

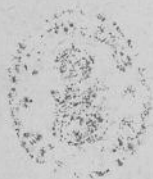
147

SISTEMA MÉTRICO

~~~~~  
COMPLEMENTO

Á LA

ARITMÉTICA GENERAL





MARIANO NÚÑEZ SAMPER, EDITOR

SUCESOR DE JUAN MUÑOZ SÁNCHEZ

---

# SISTEMA MÉTRICO

COMPLEMENTO

À LA

# ARITMÉTICA GENERAL

POR

EDUARDO BENOT

Io ho meno in mente di persuadere  
che di far pensare.

CIALDI.



ADMINISTRACIÓN

CALLE DE DON MARTÍN, NÚM. 13

TELÉFONO NÚM. 3197

MADRID

ES PROPIEDAD.



SECCIÓN I

---

SISTEMA MÉTRICO

---

PRELIMINARES





# SISTEMA MÉTRICO DECIMAL

---

## PRELIMINARES

---

En el programa de la Aritmética General no entran las aplicaciones técnicas de esta ciencia; por lo cual debería quedar excluido de la obra el sistema métrico decimal de pesas y medidas y las disquisiciones á que su mecanismo da lugar.

Pero, si bien el especial estudio de los diferentes módulos métricos y de sus múltiplos y submúltiplos constituye una serie de conocimientos puramente prácticos, el sistema (sometido como tal sistema al de la numeración común) requiere que se trate de él extensamente. Y, por su causa, hay que hablar también de una cosa más técnica todavía: de las relaciones existentes entre el sistema antiguo y el moderno.

500 millones de hombres se sirven en la actualidad, por prescripciones legales ó por tolerancia legislativa, del sistema métrico decimal, ¡tan grandes son sus ventajas! Júzguese, por tanto, del prodigioso número de libros y excelentes manuales consagrados al asunto; razón más que suficiente, para adoptar uno cualquiera, ó lo más indispensable de varios. Y esto es lo que he hecho, sin aspirar á una originalidad innecesaria.

### **Sistema métrico.**

Antiguamente cada provincia, y aun cada localidad, tenía sus pesas y medidas propias y exclusivas.

Y fácil es imaginar que semejante estado de cosas había de producir serias dificultades en las operaciones mercantiles.

Para orillarlas, el gobierno francés, á fines del pasado siglo XVIII, y constantemente después, pensó en establecer y consolidar un sistema uniforme de pesas y medidas.

## I

Por decretos de 8 Mayo de 1790, 26 de Marzo de 1791, 1 de Agosto de 1793, y por las leyes de 7 de Abril de 1795, 6 de Mayo de 1799, 10 de Diciembre de 1799 y 28 de Mayo de 1802, el gobierno planteó los principios del sistema general de pesos y medidas. Y, siendo el METRO la base del sistema, recibió el nombre de *Sistema métrico*, elaborado en perfecta coherencia con la numeración decimal.

Hízosele obligatorio y exclusivo en 2 de Noviembre de 1801. Pero los obstáculos que encontró en la rutina, en la ignorancia y en la mala voluntad del Comercio, obligaron al gobierno imperial á autorizar, en 8 de Febrero de 1812, las medidas llamadas *Usuales*, acomodadas á las nuevas, aunque conservando la denominación de las antiguas. El objeto de esta tolerancia era principalmente hacer que poco á poco llegaran á penetrar los módulos del sistema métrico en las comarcas rurales. Mas pronto se echó de ver la insuficiencia de tal recurso; por lo cual se trató de volver de nuevo pura y simplemente á las medidas métricas primitivas. En ley del 4 de Julio de 1837 se dispuso que, á partir del 1 de Enero de 1840, el uso de las medidas no métricas quedase abolido, bajo las penas señaladas en el art. 479 del Código penal francés, como igualmente el empleo de las antiguas denominaciones en los actos públicos, so pena de fuertes multas.

## II

Este sistema abarca seis clases distintas de medidas, á saber:

- Medidas lineales ó de *longitud*
- Medidas cuadradas ó de *superficie*
- Medidas cúbicas ó de *volumen*
- Medidas de contenido ó de *capacidad*
- Medidas de *peso* ó ponderales
- Medidas monetarias, ó monedas.



## III

Los nombres de los módulos primarios (unidades) de las diversas medidas, son:

El *metro*, unidad primaria de las medidas de longitud;

El *área*, unidad primaria de las medidas de superficie;

El *estéreo* ó *metro cúbico*, unidad primaria para las medidas de volumen;

El *litro*, unidad primaria de las medidas de capacidad;

El *gramo*, unidad primaria de las medidas ponderales;

El *franco*, unidad principal de las medidas de valores (1).

Hoy todas las medidas se dividen en

Fundamentales y  
Derivadas.

Las fundamentales son:

El metro, — *unidad de longitud*;

El gramo, — *unidad de peso* (1);

El segundo, — *unidad de tiempo*.

El METRO es la longitud lineal de un prototipo archivado en el *Bureau* internacional de pesas y medidas de París; longitud que se estimó á fines del siglo XVIII como igual á la diezmillonésima parte del cuadrante del meridiano terrestre.

Los demás metros prototipos internacionales son copias del archivado en el *Bureau* internacional.

El GRAMO es el peso (2) del agua pura á la temperatura de 4 grados centígrados que tenga por dimensiones un volu-

(1) El nombre *unidad* es impropio é inadecuado, según se demostró plenamente en la ARITMÉTICA GENERAL. Estas llamadas unidades son verdaderos módulos de medir.

Pero, por conformidad con el uso, se dará aquí el nombre de *unidades* á los módulos fundamentales del sistema métrico, y á los derivados de él.

(2) En realidad el módulo verdadero no es el *peso*, sino la *masa* del agua pura en su máximo de densidad que un centímetro cúbico puede contener. El *peso* de un mismo cuerpo varía con la latitud geográfica, aunque en todo caso permanezca invariable la masa del cuerpo sometido á examen.



men de 1 centímetro cúbico. Es la milésima parte del kilogramo prototipo archivado en el *Bureau* internacional de París.

El SEGUNDO es la  $\frac{1}{86400}$  parte del día-solar-medio. El minuto tiene 60 segundos, y la hora 3 600. Por consiguiente, las 24 horas del día-medio suman 86 400 segundos.

Los múltiplos del gramo no pertenecen al sistema decimal, sino al sexagesimal.

# LECCIÓN I

---

## **El metro lineal.—Medida fundamental de longitud.**

Longitud de un decímetro:

10 veces este largo es el de un metro

Longitud de un centímetro:

10 veces este largo es un decímetro

100 veces el mismo largo es un metro

Longitud de un milímetro:

10 veces este largo es un centímetro

100 veces el mismo largo es un decímetro

1000 veces el mismo largo es un metro.



Figura 1.—Centímetro dividido en 10 milímetros.



Figura 2.—Decímetro dividido en 10 centímetros.



Figura 3.—Decímetro dividido en 100 milímetros.

En el siglo pasado se creía posible sacar una medida exacta y permanente de alguna de las llamadas CONSTANTES NATURALES (véase *Constantes naturales*) tales como la longitud del

péndulo que invierte en cada oscilación un segundo de tiempo á la latitud de 45°, ó como la diezmillonésima parte del cuadrante del meridiano terrestre, ó sea la distancia del Polo al Ecuador.

Por una serie de consideraciones que hallarán completa su explicación en la última sección de esta obra, se declaró oficialmente el 22 de Junio de 1799 que 443,296 líneas de París, medidas en una barra de hierro llamada Toesa del Perú (por haber servido en las mediciones meridianas hechas allí) era la diezmillonésima parte del cuadrante del meridiano terrestre, y á esa longitud se dió el nombre de METRO.

El metro no es, pues, como se creía hace un siglo, una parte del meridiano, sino una parte de la Toesa del Perú.

Es, por tanto, un módulo arbitrario de longitud, como lo han sido todos los usados por los hombres.

Según es de vulgar conocimiento, sirve el metro para medir longitudes, como por ejemplo: la distancia á que está una ciudad de otra, la altura de un árbol, el ancho de un río, etc.; y también se emplea en el comercio para medir el largo de los tejidos, tales como paño, lienzo, alfombras, etc....

#### IV

No es el metro la única y exclusiva *unidad* de que se hace uso para medir distancias, sobre todo cuando éstas son de consideración. Con tal objeto se emplean medidas 10, 100, 1 000 y 10 000 veces mayores que el metro. Por otra parte, siempre que se trata de evaluar cantidades más pequeñas que el metro, se usan medidas 10, 100 y 1 000 veces más pequeñas que el referido metro.

Para denominar las medidas mayores que el metro se colocan delante de la palabra *metro*, las voces de origen griego *deca*, *hecto*, *kilo* y *miria*: *deca*, para las medidas 10 veces mayores; *hecto*, para las 100 veces mayores; *kilo*, para aquellas 1 000 veces mayores, y *miria*, por último, para las 10 000 veces mayores que el metro.

|               |                |
|---------------|----------------|
| 10 metros     | = 1 decámetro  |
| 100 metros    | = 1 hectómetro |
| 1 000 metros  | = 1 kilómetro  |
| 10 000 metros | = 1 miriámetro |

Las medidas inferiores al metro se designan colocando delante de la palabra *metro*, las de origen latino *deci*, *centi*, *mili*: *deci*, para las medidas 10 veces menores que el metro; *centi*, para las 100 veces menores, y *mili*, para las 1 000 veces más pequeñas.

1 decímetro = 0,1 de metro  
 1 centímetro = 0,01  
 1 milímetro = 0,001

En la actualidad, por decisión de varios Congresos internacionales, los *decímetros*, *centímetros* y *milímetros* se escriben siempre con decimales separados de las unidades primarias por una coma.

100m,4504 diez milímetros. { Véase t. III de la ARITMÉTICA GENERAL, pág. 94.

## V

El cuadro siguiente presenta en resumen los múltiplos y submúltiplos del metro lineal

| Miriámetro..                                        | Kilómetro.. | Hectómetro.. | Decámetro.. | METRO. | Decímetro..   | Centímetro..   | Milímetro..     |
|-----------------------------------------------------|-------------|--------------|-------------|--------|---------------|----------------|-----------------|
| 10 000 metros; 1 000 metros; 100 metros; 10 metros; |             |              |             |        | 0,1 de metro; | 0,01 de metro; | 0,001 de metro. |

Se ve, pues, que

1 miriámetro vale 10 kilómetros  
 1 kilómetro » 10 hectómetros  
 1 hectómetro » 10 decámetros  
 1 decámetro » 10 metros  
 1 metro » 10 decímetros  
 1 decímetro » 10 centímetros  
 1 centímetro » 10 milímetros.

Sistema enteramente igual al de la numeración común.

## VI

De todo lo que antecede, se concluye:

1.º Las palabras *deca*, *hecto*, *kilo* y *miria*, tienen la misma significación que las palabras *diez*, *ciento*, *mil* y *diez mil*;

2.º Las palabras *deci*, *centi* y *mili*, significan respectivamente *décimo*, *centésimo* y *milésimo*.

De manera que sin dificultad se comprende que las medidas métricas lineales se representan y se leen lo mismo que los números comunes y las fracciones decimales.

Así el guarismo 5 *miriámetros*, 4 *kilómetros*, 8 *hectómetros*, 7 *decámetros*, 9 *metros*, es idéntico á

$$54\,879 \text{ metros} = 54\,879^m$$

El número 5 *decámetros*, 1 *metro*, 3 *decímetros*, 2 *centímetros*, 7 *milímetros*, equivale á

$$51 \text{ metros}, 327 \text{ milímetros} = 51^m,327$$

El número 4 *hectómetros*, 7 *metros*, 8 *decímetros*, se representa por

$$407 \text{ metros}, 8 \text{ decímetros} = 407^m,8$$

En este ejemplo el cero ocupa el lugar de los decámetros ó decenas de metro.

El número 2 *centímetros* y 7 *milímetros*, se escribirá

$$0 \text{ metros}, 027 \text{ milímetros} = 0^m,027$$

Aquí el primer cero reemplaza las unidades primarias ó *metros* (pues faltan), y el segundo ocupa el lugar de los *decímetros* ó *décimos* de metro que á su vez faltan también.

Cuando se tiene que leer un número expresivo de medidas métricas de longitud, se empieza por la parte anterior á la coma, y en seguida se expresa el nombre de la unidad adoptada (ó módulo de que se trate), después se enuncia la parte decimal y se finaliza mencionando la unidad representada por la última cifra decimal.

El número  $328^m,32$  se leerá, pues:

*Trescientos veinte y ocho metros, treinta y dos centímetros.*

El número  $37^{\text{km}}\,456^{\text{mm}}$  se enuncia:

*Treinta y siete kilómetros, cuatrocientos cincuenta y seis milímetros*

El número 0 metros, 011 se enuncia:

*Once milímetros*



Además, siempre que se trate de enunciar números que representen grandes distancias, la unidad ha de ser el kilómetro. Así el número 14 836 metros se lee:

*Catorce kilómetros, ochocientos treinta y seis metros*

## VII

### ADVERTENCIA GENERAL:

Las palabras *miria*, *kilo*, *hecto*, *deca*, *deci*, *centi* y *mili*, también se colocan delante de las otras unidades fundamentales ó derivadas del sistema, pero con algunas modificaciones que serán oportunamente dadas á conocer.

### EJERCICIOS SOBRE LAS MEDIDAS DE LONGITUD

## VIII

Escribanse en cifras los números siguientes, colocando la coma detrás de las unidades principales:

Treinta y cuatro hectómetros, nueve *metros*, sesenta centímetros;  
Veinte *metros*, quince milímetros;  
Seis miriámetros, doce decámetros, cinco centímetros;  
Novecientos veinte y siete decámetros, ocho centímetros, cuatro milímetros;  
Trescientos quince kilómetros, veinte y cinco *metros*, ciento dos milímetros;  
Seiscientos *metros*, un decímetro;  
Sesenta y cuatro centímetros;  
Ocho decímetros;  
Dos *metros*, cinco milímetros;  
Cincuenta hectómetros, tres *metros*.

## IX

Escribir en letra ó leer los siguientes guarismos:

486 hectómetros, 8056;  
4 kilómetros, 004;  
184 decámetros, 8;  
0 metros, 25;  
7 miriámetros, 0251;  
5 metros, 01;  
3 kilómetros, 14;  
50 hectómetros, 28;  
5 metros, 015;  
43 decámetros, 7.



## X

- ¿Cuántos kilómetros hay en 12 412 metros?
- Y ¿cuántos decámetros en 86 metros?
- Y ¿decímetros en 814 milímetros?
- Y ¿hectómetros en 1 460 metros?
- Y ¿miriámetros en 19 458 metros?
- Y ¿metros en 4 kilómetros y 8 decámetros?
- Y ¿hectómetros en 15 kilómetros?
- Y ¿decámetros en 17 miriámetros y 5 kilómetros?
- Y ¿centímetros en 9 decímetros?
- Y ¿milímetros en 8 decímetros y 1 centímetro?
- Y ¿metros en 54 milímetros?
- Y ¿kilómetros en 928 metros? etc....

## LECCIÓN II

---

### **El metro cuadrado.—Medida derivada de superficie.**

El metro cuadrado no es (como debiera serlo) la unidad primaria de las medidas superficiales del sistema métrico.  
Lo es el área.

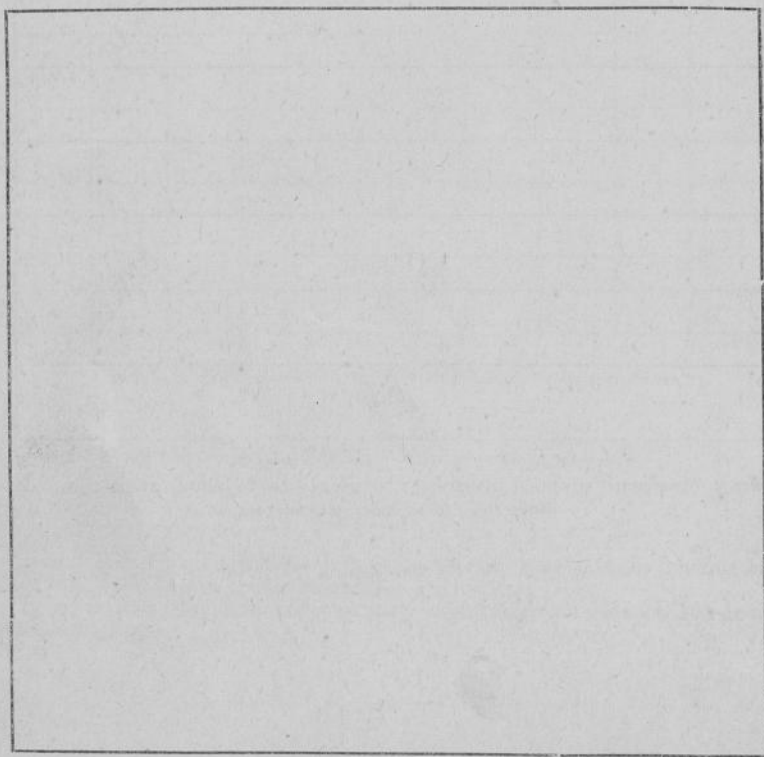


Figura 4.—Decímetro cuadrado.

El decímetro cuadrado es un cuadrado cada uno de cuyos 4 lados tiene un decímetro lineal de longitud. 100 cuadrados de éstos, dispuestos de tal modo que haya diez por lado, forman la superficie de un metro cuadrado.

El centímetro cuadrado es un cuadrado cada uno de cuyos lados es un centímetro lineal.

100 centímetros cuadrados forman un decímetro cuadrado.

El milímetro cuadrado es un cuadrado cada uno de cuyos 4 lados tiene un milímetro lineal de longitud.

100 milímetros cuadrados forman un centímetro cuadrado.

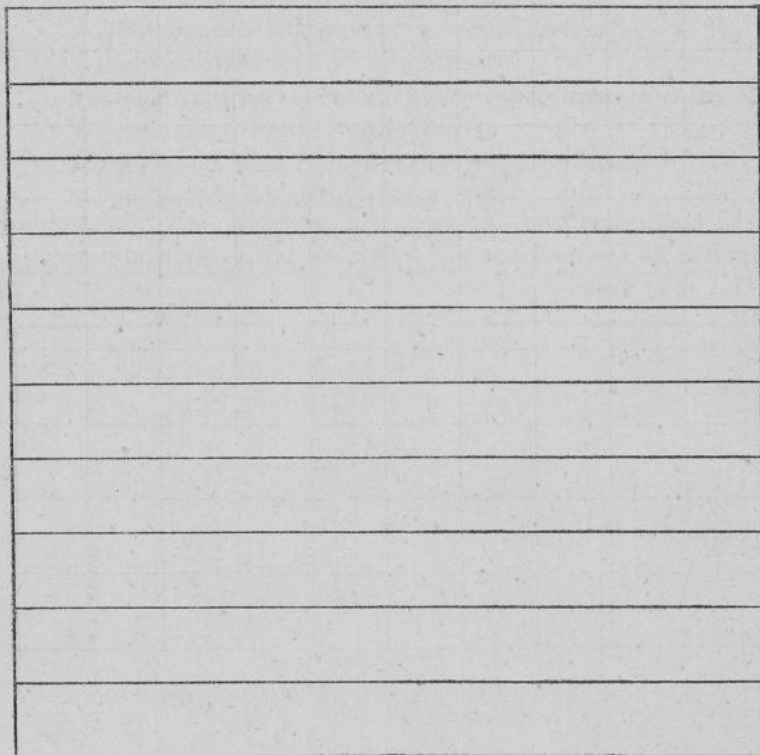


Figura 5.—Decímetro cuadrado dividido en 10 bandas de un centímetro de ancho. Cada banda tiene 10 centímetros cuadrados.

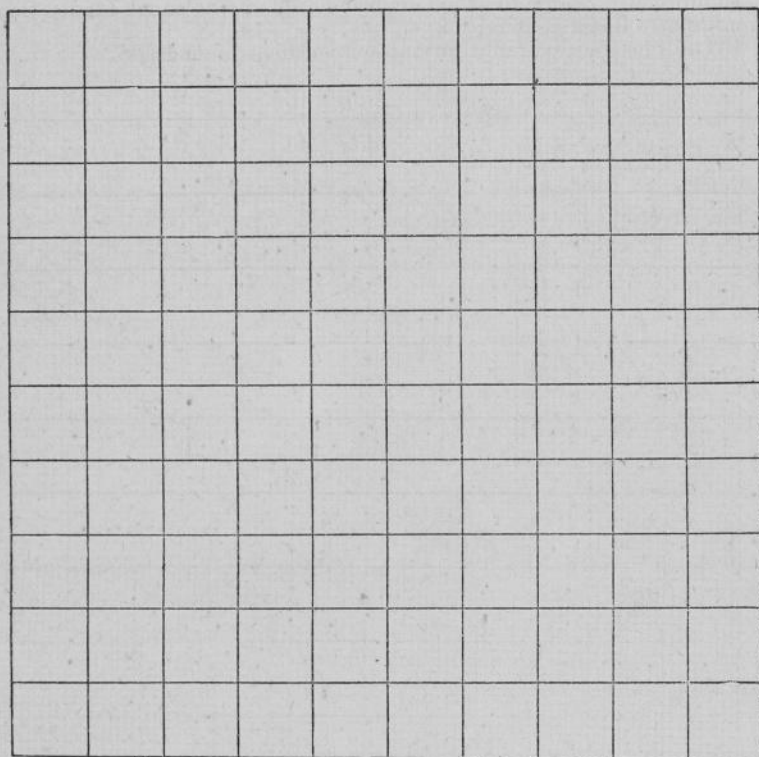


Figura 6.—Decímetro cuadrado, dividido en 100 centímetros cuadrados.

Aquí se ve que cada banda tiene 10 centímetros cuadrados.

NOTA. Esta figura representaría el metro cuadrado si cada centímetro cuadrado fuese un decímetro cuadrado.

Trace el discípulo en el suelo un metro cuadrado dividido en 100 decímetros cuadrados.

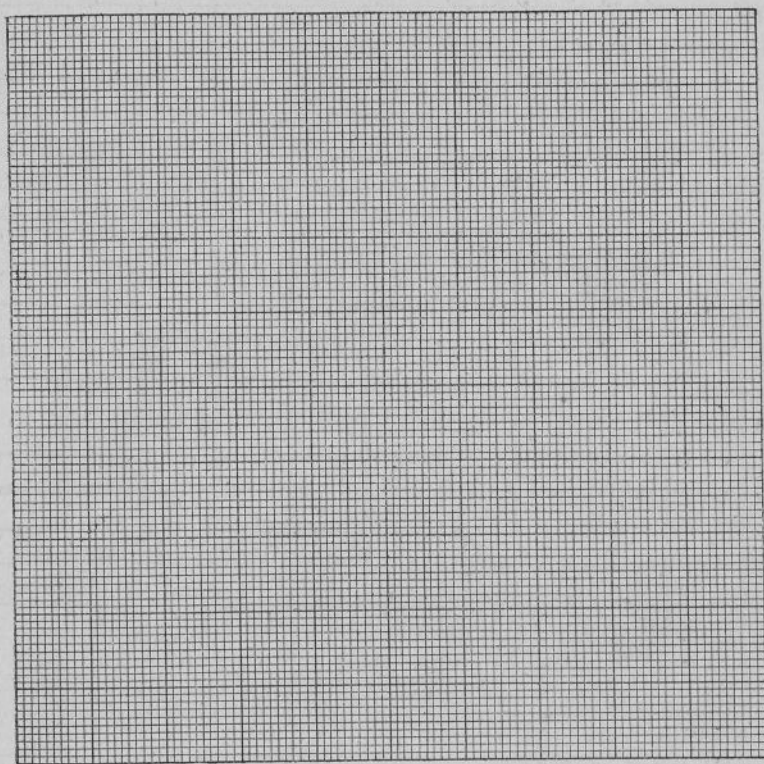


Figura 7.—Decímetro cuadrado dividido en 10 000 milímetros cuadrados.



Figura 8.—Centímetro cuadrado.



Figura 9.—Centímetro cuadrado dividido en 10 bandas de 1 milímetro de ancho. Cada banda tiene 10 milímetros cuadrados.



Figura 10.—Centímetro cuadrado dividido en 100 milímetros cuadrados.

## XI.

*El área, unidad primaria de las medidas de superficie, vale 100 metros cuadrados. Es un cuadrado que tiene 10 metros lineales de lado.*

Si suponemos un área (ó cuadrado de 10 metros de lado) y dividimos cada uno de esos lados en 10 longitudes iguales de á metro lineal cada una; si unimos ahora por medio de líneas rectas los puntos de división opuestos entre sí, el cuadrado resultará dividido en 100 otros cuadrados de á metro cada lado, ó sea en 100 metros cuadrados.

El área (que tiene por lado 10 metros) vale, pues, 100 metros cuadrados.

Se hace uso del área para evaluar la superficie de los terrenos. Pues, cuando se trata de evaluar una superficie de dimensiones reducidas, como el suelo de una habitación, una pared, etc., se toma por módulo el *metro cuadrado*.

El área no tiene más que un solo múltiplo: la *hectárea*, que es un cuadrado de 100 metros lineales de lado, y que, por consiguiente, vale 100 áreas, ó sea 10 000 metros cuadrados. Tampoco el área tiene más que un solo submúltiplo, que es la *centiárea*; esto es, el metro cuadrado.

Y, así, resulta que centiárea y metro cuadrado son sinónimos, por ser superficies de las mismas dimensiones: un metro de lado.

El estado siguiente representa el

| MÚLTIPLO                              | y | el    | SUBMÚLTIPLO DEL ÁREA.                             |
|---------------------------------------|---|-------|---------------------------------------------------|
| Hectárea.                             |   | ÁREA. | Centiárea.                                        |
| 100 áreas.<br>ó 10 000 m <sup>2</sup> |   |       | centésima parte<br>del área / ó metro<br>cuadrado |

En agrimensura se toma al área por módulo primario.

A veces no basta la hectárea para las grandes superficies y, como excepción, se adopta el kilómetro cuadrado.

Pero en la práctica, especialmente en la industria, el módulo primario es el metro cuadrado.



De cualquier modo las divisiones son las siguientes:

|                                           |                             |                         |
|-------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| El kilómetro cuadrado                     | = 100 hectáreas             | = 1 000 000 m           |
| La hectárea                               | = 100 áreas                 | = 10 000 m <sup>2</sup> |
| El área                                   | = 100 metros cuadrados      | = 100 m <sup>2</sup>    |
| El metro cuadrado (ó cent. <sup>a</sup> ) | = 100 decímetros cuadrados  | = 100 d <sup>2</sup>    |
| El decímetro cuadrado                     | = 100 centímetros cuadrados | = 100 c <sup>2</sup>    |
| El centímetro cuadrado                    | = 100 milímetros cuadrados  | = 100 mm <sup>2</sup>   |

De modo que

|                               |                                   |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| 1 centímetro cuadrado tiene   | 100 mm <sup>2</sup>               |
| 1 decímetro cuadrado          | 10 000 mm <sup>2</sup>            |
| 1 metro cuadrado              | 1 000 000 mm <sup>2</sup>         |
| 1 área                        | 100 000 000 mm <sup>2</sup>       |
| 1 hectárea                    | 10 000 000 000 mm <sup>2</sup>    |
| 1 kilómetro cuadrado 1 billón | 1 000 000 000 000 mm <sup>2</sup> |

Tratándose de superficies no se pasa por todas las potencias sucesivas del 10 como en las magnitudes lineales,

$$10^1, 10^2, 10^3, 10^4, \dots$$

sino que sólo se emplean las potencias pares

$$10^0, 10^2, 10^4, 10^6, 10^8, \dots$$

Así, pues,

|                                                                          |   |                         |
|--------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------|
| Un cuadrado de 1 metro lineal de lado es la CENTIÁREA                    | = | 1m <sup>2</sup>         |
| Un cuadrado de 10 metros lineales de lado es el ÁREA                     | = | 100m <sup>2</sup>       |
| Un cuadrado de 100 metros lineales de lado es la HECTÁREA                | = | 10 000m <sup>2</sup>    |
| Un cuadrado de 1000 metros lineales de lado es el KILÓMETRO <sup>2</sup> | = | 1 000 000m <sup>2</sup> |

De modo que

A *lados* sucesivamente DÉCUPLOS corresponden  
*superficies* sucesivamente CÉNTUPLAS (1).

## XII.

Para leer, pues, cualquier cantidad de varias cifras, expresivas de medidas superficiales, se considerarán como áreas las dos cifras situadas á la izquierda de la coma, y las otras

(1) Indudablemente ofrece dificultad á los principiantes la circunstancia de no ser la unidad de superficie el metro cuadrado, sino el área; y, por eso, conviene mucho que el alumno se represente bien imaginativamente las anteriores figuras 6, 7 y 10.

(también á la izquierda) como hectáreas. Las que estén á la derecha de la coma (si las hay) son centiáreas.

$$\begin{aligned} 124 \text{ áreas} &= 1 \text{ hectárea} + 24 \text{ áreas} \\ &= 10\,000\text{m}^2 + 2\,400\text{m}^2 \\ &= 12\,400\text{m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3\,245 \text{ áreas} &= 32 \text{ hectáreas} + 45 \text{ áreas} \\ &= 320\,000\text{m}^2 + 4\,500\text{m}^2 \\ &= 324\,500\text{m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 62\,179 \text{ áreas, } 45 &= 62\,100\,000\text{m}^2 + 7\,900\text{m}^2 + 45\text{m}^2 \\ &= 62\,179\,45\text{m}^2 \end{aligned}$$

También este guarismo representa 6 kilómetros<sup>2</sup> + 21 hectáreas + 79 áreas + 45 centiáreas.

Para pasar del lenguaje oral al escrito, y representar los números correspondientes á las medidas de superficie, se escribirán primero las hectáreas (si las hay en el número propuesto); después de las hectáreas, las áreas; y, en seguida, tras la coma decimal, las centiáreas ó metros cuadrados. Las áreas y las centiáreas se expresarán por medio de dos cifras, y si no las hay, se reemplazarán con ceros los órdenes de unidades que falten.

Así la expresión hablada

*Cinco hectáreas, quince áreas y nueve centiáreas,*

se escribirá:

$$515 \text{ áreas, } 09 \text{ centiáreas} = 51\,509\text{m}^2$$

ó bien

$$5 \text{ hectáreas, } 15 \text{ áreas; } 09 \text{ centiáreas.}$$

El cero ocupa el lugar de las décimas de área; las cuales faltan.

El número

*Ciento veinte y una hectáreas, treinta y cinco centiáreas,*

se escribe

$$121\,00 \text{ áreas, } 35 \text{ centiáreas} = 121\,035\text{m}^2$$

ó bien

$$121 \text{ hectáreas, } 00 \text{ áreas, } 35 \text{ centiáreas.}$$

En este caso, los dos ceros ocupan el lugar de las áreas y de las decenas de área.

## XIII.

Cuando se trata de leer un número que representa áreas, se separan (mentalmente), si hay cifras bastantes, las dos cifras que preceden á la coma; y lo que quede á la izquierda son hectáreas.

Las dos cifras separadas mentalmente son áreas, y, por último, las dos cifras que vengan inmediatamente después de la coma decimal (si las hay), expresan centiáreas.

Así el número

13 685 áreas, 54

se lee

136 hectáreas, 85 áreas, 54 centiáreas = 1 368 554m<sup>2</sup>

ó bien

1 kilómetro cuadrado, 36 hectáreas, 85 áreas, 54 centiáreas.

El número

4509 áreas, 04 = 450 904m<sup>2</sup>

se lee

45 hectáreas, 9 áreas, 4 centiáreas.

## XIV.

El área es derivación del metro; en efecto, vale 100 metros cuadrados.

Así el guarismo

*Ciento treinta y cuatro metros cuadrados, treinta y seis decímetros cuadrados, quince centímetros cuadrados, trece milímetros cuadrados,*

se escribe en esta forma:

134 metros cuadrados 36 15 13.

El guarismo

*Ocho metros cuadrados, cuarenta decímetros cuadrados, siete centímetros cuadrados, nueve milímetros cuadrados,*

se representa por

8 metros cuadrados, 40 07 09.

## XV.

Para leer un número que representa metros cuadrados y subdivisiones del metro cuadrado, es menester, antes de empezar la lectura, observar si el número de cifras decimales es par ó impar.

Si es par, se leen primero los metros cuadrados que están antes de la coma, después las cifras decimales tomando las dos primeras después de la coma como decímetros cuadrados, las dos siguientes como centímetros cuadrados, y las dos últimas (caso de haberlas), como milímetros cuadrados.

Si el número de las cifras decimales fuese impar, se escribe un cero en el lugar correspondiente, y se efectúa la lectura como queda anteriormente dicho.

El guarismo

13 metros cuadrados, 75 09 45,

se lee:

*Trece metros cuadrados, setenta y cinco decímetros cuadrados, nueve centímetros cuadrados, cuarenta y cinco milímetros cuadrados.*

El número

6 metros cuadrados, 05 12 3,

se lee (después de escrito un cero al final de los decimales 6,05 12 03):

*Seis metros cuadrados, cinco decímetros cuadrados, doce centímetros cuadrados, 3 milímetros cuadrados.*

El número

0,27

se lee:

*Cero áreas, 27 centíáreas*

ó bien

*27 centíáreas*

ó bien

*27 metros cuadrados.*

## EJERCICIOS SOBRE MEDIDAS DE SUPERFICIE.

## XVI.

Escribanse en cifra los números siguientes, colocando la coma después de la unidad principal:

Veinte hectáreas, nueve *áreas*, trece centiáreas;  
 Cinco *áreas*, ocho centiáreas;  
 Tres hectáreas, treinta *áreas*, tres centiáreas;  
 Sesenta hectáreas, ocho centiáreas;  
 Seiscientas una hectáreas, siete *áreas*, noventa centiáreas;  
 Cien hectáreas, tres *áreas*, sesenta centiáreas;  
 Veinte y seis centiáreas;  
 Una hectárea y dos *áreas*;  
 Ciento treinta y dos *metros cuadrados*, veinte y siete decímetros cuadrados, tres centímetros cuadrados y quince milímetros cuadrados;  
 Dos *metros cuadrados*, veinte centímetros cuadrados y dos milímetros cuadrados;  
 Tres *metros cuadrados*, nueve decímetros cuadrados;  
 Un decímetro cuadrado y diez milímetros cuadrados.

## XVII.

Escribanse en letra ó léanse los números siguientes:

1848 *áreas*, 50;  
 4 hectáreas, 0564;  
 1896 *áreas*, 45;  
 0 *áreas*, 08;  
 3 hectáreas, 0009;  
 9 *áreas*, 70;  
 1 hectárea, 0307;  
 7 *áreas*, 48;  
 13 *metros cuadrados*, 4507;  
 4 *metros cuadrados*, 040502;  
 10 *metros cuadrados*, 382;  
 0 *metros cuadrados*, 80003.

## XVIII.

¿Cuántas hectáreas hay en 1845 *áreas*?  
 Y ¿cuántas *áreas* en 8 hectáreas?  
 Y ¿centiáreas en 7 *áreas*?  
 Y ¿*áreas* en 737 centiáreas?  
 Y ¿hectáreas en 756078 centiáreas?  
 Y ¿centiáreas en 2 hectáreas?



Y ¿áreas en 54 centiáreas?

Y ¿hectáreas en 64 áreas?

Y ¿metros cuadrados en 196467 centímetros cuadrados?

Y ¿centímetros cuadrados en 264 milímetros cuadrados?

Y ¿decímetros cuadrados en 9 metros cuadrados?

Y ¿milímetros cuadrados en 13 decímetros cuadrados?

Y ¿metros cuadrados en 4605757 milímetros cuadrados?

Y ¿centímetros cuadrados en 2 metros cuadrados? etc.,  
etcétera.



## LECCIÓN III

---

### **Metro cúbico.—Medida derivada de volumen.**

El centímetro cúbico es un cubo cada una de cuyas caras es un cuadrado que tiene por lado un centímetro lineal.

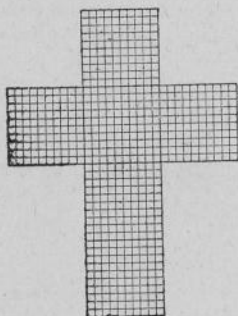


Figura 11.

Recorte el discípulo una figura como la anterior, pliéguela de modo que le resulte un dado

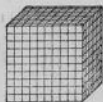


Figura 12.

y así obtendrá un volumen de un centímetro cúbico (1).

---

(1) El peso del agua destilada y en su máximo de densidad que cabe dentro de un centímetro cúbico hueco es un gramo.

Haga el discípulo otra figura semejante á la anterior, pero de dimensiones tales, que cada cara sea igual á un decímetro cuadrado; pliegue luego las seis caras en forma de dado, y obtendrá un decímetro cúbico (1).

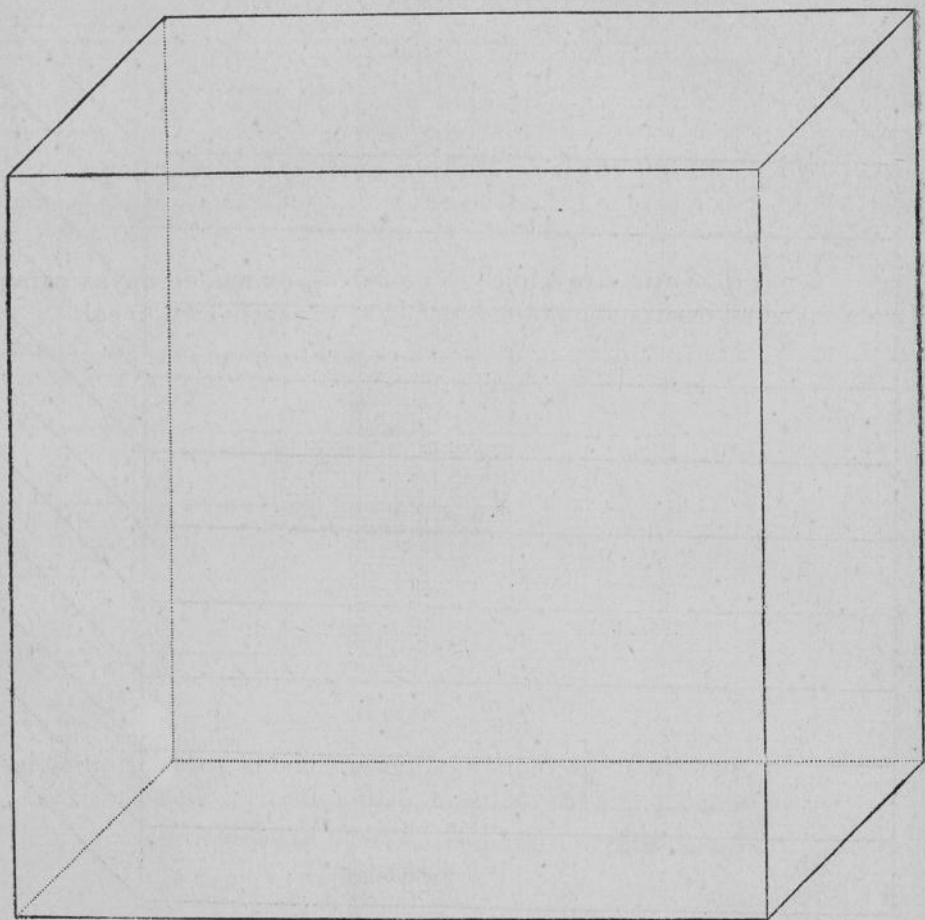


Figura 13.

---

(1) El peso del agua destilada y en su máximo de densidad que puede contener un decímetro cúbico hueco es el peso de un kilogramo.

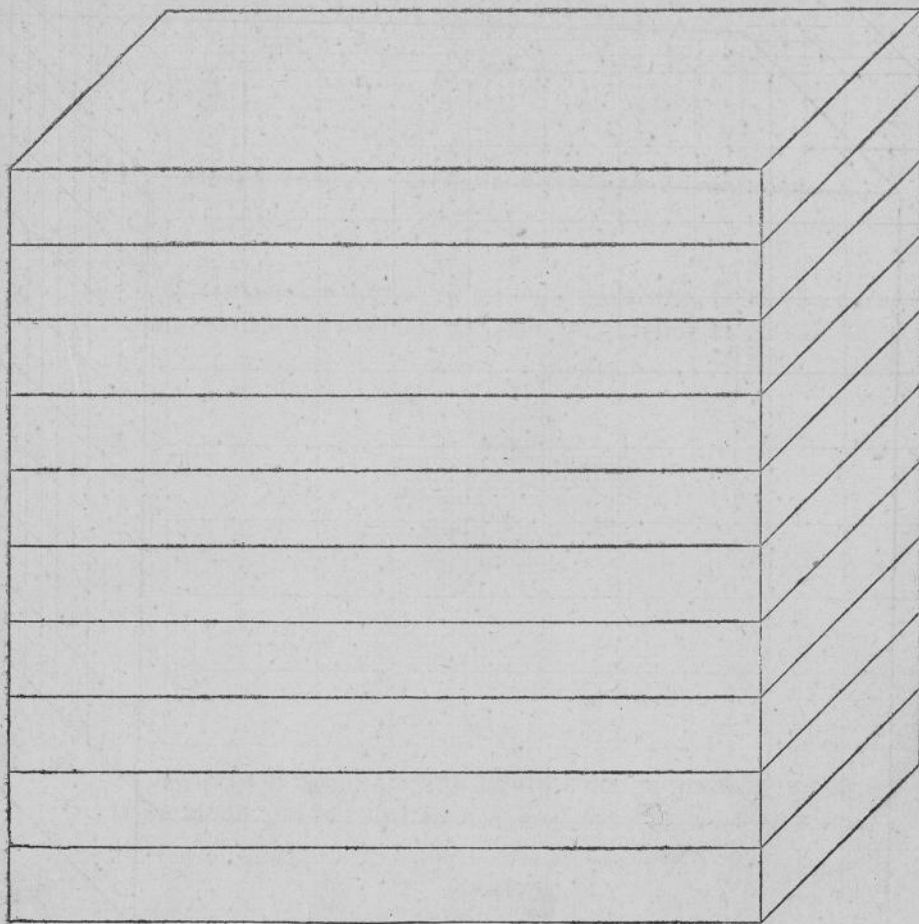


Figura 14.

Si el decímetro cúbico se divide en 10 tongas de un centímetro de altura, cada tonga tendrá  $100 \text{ cm.}^3$ ; y, de consiguiente, el decímetro cúbico resultará formado por 1 000 centímetros cúbicos.

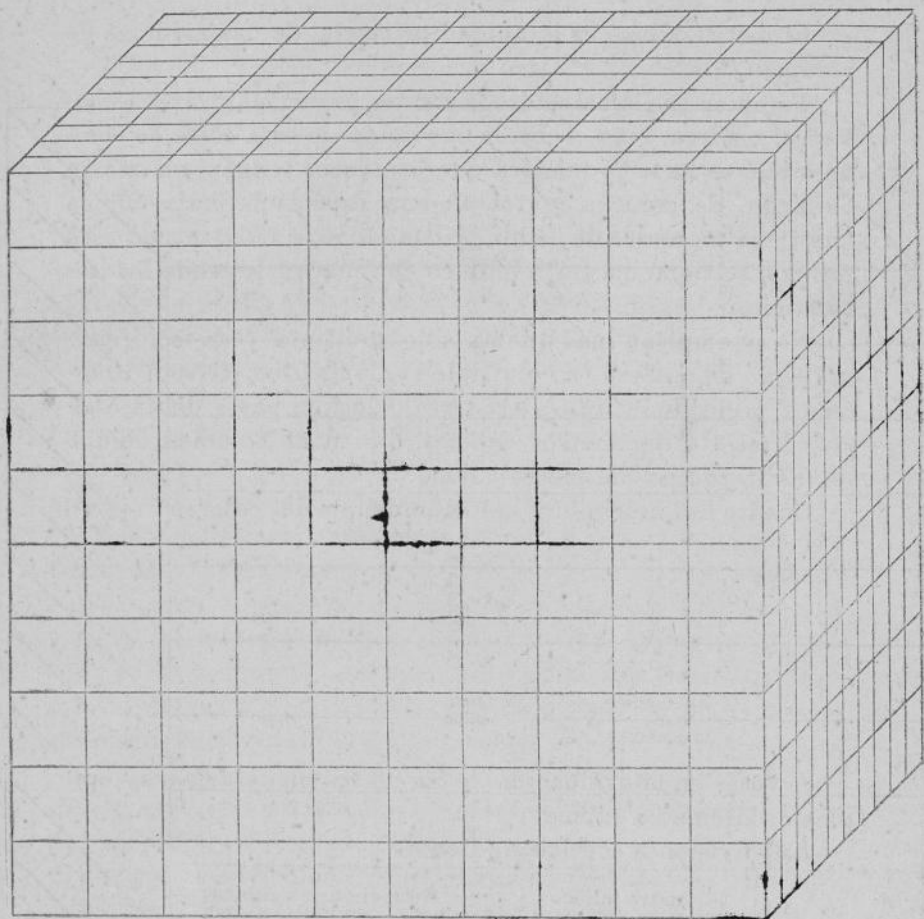


Figura 15.—Diagrama que demuestra tener el decímetro cúbico 1000 cm.<sup>3</sup>

A semejanza de lo anterior, se ve que el centímetro cúbico tiene 1 000 milímetros cúbicos.

Y si se imagina un cubo formado por seis caras cada una de un metro cuadrado, se verá que el metro cúbico está formado por 1 000 decímetros cúbicos (1).

---

(1) El peso del agua que cabe dentro de un metro<sup>3</sup> hueco pesa 1000 kilogramos. 1000 kilogramos son 1 tonelada.

## XIX

El metro cúbico es la unidad primaria de las medidas de volumen.

También se llama estéreo, y sirve para medir arena, balastro, madera, leña, ... En la medición de esta clase de combustible, se hace de manera que los trozos tengan un metro de largo. Se colocan dentro de una especie de jaula cúbica que tiene un metro de lado; y, cuando este cubo hueco está relleno, se tiene un metro cúbico de leña, incluyendo los intersticios.

No se emplean más que un solo múltiplo y un solo submúltiplo del *estéreo*. El múltiplo se llama *Decastéreo* ó 10 *estéreos*, y el submúltiplo *Decistéreo* ó décima parte de un *estéreo*, ó sea 100 decímetros cúbicos, ó bien el volumen de una de las 10 tongas del metro cúbico.

Cuadro del múltiplo y del submúltiplo del estéreo

|                                                  |                 |                            |
|--------------------------------------------------|-----------------|----------------------------|
| Decastéreo..                                     | ESTÉREO..       | Decistéreo..               |
| = 10 estéreos<br>ó sea<br>10 metros <sup>3</sup> | metro<br>cúbico | 100<br>decim. <sup>3</sup> |

A veces en la evaluación de las masas planetarias se emplea el kilómetro cúbico.

Las divisiones son las siguientes:

|                      |                           |
|----------------------|---------------------------|
| El metro cúbico      | 1 000 decímetros cúbicos  |
| El decímetro cúbico  | 1 000 centímetros cúbicos |
| El centímetro cúbico | 1 000 milímetros cúbicos  |

de modo que

|                                |                               |
|--------------------------------|-------------------------------|
| 1 cent. <sup>3</sup> tiene     | 1 000 mm <sup>3</sup>         |
| 1 decímetro <sup>3</sup> tiene | 1 000 000 mm <sup>3</sup>     |
| 1 metro cúbico tiene           | 1 000 000 000 mm <sup>3</sup> |

Tratándose de volúmenes no se pasa por todas las potencias sucesivas del 10, como en las longitudes, sino que sólo se emplean las potencias divisibles por 3 (excepto la potencia 0).

10<sup>3</sup>, 10<sup>6</sup>, 10<sup>9</sup>,



## XX

Estas medidas de volumen se derivan del metro, puesto que el *estéreo* vale un *metro cúbico*.

## XXI

Para medir las construcciones de albañilería, las piedras de construcción, la arena, etc., no se hace uso de la denominación de *estéreo*, sino de la de *metro cúbico*, que se subdivide en 1 000 decímetros cúbicos.

Si trazamos un metro cuadrado sobre el suelo y dividimos sus lados en 10 longitudes iguales, obtendremos, uniendo los puntos opuestos de división, 100 decímetros cuadrados. Podrían, pues, yuxtaponerse sobre esta superficie 100 cubos que tuvieran un decímetro cuadrado por cara.

Si sobre esta primera tonga se colocara una segunda, se tendrían 200 decímetros cúbicos. Si se siguieran colocando sucesivamente tongas de decímetros cúbicos hasta obtener 10 tongas, se obtendría como resultado final 10 veces 100, ó sean 1 000 decímetros cúbicos. Pero estas diez capas dispuestas en tal forma nos darán un metro cúbico: de manera que un metro cúbico vale 1 000 *decímetros cúbicos*.

De idéntico modo se podría demostrar que el *decímetro cúbico* vale 1 000 *centímetros cúbicos*, y que el *centímetro cúbico* vale 1 000 *milímetros cúbicos*. Es preciso, en consecuencia, deducir que los decímetros cúbicos, los centímetros cúbicos y los milímetros cúbicos se representan cada uno por tres cifras, y que al escribir estas medidas, es preciso indicar por ceros los órdenes de unidades que faltan.

El guarismo *tres metros cúbicos, doscientos diez y ocho decímetros cúbicos, treinta centímetros cúbicos y nueve milímetros cúbicos* se escribirá, pues,

$$3 \text{ metros cúbicos, } 218\ 030\ 009 = 3\text{m}^3, 218\ 030\ 009$$

El número *quince metros cúbicos, diez y nueve decímetros cúbicos, doscientos diez y siete milímetros cúbicos*, se escribirá:

$$15 \text{ metros cúbicos, } 019\ 000\ 217 = 15\text{m}^3, 019\ 000\ 217$$



## XXII

Para leer un guarismo que represente subdivisiones del metro cúbico, es preciso primeramente examinar si hay tres, seis ó nueve cifras decimales. En tal caso se leerán primero los metros cúbicos colocados antes de la coma, y después se pasará á las cifras decimales; se tomarán las tres primeras más próximas á la coma para los decímetros cúbicos, luego las tres siguientes á la derecha para los centímetros cúbicos, y, por último, las tres finales para los milímetros cúbicos.

Si las cifras decimales no estuvieren compuestas exactamente, de tres, de seis ó de nueve cifras, se agregarán donde corresponda los ceros que faltaren, y se procederá según queda dicho.

El guarismo

14 metros cúbicos, 712 015 096 =  $14\text{m}^3, 712\ 015\ 096$

se lee:

*Catorce metros cúbicos, seiscientos doce decímetros cúbicos, quince centímetros cúbicos y noventa y seis milímetros cúbicos.*

El guarismo

8 metros cúbicos, 000 513 71

se lee, añadiendo al final de los decimales correspondientemente un cero,

*Tres metros cúbicos, quinientos trece centímetros cúbicos y setenta y un milímetros cúbicos.*

## EJERCICIOS SOBRE LAS MEDIDAS DE VOLUMEN

## XXIII

Escribanse en cifras los siguientes números, colocando la coma después de la unidad principal:

Treinta y ocho *decastéreos*, cinco *estéreos*, dos *decistéreos*;

Veinte *estéreos*, nueve *decistéreos*;

Treinta y un *decastéreos*, siete *decistéreos*;

Seis *decistéreos*;

Tres METROS CÚBICOS, ciento treinta y cinco decímetros cúbicos, setenta y cuatro centímetros cúbicos y ochocientos quince milímetros cúbicos;

Cuatro mil quinientos setenta y siete METROS CÚBICOS, dos decímetros cúbicos, veinte milímetros cúbicos;

Veinte y uno decímetros cúbicos, treinta centímetros cúbicos y once milímetros cúbicos;

Un METRO CÚBICO, trescientos veinte y cuatro milímetros cúbicos.

## XXIV

Escribanse en letra ó léanse los siguientes números:

8 *decastéreos*, 85;  
14 *estéreos*, 8;  
0 *estéreos*, 9;  
4 *decastéreos*, 05;  
15 *estéreos*, 1;  
3 metros cúbicos, 056 471 018;  
0 metros cúbicos, 360 568 75;  
9 metros cúbicos, 048 321 7;  
48 metros cúbicos, 184 7;  
1 metro cúbico, 78.

¿En 8 754 850 951 milímetros cúbicos, cuántos metros cúbicos hay?

Y ¿cuántos decímetros cúbicos en 31 metros cúbicos?

Y ¿metros cúbicos en 81 731 747 centímetros cúbicos?

Y ¿milímetros cúbicos en 17 centímetros cúbicos?

Y ¿centímetros cúbicos en 1 704 milímetros cúbicos?

## LECCIÓN IV

---

**El litro (ó decímetro<sup>3</sup>)—Medida derivada, de capacidad.**

### XXV.

EL LITRO, *unidad primaria de las medidas de capacidad, es la cabida de un decímetro cúbico.*

Supóngase un cubo hueco igual á un decímetro cúbico, y se tendrá idea exacta de lo que es la capacidad de un litro.

Sirve el litro para medir líquidos: agua, vino, leche, aceite, etc.; y áridos: granos, trigo, garbanzos, etc.

Los múltiplos del litro son el *decalitro*, que vale 10 litros, y el *hectolitro*, que vale 100 litros, ó sea una tonga del metro cúbico.

Los submúltiplos son: el *decilitro*, ó décima parte del litro = 100 centímetros cúbicos ó sea una tonga del decímetro cúbico; el *centilitro* ó centésima parte del litro, y el *mililitro* ó milésima parte del litro = al milímetro cúbico.

Los múltiplos y submúltiplos del litro forman, pues, la tabla siguiente:

|             |            |        |                  |                     |                    |
|-------------|------------|--------|------------------|---------------------|--------------------|
| Hectolitro  | Decalitro. | LITRO. | Decilitro.       | Centilitro.         | Mililitro.         |
| 100 litros. | 10 litros  |        | Décimo de litro. | Centésimo de litro. | Milésimo de litro. |

## XXVI.

El *litro* se deriva del metro en cuanto es la capacidad de un *decímetro* cúbico. Pero, como la forma y figura cúbica es poco manejable, se ha sustituido el decímetro cúbico por vasijas cilíndricas ó redondeadas, de igual capacidad: la de 1 000 centímetros<sup>3</sup>.

## EJERCICIOS SOBRE MEDIDAS DE CAPACIDAD.

## XXVII.

Escribanse en cifras los siguientes números, teniendo cuidado de poner la coma después de la unidad primaria; el litro:

Quince hectolitros, ocho decalitros, nueve LITROS, y tres decilitros;  
 Veinte y dos decalitros, tres LITROS, y diez y ocho centilitros;  
 Trescientos diez y siete LITROS, y ocho mililitros;  
 Trece centilitros y cuatro mililitros;  
 Treinta decalitros, noventa centilitros;  
 Cinco hectolitros, un LITRO, y seis mililitros;  
 Diez y nueve LITROS, dos decilitros;  
 Veinte y nueve mililitros;  
 Cinco centilitros.

## XXVIII.

Escribanse de letra ó léanse los números siguientes:

|         |         |
|---------|---------|
| 1500,05 | 56,974  |
| 6,071   | 130,046 |
| 30,07   | 0,003   |
| 0,56    | 100,074 |
| 2000,16 | 80,7    |

## XXIX.

¿Cuántos hectolitros hay en 1 845 litros?  
 Y ¿cuántos decalitros en 48 litros?  
 Y ¿cuántos litros en 13 hectolitros?  
 Y ¿decalitros en 7 hectolitros?  
 Y ¿decilitros en 719 mililitros?

Y ¿litros en 419 centilitros?

Y ¿mililitros en 19 decilitros?

Y ¿centilitros en 15 mililitros?

Y ¿hectolitros en 912 decalitros?

Y ¿decalitros en 25 litros?

Y ¿litros en 7 mililitros?

## LECCIÓN V

---

### **El gramo.—Medida fundamental de peso, ó de masa.**

El gramo, unidad primaria de peso, es el peso de agua destilada ó pura á la temperatura de 4° centígrados que cabe en un dado hueco = á un centímetro cúbico (1).



Figura 16.

El gramo sirve para evaluar aquellas mercancías que se venden al peso: carne, pescado, frutas, verduras, sal, mantequilla, ... etc.

Todos los múltiplos y submúltiplos del gramo se emplean en el comercio.

Los múltiplos son el decagramo (10 gramos); el hectogramo (100 gramos); el kilogramo (1 000 gramos), y el miriagramo (10 000 gramos). Los submúltiplos son el decigramo ó décimo de gramo, el centigramo ó centésimo de gramo y el miligramo ó milésimo de gramo.

---

(1) El gramo, más bien que para medir el peso, sirve actualmente en las investigaciones científicas para medir la masa de los cuerpos. El peso varía con la latitud geográfica: la masa nó. (Véase más adelante.)



La siguiente tabla contiene los múltiplos y submúltiplos del *gramo*.

|                         |                      |             |            |        |             |             |             |
|-------------------------|----------------------|-------------|------------|--------|-------------|-------------|-------------|
| Miriagramo.             | Kilogramo..          | Hectogramo. | Decagramo. | GRAMO. | Decigramo.. | Centigramo. | Miligramo.. |
| 10 000 gr.<br>10 kilos. | 1 000 gr.<br>1 kilo. | 100 gr.     | 10 gr.     |        | 0,10        | 0,01        | 0,001       |

El miriagramo es de poco uso, pues se dice regularmente 10 kilogramos.

El gramo es un módulo muy pequeño para medir el peso de las cosas comunes en la vida; y, por tanto, la unidad usual en la práctica es el kilogramo, siempre que el peso de los objetos se calcula como igual ó superior á 500 gramos.

Las medidas ponderales se escriben y leen lo mismo que las otras clases de medidas, excepto las modificaciones señaladas en el párrafo precedente.

El peso del agua que puede contener un metro cúbico, igual á 1 000 kilogramos, se llama TONELADA MÉTRICA.

### XXX

El gramo se deriva del metro en cuanto es equivalente al peso de un centímetro cúbico de agua destilada á la temperatura de 4° C.

#### EJERCICIOS SOBRE MEDIDAS PONDERALES

### XXXI

Escríbanse en cifras los números siguientes, colocando siempre la coma, según los casos, detrás de los kilogramos ó de los gramos:

- Cuarenta y ocho kilogramos, cuatro decagramos, seis GRAMOS y cinco centigramos;
- Cinco decagramos, ocho decigramos y siete miligramos;
- Ciento veinte y nueve hectogramos, treinta GRAMOS, sesenta miligramos;
- Tres decigramos, ocho centigramos, dos miligramos;
- Ochocientos cinco decagramos, nueve centigramos y ocho miligramos;
- Sesenta centigramos;
- Cincuenta y ocho kilogramos, veinte y cinco GRAMOS;
- Veinte y ocho miligramos;
- Cuatro hectogramos, cinco GRAMOS, seis decigramos;
- Diez y nueve KILOGRAMOS, trece centigrados.

## XXXII

Escribanse de letra ó léanse los guarismos siguientes:

|        |        |
|--------|--------|
| 65,954 | 4,08   |
| 428,9  | 0,017  |
| 3,75   | 4,075  |
| 57,29  | 18,95  |
| 0,36   | 10,057 |

## XXXIII

¿Cuántos kilogramos hay en 17 815 gramos?

Y ¿cuántos gramos en 16 hectogramos?

Y ¿decagramos en 1 687 centigramos?

Y ¿centigramos en 119 miligramos?

Y ¿gramos en 718 decigramos?

Y ¿hectogramos en 45 kilogramos?

Y ¿miligramos en 7 decigramos?

Y ¿kilogramos en 354 decagramos?

Y ¿hectogramos en 743 gramos?

Y ¿decigramos en 245 miligramos?

Y ¿kilogramos en 20 gramos?

Y ¿gramos en 7 centigramos?

Y ¿cuántos kilogramos en 2 toneladas?

Y ¿cuántos gramos en 1 tonelada?

## LECCIÓN VI

---

**El franco.—La peseta.—Medida fundamental de valores.**

### XXXIV

*El FRANCO (peseta), unidad primaria de valores, es una pieza circular de plata y cobre que pesa cinco gramos:*

$4 \frac{1}{2}$  gramos son de plata y  $\frac{1}{2}$  gramo es de cobre.

Sirve para valorar objetos y fijar el precio del trabajo, jornales, sueldos del Estado, etc.

Ningún múltiplo del franco tiene nombre especial, se dice única y simplemente 5 pesetas, 10 francos, 100 francos, 1 000 pesetas, etc. El antiguo *duro* no es equivalente á 5 pesetas; pero, aunque impropriamente, cuando se dice 1 duro, se entiende que se habla de 5 pesetas. Sólo los submúltiplos del franco tienen denominación usual, y, sin embargo, no entra la palabra franco en la composición de las voces que sirven para enunciarlos.

Los submúltiplos son: el *décimo*, ó décima parte del franco; el *céntimo*, ó centésima parte del franco, y el *milésimo*, ó milésima parte del franco. Esta última unidad es imaginaria y sirve sólo para las cuentas ó cálculos que deban tener una exactitud rigurosa. No existe moneda acuñada de tan ínfimo valor.

Los submúltiplos del franco se escriben como los decimales ordinarios; el más usual es el céntimo.

Hay en España monedas acuñadas de 10 céntimos y de 5, que, por un capricho del uso son llamadas por el pueblo

Perras grandes y  
Perros chicos.

Tan generales son estas denominaciones, que hasta se las oye en labios de personas de educación muy distinguida.

### XXXV

El franco se deriva del *metro* por su peso de cinco veces el gramo, módulo ponderal que á su vez proviene del mismo *metro*.

### XXXVI

Las piezas de oro y de plata amonedadas contienen la décima parte de su peso en cobre para dar más dureza á las monedas.

En caso de necesidad se pueden pesar los objetos con monedas: toda vez que un franco de plata pesa cinco gramos, 2 francos pesarán 10 gramos; 5 francos, 25 gramos; 100 francos, 500 gramos; 200 francos, un kilogramo.

Las monedas de bronce pesan 1 gramo por cada céntimo.

Y sirven también para pesar.

### EJERCICIOS SOBRE LAS MEDIDAS DE VALORES

### XXXVII

Escribanse en cifra los números siguientes, colocando siempre la coma inmediatamente detrás de la unidad primaria, ó sea el franco.

Seis PESETAS, tres décimos y ocho céntimos;  
Novecientos cuarenta y ocho FRANCOS, setenta y cinco céntimos;  
Cuarenta y cinco PESETAS, nueve céntimos;  
Diez y nueve milésimas;  
Dos FRANCOS y un décimo;  
Dos mil ochocientos treinta y nueve PESETAS y tres céntimos;  
Veinte céntimos.

## XXXVIII

Escribanse en letra ó léanse los números siguientes:

|                   |                 |
|-------------------|-----------------|
| 26 francos, 95;   | 0 francos, 7;   |
| 2 francos, 05;    | 15 francos, 10; |
| 5 629 pesetas, 7; | 0 pesetas, 15;  |
| 714 pesetas, 615; | 0 pesetas, 05.  |

## XXXIX

¿Cuántas pesetas hay en 145 céntimos?  
 Y ¿cuántos décimos en 75 céntimos?  
 Y ¿cuántos céntimos en 814 milésimos?  
 Y ¿cuántos francos en 55 céntimos?  
 Y ¿cuántos céntimos en 9 décimos?  
 Y ¿cuántas pesetas en 847 décimos?  
 Y ¿cuántos décimos en 712 pesetas?  
 Y ¿cuántas pesetas en 8 714 perras? Etc., etc.

## XL

Una de las principales ventajas del sistema métrico está en la facilidad con que en los cálculos se pasa de unas unidades á otras. El sistema, sin duda, no es coherente, porque el metro no es siempre la unidad primaria; pues, si bien, el metro es la base fundamental de las longitudes,

De las superficies no lo es el metro cuadrado, sino el área;  
 De las capacidades no lo es el metro cúbico, sino el litro;  
 De los pesos no lo es el peso del agua de un metro cúbico, ó sea la tonelada, sino el gramo, etc.

Pero, como todas las unidades son múltiplos ó submúltiplos del correspondiente metro, resulta que, dada una unidad, están dadas implícitamente las demás.

VERSOS EJERCICIOS DE LAS RELACIONES DE LAS MEDIDAS  
 ENTRE SÍ

## XLI

Puesto que el metro cúbico vale 1 000 decímetros cúbicos ¿cuántos litros ha de contener?



Puesto que el litro es la capacidad de un decímetro cúbico ó de 1 000 centímetros cúbicos, ¿cuántos gramos pesa el agua de medio litro?

Puesto que el gramo es el peso de un centímetro cúbico de agua, ¿cuánto pesan 1 000 centímetros cúbicos, ó sea un decímetro cúbico, ó sea un litro de agua pura?

¿Cuál es el peso del agua contenida en un vaso cuya capacidad es de 20 litros, ó bien de 20 decímetros cúbicos, ó bien de 20 000 centímetros cúbicos?

¿Cuál será la capacidad de un vaso que contenga 18 kilogramos de agua pura?

Si un franco pesa 5 gramos, ¿qué peso tendrán respectivamente 10, 100, 1 000, 10 000, etc., gramos?

Si un céntimo, en moneda de bronce, pesa un gramo, ¿cuál es el peso correspondiente á 3 pesetas en la misma clase de moneda?

Puesto que la plata pesa 10,5 veces lo que el agua, ¿cuántos gramos pesará un centímetro cúbico de plata?

¿Qué volumen tendrán 21 gramos de plata?

Puesto que el azogue pesa 13,596 veces lo que el agua, ¿cuál será el volumen de gramos 6,798 de azogue?

#### NOTA REFERENTE Á TODA CLASE DE MEDIDAS MÉTRICAS

Podríase de seguro, con las unidades antedichas, evaluar con facilidad las cantidades cuya naturaleza se relacione con cada una de las seis especies de medidas precedentes; sin embargo, para la mayor comodidad del comercio, la ley tiene autorizadas en Francia, y toleradas en España, algunas medidas intermedias, tanto en los diversos múltiplos, como en los submúltiplos de los módulos primarios.

Así, se emplean

El doble metro  
El doble decámetro  
El doble litro  
El doble decalitro  
El medio metro  
El medio litro  
Y algunas más.



## LECCIÓN VII

---

### Unidades de evaluación.

Hay magnitudes que no se dejan medir materialmente, y que sólo pueden evaluarse por relaciones numéricas.

A mí me es dado tomar un metro material, y, con su longitud, v. gr., medir el largo de una alfombra; puedo servirme del peso material de un kilogramo, y por él estimar dos mil gramos de plata, etc., etc.

Pero ¿qué *velocidad* puedo yo tomar objetivamente en mis manos para medir la carrera de un tren de ferrocarril? ¿Dónde existe un módulo material que, llevado una ó muchas veces sobre una cantidad de su misma especie, me determine la fuerza de un caballo, de una máquina de vapor, de una corriente de agua, etc., etc.?

La densidad de un cuerpo depende de su masa, ó sea del número de sus moléculas en un volumen dado; mas, como no podemos contar esas moléculas, porque hasta ellas no llegan nuestros medios de investigación, estimamos la masa en función de su peso, ó sea en función de la fuerza con que la tierra atrae el cuerpo; y, por consiguiente, la densidad se determina por la relación del peso al volumen (á condición de ser números puros los números expresivos del volumen y del peso).

Llamamos *fuerza* á la causa desconocida que pone en movimiento un cuerpo. Consideramos como evidente que, mientras mayor sea la masa de ese cuerpo, esto es, mientras ma-

por sea el número de sus moléculas, más grande ha de ser la fuerza que lo impulse. También miramos como evidente que, para que la velocidad del movimiento sea mayor, mayor ha de ser la fuerza. Por consiguiente, la cantidad de movimiento ha de ser igual á la masa por la velocidad. ¡Relaciones puramente numéricas de cosas desconocidas!

Y, en general, resultan de *razones geométricas* las fórmulas magnéticas, eléctricas, térmicas, mecánicas, y demás de las ciencias físicas:

$$\text{Velocidad uniforme} = \frac{\text{espacio}}{\text{tiempo}}$$

y tantas, tantas otras (1).

Claro es que de todas no puede aquí tratarse. Las unidades de mecánica son para el mecánico, las unidades térmicas son para el físico, las unidades espectroscópicas para el astrónomo;... y no es de suponer que quien lea estas Lecciones de métrica sea entendido en todos los ramos del saber. Por tanto, hay que limitar estas Lecciones á lo que deba discretamente considerarse como inteligible á la cultura general.

La mayor parte de las cantidades físicas pueden definirse en función

De una longitud,  
De un peso, y  
De un tiempo;

y, por consiguiente,

Las unidades métricas de evaluación son productos ó cuocientes calculados en función de las tres unidades fundamentales

El metro,  
El kilogramo, y } ó algunos de sus múltiplos ó submúltiplos.  
El segundo (2).

## VELOCIDAD

Cuando el movimiento es uniforme, la velocidad es el cuociente de la longitud recorrida por un móvil partida por el tiempo empleado en recorrerla.

(1) Pág. 270 del tomo III de la ARITMÉTICA GENERAL.

(2) Véase luego *Sistema centímetro-gramo-segundo* (ó *Sistema C. G. S.*)

$$\text{Expresión en general} = \frac{\text{Longitud}}{\text{Tiempo}}$$

$$\text{Expresión métrica} = \frac{\text{Metros}}{\text{Segundos}}$$

Un hombre anda 60 pasos por minuto;

$$\begin{aligned}\text{Velocidad} &= \frac{60 \text{ pasos}}{60 \text{ segundos}} \\ &= 1 \text{ paso por segundo}\end{aligned}$$

Un caballo al paso anda 100 metros por minuto

$$\text{Velocidad} = \frac{100 \text{ m}}{60 \text{ s}} = 1 \text{ m},66 \text{ por segundo}$$

Velocidad de la luz = 300 000 kilómetros por segundo.

## FUERZA

Todo lo que imprime un movimiento á una masa se llama *fuerza*.

Siempre hay un peso que puede producir el mismo movimiento que una fuerza. Y, por esto, los pesos en la práctica se consideran como representantes de las fuerzas.

El peso, pues, es la fuerza ejercida sobre un cuerpo por la acción de la gravedad.

Pero, como el peso varía con la latitud geográfica, y las masas permanecen invariables, las fuerzas se evalúan en función de las masas.

La unidad de masa es la de

Un volumen = 1 centímetro cúbico

de agua pura en su máximo de densidad á la temperatura de 4° centígrados (1).

El peso de esta masa de agua es = 1 gramo en nuestras latitudes medias.

También se usa en la práctica como equivalente de la unidad métrica de masa el peso de

Un volumen = 1 decímetro cúbico de agua pura á 4° C.

que es para nosotros el peso de 1 kilogramo.

---

(1) Véase *Sistema C. G. S.*

La balanza es, pues, un aparato que no pesa realmente los cuerpos, sino que compara sus masas utilizando los fenómenos de la gravedad.

Y, como toda fuerza comunica á un cuerpo de masa  $M$  una aceleración representable por  $a$ , resulta que la expresión de toda fuerza es

$$F = M a$$

## PRESIÓN

La presión es el cuociente de una fuerza por una superficie.

Hoy se da á este cuociente el nombre de *Bária*.

La *bária* es una unidad de presión sensiblemente igual á la ejercida sobre  $1 \text{ cm}^2$  por una columna de mercurio de 75 centímetros de altura; presión casi igual á la de lo que se llama una atmósfera, que es la presión de un kilogramo por centímetro cuadrado.

En la práctica se miden las presiones por atmósferas ó kilogramos sobre 1 centímetro cuadrado. La atmósfera, en rigor, es igual á la presión ejercida por una columna de mercurio de 760 milímetros de altura á  $0^\circ$  centígrados; ó bien á la de una columna de agua pura á la temperatura de  $4^\circ$  centígrados igual á  $10^m,33$

## DENSIDAD

La densidad de un cuerpo es el cuociente de

$$\frac{\text{Su masa}}{\text{Su volumen}} = \frac{M}{L^3}$$

En la práctica se emplea el peso en vez de la masa; por manera que

$$\text{La expresión métrica es} = \frac{\text{Peso}}{\text{Volumen cúbico}}$$

O bien

$$= \frac{\text{Gramo}}{\text{Centímetro cúbico}}$$

Si, pues, se toma por módulo de densidad el peso de un centímetro cúbico de agua destilada á  $4^\circ \text{ C.}$ , se podrá calcu-

lar métricamente el peso de cualquier sustancia conocida, teniendo á la vista una

TABLA DE DENSIDADES

|                     |           |            |
|---------------------|-----------|------------|
| Iridio.....         | 22,38     |            |
| Platino.....        | 21 á 22   |            |
| Oro.....            | 19 á 19,6 |            |
| Plomo.....          | 11,4      |            |
| Plata.....          | 10,5      |            |
| Cobre fundido.....  | 8,6       |            |
| Níquel fundido..... | 8,57      |            |
| Latón fundido.....  | 7,8 á 8,4 |            |
| Acero.....          | 7,8 á 7,9 |            |
| Hierro.....         | 7,8       |            |
| Estaño.....         | 7,3 á 7,5 |            |
| Azogue.....         | 13,596    | Etc., etc. |

### TRABAJO

El trabajo es el producto de una fuerza multiplicada por el camino que recorre su punto de aplicación.

El kilográmetro es el trabajo producido por el peso de un kilogramo que cae de un metro de altura.

$$\begin{aligned}\text{Trabajo} &= \text{Fuerza} \times \text{camino recorrido} \\ &= \text{Kilogramo} \times \text{metros de caída.}\end{aligned}$$

El trabajo se llama también energía.

### POTENCIA

La potencia es el cociente de un trabajo por un tiempo

$$\text{Potencia} = \frac{\text{Kilogramos} \times \text{metros de caída}}{\text{Segundos}}$$

Como se ve, es gran error confundir la potencia con el trabajo ó con la fuerza (1).

La unidad de potencia es el cociente

$$\frac{1 \text{ kilográmetro}}{1 \text{ segundo}}$$

La potencia de 1 kilográmetro es la necesaria para elevar

El peso de 1 kilogramo,  
A la altura de 1 metro,  
En el tiempo de 1 segundo.

(1) Véase *Sistema C. G. S.*



El módulo industrial de potencia es el caballo-vapor.

El caballo-vapor vale 75 kilográmetros por segundo.

### POTENCIA TÉRMICA

Es el cuociente de una cantidad de calor por un tiempo.

Una caloría por segundo = 425 kilográmetros por segundo.

La unidad de temperatura es el grado centígrado, ó grado *Celsius*. Está fundada en las propiedades térmicas del agua destilada á la presión de 760 milímetros de mercurio ó presión atmosférica. En la escala termométrica centígrada, el grado cero es la temperatura del hielo fundente, y el grado ciento la del vapor del agua pura hirviendo á la presión de 760<sup>mm</sup>. El grado centígrado es la centésima parte de estos desvíos de temperatura.

La unidad práctica de calor es la caloría.

La caloría es la cantidad de calor necesaria para elevar un grado centígrado la temperatura de un kilogramo de agua pura.

Hay otra unidad 1 000 veces menor, que se llama pequeña caloría.

La pequeña caloría es, por tanto, la cantidad de calor necesaria para elevar un grado centígrado la temperatura de un gramo de agua pura.



## LECCIÓN VIII

---

### **Unidades de evaluación** (continuación).

Es patente que no cabe medir con módulos materiales las magnitudes de que se trata en la Lección anterior, pero ninguna de ellas presenta las dificultades que ofrece la evaluación de las magnitudes referentes á la

#### **GRAVEDAD**

Gravedad ó gravitación es la facultad mutua por la cual todos los cuerpos en la naturaleza tienden á aproximarse unos á otros.

Esta tendencia mutua produce los mismos efectos que produciría una atracción universal y recíproca de los cuerpos todos entre sí.

La fuerza de la gravedad no es intermitente.

Es una fuerza continua.

Su esencia es la continuidad.

Ignórase su causa. Se ejerce sobre todos los cuerpos, ya aparezcan en reposo, ya en movimiento, á todas las distancias y á través de todas las sustancias.

En la tierra un cuerpo abandonado á sí mismo cae inmediatamente hacia el centro del planeta en virtud de la continua fuerza de la gravedad.

## LEY DE NEWTON.

La fuerza de la gravedad es directamente proporcional á las masas de los cuerpos que se atraen, é inversamente proporcional al cuadrado de sus distancias. De modo que

- 1.º Un cuerpo B de doble masa que otro A, atrae con dos veces la fuerza del primero A;  
 Un cuerpo C de triple masa que A, atrae con triple fuerza que A;  
 Un cuerpo D de cuádruple masa atrae con cuádruple fuerza...

y así sucesivamente;

- Y 2.º A la distancia 2 la atracción es la 4.<sup>a</sup> parte que á la distancia 1;  
 A la distancia 3 es la 9.<sup>a</sup> parte que á la distancia 1;  
 A la distancia 4 es la 16.<sup>a</sup> ava parte que á la distancia 1;  
 A la distancia 5 es la 25.<sup>a</sup> ava parte que á la dist. 1; etc., etc.

El Universo todo está sometido á esta ley, y por ella calculamos las distancias de los cuerpos celestes, sus masas y sus movimientos...

Sin la ley de NEWTON, el mundo no sería lo que es.

## ACELERACIÓN.

La experiencia patentiza que todo cuerpo que cae posee al final de su trayecto, más velocidad que al principio.

Es también patente que un proyectil arrojado desde el suelo hacia lo alto verticalmente, va perdiendo su velocidad con suma rapidez hasta quedar parado en la altura un brevísimo instante, para inmediatamente bajar con velocidad creciente al suelo de donde partió.

Tanto en un caso, como en otro, al movimiento se le da el nombre de *movimiento variado*:

- Al subir se le denomina *movimiento retardado*;  
 Al bajar *movimiento acelerado*.

Pero, ¿qué se entiende en estos casos por VELOCIDAD?

Examinemos:

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Un cuerpo que cae anda en el primer instante una longitud que podemos llamar uno..... | 1  |
| En el segundo instante, por virtud de la velocidad adquirida, anda .....              | 3  |
| En el tercer instante, por efecto de la aceleración, anda.                            | 5  |
| En el cuarto instante, aumentada esa aceleración, anda.                               | 7  |
| En el quinto.....                                                                     | 9  |
| En el sexto.....                                                                      | 11 |
| En el séptimo.....                                                                    | 13 |
| En el octavo.....                                                                     | 15 |
| En el noveno.....                                                                     | 17 |

Y, así sucesivamente, según la serie de los números impares, sin término ni fin.

De donde sale la ley del cuadrado de los tiempos:

Si en el primer instante el grave anda 1 espacio  
Y en el segundo instante anda 3 espacios } = 4 espacios,

claro es que, al fin del segundo tiempo, llevará andados 4 espacios, que es el cuadrado del segundo tiempo: ( $2 \times 2 = 4$ )

Si al cabo del segundo instante lleva andados 4  
Y en el tercer instante anda..... 5 } = 9

es patente que, al finalizar el tercer tiempo, llevará andados 9 espacios, que es el cuadrado del tercer tiempo: ( $3 \times 3 = 9$ )

Y, sucesivamente;

9, andados ya hasta el fin del tercer tiempo  
+ 7, que anda en cuarto tiempo

16, que es el cuadrado de 4; ( $4 \times 4 = 16$ )

16  
+ 11

25, que es el cuadrado del quinto tiempo; ( $5 \times 5 = 25$ )

25  
+ 11

36 = al cuadrado del sexto tiempo; ( $6 \times 6 = 36$ )

36  
+ 13

49 = al cuadrado del séptimo tiempo; ( $7 \times 7 = 49$ )

49  
+ 15

64 = al cuadrado del octavo tiempo; ( $8 \times 8 = 64$ ).

Y siempre del mismo modo sin término ni fin.

¡Admirable ley que rige al Universo todo; lo mismo á la piedrecilla que cae en nuestra atmósfera, que á la luna en su gravitación hacia el centro de nuestro globo, que á la tierra en su gravitación hacia el centro del sol... que á las más lejanas nebulosas en su recíproca gravitación!!!!

El movimiento, pues, de todo grave en nuestra atmósfera es un movimiento variado: lo mismo al subir, una vez lanzado libremente hacia arriba, que al bajar, abandonado á sí mismo.

El movimiento variado puede ser de mil y mil modos diferentes; pero sólo es *movimiento uniformemente variado* aquel movimiento cuya velocidad crece ó mengua cantidades idénticas en tiempos iguales:

*Uniformemente acelerado*, como el de una piedra que cae;

*Uniformemente retardado*, como el de un proyectil arrojado en sentido vertical de abajo hacia arriba.

El movimiento uniformemente variado siempre reconoce por causa una fuerza continua constante (1), que se conduce como potencia ó como resistencia, según resulte acelerado ó retardado.

No siendo, pues, iguales en el movimiento uniformemente variado los espacios recorridos en tiempos iguales, la VELOCIDAD ya no es ni puede ser el camino andado en la unidad de tiempo, según sucede en el movimiento uniforme. Así, pues, ¿qué es VELOCIDAD cuando se trata del movimiento uniformemente variado?

Como en el movimiento variado la rapidez del móvil cambia sin cesar y continuamente (pues la de un momento cualquiera no es ya la del momento inmediato anterior), es preciso concebir que en un determinado instante se convierte de repente en uniforme el movimiento adquirido (2). Y, concebida esa conversión, la velocidad de aquel preciso instante supuesta ya uniforme, es la que se llama velocidad del movimiento variado en aquel momento justo, y no en otro ninguno.

Así, pues, cuando se dice que un móvil adquiere una velo-

---

(1) Esto no es fácil de entender á quien no conozca por los tratados de física ó mecánica

El principio de la inercia, debido á KEPLERO;

El principio del movimiento relativo, enunciado por GALILEO, y

El principio de la igualdad de la acción y de la reacción, descubierto por NEWTON.

Acuda el alumno á esos tratados.

(2) Esto es muy fácil de realizar experimentalmente en la máquina de ATWOOD.

cidad de 60 metros á los 10 segundos de un movimiento uniformemente acelerado, lo que se quiere dar á entender es que, si después del décimo segundo cesara de repente la fuerza aceleratriz que hasta entonces lo había ido animando, seguiría el móvil recorriendo uniformemente (en virtud de su inercia) 60 metros por segundo.

Pues bien, todo movimiento uniformemente acelerado (ó retardado), sea cual fuere su aumento (ó disminución) de velocidad, está sometido á las dos leyes siguientes:

1.<sup>a</sup> *Las velocidades crecen (ó menguan) proporcionalmente á los tiempos*; es decir que, después de un tiempo doble, triple, cuádruple,... es la velocidad adquirida dos, tres ó cuatro veces mayor (ó menor);

2.<sup>a</sup> *Los espacios recorridos son proporcionales á los cuadrados de los tiempos empleados en recorrerlos*; es decir, que si se representa por 1 el espacio andado en 1 segundo, los que se recorran en 2, 3, 4, 5... segundos, estarán representados por 4, 9, 16, 25, 36, 49...

#### DIAGRAMA.

El adjunto diagrama representa la aceleración de un cuerpo al caer.

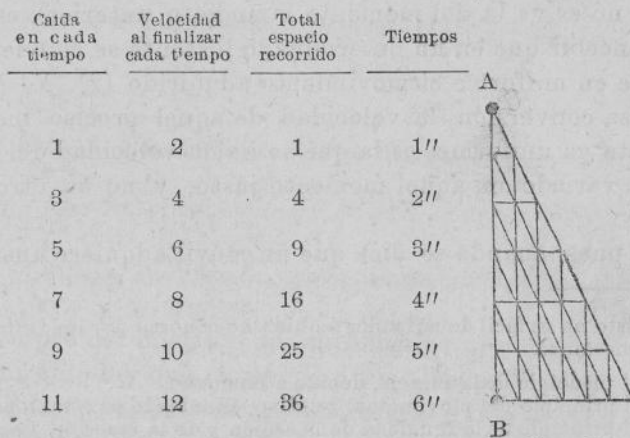


Figura 17.

Se supone que el cuerpo baja en su caída desde A hasta B.



Cada triángulo pequeño representa, no una superficie, sino una longitud igual á la distancia descendida en el primer segundo. ( $4^m,905$ , término medio en las latitudes próximas á los  $45^\circ$ ;  $4^m,9044$  en París;  $4^m,900078$  en Madrid,...) De modo que, por ejemplo, á la línea  $3''$  segundos, resulta que ha dejado atrás 9 triángulos, y que el espacio que lleva andado con velocidad creciente es igual á

$$\begin{aligned} 9 \times 4^m,905 &= \text{á metros } 44,145 \text{ en la latitud de } 45^\circ; \\ 9 \times 4^m,9044 &= \text{á metros } 44,1406 \text{ en París;} \\ 9 \times 4^m,9 &= \text{á metros } 44^m,1 \text{ en Madrid...} \end{aligned}$$

El número de triángulos entre cada dos líneas horizontales es el espacio que el móvil anda en cada segundo. Entre  $3''$  y  $4''$  hay 7 triángulos y el camino recorrido en el  $4''$  es igual

$$7 \times 4^m,905 = \text{á metros } 34,335 \text{ á la latitud de } 45^\circ, \text{ etc.}$$

Bajo la línea  $3''$  se encuentran 3 rectángulos que contienen 6 triángulos; lo que representa la velocidad que el cuerpo ha alcanzado al final del  $3''$  ó sea

$$6 \times 4^m,905 = \text{á metros } 29,43.$$

De consiguiente, se ve bien claro que en cada segundo sucesivo el cuerpo gana dos triángulos, ó sea

$$\begin{aligned} 2 \times 4^m,905 &= 9^m,81 \text{ por segundo, á la latitud de } 45^\circ, \\ 2 \times 4^m,9044 &= 9^m,8088 \text{ por segundo en París;} \\ 2 \times 4^m,9 &= 9,8 \text{ por segundo en Madrid.} \end{aligned}$$

## EVALUACIÓN.

La gravedad es, pues, una fuerza constante en magnitud y dirección.

La gravedad imprime á cada instante en un mismo lugar de la tierra el mismo aumento de velocidad á cada partícula de materia, sea su naturaleza la que fuere.

En los fenómenos de la gravedad hay que determinar:

- T, Tiempo que dura la caída de un grave; .
- S, Espacio recorrido durante toda la caída;
- D, Distancia caída en cada tiempo;
- V, Velocidad al fin de cada tiempo.

Para medir estas magnitudes,

*La unidad de tiempo* es el segundo;

*La unidad de espacio* es la distancia que en el lugar de la observación baja durante el primer segundo de la caída un grave que parte del reposo. Esta distancia del primer segundo es la misma en todos los lugares de igual latitud geográfica; si bien aumenta algo con la latitud, y en cada latitud disminuye con la altura sobre el nivel del mar.

En las latitudes medias se la puede considerar como igual á  $4^m,905$ .

En París es igual á  $4^m,9044$ .

En Madrid =  $9^m,800156$ .

*La unidad de velocidad* es la aceleración adquirida por el grave al fin de ese primer segundo.

Esa velocidad es igual al doble de la distancia recorrida por el grave en el primer segundo en cada latitud. Es, pues, un módulo variable dentro de límites no distantes.

Por tanto, en las latitudes medias es igual á  $(4^m,905) \times 2 = 9,81 = g$ .

En París =  $2 \times (4^m,9044) = 9^m,8088 = g$  (1).

Y en Madrid =  $2 \times (4^m,9) = g$  (2).

#### NOTACIÓN.

Sea la que fuere la velocidad al fin del primer segundo, siempre se la llama  $g$ .

#### UNIDAD DE MEDIDA.

La unidad de medida de la fuerza de la gravedad en nuestro planeta, es, por tanto, la velocidad adquirida por un grave al finalizar el primer segundo de su caída,  $= g = 981$  centímetros.

- (1) En París á la altitud de  $72^m$  sobre el nivel del mar es

$$= 9^m,8096.$$

- (2) La evaluación de  $g$  en Madrid puede contener un error

$$= \pm 0,000016.$$

## FÓRMULAS.

Las fórmulas para el cálculo son las siguientes:

**Velocidad = V**

$$V = g T; \text{ en función del tiempo } = (9\text{m},81) \times T \quad [1]$$

$$\begin{aligned} &= \sqrt{2gS}; \text{ en función del espacio ó altura de la caída} \\ &= \sqrt{2g} \times \sqrt{S} \\ &= \sqrt{2 \times 9,81} \times \sqrt{S} \\ &= \sqrt{1962} \times \sqrt{S} \\ &= 4,43 \times \sqrt{S} \quad [2] \end{aligned}$$

$$= \frac{2S}{T}; \text{ en función del espacio y el tiempo} \quad [3]$$

**Espacio = S**

$$S = \frac{1}{2} g T^2; \text{ en función de } g = \frac{9\text{m},81}{2} \times T^2 \quad [4]$$

$$= \frac{1}{2} V T; \text{ en función de la velocidad } = 4,905 \times T^2 \quad [5]$$

$$= \frac{V^2}{2g}; \text{ en función de } g \text{ y de la velocidad } = \frac{V^2}{19,62} \quad [6]$$

**Tiempo = T**

$$T = \frac{V}{g}; \text{ en función de la gravedad } = \frac{V}{9,81} \quad [7]$$

$$= \frac{2S}{V}; \text{ en función del espacio} \quad [8]$$

$$\begin{aligned} &= \sqrt{\frac{2S}{g}}; \text{ en función del espacio y la gravedad } = \frac{\sqrt{2S}}{\sqrt{g}} \\ &= \frac{\sqrt{2S}}{\sqrt{9,81}} \\ &= \frac{\sqrt{2S}}{3,132} \quad [9] \end{aligned}$$

Las anteriores nueve fórmulas son exactas, suponiendo una condición que en la práctica no ocurre nunca; la de que los graves caigan libremente en el vacío, sin resistencias ningunas por parte de la atmósfera.

¿Cuál será la velocidad de un móvil que cae en un pozo durante 3 segundos á la latitud de 45°?

$$\text{Según la fórmula 1.ª, } V = g T = 9^{\text{m}},81 \times 3 \\ = 29^{\text{m}},43$$

¿Qué espacio ha recorrido ese móvil en su caída al finalizar el tercer segundo?

$$\text{Según la fórmula 4.ª, } S = \frac{1}{2} g T^2 = \frac{9^{\text{m}},81}{2} \times 9 \\ = 4,905 \times 9 \\ = 44^{\text{m}},145$$

¿Qué tiempo ha tardado un móvil en bajar 44<sup>m</sup>,145 con una velocidad de 29,43 á la latitud de 45°?

$$\text{Según fórmula 8.ª, } \frac{2S}{V} = \frac{2 \times 44,145}{29,43} \\ = \frac{88,29}{29,43} \\ = 3 \text{ segundos}$$

¿Cuánto tiempo deberá durar la caída de un cuerpo para adquirir en París una velocidad de 600<sup>m</sup>?

$$\text{De la fórmula 7.ª, } T = \frac{V}{g} \text{ sale, siendo en París } g = 9^{\text{m}},8088, \\ = \frac{600}{9,8088} \\ = 61^{\text{seg}},16$$

¿Qué tiempo necesita un grave para caer en París de 1000<sup>m</sup> de altura?

$$\text{Según la fórmula 9.ª, } T = \sqrt{\frac{2S}{g}} \text{ resultará} \\ = \sqrt{\frac{2000}{9,8088}} \quad (1) \\ = 14^{\text{seg}},28$$

(1) Si en vez de 9<sup>m</sup>,8088 se adoptase la aceleración 9<sup>m</sup>,8096, la fórmula sería

$$\sqrt{\frac{2000}{9,8096}} \\ = \sqrt{\frac{20000000}{98096}}$$

Y, por ser tan corta la diferencia entre los quebrados existentes bajo los radicales, la extracción de la raíz cuadrada daría también

$$14^{\text{seg}},28.$$

En Nueva York  $g = 32,166$  pies ingleses.

Si se deja caer un cuerpo en Nueva York desde la altura de 98 pies; ¿qué velocidad llevará cuando toque el suelo?

$$\begin{aligned}\text{La fórmula 2.ª, } V &= \sqrt{2gS} \text{ (transformada para el caso actual) será} \\ &= 8,02\sqrt{S} \\ &= 8,02\sqrt{98} \\ &= 79,39 \text{ pies ingleses por segundo.}\end{aligned}$$

¿Cuántos segundos habrá invertido ese cuerpo en su caída?

$$\begin{aligned}\text{La fórmula 9.ª, } T &= \sqrt{\frac{2S}{g}} \text{ (transformada convenientemente) será} \\ &= \frac{\sqrt{S}}{4,01} \\ &= \frac{\sqrt{98}}{4,01} \\ &= 2,46 \text{ segundos.}\end{aligned}$$

Un cuerpo cae en Nueva York desde la boca de un pozo y llega al fondo á los 3,5 segundos:

¿Qué profundidad tiene el pozo?

$$\begin{aligned}\text{Según la fórmula 4.ª, } S &= \frac{gT^2}{2} \text{ tendremos} \\ &= \frac{32,16 \times (3,5)^2}{2} \\ &= 196,98 \text{ pies ingleses.}\end{aligned}$$

¿Cuál será la velocidad de un grave que en Madrid necesita 3 segundos para llegar al fondo de un pozo?

(Para hallar la solución transforme convenientemente el discípulo la fórmula 1.ª)

¿Qué profundidad tenía ese pozo?

(Transfórmese convenientemente la fórmula 4.ª)

¿Cuánto tiempo deberá durar la caída de un cuerpo para adquirir en Madrid la velocidad de 600<sup>m</sup>?

(Transfórmese convenientemente la fórmula 7.ª)





SECCIÓN II

---

MEDIDAS HISTÓRICAS



# LECCIÓN I

---

## Medidas históricas francesas (1).

Antes de Carlo Magno, el sistema romano (ó tenido por tal) de pesas y medidas, era casi exclusivamente el único que se usaba en la monarquía de los Francos.—Parece ser que aquel príncipe había tomado de los árabes la unidad de longitud llamada *pie de rey* y también *pie de París*.

El *pie árabe* de aquella época valía 320 milímetros, ó sea poco menos que el *pie de rey*, que valía 0<sup>m</sup>,32484.—Carlo Magno había intentado, no sólo establecer medidas nacionales, sino que además éstas fueran idénticas en toda la extensión de su vasto imperio. La falta de energía en sus sucesores impidió la realización de tal propósito.

Por otra parte, el régimen feudal era poco apropiado para mantener en vigor tan sabias y atinadas disposiciones; pues cada uno de los grandes señores feudales, gozando casi de poder omnímodo en los estados de su jurisdicción, tenía con frecuencia gran interés en que continuara la falta de unificación en las pesas y medidas.—Monarcas diferentes, entre los que se cita con preferencia á Felipe el Hermoso, Luis XI, Francisco I y Luis XIV, practicaron estériles tentativas para poner remedio á las alteraciones y cambios que habían experimentado, en todo el reino, las diferentes medidas, desde la reforma que en ellas introdujo Carlo Magno.

---

(1) Traducido del artículo *Métrique* de la Enciclopedia de Larousse.

El astrónomo Juan Picard propuso á fines de 1670, esto es, cuando acababa de medir un grado del meridiano terrestre, introducir una reforma radical en los pesos y medidas de la nación, y adoptar como base la longitud del péndulo simple, cada una de cuyas oscilaciones dura un segundo.—Esta proposición no fué aceptada, por la dificultad de combatir repentinamente costumbres y hábitos inveterados.

Grande era el caos de extraños é inadecuados nombres impuestos á las muchas medidas usadas por nuestros antepasados. Baste mencionar las más conocidas y menos distantes. El módulo de longitud era la *toesa*, que valía 6 pies; el *pie* se dividía en 12 pulgadas; la *pulgada* en 12 líneas; la *línea* en 12 puntos.—El módulo de *toesa*, tal como lo fijó Carlo Magno, no se conservó sin serias alteraciones, á pesar de los esfuerzos que distintos soberanos hicieron para hallar el patrón primitivo y para asegurar la uniformidad en el uso de la *toesa*. Sabíase que el antiguo plano de construcción del *Vieux Louvre* señalaba una anchura de 12 pies para la arcada que existía en el lado frontero á la calle *Fromenteau*, y se observó en 1668 que la *toesa* entonces vigente era cinco líneas más larga. Con arreglo á este dato, se mandó construir una nueva *toesa* de hierro, que se colocó en la parte baja de la gran escalera del *Châtelet*, para que sirviera de prototipo ó de patrón regulador al comercio y á la justicia.

Newton, convencido por sus estudios teóricos de que la tierra tiene la forma de un esferoide achatado hacia los polos, consideraba preciso, para demostrar su aserto, la medición de un arco de meridiano en dos partes del globo: una de ellas situada cerca del Ecuador, y la otra no lejos de alguno de los polos.—En 1734, una comisión compuesta de los franceses *La Condamine*, *Godin* y *Bouguer*, y de los españoles Jorge Juan y Antonio de Ulloa, pasó al Perú para medir un grado cerca del Ecuador, mientras que *Clairaut*, *Maupertuis*, *Lemonnier*, *Camus* y *Outhier* formaron otra comisión encargada de ejecutar la medición de otro grado en Laponia. De tales trabajos geodésicos vino á resultar que la longitud del arco de un grado, en Laponia, era de 57 422 toesas, y en el Perú de 56 750 toesas, lo que justificó la aserción de Newton. La *toesa* de que se sirvieron *La Condamine* y sus compañeros, fué propuesta y aceptada por prototipo regulador de las medidas fran-



cesas; y recibió el nombre de *toesa del Perú*.—Se construyeron otros prototipos en número bastante, para enviarlos á los procuradores generales de los parlamentos y á muchos astrónomos de observatorios extranjeros.

Por otra parte, reinando Enrique II, se había creado por mandamiento real, una medida para las telas llamada *aune*, vara.—Esta antigua medida, que databa de 1554, fué fijada al principio en 3 pies, 7 pulgadas y 8 líneas. En el momento en que nació el sistema *métrico*, la vara (*aune*) de París alcanzaba 3 pies, 7 pulgadas, 10 líneas y 10 puntos.—Sin embargo, no tenía el mismo valor en toda la extensión del reino. La *perche royale*, de 22 pies de París, databa de 1669, y equivalía á cerca de seis varas (*aunes*).—La legua terrestre ó de 25 al grado valía 2 280 toesas ó muy cerca de 3 millas romanas, lo cual daba 9 000 leguas terrestres para la circunferencia de la tierra. La legua marina ó de 20 al grado valía 2 850 toesas.—La legua de posta era de 2 000 toesas.

Para superficies de poca extensión se hacía uso de la toesa cuadrada, del pie cuadrado, de la pulgada cuadrada, de la línea cuadrada. Para las medidas agrarias existían

*L'arpent de Paris,*

compuesto de 100 *perches*, que formaban otros tantos cuadrados de 18 pies de lado.—La *perche* contenía, pues, 324 pies cuadrados.

*L'arpent des eaux et forêts*

compuesta de 100 *perches* de 22 pies, y que contenía 48 400 pies cuadrados, pues la *perche* tenía 484 pies cuadrados.

*L'arpent* de París contenía 32 400 pies cuadrados, ó sean 900 toesas cuadradas, es decir, que era equivalente á un cuadrado de 30 toesas de lado. Además, en las diversas provincias de Francia existían muchas variedades *d'arpent*.

Para las grandes divisiones territoriales se usaba la legua cuadrada, como hoy nos servimos del mirímetro cuadrado.

Los volúmenes se medían por la toesa cúbica, el pie cúbico, la pulgada cúbica, etc.

En el comercio se despachaban los cereales, las legumbres,... midiéndolos por medio del *setier*, que se dividía en 12 *boisseaux*, y el *boisseau* valía 16 *litrons*. Para medir los líquidos se empleaba el *muid*, la *pinte* y la *velte*.—El *muid* de

París valía 288 *pintes*, y la *velte* equivalía á 6 *pintes*, la *pinte* correspondía á litros 0,931.

Para las medidas de maderamen usaban principalmente un sólido convenido de antemano, llamado *solive*, que tenía 144 pulgadas de largo, 6 de ancho y 6 de alto, y contenía, por tanto, 5 184 pulgadas cúbicas.

La toesa cúbica valía 72 *solives*.

Para la leña la unidad era la *corde*, paralelepípedo rectangular que tenía de altura 4 pies, de anchura 8 pies y 3 y medio de profundidad, lo que daba por resultado un volumen de 112 pies cúbicos.

La *corde* valía 2 *voies*.

La unidad de peso era la *livre poids*, que valía 2 marcos; el marco valía 8 onzas; la onza, 8 *gros*; el *gros*, 3 *deniers*; y el *denier*, 24 granos. 100 libras *poids* formaban un quintal.

La unidad monetaria era la *livre tournois, monnaie de compte*. Se subdividía en 20 sueldos y el sueldo en 4 *liards*, y cada uno de éstos contenía 3 *deniers*. Las monedas de oro ó plata contenían el  $\frac{11}{12}$  de su peso en oro ó plata neta y  $\frac{1}{12}$  de cobre.

Para establecer la unidad en el sistema de pesos y medidas, se pudo en Francia, como se ha verificado en diversas regiones de Europa, elegir de entre las medidas que estaban en vigor aquellas que presentasen las mayores ventajas ó también preferir las de menores inconvenientes; pero la idea fué más perfecta y se buscaron los elementos (las bases) de una completa reforma, duradera y universal. Para lograr el intento, en primer lugar se creyó indispensable tomar como fundamento del Sistema una dimensión simple, invariable y susceptible de nueva determinación, una vez perdida.

El problema presentó dificultades. Al principio se pensó en la idea de Picard, que quizás era la de más precisión ó exactitud. Fué necesario que se adoptaran las subdivisiones decimales, á fin de evitar las molestias y lo prolongado de los cálculos en los números complejos. Por último, se necesitaba que se refirieran á la dimensión adoptada, no sólo las medidas de superficie y volumen, sino además las de los pesos y monedas.

La Asamblea Constituyente decretó en 8 de Mayo de 1790, á consecuencia de una moción de Talleyrand, que una Comi-

sión, formada por sabios franceses, que habían de ser designados por la Academia, se encargara de determinar la longitud del péndulo simple que bate segundos en la latitud media de  $45^{\circ}$  y al nivel del mar. También se acordó pedir al rey de Inglaterra que una Comisión de la Sociedad Real de Londres se uniese á la Comisión francesa, á fin de que de común acuerdo se estableciera una base fundamental de medidas y que se recomendara su empleo á las demás naciones. Los delegados franceses elegidos por la Academia fueron Lagrange, Laplace, Monge y Condorcet. Las revueltas de Francia en aquel tiempo, fueron causa ó motivo para el gobierno inglés de negar la cooperación de sus geómetras. Con tal motivo prescindieron del primitivo programa, ó sea de evaluar la longitud del péndulo de segundos, los que formaban la Comisión francesa, los cuales se consagraron á examinar si no sería más conveniente tomar por unidad de longitud una fracción del meridiano terrestre.

Aceptóse la idea, por el fundado temor de que no aceptasen la longitud del péndulo aquellas naciones cuyo territorio no estuviese cortado por el  $45^{\circ}$  de latitud.

Seguramente no se habría presentado esta dificultad si se hubiese escogido el Ecuador. El 17 de Marzo de 1791, la Comisión francesa nombrada por la Academia de Ciencias, presentó á la Asamblea Nacional una memoria en la que proponía adoptar como unidad fundamental la diez millonésima parte de un cuarto del meridiano terrestre, y dar á este módulo el nombre de *metro*. Conforme á las conclusiones de la memoria fueron encargados Méchain y Delambre de la delicada misión de medir el arco de meridiano comprendido entre Dunkerke y Barcelona. Habiendo demostrado perentoriamente la teoría del movimiento y los resultados de la experimentación, que la tierra es achatada en los polos y dilatada en el Ecuador, precisaba, para establecer un término medio, lo más aproximado que fuera posible, ó basarse en las dimensiones tomadas en el Perú, en Francia y en Laponia, ó medir un arco continuo situado casi á igual distancia del polo y del Ecuador. Esto último fué lo que se decidió. La medición de Jean Picard, que operó entre París y Amiens, había suministrado una cifra de 57 060 toesas, lo que daba para el cuarto de meridiano, una longitud de 5 135 400 toesas. Méchain y

Delambre hallaron que el cuarto de meridiano era igual á 5 130 740 toesas. Este último resultado fué aceptado y adoptado por el Cuerpo Legislativo el 4 messidor an VII (22 de Junio de 1799). Aunque es enorme la diferencia que aparece entre los dos resultados, sin embargo, otra Comisión compuesta de Borda, Lagrange, Brisson, Laplace, Prony y Berthollet, elaboraba el sistema métrico apoyándose en las medidas de Lacaille, y daba como unidad provisional una longitud de 443 líneas, 44 de la toesa de París; pero, á partir de 1799, el valor definitivo del metro quedó fijado en 443 líneas, 295 936, ó sean 3 pies 0 pulgadas 11 líneas 295 936, lo que representa la diez millonésima parte de 5 130 740 toesas, es decir, toesa 0,513074. Desde 1801, el Sistema basado en estos últimos datos había de regir como legal y de uso exclusivo.

Como se ve, la unidad que sirve de base al Sistema es arbitraria por completo, á causa de la inseguridad de los datos referentes á la medida del meridiano.

A pesar de la admirable sencillez del sistema métrico y de la facilidad de sus cálculos decimales, cierta parte de la población francesa se alzó contra tan útil innovación, tanto por lo violento de ir en contra de antiguos hábitos, como por lo fácil que era en los principios á los comerciantes al pormenor el engañar á los compradores ignorantes ó incautos (1). Para remediar tales inconvenientes, se recurrió á una desdichada idea.

Por decreto imperial del 12 de Febrero de 1812 se prescribía: Que la medida principal de longitud sería igual á dos metros, que tomaría el nombre de toesa y se dividiría en 6 pies; que el pie, ó sexta parte de la toesa, ó sea el tercio del metro, se dividiría en 12 pulgadas, y la pulgada en 12 líneas; que cada una de estas medidas llevaría en uno de sus lados ó caras las divisiones métricas; que para medir las telas y los paños se usaría en adelante una medida igual á 12 décime-

---

(1) Hay además razones que dependen de la naturaleza misma de las cosas. El sistema inventa el *litro* para facilidad de los cálculos en el tránsito de unas unidades á otras; y, no obstante, sigue y seguirá la *botella*; porque nadie puede beberse de una vez un litro de vino, y el contenido de una botella satisface mejor las necesidades de un trabajador robusto. Donde hay bueyes poderosos la *bota de vino* contiene más hectolitros de vino que donde los bueyes son pequeños, y desarrollan poca fuerza motriz para el transporte del mosto, etc.



tros, que tomaría el nombre de *aune*; que los granos y otras sustancias secas podrían ser vendidas al menudeo con una medida igual á la octava parte del hectolitro, la que llevaría el nombre de *boisseau*, y que podría usarse el doble *boisseau*, el medio *boisseau* y un cuarto de *boisseau*; que los pesos serían: la libra, con 500 gramos de peso; la media libra, 250 gramos; el cuarterón, 125 gr.; el medio cuarterón, 62<sup>gr.</sup>,5; la onza, 31<sup>gr.</sup>,3; la media onza, 15<sup>gr.</sup>,6; el cuarto de onza, 7<sup>gr.</sup>,8; le *gros*, 3<sup>gr.</sup>,9, y que no podrían hacerse sino de hierro ó cobre.

Este sistema mixto no podía ser tolerado indefinidamente. Mediante proposición del Ministro *du Commerce*, decidieron las Cámaras, en Julio de 1837, que á partir del 1 de Enero de 1840 todos los pesos y medidas que no fueran los establecidos por las leyes de 18 *germinal an III* y 19 *frimario an VIII*, pertenecientes al sistema métrico decimal, quedaban abolidos bajo las penas contenidas en el art. 479 del Código penal.

Ulteriores trabajos de Biot y de Arago, que prolongaron la meridiana hasta la isla de Formentera, demostraron que la longitud del metro, calculada por Méchain y Delambre, era demasiado pequeña. En lugar de 443<sup>lignes</sup>,296, Arago y Biot hallaron que la diez millonésima parte del cuarto de meridiano de París es 443<sup>lignes</sup>,31. Después hicieron correcciones que dieron hasta 443<sup>lignes</sup>,39.

(Véase luego *Constantes naturales*.)



## LECCIÓN II

---

### **Medidas históricas en España.**

Mayor que en Francia todavía era en nuestra España la múltiple discrepancia entre los módulos de medir. Cada provincia tenía los suyos, y aun en localidades muy próximas los había diferentes. Las dificultades que por ésto resultaban al comercio eran de consideración suma; y, para hacerlas cesar (después de muchas disposiciones gubernativas), publicó el Instituto Geográfico y Estadístico las equivalencias entre las pesas y medidas usadas antiguamente en las diversas provincias de España y las legales del sistema métrico decimal.

Hostilidad contra el sistema métrico nunca verdaderamente la hubo; pero sí una desobediencia mansa contra lo dispuesto, tal y tan insistente, que de ella únicamente puede formarse idea teniendo alguna noticia de las leyes, Reales decretos y Reales órdenes dictadas por los poderes públicos en lo referente al ramo de Instrucción pública.

Respecto de la enseñanza del sistema legal de medidas, pesas y monedas, dice la *Ley de 19 de Julio de 1849*:

Art. 11. En todas las escuelas públicas (ó *particulares*) en que se enseñe ó deba enseñarse la Aritmética ó cualquiera otra parte de las Matemáticas, será obligatoria la del sistema legal de medidas y pesas y su nomenclatura científica desde 1 de Enero de 1852, quedando facultado el Gobierno

para cerrar dichos establecimientos siempre que no se cumpla con aquella obligación.

Este artículo de la Ley se recordó á los Rectores y Directores de Institutos y Escuelas Normales por *Real orden de 20 de Enero de 1852*. El *Reglamento de 27 de Mayo de 1868* organizó este servicio de pesas y medidas, empezando por disponer, en su art. 1.º, que «es obligatorio» el sistema métrico decimal en las oficinas y establecimientos públicos, ya sean generales, provinciales ó municipales; en los establecimientos industriales y de comercio, y en los contratos entre particulares. A este fin ya se hallaba dispuesto, por *Real decreto de 19 de Junio de 1867*, y se reprodujo por otro de *17 de Junio de 1868*, que tal obligación había de empezar á regir el *día 1 de Enero de 1869*. Por *Real orden de 28 de Marzo de 1876* se dictaron las prevenciones necesarias para que los pueblos adquiriesen las colecciones tipos de las pesas y medidas de este sistema; por *Real decreto de 14 de Febrero de 1879* se señaló como fecha improrrogable para la adopción general del sistema el *día 1 de Julio de 1880*; por *Real orden de 5 de Mayo de 1880* se mandó señalar un plazo brevísimo para el cumplimiento de la de *28 de Marzo de 1876*; por *Real orden de 3 de Febrero de 1883* se recordó de nuevo á los Gobernadores que deben encaminar preferentemente su acción á que el sistema métrico decimal quede definitivamente planteado, haciéndoles al efecto las prevenciones oportunas, y, finalmente, una enérgica *Real orden de 19 de Enero de 1886* determinando que «los Gobernadores adopten las disposiciones convenientes para que sin dilación alguna reciba estricto cumplimiento el *Reglamento de 27 de Mayo de 1868*, perfeccionando el servicio hasta propagar el uso exclusivo del sistema métrico decimal á todos los Ayuntamientos.»

Estableciendo como obligatorio el sistema métrico decimal en todos los dominios españoles, y determinando el modo de conservar los tipos de sus medidas, se promulgó la *Ley de 8 de Julio de 1892*, que contiene el siguiente artículo:

Art. 9.º El uso del sistema métrico decimal y de su nomenclatura es obligatorio en los actos y documentos de todas las dependencias del Estado, de la Provincia y del Municipio, lo mismo de la Península que de Ultramar, en el orden civil, militar, judicial y eclesiástico, así como en los contratos pú-

blicos y privados: es igualmente obligatoria la enseñanza del sistema en todas las escuelas de Instrucción primaria (1).

Ya puede decirse que actualmente el sistema métrico ha arraigado en nuestro país, aunque no sea del todo. La sal aún se despacha por cuartos de arroba; el vino por arrobas, cada una divisible en 22 botellas; las pasas por cajas, lo mismo que los huevos; y en los solares de Madrid, á ciencia y paciencia del Gobierno, se leen muestras, empingorotadas en lo alto de rústicos postes, las cuales anuncian la venta del terreno medido por PIES. Y, como éstos, pudieran citarse muchos más ejemplos. ¿Quién desarraiga las rutinas? (2)

---

He aquí, según el Instituto Geográfico y Estadístico, las Equivalencias entre nuestras antiguas medidas y las métricas.

---

(1) Noticias tomadas al pie de la letra del *Tratado de la Legislación de primera enseñanza*, por D. PEDRO FERRER Y RIVERO.

(2) «Se vende este solar, que mide 7 846 pies.—En la calle de Villamagna, 6, pral., informarán.»

—«Próximo al Hipódromo hay veinte fanegas de tierra para dividir en pequeños solares á 2 reales el pie.

»El guarda de este solar dará razón.»

—«Madapolanes superiores, de vara y cuarta de ancho, á real y medio.»

—«Carbón de encina de 1.<sup>a</sup>, á 6 reales la arroba. Por quintales á 5 pesetas.»

—«Leche pura de las Navas, á 15 céntimos medio litro y dos reales azumbre.»

ANTIGUO SISTEMA  
DE  
PESAS Y MEDIDAS ESPAÑOLAS <sup>(1)</sup>

|                                                                                           |       |                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> .....                                                                         | Vale. | 0,835905 metros.                                                                                                                                                         |
| <i>Metro</i> .....                                                                        |       | 1,196308 varas, ó 1 vara, 0 pies, 7<br>pulgadas, 0 líneas, 805<br>milésimas de línea.                                                                                    |
| <i>Vara cuadrada</i> .....                                                                |       | 0,698737169025 metros cuadrados.                                                                                                                                         |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                                                               |       | 1,431153292 varas cuadradas, ó 1 va-<br>ra cuadrada, 3 pies<br>cuadrados, 126 pulga-<br>das cuadradas, 111 lí-<br>neas cuadradas, 552<br>milésimas de línea<br>cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....                                                                  |       | 0,584077893273842625 metros cúbicos.                                                                                                                                     |
| <i>Metro cúbico</i> .....                                                                 |       | 1,71210040906 varas cúbicas, ó 1 vara<br>cúbica, 19 pies cúbi-<br>cos, 391 pulgadas cú-<br>bicas, 1307 líneas cú-<br>bicas, 552 milésimas<br>de línea cúbica.            |
| <i>Libra</i> .....                                                                        |       | 0,460093 kilogramos.                                                                                                                                                     |
| <i>Kilogramo</i> .....                                                                    |       | 2,173474 libras, ó 2 libras, 2 on-<br>zas, 12 adarmes, 409<br>milésimas de adarme.                                                                                       |
| <i>Cántara ó arroba de vino</i> ..                                                        |       | 16,133 litros.                                                                                                                                                           |
| <i>Litro de vino</i> .....                                                                |       | 1,983512 cuartillos, ó 1 cuartillo,<br>3 copas, 934 milésimas<br>de copa.                                                                                                |
| <i>Arroba de aceite</i> .....                                                             |       | 12,563 litros.                                                                                                                                                           |
| <i>Litro de aceite</i> .....                                                              |       | 1,989971 libras, ó 1 libra, 3 pani-<br>llas, 960 milésimas de<br>panilla.                                                                                                |
| <i>Fanega de áridos</i> .....                                                             |       | 55,501 litros.                                                                                                                                                           |
| <i>Litro de grano</i> .....                                                               |       | 0,864849 cuartillos, ó 3 ochavi-<br>llos, 459 milésimas de<br>ochavillo.                                                                                                 |
| <i>Fanega superficial de 9 216<br/>varas cuadradas, llama-<br/>da de marco real</i> ..... |       | 64,395617 áreas.                                                                                                                                                         |
| <i>Area</i> .....                                                                         |       | 143,115329 varas cuadradas, ó 143<br>varas cuadradas, 1 pie<br>cuadrado, 38 milési-<br>mas de pie cuadrado.                                                              |
| <i>Legua de 6 666 <math>\frac{2}{3}</math> varas</i> ..                                   |       | 5,572699 kilómetros.                                                                                                                                                     |
| <i>Kilómetro</i> .....                                                                    |       | 1 196,308 varas, ó 1 196 varas, 0<br>pies, 924 milésimas de<br>de pie.                                                                                                   |

(1) Comunmente llamadas *Medidas y pesas legales de Castilla*, y manda-  
das antiguamente emplear en todo el Reino por la ley 5.<sup>a</sup>, tit. IX, lib. IX,  
Novísima Recopilación, al intentarse por segunda vez la unificación en  
España.

## A L A V A

|                                                                               |       |                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> .....                                                             | Vale. | 0,835905 metros.                                                                                                                                                         |
| <i>Metro</i> .....                                                            |       | 1,196308 varas, ó 1 vara, 0 pies, 7<br>pulgadas, 0 líneas, 805<br>milésimas de línea.                                                                                    |
| <i>Vara cuadrada</i> .....                                                    |       | 0,698737169025 metros cuadrados.                                                                                                                                         |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                                                   |       | 1,431153292 varas cuadradas, ó 1 va-<br>ra cuadrada, 3 pies<br>cuadrados, 126 pulga-<br>das cuadradas, 111 lí-<br>neas cuadradas, 552<br>milésimas de línea<br>cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....                                                      |       | 0,584077893273842625 metros cúbicos.                                                                                                                                     |
| <i>Metro cúbico</i> .....                                                     |       | 1,71210040906 varas cúbicas, ó 1 vara<br>cúbica, 19 pies cúbi-<br>cos, 391 pulgadas cú-<br>cas, 1 307 líneas cúbi-<br>cas, 552 milésimas de<br>línea cúbica.             |
| <i>Libra</i> .....                                                            |       | 0,460093 kilogramos.                                                                                                                                                     |
| <i>Kilogramo</i> .....                                                        |       | 2,173474 libras, ó 2 libras, 2 on-<br>zas, 12 adarmes, 409<br>milésimas de adarme.                                                                                       |
| <i>Cántara</i> .....                                                          |       | 16,365 litros.                                                                                                                                                           |
| <i>Litro</i> .....                                                            |       | 1,9555 cuartillos, ó 1 cuartillo,<br>3 copas, 822 milésimas<br>de copa.                                                                                                  |
| <i>Media fanega de áridos</i> ...                                             |       | 27,81 litros.                                                                                                                                                            |
| <i>Litro</i> .....                                                            |       | 0,863 cuartillos, ó 0 cuarti-<br>llos, 863 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                    |
| <i>Fanega de tierra de 660 es-<br/>tados de 49 pies cuadra-<br/>dos</i> ..... |       | 25,107956 áreas.                                                                                                                                                         |
| <i>Arca</i> .....                                                             |       | 26,286488 estados, ó 26 estados, 14<br>pies cuadrados, 38 mi-<br>lésimas de pie cua-<br>drado.                                                                           |
| <i>Legua de 6 666 <math>\frac{2}{3}</math> varas</i> ..                       |       | 5,572699 kilómetros.                                                                                                                                                     |
| <i>Kilómetro</i> .....                                                        |       | 1 196,308 varas, ó 1 196 varas, 0<br>pies, 924 milésimas de<br>pie.                                                                                                      |



# ALBACETE

*Vara* ..... Vale.  
*Metro*.....

*Vara cuadrada* .....  
*Metro cuadrado*.....

*Vara cúbica*.....  
*Metro cúbico*.....

*Libra*.....  
*Kilogramo*.....

*Media arroba para líquidos*.  
*Litro*.....

*Media fanega para áridos*.  
*Litro*.....

*Fanega de tierra de 10 000  
varas cuadradas* .....  
*Area*.....

0,837 metros.  
1,194743 varas, ó 1 vara, 0 pies, 7  
pulgadas, 0 líneas, 129  
milésimas de línea.

0,700569 metros cuadrados.  
1,427411147 varas cuadradas, ó 1 va-  
ra cuadrada, 3 pies  
cuadrados, 121 pulga-  
das cuadradas, 133 lí-  
neas cuadradas, 178  
milésimas de línea  
cuadrada.

0,586376253 metros cúbicos.  
1,70538966216 varas cúbicas, ó 1 vara  
cúbica, 19 pies cúbi-  
cos, 78 pulgadas cúbi-  
cas, 1 140 líneas cúbi-  
cas, 614 milésimas de  
línea cúbica.

0,458 kilogramos.  
2,183406 libras, ó 2 libras, 2 on-  
zas, 14 adarmes, 952  
milésimas de adarme.

6,365 litros.  
2,514 cuartillos, ó 2 cuarti-  
llos, 514 milésimas de  
cuartillo.

28,325 litros.  
0,847 cuartillos, ó 0 cuarti-  
llos, 847 milésimas de  
cuartillo.

70,0569 áreas.  
142,7411 varas cuadradas, ó 142  
varas cuadradas, 6  
pies cuadrados, 670  
milésimas de pie cua-  
drado.

## ALICANTE

|                                                            |       |                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> .....                                          | Vale. | 0,912 metros.                                                                                                                                 |
| <i>Metro</i> .....                                         |       | 1,096491 varas, ó 1 vara, 0 pies, 3 pulgadas, 5 líneas, 684 milésimas de línea.                                                               |
| <i>Vara cuadrada</i> .....                                 |       | 0,831744 metros cuadrados.                                                                                                                    |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                                |       | 1,202293013 varas cuadradas, ó 1 vara cuadrada, 1 pie cuadrado, 118 pulgadas cuadradas, 24 líneas cuadradas, 731 milésimas de línea cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....                                   |       | 0,758550528 metros cúbicos.                                                                                                                   |
| <i>Metro cúbico</i> .....                                  |       | 1,31830374258 varas cúbicas, ó 1 vara cúbica, 8 pies cúbicos, 1026 pulgadas cúbicas, 1346 líneas cúbicas, 827 milésimas de línea cúbica.      |
| <i>Libra</i> .....                                         |       | 0,533 kilogramos.                                                                                                                             |
| <i>Kilogramo</i> .....                                     |       | 1,876173 libras, ó 1 libra, 14 onzas, 0 adarmes, 300 milésimas de adarme.                                                                     |
| <i>Medida de libra para aceite.</i>                        |       | 0,60 litros.                                                                                                                                  |
| <i>Litro de aceite</i> .....                               |       | 1,6666 libras, ó 1 libra, 2 cuarterones, 667 milésimas de cuarterón.                                                                          |
| <i>Cántaro</i> .....                                       |       | 11,55 litros.                                                                                                                                 |
| <i>Litro</i> .....                                         |       | 1,385 michetas, ó 1 micheta, 385 milésimas de micheta.                                                                                        |
| <i>Barchilla para áridos</i> ....                          |       | 20,775 litros.                                                                                                                                |
| <i>Litro de grano</i> .....                                |       | 0,770 cuartillas, ó 0 cuartillas, 770 milésimas de cuartilla.                                                                                 |
| <i>Jornal de tierra de 5 776 varas cuadradas</i> . . . . . |       | 48,041533 áreas.                                                                                                                              |
| <i>Area</i> .....                                          |       | 120,229301 varas cuadradas, ó 120 varas cuadradas, 2 pies cuadrados, 64 milésimas de pie cuadrado.                                            |
| <i>Legua de 20 al grado</i> .....                          |       | 5,55555 kilómetros.                                                                                                                           |
| <i>Kilómetro</i> .....                                     |       | 1 096,491 varas, ó 1 096 varas, 1 pie, 472 milésimas de pie.                                                                                  |

## ALMERÍA

|                                                                                               |       |                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> .....                                                                             | Vale. | 0,833 metros.                                                                                                                                                            |
| <i>Metro</i> .....                                                                            |       | 1,200480 varas, ó 1 vara, 0 pies, 7<br>pulgadas, 2 líneas, 607<br>milésimas de línea.                                                                                    |
| <i>Vara cuadrada</i> .....                                                                    |       | 0,693889 metros cuadrados.                                                                                                                                               |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                                                                   |       | 1,441152692 varas cuadradas, ó 1 va-<br>ra cuadrada, 3 pies<br>cuadrados. 139 pulga-<br>das cuadradas, 105 lí-<br>neas cuadradas, 680<br>milésimas de línea<br>cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....                                                                      |       | 0,578009537 metros cúbicos.                                                                                                                                              |
| <i>Metro cúbico</i> .....                                                                     |       | 1,73007525999 varas cúbicas, ó 1 vara<br>cúbica, 19 pies cúbi-<br>cos, 1230 pulgadas cú-<br>bicas, 676 líneas cúbi-<br>cas, 218 milésimas de<br>línea cúbica.            |
| <i>Libra</i> .....                                                                            |       | 0,460093 kilogramos.                                                                                                                                                     |
| <i>Kilogramo</i> .....                                                                        |       | 2,173474 libras, ó 2 libras, 2 on-<br>zas, 12 adarmes, 409<br>milésimas de adarme.                                                                                       |
| <i>Media arroba para líquidos.</i>                                                            |       | 8,18 litros.                                                                                                                                                             |
| <i>Litro</i> .....                                                                            |       | 2,200 cuartillos, ó 2 cuarti-<br>llos, 200 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                    |
| <i>Media fanega para áridos.</i>                                                              |       | 27,531 litros                                                                                                                                                            |
| <i>Litro de grano</i> .....                                                                   |       | 0,872 cuartillos, ó 0 cuarti-<br>llos, 872 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                    |
| <i>Tahulla de 1 600 varas cas-<br/>tellanas cuadradas, para<br/>las tierras de riego</i> .... |       | 11,182336 áreas.                                                                                                                                                         |
| <i>Fanega de 9 216 varas cas-<br/>tellanas cuadradas, para<br/>las tierras de secano</i> .... |       | 64,395617 áreas.                                                                                                                                                         |
| <i>Area</i> .....                                                                             |       | 144,1153 varas cuadradas, ó 144<br>varas cuadradas, 1 pie<br>cuadrado, 37 milési-<br>mas de pie cuadrado.                                                                |
| <i>Legua de 6 666 <math>\frac{2}{3}</math> varas<br/>castellanas</i> .....                    |       | 5,572699 kilómetros.                                                                                                                                                     |
| <i>Kilómetro</i> .....                                                                        |       | 1 200,4802 varas, ó 1 200 varas, 1<br>pie, 440 milésimas de<br>pie.                                                                                                      |

# AVILA

|                                                        |       |                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> .....                                      | Vale. | 0,835905 metros.                                                                                                                                 |
| <i>Metro</i> .....                                     |       | 1,196308 varas, ó 1 vara, 0 pies, 7 pulgadas, 0 líneas, 805 milésimas de línea.                                                                  |
| <i>Vara cuadrada</i> .....                             |       | 0,698737169025 metros cuadrados.                                                                                                                 |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                            |       | 1,431153292 varas cuadradas, ó 1 vara cuadrada, 3 pies cuadrados, 126 pulgadas cuadradas, 111 líneas cuadradas, 552 milésimas de línea cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....                               |       | 0,584077893273842625 metros cúbicos.                                                                                                             |
| <i>Metro cúbico</i> .....                              |       | 1,71210040906 varas cúbicas, ó 1 vara cúbica, 19 pies cúbicos, 391 pulgadas cúbicas, 1307 líneas cúbicas, 552 milésimas de línea cúbica.         |
| <i>Libra</i> .....                                     |       | 0,460093 kilogramos.                                                                                                                             |
| <i>Kilogramo</i> .....                                 |       | 2,173474 libras, ó 2 libras, 2 onzas, 12 adarmes, 409 milésimas de adarme.                                                                       |
| <i>Media cántara</i> .....                             |       | 7,96 litros.                                                                                                                                     |
| <i>Litro</i> .....                                     |       | 2,010 cuartillos, ó 2 cuartillos, 10 milésimas de cuartillo.                                                                                     |
| <i>Media fanega para áridos</i> .                      |       | 28,20 litros.                                                                                                                                    |
| <i>Litro</i> .....                                     |       | 0,351 cuartillos, ó 0 cuartillos, 851 milésimas de cuartillo.                                                                                    |
| <i>Fanega de tierra de 5 625 varas cuadradas</i> ..... |       | 39,303966 áreas.                                                                                                                                 |
| <i>Fanega de puño de 6 000 varas cuadradas</i> .....   |       | 41,924230 áreas.                                                                                                                                 |
| <i>Aranzada de viña de 6 400 varas cuadradas</i> ..... |       | 44,719179 áreas.                                                                                                                                 |
| <i>Huebra de 3 200 varas cuadradas</i> .....           |       | 22,359589 áreas.                                                                                                                                 |
| <i>Peonada de prado de 5 600 varas cuadradas</i> ..... |       | 39,129281 áreas.                                                                                                                                 |
| <i>Area</i> .....                                      |       | 143,115329 varas cuadradas, ó 143 varas cuadradas, 1 pie cuadrado, 33 milésimas de pie cuadrado.                                                 |

## BADAJOZ

|                                                              |       |                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> .....                                            | Vale. | 0,835905 metros.                                                                                                                                                         |
| <i>Metro</i> .....                                           |       | 1,196308 varas, ó 1 vara, 0 pies, 7<br>pulgadas, 0 líneas, 805<br>milésimas de línea.                                                                                    |
| <i>Vara cuadrada</i> .....                                   |       | 0,698737169025 metros cuadrados.                                                                                                                                         |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                                  |       | 1,431153292 varas cuadradas, ó 1 va-<br>ra cuadrada, 3 pies<br>cuadrados, 126 pulga-<br>das cuadradas, 111 lí-<br>neas cuadradas, 552<br>milésimas de línea<br>cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....                                     |       | 0,584077893273842625 metros cúbicos.                                                                                                                                     |
| <i>Metro cúbico</i> .....                                    |       | 1,71210040906 varas cúbicas, ó 1 vara<br>cúbica, 19 piescúbicos,<br>391 pulgadas cúbicas,<br>1 307 líneas cúbicas,<br>552 milésimas de línea<br>cúbica.                  |
| <i>Libra</i> .....                                           |       | 0,460093 kilogramos.                                                                                                                                                     |
| <i>Kilogramo</i> .....                                       |       | 2,173474 libras, ó 2 libras, 2 on-<br>zas, 12 adarmes, 409<br>milésimas de adarme.                                                                                       |
| <i>Media arroba para aceite.</i>                             |       | 6,21 litros.                                                                                                                                                             |
| <i>Litro</i> .....                                           |       | 4,831 cuartillos, ó 4 cuarti-<br>llos, 831 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                    |
| <i>Media arroba para los de-<br/>más líquidos</i> .....      |       | 8,21 litros.                                                                                                                                                             |
| <i>Litro</i> .....                                           |       | 2,314 cuartillos, ó 2 cuarti-<br>llos, 314 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                    |
| <i>Media fanega para áridos.</i>                             |       | 27,92 litros.                                                                                                                                                            |
| <i>Litro</i> .....                                           |       | 0,860 cuartillos, ó 0 cuarti-<br>llos, 860 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                    |
| <i>Fanega superficial de 9 216<br/>varas cuadradas</i> ..... |       | 64,395617 áreas.                                                                                                                                                         |
| <i>Area</i> .....                                            |       | 143,115329 varas cuadradas, ó 143<br>varas cuadradas, 1 pie<br>cuadrado, 38 milési-<br>mas de pie cuadrado.                                                              |
| <i>Legua de 6 666 2/3 varas.</i>                             |       | 5,572699 kilómetros.                                                                                                                                                     |
| <i>Kilómetro</i> .....                                       |       | 1 196,308 varas, ó 1 196 vara, 0<br>pies, 924 milésimas de<br>pie.                                                                                                       |



## BALEARES

|                                            |                                                                                                                                             |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Media cana</i> ..... Vale.              | 0,782 metros.                                                                                                                               |
| <i>Metro</i> .....                         | 1,2788 medias canas, ó 1 media cana, 1 palmo, 115 milésimas de palmo                                                                        |
| <i>Media cana cuadrada</i> .....           | 0,611524 metros cuadrados.                                                                                                                  |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                | 1,63526 medias canas cuadradas, ó 1 media cana cuadrada, 10 palmos cuadrados, 164 milésimas de palmo cuadrado.                              |
| <i>Media cana cúbica</i> .....             | 0,478211768 metros cúbicos.                                                                                                                 |
| <i>Metro cúbico</i> .....                  | 2,09112 medias canas cúbicas, ó 2 medias canas cúbicas, 5 palmos cúbicos, 832 milésimas de palmo cúbico.                                    |
| <i>Libra</i> .....                         | 0,407 kilogramos.                                                                                                                           |
| <i>Kilogramo</i> .....                     | 2,457 libras, ó 2 libras, 5 onzas, 484 milésimas de onza.                                                                                   |
| <i>Mesura para aceite</i> .....            | 16,221 litros.                                                                                                                              |
| <i>Litro de aceite</i> .....               | 0,062 medidas, ó 0 medidas, 62 milésimas de medida.                                                                                         |
| <i>Litro de aceite</i> .....               | 2,17125 libras, ó 2 libras, 2 onzas, 55 milésimas de onza.                                                                                  |
| <i>Cuarta para vino</i> .....              | 1,026 litros.                                                                                                                               |
| <i>Litro de vino</i> .....                 | 0,975 cuartas, ó 0 cuartas, 975 milésimas de cuarta.                                                                                        |
| <i>Libra para aguardiente</i> ...          | 0,41 litros.                                                                                                                                |
| <i>Litro de aguardiente</i> .....          | 2,438 libras, ó 2 libras, 438 milésimas de libra.                                                                                           |
| <i>Media cuartera para áridos</i> .        | 35,17 litros.                                                                                                                               |
| <i>Litro de grano</i> .....                | 0,512 almudes, ó 0 almudes 512 milésimas de almud.                                                                                          |
| <i>Destre mallorquín lineal</i> ...        | 4,214 metros.                                                                                                                               |
| <i>Destre mallorquín superficial</i> ..... | 17,7578 metros cuadrados.                                                                                                                   |
| <i>Cuarterada</i> .....                    | 71,031184 áreas.                                                                                                                            |
| <i>Area</i> .....                          | 5,631328 destres, ó 5 destres superficiales, 16 varas cuadradas de Burgos, 0 pies cuadrados de ídem, 402 milésimas de pie cuadrado de ídem. |

# BARCELONA

|                                                             |       |                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Cana</i> .....                                           | Vale. | 1,555 metros.                                                                                                       |
| <i>Metro</i> .....                                          |       | 0,6431 canas, ó 0 canas, 5 pal-<br>mos, 145 milésimas de<br>palmo.                                                  |
| <i>Cana cuadrada</i> .....                                  |       | 2,418025 metros cuadrados.                                                                                          |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                                 |       | 0,41356 canas cuadradas, ó 0 ca-<br>nas cuadradas, 26 pal-<br>mos cuadrados, 468<br>milésimas de palmo<br>cuadrado. |
| <i>Cana cúbica</i> .....                                    |       | 3,760028975 metros cúbicos.                                                                                         |
| <i>Metro cúbico</i> .....                                   |       | 0,265955 canas cúbicas, ó 0 canas<br>cúbicas, 136 palmos<br>cúbicos, 169 milésimas<br>de palmo cúbico.              |
| <i>Libra</i> .....                                          |       | 0,400 kilogramos.                                                                                                   |
| <i>Kilogramo</i> .....                                      |       | 2,5 libras, ó 2 libras, 6 on-<br>zas.                                                                               |
| <i>Libra medicinal</i> .....                                |       | 0,300 kilogramos.                                                                                                   |
| <i>Kilogramo</i> .....                                      |       | 3,3333 libras medicinales, ó 3<br>libras medicinales, 4<br>onzas medicinales.                                       |
| <i>Barrilón</i> .....                                       |       | 30,35 litros.                                                                                                       |
| <i>Litro</i> .....                                          |       | 1,054 mitadellas, ó 1 mitade-<br>lla, 54 milésimas de<br>mitadella.                                                 |
| <i>Cuartán de aceite</i> .....                              |       | 4,15 litros.                                                                                                        |
| <i>Litro de aceite</i> .....                                |       | 3,836 cuartas, ó 3 cuartas, 836<br>milésimas de cuarta.                                                             |
| <i>Media cuartera para áridos</i> .....                     |       | 34,759 litros.                                                                                                      |
| <i>Litro de grano</i> .....                                 |       | 0,173 cuartanes, ó 0 cuarta-<br>nes, 173 milésimas de<br>cuartán.                                                   |
| <i>Mojada superficial de 2025<br/>canas cuadradas</i> ..... |       | 48,965006 áreas.                                                                                                    |
| <i>Area</i> .....                                           |       | 41,35607 canas cuadradas, ó 41<br>canas cuadradas, 22<br>palmos cuadrados, 788<br>milésimas de palmo<br>cuadrado.   |

## BURGOS

|                                                             |                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> ..... Vale.                                     | 0,835905 metros.                                                                                                                                                         |
| <i>Metro</i> .....                                          | 1,196308 varas, ó 1 vara, 0 pies, 7<br>pulgadas, 0 líneas, 805<br>milésimas de línea.                                                                                    |
| <i>Vara cuadrada</i> .....                                  | 0,698737169025 metros cuadrados.                                                                                                                                         |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                                 | 1,431153292 varas cuadradas, ó 1 va-<br>ra cuadrada, 3 pies<br>cuadrados, 126 pulga-<br>das cuadradas, 111 lí-<br>neas cuadradas, 552<br>milésimas de línea<br>cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....                                    | 0,584077893273842625 metros cúbicos.                                                                                                                                     |
| <i>Metro cúbico</i> .....                                   | 1,71210040906 varas cúbicas, ó 1 vara<br>cúbica, 19 pies cúbi-<br>cos, 391 pulgadas cú-<br>bicas, 1 507 líneas cú-<br>bicas, 552 milésimas<br>de línea cúbica.           |
| <i>Libra</i> .....                                          | 0,460093 kilogramos.                                                                                                                                                     |
| <i>Kilogramo</i> .....                                      | 2,173474 libras, ó 2 libras, 2 on-<br>zas, 12 adarmes, 409<br>milésimas de adarme.                                                                                       |
| <i>Media cántara</i> .....                                  | 7,05 litros.                                                                                                                                                             |
| <i>Litro</i> .....                                          | 2,270 cuartillos, ó 2 cuarti-<br>llos, 270 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                    |
| <i>Media fanega para áridos</i> .....                       | 27,17 litros.                                                                                                                                                            |
| <i>Litro</i> .....                                          | 0,883 cuartillos, ó 0 cuarti-<br>llos, 883 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                    |
| <i>Fanega superficial</i> .....                             | 64,395617 áreas.                                                                                                                                                         |
| <i>Área</i> .....                                           | 143,115329 varas cuadradas, ó 143<br>varas cuadradas, 1 pie<br>cuadrado, 38 milési-<br>mas de pie cuadrado.                                                              |
| <i>Legua de 6 666 <sup>2</sup>/<sub>3</sub> varas</i> ..... | 5,572699 kilómetros.                                                                                                                                                     |
| <i>Kilómetro</i> .....                                      | 1 196,308 varas, ó 1 196 varas, 0<br>pies, 924 milésimas de<br>pie.                                                                                                      |

## CACERES

|                                                                    |       |                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> .....                                                  | Vale. | 0,835905 metros.                                                                                                                                                         |
| <i>Metro</i> .....                                                 |       | 1,196308 varas, ó 1 vara, 0 pies, 7<br>pulgadas, 0 líneas, 805<br>milésimas de línea.                                                                                    |
| <i>Vara cuadrada</i> .....                                         |       | 0,698737169025 metros cuadrados.                                                                                                                                         |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                                        |       | 1,431153292 varas cuadradas, ó 1 va-<br>ra cuadrada, 3 pies<br>cuadrados, 126 pulga-<br>das cuadradas, 111 lí-<br>neas cuadradas, 552<br>milésimas de línea<br>cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....                                           |       | 0,584077893273842625 metros cúbicos.                                                                                                                                     |
| <i>Metro cúbico</i> .....                                          |       | 1,71210040906 varas cúbicas, ó 1 vara<br>cúbica, 19 pies cúbi-<br>cos, 391 pulgadas cú-<br>bicas, 1307 líneas cú-<br>bicas, 552 milésimas<br>de línea cúbica.            |
| <i>Libra</i> .....                                                 |       | 0,456 kilogramos.                                                                                                                                                        |
| <i>Kilogramo</i> .....                                             |       | 2,192982 libras, ó 2 libras, 3 on-<br>zas, 1 adarme, 404 mi-<br>lésimas de adarme.                                                                                       |
| <i>Medio cuarto para vino</i> ...                                  |       | 1,73 litros.                                                                                                                                                             |
| <i>Litro de vino</i> .....                                         |       | 2,601 cuartillos, ó 2 cuarti-<br>llos, 601 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                    |
| <i>Medio cuarto para aceite</i> ..                                 |       | 1,60 litros.                                                                                                                                                             |
| <i>Litro de aceite</i> .....                                       |       | 2,187 panillas, ó 2 panillas,<br>187 milésimas de pa-<br>nilla.                                                                                                          |
| <i>Media fanega para áridos</i> ..                                 |       | 26,88 litros.                                                                                                                                                            |
| <i>Litro de grano</i> .....                                        |       | 0,893 cuartillos, ó 0 cuarti-<br>llos, 893 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                    |
| <i>Fanega superficial de 9 216</i><br><i>varas cuadradas</i> ..... |       | 64,395617 áreas.                                                                                                                                                         |
| <i>Arca</i> .....                                                  |       | 143,115329 varas cuadradas, ó 143<br>varas cuadradas, 1 pie<br>cuadrado, 38 milési-<br>mas de pie cuadrado.                                                              |

## CADIZ

|                                                         |       |                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> .....                                       | Vale. | 0,835905 metros.                                                                                                                                                         |
| <i>Metro</i> .....                                      |       | 1,196308 varas, ó 1 vara, 0 pies, 7<br>pulgadas, 0 líneas, 805<br>milésimas de línea.                                                                                    |
| <i>Vara cuadrada</i> .....                              |       | 0,698737169025 metros cuadrados.                                                                                                                                         |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                             |       | 1,431153292 varas cuadradas, ó 1 va-<br>ra cuadrada, 3 pies<br>cuadrados, 126 pulga-<br>das cuadradas, 111 lí-<br>neas cuadradas, 552<br>milésimas de línea<br>cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....                                |       | 0,584077893273842625 metros cúbicos.                                                                                                                                     |
| <i>Metro cúbico</i> .....                               |       | 1,71210040906 varas cúbicas, ó 1 vara<br>cúbica, 19 pies cúbi-<br>cos, 391 pulgadas cú-<br>bicas, 1307 líneas cú-<br>bicas, 552 milésimas<br>de línea cúbica.            |
| <i>Libra</i> .....                                      |       | 0,460093 kilogramos.                                                                                                                                                     |
| <i>Kilogramo</i> .....                                  |       | 2,173474 libras, ó 2 libras, 2 on-<br>zas, 12 adarmes, 409<br>milésimas de adarme.                                                                                       |
| <i>Media arroba para vino</i> ...                       |       | 7,922 litros.                                                                                                                                                            |
| <i>Litro de vino</i> .....                              |       | 2,020 cuartillos, ó 2 cuarti-<br>llos, 20 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                     |
| <i>Media arroba para aceite</i> ..                      |       | 6,26 litros.                                                                                                                                                             |
| <i>Litro de aceite</i> .....                            |       | 1,9967 libras, ó 1 libra, 3 pani-<br>llas, 987 milésimas de<br>panilla.                                                                                                  |
| <i>Media fanega para áridos</i> ..                      |       | 27,272 litros.                                                                                                                                                           |
| <i>Litro de grano</i> .....                             |       | 0,880 cuartillos, ó 0 cuarti-<br>llos, 880 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                    |
| <i>Fanega superficial</i> .....                         |       | 64,395617 áreas.                                                                                                                                                         |
| <i>Area</i> .....                                       |       | 143,115329 varas cuadradas, ó 143<br>varas cuadradas, 1 pie<br>cuadrado, 38 milési-<br>mas de pie cuadrado.                                                              |
| <i>Legua de 6 666 <math>\frac{2}{3}</math> varas</i> .. |       | 5,572699 kilómetros.                                                                                                                                                     |
| <i>Kilómetro</i> .....                                  |       | 1 196,308 varas, ó 1 196 varas, 0<br>pies, 924 milésimas de<br>pie.                                                                                                      |



## CANARIAS

|                                                                                                         |       |                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> .....                                                                                       | Vale. | 0,842 metros.                                                                                                                                                          |
| <i>Metro</i> .....                                                                                      |       | 1,187648 varas, ó 1 vara, 0 pies,<br>6 pulgadas, 9 líneas,<br>64 milésimas de línea.                                                                                   |
| <i>Vara cuadrada</i> .....                                                                              |       | 0,708964 metros cuadrados.                                                                                                                                             |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                                                                             |       | 1,410508855 varas cuadradas, ó 1 va-<br>ra cuadrada, 3 pies<br>cuadrados, 100 pulga-<br>das cuadradas, 2 lí-<br>neas cuadradas, 805<br>milésimas de línea<br>cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....                                                                                |       | 0,596947688 metros cúbicos.                                                                                                                                            |
| <i>Metro cúbico</i> .....                                                                               |       | 1,6751886641 varas cúbicas, ó 1 vara<br>cúbica, 18 pies cúbi-<br>cos, 397 pulgadas cú-<br>bicas, 1 040 líneas cú-<br>bicas, 796 milésimas<br>de línea cúbica.          |
| <i>Libra</i> .....                                                                                      |       | 0,460093 kilogramos.                                                                                                                                                   |
| <i>Kilogramo</i> .....                                                                                  |       | 2,173474 libras, ó 2 libras, 2 on-<br>zas, 12 adarmes, 409<br>milésimas de adarme.                                                                                     |
| <i>Arroba de Santa Cruz de<br/>Tenerife para líquidos</i> .                                             |       | 5,08 litros.                                                                                                                                                           |
| <i>Litro</i> .....                                                                                      |       | 0,984 cuartillos, ó 0 cuarti-<br>llos, 984 milésimas de<br>cuartillo.*                                                                                                 |
| <i>Arroba de la ciudad de Las<br/>Palmas para líquidos...</i>                                           |       | 5,34 litros.                                                                                                                                                           |
| <i>Litro</i> .....                                                                                      |       | 0,936 cuartillos, ó 0 cuarti-<br>llos, 936 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                  |
| <i>Cuartillo de la villa de<br/>Guía de Canarias</i> .....                                              |       | 0,995 litros.                                                                                                                                                          |
| <i>Litro</i> .....                                                                                      |       | 1,005 cuartillos, ó 1 cuartillo,<br>5 milésimas de cuar-<br>tillo.                                                                                                     |
| <i>Cuartillo del arrecife de<br/>Lanzarote</i> .....                                                    |       | 2,46 litros.                                                                                                                                                           |
| <i>Litro</i> .....                                                                                      |       | 0,407 cuartillos, ó 0 cuarti-<br>llos, 407 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                  |
| <i>Media fanega de Sta. Cruz<br/>de Tenerife para áridos.</i>                                           |       | 31,33 litros.                                                                                                                                                          |
| <i>Litro de grano</i> .....                                                                             |       | 0,766 cuartillos, ó 0 cuarti-<br>llos, 766 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                  |
| <i>Medio almud de la ciudad<br/>de Las Palmas.</i> .....                                                |       | 2,75 litros.                                                                                                                                                           |
| <i>Litro de grano</i> .....                                                                             |       | 0,182 almudes, ó 0 almudes,<br>182 milésimas de a-<br>mud.                                                                                                             |
| <i>Medio almud de la Guía de<br/>Canarias</i> .....                                                     |       | 2,84 litros.                                                                                                                                                           |
| <i>Litro de grano</i> .....                                                                             |       | 0,176 almudes, ó 0 almudes,<br>176 milésimas de al-<br>mud.                                                                                                            |
| <i>Fanega superficial de<br/>7 511 <math>\frac{1}{9}</math> varas cuadra-<br/>das castellanas</i> ..... |       | 52,482925 áreas.                                                                                                                                                       |
| <i>Braz</i> .....                                                                                       |       | 3,2501 metros cuadrados.                                                                                                                                               |
| <i>Areaa</i> .....                                                                                      |       | 30,486 brazas, ó 30 brazas, 486<br>milésimas de braza.                                                                                                                 |

## CASTELLÓN

*Vara* ..... Vale.

*Metro*.....

*Vara cuadrada* .....

*Metro cuadrado*.....

*Vara cúbica*.....

*Metro cúbico*.....

*Libra*.....

*Kilogramo* .....

*Cántaro para líquidos* ....

*Litro*.....

*Arroba para aceite* .....

*Litro de aceite* .....

*Barchilla*.....

*Litro de grano*.....

*Braza real* .....

*Fanega superficial de 200*

*brazas reales* .....

*Area* .....

*Legua de 6666  $\frac{2}{3}$  varas*

*castellanas*.....

*Kilómetro* .....

0,906 metros.

1,103753 varas, ó 1 vara, 0 pal-  
mos, 1 cuarto, 1 dedo,  
11 líneas, 762 milési-  
mas de línea.

0,820836 metros cuadrados.

1,218270154 varas cuadradas, ó 1  
vara cuadrada, 3 pal-  
mos cuadrados, 7 cuar-  
tos cuadrados, 7 dedos  
cuadrados, 128 líneas  
cuadradas, 798 milé-  
simas de línea cua-  
drada.

0,743677416 metros cúbicos.

1,344669043977 varas cúbicas, ó 1 vara  
cúbica, 22 palmos cú-  
bicos, 3 cuartos cúbi-  
cos, 20 dedos cúbicos,  
1104 líneas cúbicas, 39  
milésimas de línea cú-  
bica.

0,358 kilogramos.

2,793296 libras, ó 2 libras, 9 on-  
zas, 2 cuartas, 0 adar-  
mes, 313 milésimas de  
adarme.

11,27 litros.

1,420 cuartillos, ó 1 cuartillo,  
420 milésimas de cuar-  
tillo.

12,14 litros.

2,053 libras, ó 2 libras, 2 cuar-  
tas, 544 milésimas de  
cuarta.

16,60 litros.

0,241 celemines, ó 0 celemi-  
nes, 241 milésimas de  
celemin.

4,1554 metros cuadrados.

8,310964 áreas.

24,065 brazas reales, ó 24 bra-  
zas reales, 65 milési-  
mas de braza real.

5,572699 kilómetros.

1 103,7523 varas, ó 1 103 varas, 3  
palmos, 11 milésimas  
de palmo.

# CIUDAD REAL

Vara ..... Vale.  
Metro.....

0,839 metros.  
1,191895 varas, ó 1 vara, 0 pies, 6  
pulgadas, 10 líneas,  
899 milésimas de lí-  
nea.

Vara cuadrada .....  
Metro cuadrado.....

0,703921 metros cuadrados.  
1,420613961 varas cuadradas, ó 1 va-  
ra cuadrada, 3 pies  
cuadrados, 113 pulga-  
das cuadradas, 16 lí-  
neas cuadradas, 660  
milésimas de línea  
cuadrada.

Vara cúbica.....  
Metro cúbico.....

0,590589719 metros cúbicos.  
1,69322283783 varas cúbicas, ó 1 vara  
cúbica, 18 pies cúbi-  
cos, 1239 pulgadas cú-  
bicas, 8 líneas cúbicas,  
159 milésimas de línea  
cúbica.

Libra.....  
Kilogramo .....

0,460093 kilogramos.  
2,173474 libras, ó 2 libras, 2 on-  
zas, 12 adarmes, 409  
milésimas de adarme.

Media arroba para líquidos,  
excepto el aceite.....

8 litros.

Litro.....

2 cuartillos.

Media arroba para aceite..

6,22 litros.

Litro de aceite .....

0,080 arrobas, ó 0 arrobas, 80  
milésimas de arroba.

Media fanega para áridos.

27,29 litros.

Litro de grano.....

0,879 cuartillos, ó 0 cuarti-  
llos, 879 milésimas de  
cuartillo.

Fanega superficial.....

64,395617 áreas.

Area .....

142,0614 varas cuadradas, ó 142  
varas cuadradas, 0  
pies cuadrados, 553  
milésimas de pie cua-  
drado.

Legua de 8 000 varas cas-  
tellanas. ....

6,687240 kilómetros.

Kilómetro.....

1 191,895113 varas, ó 1 191 varas 2  
pies, 635 milésimas de  
pie.

## CÓRDOBA

|                                                                                |                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> ..... Vale.                                                        | 0,835905 metros.                                                                                                                                                         |
| <i>Metro</i> .....                                                             | 1,196308 varas, ó 1 vara, 0 pies, 7<br>pulgadas, 0 líneas, 805<br>milésimas de línea.                                                                                    |
| <i>Vara cuadrada</i> .....                                                     | 0,698737169025 metros cuadrados.                                                                                                                                         |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                                                    | 1,431153292 varas cuadradas, ó 1 va-<br>ra cuadrada, 3 pies<br>cuadrados, 126 pulga-<br>das cuadradas, 111 lí-<br>neas cuadradas, 552<br>milésimas de línea<br>cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....                                                       | 0,584077893273842625 metros cúbicos.                                                                                                                                     |
| <i>Metro cúbico</i> .....                                                      | 1,71210040906 varas cúbicas, ó 1 vara<br>cúbica, 19 pies cúbi-<br>cos, 391 pulgadas cú-<br>bicas, 1307 líneas cú-<br>bicas, 552 milésimas<br>de línea cúbica.            |
| <i>Libra</i> .....                                                             | 0,460093 kilogramos.                                                                                                                                                     |
| <i>Kilogramo</i> .....                                                         | 2,173474 libras, ó 2 libras, 2 on-<br>zas, 12 adarmes, 409<br>milésimas de adarme.                                                                                       |
| <i>Arroba para líquidos</i> .....                                              | 16,31 litros.                                                                                                                                                            |
| <i>Litro</i> .....                                                             | 1,962 cuartillos, ó 1 cuartillo,<br>962 milésimas de cuar-<br>tillo.                                                                                                     |
| <i>Media fanega para áridos</i> .....                                          | 27,60 litros.                                                                                                                                                            |
| <i>Litro de grano</i> .....                                                    | 0,870 cuartillos, ó 0 cuarti-<br>llos, 870 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                    |
| <i>Fanega superficial de</i><br>8 760 $\frac{5}{12}$ varas cuadra-<br>das..... | 61,212287 áreas.                                                                                                                                                         |
| <i>Aranzada de</i> 5 256 $\frac{1}{4}$ va-<br>ras cuadradas.....               | 36,727372 áreas.                                                                                                                                                         |
| <i>Area</i> .....                                                              | 143,115329 varas cuadradas, ó 143<br>varas cuadradas, 1 pie<br>cuadrado, 38 milési-<br>mas de pie cuadrado.                                                              |
| <i>Legua de</i> 6 666 $\frac{2}{3}$ varas..                                    | 5,572699 kilómetros.                                                                                                                                                     |
| <i>Kilómetro</i> .....                                                         | 1 196,308 varas, ó 1 196 varas, 0<br>pies, 924 milésimas de<br>pie.                                                                                                      |

## CORUNA

|                                                                            |       |                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> .....                                                          | Vale. | 0,843 metros.                                                                                                                                                          |
| <i>Metro</i> .....                                                         |       | 1,18624 varas, ó 1 vara, 0 pies, 6<br>pulgadas, 8 líneas, 456<br>milésimas de línea.                                                                                   |
| <i>Vara cuadrada</i> .....                                                 |       | 0,710649 metros cuadrados.                                                                                                                                             |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                                                |       | 1,407164437 varas cuadradas, ó 1 va-<br>ra cuadrada, 3 pies<br>cuadrados, 95 pulga-<br>das cuadradas, 98 lí-<br>neas cuadradas, 656<br>milésimas de línea<br>cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....                                                   |       | 0,599077107 me <sup>3</sup> ros cúbicos.                                                                                                                               |
| <i>Metro cúbico</i> .....                                                  |       | 1,66923420761 varas cúbicas, ó 1 vara<br>cúbica, 18 pies cúbi-<br>cos, 119 pulgadas cú-<br>cas, 1 367 líneas cúbi-<br>cas, 177 milésimas de<br>línea cúbica.           |
| <i>Libra</i> .....                                                         |       | 0,575 kilogramos.                                                                                                                                                      |
| <i>Kilogramo</i> .....                                                     |       | 1,73913 libras, ó 1 libra, 14 on-<br>zas, 783 milésimas de<br>onza.                                                                                                    |
| <i>Ferrado de trigo</i> .....                                              |       | 16,15 litros.                                                                                                                                                          |
| <i>Litro de trigo</i> .....                                                |       | 1,486 cuartillos, ó 1 cuartillo,<br>486 milésimas de cuar-<br>tillo.                                                                                                   |
| <i>Ferrado de maíz</i> .....                                               |       | 20,87 litros.                                                                                                                                                          |
| <i>Litro de maíz</i> .....                                                 |       | 1,150 cuartillos, ó 1 cuartillo,<br>150 milésimas de cuar-<br>tillo.                                                                                                   |
| <i>Cántara de vino</i> .....                                               |       | 15,58 litros.                                                                                                                                                          |
| <i>Litro de vino</i> .....                                                 |       | 2,182 cuartillos, ó 2 cuarti-<br>llos, 182 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                  |
| <i>Cántara de aguardiente...</i>                                           |       | 16,43 litros.                                                                                                                                                          |
| <i>Litro de aguardiente</i> .....                                          |       | 2,069 cuartillos, ó 2 cuarti-<br>llos, 69 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                   |
| <i>Arroba de aceite</i> .....                                              |       | 12,43 litros.                                                                                                                                                          |
| <i>Litro de aceite</i> .....                                               |       | 2,011 cuartillos, ó 2 cuarti-<br>llos, 11 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                   |
| <i>Ferrado superficial de 900<br/>varas cuadradas</i> .....                |       | 6,395841 áreas.                                                                                                                                                        |
| <i>Ferrado superficial de 625<br/>varas cuadradas</i> .....                |       | 4,441556 áreas.                                                                                                                                                        |
| <i>Area</i> .....                                                          |       | 140,7164 varas cuadradas, ó 140<br>varas cuadradas, 6<br>pies cuadrados, 48<br>milésimas de pie cua-<br>drado.                                                         |
| <i>Legua de 6 666 <math>\frac{2}{3}</math> varas<br/>castellanas</i> ..... |       | 5,572699 kilómetros.                                                                                                                                                   |
| <i>Kilómetro</i> .....                                                     |       | 1 186,2396 varas, ó 1 186 varas, 0<br>pies, 719 milésimas de<br>pie.                                                                                                   |



## CUENCA

|                                    |       |                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> .....                  | Vale. | 0,835905 metros.                                                                                                                                                         |
| <i>Metro</i> .....                 |       | 1,196308 varas, ó 1 vara, 0 pies, 7<br>pulgadas, 0 líneas, 805<br>milésimas de línea.                                                                                    |
| <i>Vara cuadrada</i> .....         |       | 0,698737169025 metros cuadrados.                                                                                                                                         |
| <i>Metro cuadrado</i> .....        |       | 1,431153292 varas cuadradas, ó 1 va-<br>ra cuadrada, 3 pies<br>cuadrados, 126 pulga-<br>das cuadradas, 111 lí-<br>neas cuadradas, 552<br>milésimas de línea<br>cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....           |       | 0,584077893273842625 metros cúbicos.                                                                                                                                     |
| <i>Metro cúbico</i> .....          |       | 1,71210040906 varas cúbicas, ó 1 vara<br>cúbica, 19 pies cúbi-<br>cos, 391 pulgadas cú-<br>bicas, 1 307 líneas cú-<br>bicas, 552 milésimas<br>de línea cúbica.           |
| <i>Libra</i> .....                 |       | 0,460093 kilogramos.                                                                                                                                                     |
| <i>Kilogramo</i> .....             |       | 2,173474 libras, ó 2 libras, 2 on-<br>zas, 12 adarmes, 409<br>milésimas de adarme.                                                                                       |
| <i>Media arroba para líquidos.</i> |       | 7,88 litros.                                                                                                                                                             |
| <i>Litro</i> .....                 |       | 2,030 cuartillos, ó 2 cuarti-<br>llos, 30 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                     |
| <i>Media fanega para áridos.</i>   |       | 27,10 litros.                                                                                                                                                            |
| <i>Litro de grano</i> .....        |       | 0,886 cuartillos, ó 0 cuarti-<br>llos, 886 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                    |
| <i>Fanega superficial</i> .....    |       | 64,395617 áreas.                                                                                                                                                         |
| <i>Area</i> .....                  |       | 143,115329 varas cuadradas, ó 143<br>varas cuadradas, 1 pie<br>cuadrado, 38 milési-<br>mas de pie cuadrado.                                                              |

## GERONA

|                                                            |       |                                                                                                                                                     |
|------------------------------------------------------------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Cana</i> .....                                          | Vale. | 1,559 metros.                                                                                                                                       |
| <i>Metro</i> .....                                         |       | 0,64144 canas, ó 0 canas, 5 pal-<br>mos, 0 cuartos, 526 milésimas de cuarto.                                                                        |
| <i>Cana cuadrada</i> .....                                 |       | 2,430481 metros cuadrados.                                                                                                                          |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                                |       | 0,4114412 canas cuadradas, ó 0 canas cuadradas, 26 pal-<br>mos cuadrados, 5 cuar-<br>tos cuadrados, 3 157<br>diezmilésimas de cuar-<br>to cuadrado. |
| <i>Cana cúbica</i> .....                                   |       | 3,789119879 metros cúbicos.                                                                                                                         |
| <i>Metro cúbico</i> .....                                  |       | 0,26391353 canas cúbicas, ó 0 canas<br>cúbicas, 135 palmos<br>cúbicos, 7 cuartos cú-<br>bicos, 918526 millonésimas de cuarto cú-<br>bico.           |
| <i>Libra</i> .....                                         |       | 0,400 kilogramos.                                                                                                                                   |
| <i>Kilogramo</i> .....                                     |       | 2,5 libras, ó 2 libras, 6 onzas.                                                                                                                    |
| <i>Mallal para vino</i> .....                              |       | 15,48 litros.                                                                                                                                       |
| <i>Litro</i> .....                                         |       | 1,034 porrones, ó 1 porrón,<br>34 milésimas de po-<br>rrón.                                                                                         |
| <i>Cuartán para áridos</i> .....                           |       | 18,08 litros.                                                                                                                                       |
| <i>Litro</i> .....                                         |       | 0,332 mesurones, ó 0 mesu-<br>rones, 332 milésimas<br>de mesurón.                                                                                   |
| <i>Vesana de tierra de 900<br/>canas cuadradas</i> .....   |       | 21,874329 áreas.                                                                                                                                    |
| <i>Area</i> .....                                          |       | 41,14412 canas cuadradas, ó 41<br>canas cuadradas, 9<br>palmos cuadrados, 224<br>milésimas de palmo<br>cuadrado.                                    |
| <i>Hora de camino de 4 500<br/>varas castellanas</i> ..... |       | 3,761572 kilómetros.                                                                                                                                |
| <i>Kilómetro</i> .....                                     |       | 641,4368 canas, ó 641 canas, 3 pal-<br>mos, 494 milésimas de<br>palmo.                                                                              |

## GRANADA

|                                                        |                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> ..... Vale.                                | 0,835905 metros.                                                                                                                                                         |
| <i>Metro</i> .....                                     | 1,196308 varas, ó 1 vara, 0 pies, 7<br>pulgadas, 0 líneas, 805<br>milésimas de línea.                                                                                    |
| <i>Vara cuadrada</i> .....                             | 0,698737169025 metros cuadrados.                                                                                                                                         |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                            | 1,431153292 varas cuadradas, ó 1 va-<br>ra cuadrada, 3 pies<br>cuadrados, 126 pulga-<br>das cuadradas, 111 lí-<br>neas cuadradas, 552<br>milésimas de línea<br>cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....                               | 0,584077893273842625 metros cúbicos.                                                                                                                                     |
| <i>Metro cúbico</i> .....                              | 1,71210040906 varas cúbicas, ó 1 vara<br>cúbica, 19 pies cúbi-<br>cos, 391 pulgadas cúbi-<br>cas, 1307 líneas cúbi-<br>cas, 552 milésimas de<br>línea cúbica.            |
| <i>Libra</i> .....                                     | 0,460093 kilogramos.                                                                                                                                                     |
| <i>Kilogramo</i> .....                                 | 2,173474 libras, ó 2 libras, 2 on-<br>zas, 12 adarmes, 409<br>milésimas de adarme.                                                                                       |
| <i>Media arroba para líquidos.</i>                     | 8,21 litros.                                                                                                                                                             |
| <i>Litro</i> .....                                     | 2,314 cuartillos, ó 2 cuarti-<br>llos, 314 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                    |
| <i>Media fanega para áridos.</i>                       | 27,35 litros.                                                                                                                                                            |
| <i>Litro</i> .....                                     | 0,878 cuartillos, ó 0 cuarti-<br>llos, 878 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                    |
| <i>Fanega superficial</i> .....                        | 64,395617 áreas.                                                                                                                                                         |
| <i>Area</i> .....                                      | 143,115329 varas cuadradas, ó 143<br>varas cuadradas, 1 pie<br>cuadrado, 38 milési-<br>mas de pie cuadrado.                                                              |
| <i>Legua de 6 666 <math>\frac{2}{3}</math> varas..</i> | 5,572699 kilómetros.                                                                                                                                                     |
| <i>Kilómetro</i> .....                                 | 1 196,308 varas, ó 1 196 varas, 0<br>pies, 924 milésimas de<br>pie.                                                                                                      |

## GUADALAJARA

|                                                                                   |       |                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> .....                                                                 | Vale. | 0,835905 metros.                                                                                                                                                         |
| <i>Metro</i> .....                                                                |       | 1,196308 varas, ó 1 vara, 0 pies, 7<br>pulgadas, 0 líneas, 805<br>milésimas de línea.                                                                                    |
| <i>Vara cuadrada</i> .....                                                        |       | 0,698737169025 metros cuadrados.                                                                                                                                         |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                                                       |       | 1,431153292 varas cuadradas, ó 1 va-<br>ra cuadrada, 3 pies<br>cuadrados, 126 pulga-<br>das cuadradas, 111 lí-<br>neas cuadradas, 552<br>milésimas de línea<br>cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....                                                          |       | 0,584077893273842625 metros cúbicos.                                                                                                                                     |
| <i>Metro cúbico</i> .....                                                         |       | 1,71210040906 varas cúbicas, ó 1 vara<br>cúbica, 19 pies cúbi-<br>cos, 391 pulgadas cú-<br>bicas, 1307 líneas cú-<br>bicas, 552 milésimas<br>de línea cúbica.            |
| <i>Libra</i> .....                                                                |       | 0,460093 kilogramos.                                                                                                                                                     |
| <i>Kilogramo</i> .....                                                            |       | 2,173474 libras, ó 2 libras, 2 on-<br>zas, 12 adarmes, 409<br>milésimas de adarme.                                                                                       |
| <i>Media arroba para líquidos.</i>                                                |       | 8,21 litros.                                                                                                                                                             |
| <i>Litro</i> .....                                                                |       | 2,314 cuartillos, ó 2 cuarti-<br>llos, 314 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                    |
| <i>Media arroba para aceite.</i>                                                  |       | 6,35 litros.                                                                                                                                                             |
| <i>Litro de aceite</i> .....                                                      |       | 1,9685 libras, ó 1 libra, 3 pani-<br>llas, 874 milésimas de<br>panilla.                                                                                                  |
| <i>Media fanega para áridos.</i>                                                  |       | 27,40 litros.                                                                                                                                                            |
| <i>Litro de grano</i> .....                                                       |       | 0,876 cuartillos, ó 0 cuarti-<br>llos, 876 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                    |
| <i>Fanega superficial de</i><br><i>4444 4/9 varas cuadra-</i><br><i>das</i> ..... |       | 31,054985 áreas.                                                                                                                                                         |
| <i>Area</i> .....                                                                 |       | 143,115329 varas cuadradas, ó 143<br>varas cuadradas, 1 pie<br>cuadrado, 38 milési-<br>mas de pie cuadrado.                                                              |

# GUIPÚZCOA

|                                                                   |       |                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> .....                                                 | Vale. | 0,837 metros.                                                                                                                                                            |
| <i>Metro</i> .....                                                |       | 1,194743 varas, ó 1 vara, 0 pies, 7<br>pulgadas, 0 líneas, 129<br>milésimas de línea.                                                                                    |
| <i>Vara cuadrada</i> .....                                        |       | 0,700569 metros cuadrados.                                                                                                                                               |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                                       |       | 1,427411147 varas cuadradas, ó 1 va-<br>ra cuadrada, 3 pies<br>cuadrados, 121 pulga-<br>das cuadradas, 133 lí-<br>neas cuadradas, 178<br>milésimas de línea<br>cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....                                          |       | 0,586376253 metros cúbicos.                                                                                                                                              |
| <i>Metro cúbico</i> .....                                         |       | 1,70538966216 varas cúbicas, ó 1 vara<br>cúbica, 19 pies cúbicos,<br>78 pulgadas cúbicas,<br>1 140 líneas cúbicas,<br>614 milésimas de línea<br>cúbica.                  |
| <i>Libra</i> .....                                                |       | 0,492 kilogramos.                                                                                                                                                        |
| <i>Kilogramo</i> .....                                            |       | 2,03252 libras, ó 2 libras, 0 on-<br>zas, 553 milésimas de<br>onza.                                                                                                      |
| <i>Media azumbre</i> .....                                        |       | 1,26 litros.                                                                                                                                                             |
| <i>Litro</i> .....                                                |       | 1,587 cuartillos, ó 1 cuartillo,<br>587 milésimas de cuar-<br>tillo.                                                                                                     |
| <i>Media fanega para áridos</i> ..                                |       | 27,65 litros.                                                                                                                                                            |
| <i>Litro de grano</i> .....                                       |       | 1,157 chillas, ó 1 chilla, 157<br>milésimas de chilla.                                                                                                                   |
| <i>Fanega superficial de 4900</i><br><i>varas cuadradas</i> ..... |       | 34,327881 áreas.                                                                                                                                                         |
| <i>Area</i> .....                                                 |       | 142,7411 varas cuadradas, ó 142<br>varas cuadradas, 6<br>piescuadrados, 670 mi-<br>lésimas de pie cua-<br>drado.                                                         |



## HUELVA

|                                                                    |       |                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> .....                                                  | Vale. | 0,835905 metros.                                                                                                                                                         |
| <i>Metro</i> .....                                                 |       | 1,196308 varas, ó 1 vara, 0 pies, 7<br>pulgadas, 0 líneas, 805<br>milésimas de línea.                                                                                    |
| <i>Vara cuadrada</i> .....                                         |       | 0,698737169025 metros cuadrados.                                                                                                                                         |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                                        |       | 1,431153292 varas cuadradas, ó 1 va-<br>ra cuadrada, 3 pies<br>cuadrados, 126 pulga-<br>das cuadradas, 111 lí-<br>neas cuadradas, 552<br>milésimas de línea<br>cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....                                           |       | 0,584077893273842625 metros cúbicos.                                                                                                                                     |
| <i>Metro cúbico</i> .....                                          |       | 1,71210040906 varas cúbicas, ó 1 vara<br>cúbica, 19 pies cúbi-<br>cos, 391 pulgadas cúbi-<br>cas, 1307 líneas cúbi-<br>cas, 552 milésimas de<br>línea cúbica.            |
| <i>Libra</i> .....                                                 |       | 0,460093 kilogramos.                                                                                                                                                     |
| <i>Kilogramo</i> .....                                             |       | 2,173474 libras, ó 2 libras, 2 on-<br>zas, 12 adarmes, 409<br>milésimas de adarme.                                                                                       |
| <i>Media arroba para líquidos</i> .                                |       | 7,89 litros.                                                                                                                                                             |
| <i>Litro</i> .....                                                 |       | 1,014 jarros, ó 1 jarro, 14 mi-<br>lésimas de jarro.                                                                                                                     |
| <i>Media fanega para áridos</i> .                                  |       | 27,531 litros.                                                                                                                                                           |
| <i>Litro de grano</i> .....                                        |       | 0,572 cuartillos, ó 0 cuarti-<br>llos, 872 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                    |
| <i>Fanega superficial de 5 280</i><br><i>varas cuadradas</i> ..... |       | 36,893323 áreas.                                                                                                                                                         |
| <i>Area</i> .....                                                  |       | 143,115329 varas cuadradas, ó 143<br>varas cuadradas, 1 pie<br>cuadrado, 38 milési-<br>mas de pie cuadrado.                                                              |
| <i>Legua de 6 666 <math>\frac{2}{3}</math> varas</i> ..            |       | 5,572699 kilómetros.                                                                                                                                                     |
| <i>Kilómetro</i> .....                                             |       | 1 196,308 varas, ó 1 196 varas, 0<br>pies, 924 milésimas de<br>pie.                                                                                                      |

## HUESCA

|                                                            |       |                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> .....                                          | Vale. | 0,772 metros.                                                                                                           |
| <i>Metro</i> .....                                         |       | 1,29534 varas, ó 1 vara, 1 palmo, 2 dedos, 176 milésimas de dedo.                                                       |
| <i>Vara cuadrada</i> .....                                 |       | 0,595984 metros cuadrados.                                                                                              |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                                |       | 1,6778974 varas cuadradas, ó 1 vara cuadrada, 10 palmos cuadrados, 121 dedos cuadrados, 876 milésimas de dedo cuadrado. |
| <i>Vara cúbica</i> .....                                   |       | 0,460099648 metros cúbicos.                                                                                             |
| <i>Metro cúbico</i> .....                                  |       | 2,173442219 varas cúbicas, ó 2 varas cúbicas, 11 palmos cúbicos, 173 dedos cúbicos, 322 milésimas de dedo cúbico.       |
| <i>Libra</i> .....                                         |       | 0,351 kilogramos.                                                                                                       |
| <i>Kilogramo</i> .....                                     |       | 2,849003 libras, ó 2 libras, 10 onzas, 3 arienzos, 9 milésimas de arienzo.                                              |
| <i>Cántaro</i> .....                                       |       | 9,98 litros.                                                                                                            |
| <i>Litro</i> .....                                         |       | 0,802 jarros, ó 0 jarros, 802 milésimas de jarro.                                                                       |
| <i>Medida de libra para el menudeo de aguardiente</i> .... |       | 0,36 litros.                                                                                                            |
| <i>Litro de aguardiente</i> .....                          |       | 2,778 libras, ó 2 libras, 778 milésimas de libra.                                                                       |
| <i>Medida de libra para el aceite</i> .....                |       | 0,37 litros.                                                                                                            |
| <i>Litro de aceite</i> .....                               |       | 2,703 libras, ó 2 libras, 703 milésimas de libra.                                                                       |
| <i>Fanega para áridos</i> .....                            |       | 22,46 litros.                                                                                                           |
| <i>Litro de grano</i> .....                                |       | 0,534 almudes, ó 0 almudes, 534 milésimas de almud.                                                                     |
| <i>Fanega superficial de 1200 varas cuadradas</i> .....    |       | 7,151808 áreas.                                                                                                         |
| <i>Area</i> .....                                          |       | 1,6778974 almudes, ó 1 almud, 67 varas cuadradas, 12 palmos cuadrados, 636 milésimas de palmo cuadrado.                 |
| <i>Legua de 8 000 varas</i> ....                           |       | 6,176 kilómetros.                                                                                                       |
| <i>Hora de camino de 5 333 1/3 varas</i> .....             |       | 4,117333 kilómetros.                                                                                                    |
| <i>Kilómetro</i> .....                                     |       | 1 295,3368 varas, ó 1295 varas, 1 palmo, 347 milésimas de palmo.                                                        |

## JAÉN

|                                                                                           |       |                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> .....                                                                         | Vale. | 0,839 metros.                                                                                                                                                           |
| <i>Metro</i> .....                                                                        |       | 1,191895 varas, ó 1 vara, 0 pies, 6<br>pulgadas, 10 líneas,<br>899 milésimas de línea.                                                                                  |
| <i>Vara cuadrada</i> .....                                                                |       | 0,703921 metros cuadrados.                                                                                                                                              |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                                                               |       | 1,420613961 varas cuadradas, ó 1 va-<br>ra cuadrada, 3 pies<br>cuadrados, 113 pulga-<br>das cuadradas, 16 lí-<br>neas cuadradas, 660<br>milésimas de línea<br>cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....                                                                  |       | 0,590589719 metros cúbicos.                                                                                                                                             |
| <i>Metro cúbico</i> .....                                                                 |       | 1,69322283783 varas cúbicas, ó 1 vara<br>cúbica, 18 pies cúbicos,<br>1 239 pulgadas cúbic-<br>as, 8 líneas cúbicas,<br>159 milésimas de línea<br>cúbica.                |
| <i>Libra</i> .....                                                                        |       | 0,460093 kilogramos.                                                                                                                                                    |
| <i>Kilogramo</i> .....                                                                    |       | 2,173474 libras, ó 2 libras, 2 on-<br>zas, 12 adarmes, 409<br>milésimas de adarme.                                                                                      |
| <i>Media arroba para vino</i> ...                                                         |       | 8,02 litros.                                                                                                                                                            |
| <i>Litro de vino</i> .....                                                                |       | 1,995 cuartillos, ó 1 cuarti-<br>llo, 995 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                    |
| <i>Media arroba para aceite</i> ..                                                        |       | 7,12 litros.                                                                                                                                                            |
| <i>Litro de aceite</i> .....                                                              |       | 1,896 libras, ó 1 libra, 896 mi-<br>milésimas de libra.                                                                                                                 |
| <i>Media fanega para áridos</i> .                                                         |       | 27,37 litros.                                                                                                                                                           |
| <i>Litro de grano</i> .....                                                               |       | 0,877 cuartillos, ó 0 cuarti-<br>llos, 877 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                   |
| <i>Fanega superficial de 8963</i><br><i>varas castellanas cua-</i><br><i>dradas</i> ..... |       | 62,627812 áreas.                                                                                                                                                        |
| <i>Area</i> .....                                                                         |       | 142,0614 varas cuadradas, ó 142<br>varas cuadradas, 0 pies<br>cuadrados, 553 milé-<br>simas de pie cua-<br>drado.                                                       |

## LEÓN

|                                                                                                             |       |                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> .....                                                                                           | Vale. | 0,835905 metros.                                                                                                                                 |
| <i>Metro</i> .....                                                                                          |       | 1,196308 varas, ó 1 vara, 0 pies, 7 pulgadas, 0 líneas, 805 milésimas de línea.                                                                  |
| <i>Vara cuadrada</i> .....                                                                                  |       | 0,698737169025 metros cuadrados.                                                                                                                 |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                                                                                 |       | 1,431153292 varas cuadradas, ó 1 vara cuadrada, 3 pies cuadrados, 126 pulgadas cuadradas, 111 líneas cuadradas, 552 milésimas de línea cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....                                                                                    |       | 0,584077893273842625 metros cúbicos.                                                                                                             |
| <i>Metro cúbico</i> .....                                                                                   |       | 1,7121004906 varas cúbicas, ó 1 vara cúbica, 19 pies cúbicos, 391 pulgadas cúbicas, 1307 líneas cúbicas, 552 milésimas de línea cúbica.          |
| <i>Libra</i> .....                                                                                          |       | 0,460093 kilogramos.                                                                                                                             |
| <i>Kilogramo</i> .....                                                                                      |       | 2,173474 libras, ó 2 libras, 2 onzas, 12 adarmes, 409 milésimas de adarme.                                                                       |
| <i>Media cántara</i> .....                                                                                  |       | 7,92 litros.                                                                                                                                     |
| <i>Litro</i> .....                                                                                          |       | 2,020 cuartillos, ó 2 cuartillos, 20 milésimas de cuartillo.                                                                                     |
| <i>Emina para áridos</i> .....                                                                              |       | 18,11 litros.                                                                                                                                    |
| <i>Litro de grano</i> .....                                                                                 |       | 0,883 cuartillos, ó 0 cuartillos, 883 milésimas de cuartillo.                                                                                    |
| <i>Emina superficial de 1344 <math>\frac{4}{9}</math> varas cuadradas para las tierras de secano.</i> ..... |       | 9,394133 áreas.                                                                                                                                  |
| <i>Emina superficial de 896 <math>\frac{2}{9}</math> varas cuadradas para las tierras de regadío</i> .....  |       | 6,262238 áreas.                                                                                                                                  |
| <i>Area</i> .....                                                                                           |       | 143,115329 varas cuadradas, ó 143 varas cuadradas, 1 pie cuadrado, 38 milésimas de pie cuadrado.                                                 |





## LÉRIDA

|                                                        |                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Media cana..... Vale.</i>                           | 0,778 metros.                                                                                                                         |
| <i>Metro.....</i>                                      | 1,28535 medias canas, ó 1 media cana, 1 palmo, 0 cuartos, 565 milésimas de cuarto.                                                    |
| <i>Media cana cuadrada.....</i>                        | 0,605284 metros cuadrados.                                                                                                            |
| <i>Metro cuadrado.....</i>                             | 1,652117 medias canas cuadradas, ó 1 media cana cuadrada, 10 palmos cuadrados, 6 cuartos cuadrados, 942 milésimas de cuarto cuadrado. |
| <i>Media cana cúbica.....</i>                          | 0,470910952 metros cúbicos.                                                                                                           |
| <i>Metro cúbico.....</i>                               | 2,1235437 medias canas cúbicas, ó 2 medias canas cúbicas, 7 palmos cúbicos, 58 cuartos cúbicos, 35 milésimas de cuarto cúbico.        |
| <i>Libra.....</i>                                      | 0,401 kilogramos.                                                                                                                     |
| <i>Kilogramo.....</i>                                  | 2,493765 libras, ó 2 libras, 5 onzas, 3 cuartas, 2 arxéns, 803 milésimas de arxén.                                                    |
| <i>Cántara de vino.....</i>                            | 11,38 litros.                                                                                                                         |
| <i>Litro de vino.....</i>                              | 1,054 porrones, ó 1 porrón, 54 milésimas de porrón.                                                                                   |
| <i>Medida de tres cuartanes para áridos.....</i>       | 18,34 litros.                                                                                                                         |
| <i>Litro de grano.....</i>                             | 1,309 picotines, ó 1 picotín, 309 milésimas de picotín.                                                                               |
| <i>Jornal superficial de 1800 canas cuadradas.....</i> | 43,580448 áreas.                                                                                                                      |
| <i>Area.....</i>                                       | 41,30292 canas cuadradas, ó 41 canas cuadradas, 19 palmos cuadrados, 387 milésimas de palmo cuadrado.                                 |





# LOGROÑO

|                                  |                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> ..... Vale.          | 0,837 metros.                                                                                                                                                            |
| <i>Metro</i> .....               | 1,194743 varas, ó 1 vara, 0 pies, 7<br>pulgadas, 0 líneas, 129<br>milésimas de línea.                                                                                    |
| <i>Vara cuadrada</i> .....       | 0,700569 metros cuadrados.                                                                                                                                               |
| <i>Metro cuadrado</i> .....      | 1,427411147 varas cuadradas, ó 1 va-<br>ra cuadrada, 3 pies<br>cuadrados, 121 pulga-<br>das cuadradas, 133 lí-<br>neas cuadradas, 178<br>milésimas de línea<br>cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....         | 0,586376253 metros cúbicos.                                                                                                                                              |
| <i>Metro cúbico</i> .....        | 1,70538966216 varas cúbicas, ó 1 vara<br>cúbica, 19 pies cúbi-<br>cos, 78 pulgadas cú-<br>bicas, 1140 líneas cú-<br>bicas, 614 milésimas<br>de línea cúbica.             |
| <i>Libra</i> .....               | 0,460093 kilogramos.                                                                                                                                                     |
| <i>Kilogramo</i> .....           | 2,173474 libras, ó 2 libras, 2 on-<br>zas, 12 adarmes, 409<br>milésimas de adarme.                                                                                       |
| <i>Cántara</i> .....             | 16,04 litros.                                                                                                                                                            |
| <i>Litro</i> .....               | 1,995 cuartillos, ó 1 cuarti-<br>llo, 995 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                     |
| <i>Media fanega para áridos.</i> | 27,47 litros.                                                                                                                                                            |
| <i>Litro</i> .....               | 0,874 cuartillos, ó 0 cuarti-<br>llos, 874 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                    |
| <i>Fanega superficial de</i>     | 19,019626 áreas.                                                                                                                                                         |
| <i>2722 varas castellanas</i>    | 142,7411 varas cuadradas, ó 142<br>varas cuadradas, 6 pies<br>cuadrados, 670 milési-<br>mas de pie cuadrado.                                                             |
| <i>cuadradas</i> .....           | 5,572699 kilómetros.                                                                                                                                                     |
| <i>Area</i> .....                | 1194,743 varas, ó 1194 varas, 2<br>pies, 229 milésimas de<br>pie.                                                                                                        |
| <i>Legua de 6 666 2/3 varas</i>  |                                                                                                                                                                          |
| <i>castellanas</i> .....         |                                                                                                                                                                          |
| <i>Kilómetro</i> .....           |                                                                                                                                                                          |

## LUGO

|                                                                               |       |                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> .....                                                             | Vale. | 0,855 metros.                                                                                                                                                       |
| <i>Metro</i> .....                                                            |       | 1,169591 varas, ó 1 vara, 6 pulgas,<br>1 línea, 263 milésimas de línea.                                                                                             |
| <i>Vara cuadrada</i> .....                                                    |       | 0,731025 metros cuadrados.                                                                                                                                          |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                                                   |       | 1,367942273 varas cuadradas, ó 1 va-<br>ra cuadrada, 3 pies<br>cuadrados, 41 pulgas<br>cuadradas, 122 lí-<br>neas cuadradas, 859<br>milésimas de línea<br>cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....                                                      |       | 0,625026375 metros cúbicos.                                                                                                                                         |
| <i>Metro cúbico</i> .....                                                     |       | 1,59993248285 varas cúbicas, ó 1 vara<br>cúbica, 16 pies cúbicos,<br>342 pulgadas cúbi-<br>cas, 77 líneas cúbicas,<br>746 milésimas de línea<br>cúbica.             |
| <i>Libra</i> .....                                                            |       | 0,573 kilogramos.                                                                                                                                                   |
| <i>Kilogramo</i> .....                                                        |       | 1,7452 libras, ó 1 libra, 2 cuar-<br>terones, 981 milési-<br>mas de cuarterón.                                                                                      |
| <i>Cuartillo para líquidos</i> ....                                           |       | 0,47 litros.                                                                                                                                                        |
| <i>Litro</i> .....                                                            |       | 2,128 cuartillos, ó 2 cuarti-<br>llos, 128 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                               |
| <i>Ferrado para áridos</i> .....                                              |       | 13,13 litros.                                                                                                                                                       |
| <i>Litro de grano</i> .....                                                   |       | 0,076 ferrados, ó 0 ferrados,<br>76 milésimas de fe-<br>rrado.                                                                                                      |
| <i>Ferrado superficial de 625<br/>varas castellanas cua-<br/>dradas</i> ..... |       | 4,367107 áreas.                                                                                                                                                     |
| <i>Area</i> .....                                                             |       | 136,7942 varas, ó 136 varas cua-<br>dradas, 7 pies cuadra-<br>dos, 148 milésimas de<br>pie cuadrado.                                                                |

## MADRID

|                                                                                                           |       |                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> .....                                                                                         | Vale. | 0,843 metros.                                                                                                                                                          |
| <i>Metro</i> .....                                                                                        |       | 1,18624 varas, ó 1 vara, 0 pies, 6<br>pulgadas, 8 líneas, 456<br>milésimas de línea.                                                                                   |
| <i>Vara cuadrada</i> .....                                                                                |       | 0,710649 metros cuadrados.                                                                                                                                             |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                                                                               |       | 1,407164437 varas cuadradas, ó 1 va-<br>ra cuadrada, 3 pies<br>cuadrados, 95 pulga-<br>das cuadradas, 98 lí-<br>neas cuadradas, 656<br>milésimas de línea<br>cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....                                                                                  |       | 0,599077107 metros cúbicos.                                                                                                                                            |
| <i>Metro cúbico</i> .....                                                                                 |       | 1,66923420761 varas cúbicas, ó 1 vara<br>cúbica, 18 pies cúbi-<br>cos, 119 pulgadas cúbi-<br>cas, 1367 líneas cúbi-<br>cas, 177 milésimas de<br>línea cúbica.          |
| <i>Libra</i> .....                                                                                        |       | 0,460093 kilogramos.                                                                                                                                                   |
| <i>Kilogramo</i> .....                                                                                    |       | 2,173174 libras, ó 2 libras, 2 on-<br>zas, 12 adarmes, 409<br>milésimas de adarme.                                                                                     |
| <i>Media arroba para líquidos.</i>                                                                        |       | 8,15 litros.                                                                                                                                                           |
| <i>Litro</i> .....                                                                                        |       | 1,963 cuartillos, ó 1 cuartillo,<br>963 milésimas de cuar-<br>tillo.                                                                                                   |
| <i>Media fanega para áridos.</i>                                                                          |       | 27,67 litros.                                                                                                                                                          |
| <i>Litro de grano</i> .....                                                                               |       | 0,867 cuartillos, ó 0 cuarti-<br>llos, 867 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                  |
| <i>Fanega superficial, llama-<br/>da marco de Madrid, de<br/>4900 varas cuadradas<br/>de Burgos</i> ..... |       | 34,238121 áreas.                                                                                                                                                       |
| <i>Fanega superficial de 4900<br/>varas cuadradas, medidas<br/>con la vara de Madrid</i> ..               |       | 34,821801 áreas.                                                                                                                                                       |
| <i>Area</i> .....                                                                                         |       | 140,7164 varas cuadradas, ó 140<br>varas cuadradas, 6<br>pies cuadrados, 448<br>milésimas de pie cua-<br>drado.                                                        |
| <i>Legua de 6 666 <math>\frac{2}{3}</math> varas<br/>castellanas</i> .....                                |       | 5,572699 kilómetros.                                                                                                                                                   |
| <i>Kilómetro</i> .....                                                                                    |       | 1 186,2396 varas, ó 1186 varas, 0<br>pies, 719 milésimas de<br>pie.                                                                                                    |

## MALAGA

|                                                             |       |                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> .....                                           | Vale. | 0,835905 metros.                                                                                                                                                         |
| <i>Metro</i> .....                                          |       | 1,196308 varas, ó 1 vara, 0 pies, 7<br>pulgadas, 0 líneas, 805<br>milésimas de línea.                                                                                    |
| <i>Vara cuadrada</i> .....                                  |       | 0,698737169025 metros cuadrados.                                                                                                                                         |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                                 |       | 1,431153292 varas cuadradas, ó 1 va-<br>ra cuadrada, 3 pies<br>cuadrados, 126 pulga-<br>das cuadradas, 111 lí-<br>neas cuadradas, 552<br>milésimas de línea<br>cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....                                    |       | 0,584077893273842625 metros cúbicos.                                                                                                                                     |
| <i>Metro cúbico</i> .....                                   |       | 1,71210040906 varas cúbicas, ó 1 vara<br>cúbica, 19 pies cúbi-<br>cos, 391 pulgadas cú-<br>bicas, 1307 líneas cú-<br>bicas, 552 milésimas<br>de línea cúbica.            |
| <i>Libra</i> .....                                          |       | 0,460093 kilogramos.                                                                                                                                                     |
| <i>Kilogramo</i> .....                                      |       | 2,173474 libras, ó 2 libras, 2 on-<br>zas, 12 adarmes, 409<br>milésimas de adarme.                                                                                       |
| <i>Media arroba para líquidos.</i>                          |       | 8,33 litros.                                                                                                                                                             |
| <i>Litro</i> .....                                          |       | 1,921 cuartillos, ó 1 cuartillo,<br>921 milésimas de cuar-<br>tillo.                                                                                                     |
| <i>Media fanega para áridos.</i>                            |       | 26,97 litros.                                                                                                                                                            |
| <i>Litro de grano</i> .....                                 |       | 0,890 cuartillos, ó 0 cuarti-<br>llos, 890 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                    |
| <i>Fanega superficial de 8640<br/>varas cuadradas</i> ..... |       | 60,370891 áreas.                                                                                                                                                         |
| <i>Area</i> .....                                           |       | 143,115329 varas cuadradas, ó 143<br>varas cuadradas, 1 pie<br>cuadrado, 38 milési-<br>mas de pie cuadrado.                                                              |
| <i>Legua de 6 666 2/3 varas.</i>                            |       | 5,572699 kilómetros.                                                                                                                                                     |
| <i>Kilómetro</i> .....                                      |       | 1 196,308 varas, ó 1 196 varas, 0<br>pies, 924 milésimas de<br>pie.                                                                                                      |



## MURCIA

|                                                                |       |                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> .....                                              | Vale. | 0,835905 metros.                                                                                                                                                       |
| <i>Metro</i> .....                                             |       | 1,196308 varas, ó 1 vara, 0 pies,<br>7 pulgadas, 0 líneas,<br>805 milésimas de línea.                                                                                  |
| <i>Vara cuadrada</i> .....                                     |       | 0,698737169025 metros cuadrados.                                                                                                                                       |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                                    |       | 1,431153292 varas cuadradas, ó 1 va-<br>ra cuadrada, 3 pies<br>cuadrados, 126 pulga-<br>das cuadradas, 111<br>líneas cuadradas, 552<br>milésimas de línea<br>cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....                                       |       | 0,584077893273842625 metros cúbicos.                                                                                                                                   |
| <i>Metro cúbico</i> .....                                      |       | 1,71210040906 varas cúbicas, ó 1 vara<br>cúbica, 19 pies cúbi-<br>cos, 391 pulgadas cú-<br>bicas, 1 507 líneas cú-<br>bicas, 552 milésimas<br>de línea cúbica.         |
| <i>Libra</i> .....                                             |       | 0,460093 kilogramos.                                                                                                                                                   |
| <i>Kilogramo</i> .....                                         |       | 2,173474 libras, ó 2 libras, 2 on-<br>zas, 12 adarmes, 409<br>milésimas de adarme.                                                                                     |
| <i>Media arroba para vino</i> ...                              |       | 7,80 litros.                                                                                                                                                           |
| <i>Litro</i> .....                                             |       | 2,051 cuartillos, ó 2 cuarti-<br>llos, 51 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                   |
| <i>Media fanega para áridos.</i>                               |       | 27,64 litros.                                                                                                                                                          |
| <i>Litro de grano</i> .....                                    |       | 0,868 cuartillos, ó 0 cuarti-<br>llos, 868 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                  |
| <i>Fanega superficial de</i><br><i>9 600 varas cuadradas..</i> |       | 67,078768 áreas.                                                                                                                                                       |
| <i>Area</i> .....                                              |       | 143,115329 varas cuadradas, ó 143<br>varas cuadradas, 1 pie<br>cuadrado, 38 milési-<br>mas de pie cuadrado.                                                            |
| <i>Legua de 6 666 <math>\frac{2}{3}</math> varas..</i>         |       | 5,572699 kilómetros.                                                                                                                                                   |
| <i>Kilómetro</i> .....                                         |       | 1 196,308 varas, ó 1 196 varas, 0<br>pies, 924 milésimas de<br>pie.                                                                                                    |



# NAVARRA

|                                                             |       |                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> .....                                           | Vale. | 0,785 metros.                                                                                                                                                          |
| <i>Metro</i> .....                                          |       | 1,273885 varas, ó 1 vara, 0 pies, 9<br>pulgadas, 10 líneas, 318<br>milésimas de línea.                                                                                 |
| <i>Vara cuadrada</i> .....                                  |       | 0,616225 metros cuadrados.                                                                                                                                             |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                                 |       | 1,622783886 varas cuadradas, ó 1 va-<br>ra cuadrada, 5 pies<br>cuadrados, 87 pulga-<br>das cuadradas, 18 li-<br>neas cuadradas, 419<br>milésimas de línea<br>cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....                                    |       | 0,488736625 metros cúbicos.                                                                                                                                            |
| <i>Metro cúbico</i> .....                                   |       | 2,06724061880 varas cúbicas, ó 2 varas<br>cúbicas, 1 pie cúbico,<br>1 409 pulgadas cúbi-<br>cas, 308 líneas cúbicas,<br>121 milésimas de línea<br>cúbica.              |
| <i>Libra</i> .....                                          |       | 0,372 kilogramos.                                                                                                                                                      |
| <i>Kilogramo</i> .....                                      |       | 2,688172 libras, ó 2 libras, 8 on-<br>zas, 2 ochavas, 64 mi-<br>lésimas de ochava.                                                                                     |
| <i>Cántaro</i> .....                                        |       | 11,77 litros.                                                                                                                                                          |
| <i>Litro</i> .....                                          |       | 1,3595 pintas, ó 1 pinta, 1 cuar-<br>tillo, 438 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                             |
| <i>Libra para medir aceite</i> ..                           |       | 0,41 litros.                                                                                                                                                           |
| <i>Litro de aceite</i> .....                                |       | 2,439 libras, ó 2 libras, 1 cuar-<br>terón, 756 milésimas<br>de quarterón.                                                                                             |
| <i>Robo para áridos</i> .....                               |       | 28,13 litros.                                                                                                                                                          |
| <i>Litro de grano</i> .....                                 |       | 0,569 almudes, ó 0 almudes,<br>569 milésimas de al-<br>mud.                                                                                                            |
| <i>Robada superficial de 1458<br/>varas cuadradas</i> ..... |       | 8,984560 áreas.                                                                                                                                                        |
| <i>Area</i> .....                                           |       | 162,2784 varas cuadradas, ó 162<br>varas cuadradas, 2<br>pies cuadrados, 506 mi-<br>lésimas de pie cua-<br>drado.                                                      |
| <i>Legua de 7 000 varas</i> ....                            |       | 5,495 kilómetros.                                                                                                                                                      |
| <i>Kilómetro</i> .....                                      |       | 1 273,8854 varas, ó 1273 varas, 2<br>pies, 656 milésimas de<br>pie.                                                                                                    |

## ORENSE

|                                                                |       |                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> .....                                              | Vale. | 0,835905 metros.                                                                                                                                 |
| <i>Metro</i> .....                                             |       | 1,196308 varas, ó 1 vara, 0 pies,<br>7 pulgadas, 0 líneas,<br>805 milésimas de línea.                                                            |
| <i>Vara cuadrada</i> .....                                     |       | 0,698737169025 metros cuadrados.                                                                                                                 |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                                    |       | 1,431153292 varas cuadradas, ó 1 vara cuadrada, 3 pies cuadrados, 126 pulgadas cuadradas, 111 líneas cuadradas, 552 milésimas de línea cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....                                       |       | 0,584077893273842625 metros cúbicos.                                                                                                             |
| <i>Metro cúbico</i> .....                                      |       | 1,71210040906 varas cúbicas, ó 1 vara cúbica, 19 pies cúbicos, 391 pulgadas cúbicas, 1307 líneas cúbicas, 552 milésimas de línea cúbica.         |
| <i>Libra</i> .....                                             |       | 0,574 kilogramos.                                                                                                                                |
| <i>Kilogramo</i> .....                                         |       | 1,74216 libras, ó 1 libra, 14 onzas, 843 milésimas de onza.                                                                                      |
| <i>Cántara</i> .....                                           |       | 15,96 litros.                                                                                                                                    |
| <i>Litro</i> .....                                             |       | 2,256 cuartillos, ó 2 cuartillos, 256 milésimas de cuartillo.                                                                                    |
| <i>Ferrado para medir grano.</i>                               |       | 13,88 litros.                                                                                                                                    |
| <i>Litro</i> .....                                             |       | 1,729 copelos, ó 1 copelo, 729 milésimas de copelo.                                                                                              |
| <i>Ferrado colmado para medir maíz.</i>                        |       | 18,79 litros.                                                                                                                                    |
| <i>Litro</i> .....                                             |       | 1,277 copelos, ó 1 copelo, 277 milésimas de copelo.                                                                                              |
| <i>Ferrado superficial de 900 varas castellanas cuadradas.</i> |       | 6,288635 áreas.                                                                                                                                  |
| <i>Cavadura de 625 varas castellanas cuadradas</i> .....       |       | 4,367107 áreas.                                                                                                                                  |
| <i>Area</i> .....                                              |       | 143,115329 varas cuadradas, ó 143 varas cuadradas, 1 pie cuadrado, 38 milésimas de pie cuadrado                                                  |

## OVIEDO

|                                                           |       |                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> .....                                         | Vale. | 0,835905 metros.                                                                                                                                                         |
| <i>Metro</i> .....                                        |       | 1,196308 varas, ó 1 vara, 0 pies, 7<br>pulgadas, 0 líneas, 805<br>milésimas de línea.                                                                                    |
| <i>Vara cuadrada</i> .....                                |       | 0,698737169025 metros cuadrados.                                                                                                                                         |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                               |       | 1,431153292 varas cuadradas, ó 1 va-<br>ra cuadrada, 3 pies<br>cuadrados, 126 pulga-<br>das cuadradas, 111 lí-<br>neas cuadradas, 552<br>milésimas de línea<br>cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....                                  |       | 0,584077893273842625 metros cúbicos.                                                                                                                                     |
| <i>Metro cúbico</i> .....                                 |       | 1,71210040906 varas cúbicas, ó 1 vara<br>cúbica, 19 pies cúbí-<br>cos, 391 pulgadas cú-<br>bicas, 1307 líneas cú-<br>bicas, 552 milésimas<br>de línea cúbica.            |
| <i>Libra</i> .....                                        |       | 0,460093 kilogramos.                                                                                                                                                     |
| <i>Kilogramo</i> .....                                    |       | 2,173474 libras, ó 2 libras, 2 on-<br>zas, 12 adarmes, 409<br>milésimas de adarme.                                                                                       |
| <i>Cántara</i> .....                                      |       | 18,41 litros.                                                                                                                                                            |
| <i>Litro</i> .....                                        |       | 1,738 cuartillos, ó 1 cuartillo,<br>738 milésimas de cuar-<br>tillo.                                                                                                     |
| <i>Media fanega asturiana<br/>para áridos</i> .....       |       | 37,07 litros.                                                                                                                                                            |
| <i>Litro de grano</i> .....                               |       | 1,726 cuartillos, ó 1 cuarti-<br>llo, 726 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                     |
| <i>Día de bueyes, ó sean<br/>1 800 varas cuadradas</i> .. |       | 12,577269 áreas.                                                                                                                                                         |
| <i>Area</i> .....                                         |       | 143,115329 varas cuadradas, ó 143<br>varas cuadradas, 1 pie<br>cuadrado, 38 milési-<br>mas de pie cuadrado.                                                              |
| <i>Legua de 6 666 <math>\frac{2}{3}</math> varas</i> ..   |       | 5,572699 kilómetros.                                                                                                                                                     |
| <i>Kilómetro</i> .....                                    |       | 1 196,308 varas, ó 1 196 varas, 0<br>pies, 924 milésimas de<br>pie.                                                                                                      |

## PALENCIA

|                                                                      |       |                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> .....                                                    | Vale. | 0,835905 metros.                                                                                                                                                         |
| <i>Metro</i> .....                                                   |       | 1,196308 varas, ó 1 vara, 0 pies, 7<br>pulgadas, 0 líneas, 805<br>milésimas de línea.                                                                                    |
| <i>Vara cuadrada</i> .....                                           |       | 0,698737169025 metros cuadrados.                                                                                                                                         |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                                          |       | 1,431153292 varas cuadradas, ó 1 va-<br>ra cuadrada, 3 pies<br>cuadrados, 126 pulga-<br>das cuadradas, 111 lí-<br>neas cuadradas, 552<br>milésimas de línea<br>cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....                                             |       | 0,584077893273842625 metros cúbicos.                                                                                                                                     |
| <i>Metro cúbico</i> .....                                            |       | 1,71210040906 varas cúbicas, ó 1 vara<br>cúbica, 19 pies cúbi-<br>cos, 391 pulgadas cú-<br>bicas, 1307 líneas cú-<br>bicas, 552 milésimas<br>de línea cúbica.            |
| <i>Libra</i> .....                                                   |       | 0,460093 kilogramos.                                                                                                                                                     |
| <i>Kilogramo</i> .....                                               |       | 2,173474 libras, ó 2 libras, 2 on-<br>zas, 12 adarmes, 409<br>milésimas de adarme.                                                                                       |
| <i>Media cántara</i> .....                                           |       | 7,88 litros.                                                                                                                                                             |
| <i>Litro</i> .....                                                   |       | 2,030 cuartillos, ó 2 cuarti-<br>llos, 30 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                     |
| <i>Media arroba para aceite.</i>                                     |       | 6,12 litros.                                                                                                                                                             |
| <i>Litro de aceite</i> .....                                         |       | 2,042 libras, ó 2 libras, 42 mi-<br>lésimas de libra.                                                                                                                    |
| <i>Media fanega para áridos.</i>                                     |       | 27,7505 litros.                                                                                                                                                          |
| <i>Litro de grano</i> .....                                          |       | 0,864849 cuartillos, ó 0 cuarti-<br>llos, 3 ochavillos, 459<br>milésimas de ocha-<br>villo.                                                                              |
| <i>Obrada de tierra de<br/>7 704 1/6 varas cuadra-<br/>das</i> ..... |       | 53,831876 áreas.                                                                                                                                                         |
| <i>Area</i> .....                                                    |       | 143,115329 varas cuadradas, ó 143<br>varas cuadradas, 1 pie<br>cuadrado, 38 milési-<br>mas de pie cuadrado.                                                              |



## PONTEVEDRA

|                                                                     |       |                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> .....                                                   | Vale. | 0,835905 metros.                                                                                                                                                         |
| <i>Metro</i> .....                                                  |       | 1,196308 varas, ó 1 vara, 0 pies, 7<br>pulgadas, 0 líneas, 805<br>milésimas de línea.                                                                                    |
| <i>Vara cuadrada</i> .....                                          |       | 0,698737169025 metros cuadrados.                                                                                                                                         |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                                         |       | 1,431153292 varas cuadradas, ó 1 va-<br>ra cuadrada, 3 pies<br>cuadrados, 126 pulga-<br>das cuadradas, 111 lí-<br>neas cuadradas, 552<br>milésimas de línea<br>cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....                                            |       | 0,584077893273842625 metros cúbicos.                                                                                                                                     |
| <i>Metro cúbico</i> .....                                           |       | 1,71210040906 varas cúbicas, ó 1 vara<br>cúbica, 19 pies cúbi-<br>cos, 391 pulgadas cú-<br>bicas, 1307 líneas cú-<br>bicas, 552 milésimas<br>de línea cúbica.            |
| <i>Libra</i> .....                                                  |       | 0,579 kilogramos.                                                                                                                                                        |
| <i>Kilogramo</i> .....                                              |       | 1,727116 libras, ó 1 libra, 14 on-<br>zas, 8 adarmes, 677<br>milésimas de adarme.                                                                                        |
| <i>Medio cañado para líquidos.</i>                                  |       | 16,35 litros.                                                                                                                                                            |
| <i>Litro</i> .....                                                  |       | 2,080 cuartillos, ó 2 cuarti-<br>llos, 80 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                     |
| <i>Ferrado para trigo</i> ..                                        |       | 15,58 litros.                                                                                                                                                            |
| <i>Litro de trigo</i> .....                                         |       | 0,770 concas, ó 0 concas, 770<br>milésimas de conca.                                                                                                                     |
| <i>Ferrado para maíz</i> .....                                      |       | 20,86 litros.                                                                                                                                                            |
| <i>Litro de maíz</i> .....                                          |       | 0,575 concas, ó 0 concas, 575<br>milésimas de conca.                                                                                                                     |
| <i>Ferrado de sembradura de</i><br><i>900 varas cuadradas</i> ..... |       | 6,288635 áreas.                                                                                                                                                          |
| <i>Area</i> .....                                                   |       | 143,115329 varas cuadradas, ó 143<br>varas cuadradas, 1 pie<br>cuadrado, 38 milési-<br>mas de pie cuadrado.                                                              |



## SALAMANCA

|                                                            |       |                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> .....                                          | Vale. | 0,835905 metros.                                                                                                                                                         |
| <i>Metro</i> .....                                         |       | 1,196308 varas, ó 1 vara, 0 pies, 7<br>pulgadas, 0 líneas, 805<br>milésimas de línea.                                                                                    |
| <i>Vara cuadrada</i> .....                                 |       | 0,698737169025 metros cuadrados.                                                                                                                                         |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                                |       | 1,431153292 varas cuadradas, ó 1 va-<br>ra cuadrada, 3 pies<br>cuadrados, 126 pulga-<br>das cuadradas, 111 lí-<br>neas cuadradas, 552<br>milésimas de línea<br>cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....                                   |       | 0,584077893273842625 metros cúbicos.                                                                                                                                     |
| <i>Metro cúbico</i> .....                                  |       | 1,71210040906 varas cúbicas, ó 1 vara<br>cúbica, 19 pies cúbi-<br>cos, 391 pulgadas cú-<br>bicas, 1307 líneas cú-<br>bicas, 552 milésimas<br>de línea cúbica.            |
| <i>Libra</i> .....                                         |       | 0,460093 kilogramos.                                                                                                                                                     |
| <i>Kilogramo</i> .....                                     |       | 2,173474 libras, ó 2 libras, 2 on-<br>zas, 12 adarmes, 409<br>milésimas de adarme.                                                                                       |
| <i>Medio cántaro</i> .....                                 |       | 7,99 litros.                                                                                                                                                             |
| <i>Litro</i> .....                                         |       | 2,003 cuartillos, ó 2 cuarti-<br>llos, 3 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                      |
| <i>Media fanega para áridos.</i>                           |       | 27,29 litros.                                                                                                                                                            |
| <i>Litro de grano</i> .....                                |       | 0,879 cuartillos, ó 0 cuarti-<br>llos, 879 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                    |
| <i>Fanega de tierra de 9 216<br/>varas cuadradas</i> ..... |       | 64,395617 áreas.                                                                                                                                                         |
| <i>Area</i> .....                                          |       | 143,115329 varas cuadradas, ó 143<br>varas cuadradas, 1 pie<br>cuadrado, 38 milési-<br>mas de pie cuadrado.                                                              |
| <i>Legua de 6 666 2/3 varas.</i>                           |       | 5,572699 kilómetros.                                                                                                                                                     |
| <i>Kilómetro</i> .....                                     |       | 1 196,308 varas, ó 1 196 varas, 0<br>pies, 924 milésimas de<br>pie.                                                                                                      |

# SANTANDER

|                                   |       |                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> .....                 | Vale. | 0,835905 metros.                                                                                                                                                         |
| <i>Metro</i> .....                |       | 1,196308 varas, ó 1 vara, 0 pies,<br>7 pulgadas, 0 líneas,<br>805 milésimas de línea.                                                                                    |
| <i>Vara cuadrada</i> ....         |       | 0,698737169025 metros cuadrados.                                                                                                                                         |
| <i>Metro cuadrado</i> .....       |       | 1,431153292 varas cuadradas, ó 1 va-<br>ra cuadrada, 3 pies<br>cuadrados, 126 pulga-<br>das cuadradas, 111 lí-<br>neas cuadradas, 552<br>milésimas de línea<br>cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....          |       | 0,584077893273842625 metros cúbicos.                                                                                                                                     |
| <i>Metro cúbico</i> .....         |       | 1,71210040906 varas cúbicas, ó 1 vara<br>cúbica, 19 pies cúbi-<br>cos, 391 pulgadas cú-<br>bicas, 1307 líneas cú-<br>bicas, 552 milésimas<br>de línea cúbica.            |
| <i>Libra</i> .....                |       | 0,460093 kilogramos.                                                                                                                                                     |
| <i>Kilogramo</i> .....            |       | 2,173474 libras, ó 2 libras, 2 on-<br>zas, 12 adarmes, 409<br>milésimas de adarme.                                                                                       |
| <i>Media cántara</i> .....        |       | 7,90 litros.                                                                                                                                                             |
| <i>Litro</i> .....                |       | 2,025 cuartillos, ó 2 cuarti-<br>llos, 25 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                     |
| <i>Media fanega para áridos..</i> |       | 27,42 litros.                                                                                                                                                            |
| <i>Litro de grano</i> .....       |       | 0,875 cuartillos, ó 0 cuarti-<br>llos, 875 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                    |
| <i>Fanega de tierra de 9 216</i>  |       | 64,395617 áreas.                                                                                                                                                         |
| <i>varas cuadradas</i> .....      |       | 143,115329 varas cuadradas, ó 143<br>varas cuadradas, 1 pie<br>cuadrado, 38 milési-<br>mas de pie cuadrado.                                                              |
| <i>Area</i> .....                 |       | 5,572699 kilómetros.                                                                                                                                                     |
| <i>Legua de 6 666 2/3 varas.</i>  |       | 1 196,308 varas, ó 1 196 varas, 0<br>pies, 924 milésimas de<br>pie.                                                                                                      |
| <i>Kilómetro</i> .....            |       |                                                                                                                                                                          |

## SEGOVIA

|                                                                                   |       |                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> .....                                                                 | Vale. | 0,837 metros.                                                                                                                                    |
| <i>Metro</i> .....                                                                |       | 1,194743 varas, ó 1 vara, 0 pies, 7 pulgadas. 0 líneas, 129 milésimas de línea.                                                                  |
| <i>Vara cuadrada</i> .....                                                        |       | 0,700569 metros cuadrados.                                                                                                                       |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                                                       |       | 1,427411147 varas cuadradas, ó 1 vara cuadrada, 3 pies cuadrados, 121 pulgadas cuadradas, 133 líneas cuadradas, 178 milésimas de línea cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....                                                          |       | 0,586376253 metros cúbicos.                                                                                                                      |
| <i>Metro cúbico</i> .....                                                         |       | 1,70538966216 varas cúbicas, ó 1 vara cúbica, 19 pies cúbicos, 78 pulgadas cúbicas, 1140 líneas cúbicas, 614 milésimas de línea cúbica.          |
| <i>Libra</i> .....                                                                |       | 0,460093 kilogramos.                                                                                                                             |
| <i>Kilogramo</i> .....                                                            |       | 2,173474 libras, ó 2 libras, 2 onzas, 12 adarmes, 409 milésimas de adarme.                                                                       |
| <i>Media arroba para líquidos.</i>                                                |       | 8 litros.                                                                                                                                        |
| <i>Litro</i> .....                                                                |       | 2 cuartillos.                                                                                                                                    |
| <i>Media fanega para áridos.</i>                                                  |       | 27,30 litros.                                                                                                                                    |
| <i>Litro de grano</i> .....                                                       |       | 0,879 cuartillos, ó 0 cuartillos, 879 milésimas de cuartillo.                                                                                    |
| <i>Obrada de tierra de 400 estadales cuadrados de 15 cuartas de vara de lado.</i> |       | 39,407006 áreas.                                                                                                                                 |
| <i>Area</i> .....                                                                 |       | 10,150478 estadales cuadrados, ó 10 estadales cuadrados, 2 varas cuadradas, 1 cuarta cuadrada, 857 milésimas de cuarta cuadrada.                 |
| <i>Area</i> .....                                                                 |       | 142,7411 varas cuadradas, ó 142 varas cuadradas, 6 pies cuadrados, 670 milésimas de pie cuadrado.                                                |

## SEVILLA

|                                                                                                             |       |                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> .....                                                                                           | Vale. | 0,835905 metros.                                                                                                                                                         |
| <i>Metro</i> .....                                                                                          |       | 1,196308 varas, ó 1 vara, 0 pies, 7<br>pulgadas, 0 líneas, 805<br>milésimas de línea.                                                                                    |
| <i>Vara cuadrada</i> .....                                                                                  |       | 0,698737169025 metros cuadrados.                                                                                                                                         |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                                                                                 |       | 1,431153292 varas cuadradas, ó 1 va-<br>ra cuadrada, 3 pies<br>cuadrados, 126 pulga-<br>das cuadradas, 111 lí-<br>neas cuadradas, 552<br>milésimas de línea<br>cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....                                                                                    |       | 0,584077893273842625 metros cúbicos.                                                                                                                                     |
| <i>Metro cúbico</i> .....                                                                                   |       | 1,71210040906 varas cúbicas, ó 1 vara<br>cúbica, 19 pies cúbi-<br>cos, 391 pulgadas cú-<br>bicas, 1 307 líneas cú-<br>bicas, 552 milésimas<br>de línea cúbica.           |
| <i>Libra</i> .....                                                                                          |       | 0,460093 kilogramos.                                                                                                                                                     |
| <i>Kilogramo</i> .....                                                                                      |       | 2,173474 libras, ó 2 libras, 2 on-<br>zas, 12 adarmes, 409<br>milésimas de adarme.                                                                                       |
| <i>Arroba para líquidos</i> .....                                                                           |       | 15,66 litros.                                                                                                                                                            |
| <i>Litro</i> .....                                                                                          |       | 2,043 cuartillos, ó 2 cuarti-<br>llos, 43 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                     |
| <i>Media fanega para áridos</i> .....                                                                       |       | 27,35 litros.                                                                                                                                                            |
| <i>Litro de grano</i> .....                                                                                 |       | 0,878 cuartillos, ó 0 cuarti-<br>llos, 878 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                    |
| <i>Fanega superficial de</i><br>8 507 $\frac{13}{16}$ varas caste-<br>llanas cuadradas .....                |       | 59,447248 áreas.                                                                                                                                                         |
| <i>Aranzada de 6 806 <math>\frac{1}{4}</math> va-</i><br><i>ras castellanas cuadra-</i><br><i>das</i> ..... |       | 47,557799 áreas.                                                                                                                                                         |
| <i>Area</i> .....                                                                                           |       | 143,115329 varas cuadradas, ó 143<br>varas cuadradas, 1<br>pie cuadrado, 38 mi-<br>lésimas de pie cua-<br>drado.                                                         |
| <i>Legua de 6 666 <math>\frac{2}{3}</math> varas</i> ..                                                     |       | 5,572699 kilómetros.                                                                                                                                                     |
| <i>Kilómetro</i> .....                                                                                      |       | 1 196,308 varas, ó 1196 varas, 0<br>pies, 924 milésimas de<br>pie.                                                                                                       |

## SORIA

|                                                                |       |                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> .....                                              | Vale. | 0,835905 metros.                                                                                                                                                         |
| <i>Metro</i> .....                                             |       | 1,196308 varas, ó 1 vara, 0 pies, 7<br>pulgadas, 0 líneas, 805<br>milésimas de línea.                                                                                    |
| <i>Vara cuadrada</i> .....                                     |       | 0,698737169025 metros cuadrados.                                                                                                                                         |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                                    |       | 1,431153292 varas cuadradas, ó 1 va-<br>ra cuadrada, 3 pies<br>cuadrados, 126 pulga-<br>das cuadradas, 111 lí-<br>neas cuadradas, 552<br>milésimas de línea<br>cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....                                       |       | 0,584077893273842625 metros cúbicos.                                                                                                                                     |
| <i>Metro cúbico</i> .....                                      |       | 1,71210040906 varas cúbicas, ó 1 vara<br>cúbica, 19 pies cúbi-<br>cos, 391 pulgadas cú-<br>bicas, 1307 líneas cú-<br>bicas, 552 milésimas<br>de línea cúbica.            |
| <i>Libra</i> .....                                             |       | 0,460093 kilogramos.                                                                                                                                                     |
| <i>Kilogramo</i> .....                                         |       | 2,173474 libras, ó 2 libras, 2 on-<br>zas, 12 adarmes, 409<br>milésimas de adarme.                                                                                       |
| <i>Media cántara</i> .....                                     |       | 7,90 litros.                                                                                                                                                             |
| <i>Litro</i> .....                                             |       | 2,025 cuartillos, ó 2 cuarti-<br>llos, 25 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                     |
| <i>Media fanega para áridos</i> .                              |       | 27,57 litros.                                                                                                                                                            |
| <i>Litro de grano</i> .....                                    |       | 0,871 cuartillos, ó 0 cuarti-<br>llos, 871 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                    |
| <i>Fanega superficial de</i><br><i>3 200 varas cuadradas..</i> |       | 22,359589 áreas.                                                                                                                                                         |
| <i>Area</i> .....                                              |       | 143,115329 varas cuadradas, ó 143<br>varas cuadradas, 1 pie<br>cuadrado, 38 milési-<br>mas de pie cuadrado.                                                              |



## TARRAGONA

|                                                            |                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Media cana</i> ..... Vale.                              | 0,780 metros.                                                                                                                         |
| <i>Metro</i> .....                                         | 1,28205 medias canas, ó 1 media cana, 1 palmo, 0 cuartos, 513 milésimas de cuarto.                                                    |
| <i>Media cana cuadrada</i> .....                           | 0,6084 metros cuadrados.                                                                                                              |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                                | 1,643655 medias canas cuadradas, ó 1 media cana cuadrada, 10 palmos cuadrados, 4 cuartos cuadrados, 776 milésimas de cuarto cuadrado. |
| <i>Media cana cúbica</i> .....                             | 0,474552 metros cúbicos.                                                                                                              |
| <i>Metro cúbico</i> .....                                  | 2,1072506 medias canas cúbicas, ó 2 medias canas cúbicas, 6 palmos cúbicos, 55 cuartos cúbicos, 2 985 diezmilésimas de cuarto cúbico. |
| <i>Libra</i> .....                                         | 0,400 kilogramos.                                                                                                                     |
| <i>Kilogramo</i> .....                                     | 2,5 libras, ó 2 libras, 6 onzas.                                                                                                      |
| <i>Armiña para líquidos</i> .....                          | 34,66 litros.                                                                                                                         |
| <i>Litro</i> .....                                         | 0,923 porrones, ó 0 porrones, 923 milésimas de porrón.                                                                                |
| <i>Sinquena para aceite</i> .....                          | 20,65 litros.                                                                                                                         |
| <i>Litro de aceite</i> .....                               | 0,242 cuartales, ó 0 cuartales, 242 milésimas de cuartal.                                                                             |
| <i>Media cuartera para áridos</i> .                        | 35,40 litros.                                                                                                                         |
| <i>Litro de grano</i> .....                                | 0,169 cortanes, ó 0 cortanes, 169 milésimas de cortán.                                                                                |
| <i>Cana de rey superficial de 2 500 canas cuadradas</i> .. | 60,84 áreas.                                                                                                                          |
| <i>Area</i> .....                                          | 41,09137 canas cuadradas, ó 41 canas cuadradas, 5 palmos cuadrados, 849 milésimas de palmo cuadrado.                                  |
| <i>Hora de camino de 5 333 varas castellanas</i> .....     | 4,457881 kilómetros.                                                                                                                  |
| <i>Kilómetro</i> ... ..                                    | 1 282,0513 medias canas, ó 1 282 medias canas, 0 palmos, 205 milésimas de palmo.                                                      |

# TERUEL

|                                                                              |       |                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> .....                                                            | Vale. | 0,768 metros.                                                                                                                                                          |
| <i>Metro</i> .....                                                           |       | 1,302083 varas, ó 1 vara, 0 pies, 10<br>pulgadas, 10 líneas, 500<br>milésimas de línea.                                                                                |
| <i>Vara cuadrada</i> .....                                                   |       | 0,589824 metros cuadrados.                                                                                                                                             |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                                                  |       | 1,695421007 varas cuadradas, ó 1 va-<br>ra cuadrada, 6 pies<br>cuadrados, 37 pulga-<br>das cuadradas, 38 lí-<br>neas cuadradas, 250<br>milésimas de línea<br>cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....                                                     |       | 0,452984832 metros cúbicos.                                                                                                                                            |
| <i>Metro cúbico</i> .....                                                    |       | 2,20757943613 varas cúbicas, ó 2 varas<br>cúbicas, 5 pies cúbi-<br>cos, 1 044 pulgadas cú-<br>cas, 1427 líneas cúbi-<br>cas, 625 milésimas de<br>línea cúbica.         |
| <i>Libra</i> .....                                                           |       | 0,367 kilogramos.                                                                                                                                                      |
| <i>Kilogramo</i> .....                                                       |       | 2,725 libras, ó 2 libras, 725<br>milésimas de libra.                                                                                                                   |
| <i>Cántaro</i> .....                                                         |       | 10,96 litros.                                                                                                                                                          |
| <i>Litro</i> .....                                                           |       | 0,091 cántaros, ó 0 cántaros, 91<br>milésimas de cántaro.                                                                                                              |
| <i>Media fanega para áridos.</i>                                             |       | 21,40 litros.                                                                                                                                                          |
| <i>Litro de grano</i> .....                                                  |       | 0,023 fanegas, ó 0 fanegas, 23<br>milésimas de fanega.                                                                                                                 |
| <i>Fanega de tierra de 1 600<br/>varas castellanas cuadra-<br/>das</i> ..... |       |                                                                                                                                                                        |
| <i>Area</i> .....                                                            |       | 11,179795 áreas.                                                                                                                                                       |
| <i>Legua de 6 666 2/3 varas<br/>castellanas</i> .....                        |       | 169,5421 varas cuadradas, ó 169<br>varas cuadradas, 4 pies<br>cuadrados, 879 milési-<br>mas de pie cuadrado.                                                           |
| <i>Kilómetro</i> .....                                                       |       | 5,572699 kilómetros.                                                                                                                                                   |
|                                                                              |       | 1 302,083 varas, ó 1 302 varas, 0<br>pies, 249 milésimas de<br>pie.                                                                                                    |

## TOLEDO

|                                                                                                                                  |       |                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> .....                                                                                                                | Vale. | 0,837 metros.                                                                                                                                                            |
| <i>Metro</i> .....                                                                                                               |       | 1,194743 varas, ó 1 vara, 0 pies, 7<br>pulgadas, 0 líneas,<br>129 milésimas de línea.                                                                                    |
| <i>Vara cuadrada</i> .....                                                                                                       |       | 0,700569 metros cuadrados.                                                                                                                                               |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                                                                                                      |       | 1,427411147 varas cuadradas, ó 1 va-<br>ra cuadrada, 3 pies<br>cuadrados, 121 pulga-<br>das cuadradas, 133 lí-<br>neas cuadradas, 178<br>milésimas de línea<br>cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....                                                                                                         |       | 0,586376253 metros cúbicos.                                                                                                                                              |
| <i>Metro cúbico</i> .....                                                                                                        |       | 1,70538966216 varas cúbicas, ó 1 vara<br>cúbica, 19 pies cúbicos,<br>78 pulgadas cúbicas,<br>1140 líneas cúbicas,<br>614 milésimas de línea<br>cúbica.                   |
| <i>Libra</i> .....                                                                                                               |       | 0,460093 kilogramos.                                                                                                                                                     |
| <i>Kilogramo</i> .....                                                                                                           |       | 2,173474 libras, ó 2 libras, 2 on-<br>zas, 12 adarmes, 409<br>milésimas de adarme.                                                                                       |
| <i>Media cántara</i> .....                                                                                                       |       | 8,12 litros.                                                                                                                                                             |
| <i>Litro</i> .....                                                                                                               |       | 1,970 cuartillos, ó 1 cuarti-<br>llo, 970 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                     |
| <i>Media arroba para medir<br/>aceite</i> .....                                                                                  |       | 6,25 litros.                                                                                                                                                             |
| <i>Litro</i> .....                                                                                                               |       | 2 libras.                                                                                                                                                                |
| <i>Media fanega para áridos.</i>                                                                                                 |       | 27,7505 litros.                                                                                                                                                          |
| <i>Litro de grano</i> .....                                                                                                      |       | 0,864849 cuartillos, ó 0 cuarti-<br>llos, 3 ochavillos, 459<br>milésimas de ocha-<br>villo.                                                                              |
| <i>Fanega superficial de<br/>500 estadales, ó sean<br/>6722 <math>\frac{2}{9}</math> varas castella-<br/>nas cuadradas</i> ..... |       | 46,970665 áreas.                                                                                                                                                         |
| <i>Fanega superficial de<br/>400 estadales, ó sean<br/>5377 <math>\frac{7}{9}</math> varas castella-<br/>nas cuadradas</i> ..... |       | 37,576532 áreas.                                                                                                                                                         |
| <i>Area</i> .....                                                                                                                |       | 142,7411 varas cuadradas, ó 142<br>varas cuadradas, 6 pies<br>cuadrados, 670 milé-<br>simas de pie cua-<br>drado.                                                        |
| <i>Legua de 6 666 <math>\frac{2}{3}</math> varas<br/>castellanas</i> .....                                                       |       | 5,572699 kilómetros.                                                                                                                                                     |
| <i>Kilómetro</i> .....                                                                                                           |       | 1 194,7431 varas, ó 1194 varas, 2<br>pies, 229 milésimas de<br>pie.                                                                                                      |

## VALENCIA

|                                                                                               |       |                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> .....                                                                             | Vale. | 0,906 metros.                                                                                                                                                                                     |
| <i>Metro</i> .....                                                                            |       | 1,103753 varas, ó 1 vara, 0 pal-<br>mos, 1 cuarto, 1 dedo,<br>11 líneas, 762 milési-<br>mas de línea.                                                                                             |
| <i>Vara cuadrada</i> .....                                                                    |       | 0,820836 metros cuadrados.                                                                                                                                                                        |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                                                                   |       | 1,218270154 varas cuadradas, ó 1 va-<br>ra cuadrada, 3 pal-<br>mos cuadrados, 7 cuar-<br>tos cuadrados, 7 de-<br>dos cuadrados, 128 lí-<br>neas cuadradas, 798<br>milésimas de línea<br>cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....                                                                      |       | 0,743677416 metros cúbicos.                                                                                                                                                                       |
| <i>Metro cúbico</i> .....                                                                     |       | 1,344669043977 varas cúbicas, ó 1 vara<br>cúbica, 22 palmos cú-<br>bicos, 3 cuartos cú-<br>bicos, 20 dedos cúbi-<br>cos, 1104 líneas cúbi-<br>cas, 39 milésimas de<br>línea cúbica.               |
| <i>Libra</i> .....                                                                            |       | 0,355 kilogramos.                                                                                                                                                                                 |
| <i>Kilogramo</i> .....                                                                        |       | 2,8169 libras, ó 2 libras, 9 on-<br>zas, 3 cuartas, 211 mi-<br>lésimas de cuarta.                                                                                                                 |
| <i>Cántaro de vino</i> .....                                                                  |       | 10,77 litros.                                                                                                                                                                                     |
| <i>Litro</i> .....                                                                            |       | 1,486 cuartillos, ó 1 cuarti-<br>llos, 486 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                                             |
| <i>Arroba de aceite</i> .....                                                                 |       | 11,93 litros.                                                                                                                                                                                     |
| <i>Litro de aceite</i> .....                                                                  |       | 0,335 azumbres, ó 0 azumbres,<br>335 milésimas de<br>azumbre.                                                                                                                                     |
| <i>Barchilla para áridos</i> .....                                                            |       | 16,75 litros.                                                                                                                                                                                     |
| <i>Litro de grano</i> .....                                                                   |       | 0,955 cuartillos, ó 0 cuarti-<br>llos, 955 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                                             |
| <i>Fanega superficial de</i><br><i>1012 1/2 varas valencia-</i><br><i>nas cuadradas</i> ..... |       | 8,310964 áreas.                                                                                                                                                                                   |
| <i>Braza</i> .....                                                                            |       | 4,1554 metros cuadrados.                                                                                                                                                                          |
| <i>Area</i> .....                                                                             |       | 24,065 brazas, ó 24 brazas, 65<br>milésimas de braza.                                                                                                                                             |
| <i>Legua valenciana de</i><br><i>7 222,223 varas caste-</i><br><i>llanas</i> .....            |       | 6,037092 kilómetros.                                                                                                                                                                              |
| <i>Kilómetro</i> .....                                                                        |       | 1 103,7528 varas, ó 1 103 varas, 3<br>palmos, 11 milésimas<br>de palmo.                                                                                                                           |

## VALLADOLID

|                                                                                            |       |                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> .....                                                                          | Vale. | 0,835905 metros.                                                                                                                                                         |
| <i>Metro</i> .....                                                                         |       | 1,196308 varas, ó 1 vara, 0 pies, 7<br>pulgadas, 0 líneas, 805<br>milésimas de línea.                                                                                    |
| <i>Vara cuadrada</i> .....                                                                 |       | 0,698737169025 metros cuadrados.                                                                                                                                         |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                                                                |       | 1,431153292 varas cuadradas, ó 1 va-<br>ra cuadrada, 3 pies<br>cuadrados, 126 pulga-<br>das cuadradas, 111 lí-<br>neas cuadradas, 552<br>milésimas de línea<br>cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....                                                                   |       | 0,584077893273842625 metros cúbicos.                                                                                                                                     |
| <i>Metro cúbico</i> .....                                                                  |       | 1,71210040906 varas cúbicas, ó 1 vara<br>cúbica, 19 pies cúbi-<br>cos, 391 pulgadas cú-<br>bicas, 1 307 líneas cú-<br>bicas, 552 milésimas<br>de línea cúbica.           |
| <i>Libra</i> ....                                                                          |       | 0,460093 kilogramos.                                                                                                                                                     |
| <i>Kilogramo</i> .....                                                                     |       | 2,173474 libras, ó 2 libras, 2 on-<br>zas, 12 adarmes, 409<br>milésimas de adarme.                                                                                       |
| <i>Media cántara</i> .....                                                                 |       | 7,82 litros.                                                                                                                                                             |
| <i>Litro</i> .....                                                                         |       | 2,046 cuartillos, ó 2 cuartillos,<br>46 milésimas de cuar-<br>tillo.                                                                                                     |
| <i>Media fanega para áridos</i>                                                            |       | 27,39 litros.                                                                                                                                                            |
| <i>Litro de grano</i> .....                                                                |       | 0,876 cuartillos, ó 0 cuarti-<br>llos, 876 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                    |
| <i>Obrada superficial de 600<br/>estadales, ó sean 6 666 2/3<br/>varas cuadradas</i> ..... |       | 46,582478 áreas.                                                                                                                                                         |
| <i>Area</i> .....                                                                          |       | 143,115329 varas cuadradas, ó 143<br>varas cuadradas, 1 pie<br>cuadrado, 38 milési-<br>mas de pie cuadrado.                                                              |
| <i>Legua de 6 666 2/3 varas</i> .                                                          |       | 5,572699 kilómetros.                                                                                                                                                     |
| <i>Kilómetro</i> .....                                                                     |       | 1 196,308 varas, ó 1 196 varas, 0<br>pies, 924 milésimas de<br>pie.                                                                                                      |



## VIZCAYA

|                                                                                            |       |                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> .....                                                                          | Vale. | 0,835905 metros.                                                                                                                                                         |
| <i>Metro</i> .....                                                                         |       | 1,196308 varas, ó 1 vara, 0 pies, 7<br>pulgadas, 0 líneas, 805<br>milésimas de línea.                                                                                    |
| <i>Vara cuadrada</i> .....                                                                 |       | 0,698737169025 metros cuadrados.                                                                                                                                         |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                                                                |       | 1,431153292 varas cuadradas, ó 1 va-<br>ra cuadrada, 3 pies<br>cuadrados, 126 pulga-<br>das cuadradas, 111 lí-<br>neas cuadradas, 552<br>milésimas de línea<br>cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....                                                                   |       | 0,584077893273842625 metros cúbicos.                                                                                                                                     |
| <i>Metro cúbico</i> .....                                                                  |       | 1,71210040906 varas cúbicas, ó 1 vara<br>cúbica, 19 pies cúbi-<br>cos, 391 pulgadas cúbi-<br>cas, 1307 líneas cúbi-<br>cas, 552 milésimas de<br>línea cúbica.            |
| <i>Libra</i> .....                                                                         |       | 0,488 kilogramos.                                                                                                                                                        |
| <i>Kilogramo</i> .....                                                                     |       | 2,049190 libras, ó 2 libras, 18<br>adarmes, 377 milési-<br>mas de adarme.                                                                                                |
| <i>Media azumbre</i> .....                                                                 |       | 1,11 litros.                                                                                                                                                             |
| <i>Litro</i> .....                                                                         |       | 1,802 cuartillos, ó 1 cuartillo,<br>802 milésimas de cuar-<br>tillo.                                                                                                     |
| <i>Media arroba para aceite.</i>                                                           |       | 6,74 litros.                                                                                                                                                             |
| <i>Litro de aceite</i> .....                                                               |       | 1,854599 libras, ó 1 libra, 3 cuar-<br>terones, 0 ochavas,<br>837 milésimas de<br>ochava.                                                                                |
| <i>Media fanega para áridos.</i>                                                           |       | 28,46 litros.                                                                                                                                                            |
| <i>Litro de grano</i> .....                                                                |       | 0,211 celemines, ó 0 celemi-<br>nes, 211 milésimas de<br>celemin.                                                                                                        |
| <i>Peonada superficial de 544</i><br><i><sup>4</sup>/<sub>9</sub> varas cuadradas</i> .... |       | 3,804236 áreas.                                                                                                                                                          |
| <i>Area</i> .....                                                                          |       | 143,115329 varas cuadradas, ó 143<br>varas cuadradas, 1 pie<br>cuadrado, 38 milési-<br>mas de pie cuadrado.                                                              |
| <i>Legua de 6 666 <sup>2</sup>/<sub>3</sub> varas.</i>                                     |       | 5,572699 kilómetros.                                                                                                                                                     |
| <i>Kilómetro</i> ..                                                                        |       | 1 196,308 varas, ó 1196 varas, 0<br>pies, 924 milésimas de<br>pie.                                                                                                       |

## ZAMORA

|                                                               |                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vara</i> ..... Vale.                                       | 0,835905 metros.                                                                                                                                                         |
| <i>Metro</i> .....                                            | 1,196308 varas, ó 1 vara, 0 pies, 7<br>pulgadas, 0 líneas, 805<br>milésimas de línea.                                                                                    |
| <i>Vara cuadrada</i> .....                                    | 0,698737169025 metros cuadrados.                                                                                                                                         |
| <i>Metro cuadrado</i> .....                                   | 1,431153292 varas cuadradas, ó 1 va-<br>ra cuadrada, 3 pies<br>cuadrados, 126 pulga-<br>das cuadradas, 111 lí-<br>neas cuadradas, 552<br>milésimas de línea<br>cuadrada. |
| <i>Vara cúbica</i> .....                                      | 0,584077893273842625 metros cúbicos.                                                                                                                                     |
| <i>Metro cúbico</i> .....                                     | 1,71210040906 varas cúbicas, ó 1 vara<br>cúbica, 19 pies cúbi-<br>cos, 391 pulgadas cúbi-<br>cas, 1307 líneas cúbi-<br>cas, 552 milésimas de<br>línea cúbica.            |
| <i>Libra</i> .....                                            | 0,460093 kilogramos.                                                                                                                                                     |
| <i>Kilogramo</i> .....                                        | 2,173474 libras, ó 2 libras, 2 on-<br>zas, 12 adarmes, 409<br>milésimas de adarme.                                                                                       |
| <i>Medio cántaro</i> .....                                    | 7,98 litros.                                                                                                                                                             |
| <i>Litro</i> .....                                            | 2,005 cuartillos, ó 2 cuarti-<br>llos, 5 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                      |
| <i>Media fanega para áridos</i> .                             | 27,64 litros.                                                                                                                                                            |
| <i>Litro de grano</i> .....                                   | 0,868 cuartillos, ó 0 cuarti-<br>llos, 868 milésimas de<br>cuartillo.                                                                                                    |
| <i>Fanega superficial de</i><br><i>4800 varas cuadradas..</i> | 33,539384 áreas.                                                                                                                                                         |
| <i>Area</i> .....                                             | 143,115329 varas cuadradas, ó 143<br>varas cuadradas, 1 pie<br>cuadrado, 38 milési-<br>mas de pie cuadrado.                                                              |

## ZARAGOZA

*Vara*..... Vale.  
*Metro*.....

*Vara cuadrada*.....  
*Metro cuadrado*.....

*Vara cúbica*.....  
*Metro cúbico*.....

*Libra*.....  
*Kilogramo*.....

*Cántaro de vino*.....  
*Litro*.....

*Arroba para medir aceite*.  
*Litro de aceite*.....  
*Arroba para medir aguar-*  
*diente*.....  
*Litro de aguardiente*.....

*Fanega para áridos*.....  
*Litro de grano*.....  
*Cuartal superficial de 400*  
*varas aragonesas cuadra-*  
*das*.....  
*Area*.....

*Legua de 6 666  $\frac{2}{3}$  varas*  
*castellanas*.....  
*Kilómetro*.....

0,772 metros.  
 1,29584 varas, ó 1 vara, 1 pal-  
 mo, 2 dedos, 176 mi-  
 lésimas de dedo.

0,595984 metros cuadrados.  
 1,6778974 varas cuadradas, ó 1 va-  
 ra cuadrada, 10 pal-  
 mos cuadrados, 121  
 dedos cuadrados, 876  
 milésimas de dedo  
 cuadrado.

0,460099648 metros cúbicos.  
 2,178442219 varas cúbicas, ó 2 va-  
 ras cúbicas, 11 pal-  
 mos cúbicos, 173 de-  
 dos cúbicos, 322 milé-  
 simas de dedo cúbico.

0,350 kilogramos.  
 2,857143 libras, ó 2 libras, 10 on-  
 zas, 1 cuarto, 0 adar-  
 mes, 571 milésimas de  
 adarme.

9,91 litros.  
 1,615 cuartillos, ó 1 cuartillo,  
 615 milésimas de cuar-  
 tillo.

13,93 litros.  
 2,584 libras, ó 2 libras, 584  
 milésimas de libra.

13,33 litros.  
 2,701 libras, ó 2 libras, 701  
 milésimas de libra.

22,42 litros.  
 0,535 almudes, ó 0 almudes,  
 535 milésimas de al-  
 mud.

2,383936 áreas.  
 1,6778974 almudes, ó 1 almud, 67  
 varas cuadradas, 12  
 palmos cuadrados,  
 636 milésimas de pal-  
 mo cuadrado.

5,572699 kilómetros.  
 1 295,3368 varas, ó 1 295 varas, 1  
 palmo, 347 milésimas  
 de palmo.

# ABREVIATURAS OFICIALMENTE ADOPTADAS EN ESPAÑA

POR REAL ORDEN DE 16 DE DICIEMBRE DE 1880,

DE CONFORMIDAD CON LOS ACUERDOS DE LA

COMISIÓN INTERNACIONAL DE PESAS Y MEDIDAS.

| A.<br>MEDIDAS<br>DE<br>LONGITUD.                    | B.<br>MEDIDAS<br>DE<br>SUPERFICIE.          | C.<br>MEDIDAS<br>DE<br>VOLUMEN.         | D.<br>MEDIDAS<br>DE<br>CAPACIDAD. | E.<br>PESAS.               |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| <i>Miriámetro</i> ..... $\mu\text{m}$               | <i>Miriámetro</i> cuadrado. $\mu\text{m}^2$ | <i>Metro</i> cúbico..... $\text{m}^3$   | <i>Hectolitro</i> . hl            | <i>Tonclada</i> ..... t    |
| <i>Kilómetro</i> ..... km                           | <i>Kilómetro</i> cuadrado.. $\text{km}^2$   | <i>Estérco</i> ..... s                  | <i>Decalitro</i> . dal            | <i>Quintal métrico</i> . q |
| <i>Metro</i> ..... m                                | <i>Hectárea</i> ..... ha                    | <i>Decímetro</i> cúbico. $\text{dm}^3$  | <i>Litro</i> ..... l              | <i>Kilogramo</i> ..... kg  |
| <i>Decímetro</i> ..... dm                           | <i>Área</i> ..... a                         | <i>Centímetro</i> cúbico. $\text{cm}^3$ | <i>Decilitro</i> .. dl            | <i>Gramo</i> ..... g       |
| <i>Centímetro</i> ..... cm                          | <i>Metro</i> cuadrado. ... $\text{m}^2$     | <i>Milímetro</i> cúbico.. $\text{mm}^3$ | <i>Centilitro</i> . cl            | <i>Decigramo</i> ..... dg  |
| <i>Milímetro</i> ..... mm                           | <i>Decímetro</i> cuadrado.. $\text{dm}^2$   |                                         |                                   | <i>Centigramo</i> ..... cg |
| <i>Micrón</i> , ó sea, milésima de milímetro. $\mu$ | <i>Centímetro</i> cuadrado. $\text{cm}^2$   |                                         |                                   | <i>Miligramo</i> ..... mg  |
|                                                     | <i>Milímetro</i> cuadrado.. $\text{mm}^2$   |                                         |                                   |                            |

Con las abreviaturas termina el laboriosísimo trabajo del Instituto Geográfico y Estadístico, obra de mérito superior, porque en ella se incluyen todas las equivalencias del sistema métrico con las medidas usadas en las provincias españolas; si bien faltan las de algunas localidades y las de algunas profesiones.

Por ejemplo: en la Ribera de la Bahía de Cádiz se vende la sal por LASTRES, cada uno de los cuales tiene 4 cahíces de á 12 *fanegas* cada uno, con peso tan variable, que la *fanega* cuenta de 104 á 106 libras, estimadas groseramente en 48 kilogramos.

También faltan los PESOS MEDICINALES, que son como sigue:

|                                                     | Signos. |
|-----------------------------------------------------|---------|
| La libra 12 onzas.....                              | ℔       |
| La onza 8 dracmas.....                              | ʒ       |
| La dracma 3 escrúpulos.....                         | ʒ       |
| El escrúpulo 2 óbolos.....                          | ð       |
| El óbolo 3 silícuas.....                            | ð ß     |
| La silícula 4 granos.....                           | gr. IV  |
| El grano (peso de uno de cebada de tamaño regular). | gr.     |
| Veinte granos.....                                  | gr. XX  |
| Medio grano.....                                    | gr. ß   |
| Media onza.....                                     | ½ ℔     |

FÓRMULA ANTIGUA.—POCIÓN CONTRAESTIMULANTE.

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| Rpe. De agua dest.....      | ʒiŷ |
| Perclor. de hierro líq..... | ð ß |
| Jar. de canela.....         | ʒi  |

M.<sup>e</sup>



SECCIÓN III

---

SISTEMA C. G. S.

DE LAS UNIDADES ABSOLUTAS



# LECCIÓN I <sup>(1)</sup>

---

## Módulos fundamentales y derivados.

Al caos de las medidas históricas ha sucedido la luz. En Francia, lo mismo que en España y en todos los demás países donde ya no impera la arbitrariedad de los módulos inconexos, existe hoy un SISTEMA DE UNIDADES COORDINADAS ENTRE SÍ, no precisamente distinto del sistema métrico decretado por la Cámara francesa en 1793; pero sí dispuesto con orientación diferente. El siglo pasado se partió de una magnitud ilusoriamente deducida de una medida meridiana; y hoy, abandonada la ilusión, se parte de una medida arbitraria enteramente.

Imprescindible es, por consiguiente, dar á conocer la nueva orientación, con tanto más motivo cuanto que todo lo que es susceptible de evaluaciones se mide actualmente del mismo modo en los pueblos que forman la Asociación Internacional de pesas y medidas, utilizando al efecto

Unidades FUNDAMENTALES, y  
Unidades DERIVADAS,

conexionadas con las fundamentales por relaciones tan sen-

---

⌈(1) Esta Sección III está tomada de muchos tratados referentes á las unidades absolutas; pero con especialidad de las obras siguientes:

*Traité élémentaire de Physique*, par A. Ganot. Vingtième édition.

*Formulaire pratique de l'Electricien*, par Hospitalier. Première année 1883.

*Formulaire de l'Electricien*, par Hospitalier. Quatorzième année 1896.

*Unidades físicas*, por Muñoz del Castillo, catedrático de la Universidad Central.

cillas, que de las unas se pasa á las otras con la mayor facilidad.

Tres son los módulos fundamentales del sistema ahora generalmente admitido:

Una unidad de LONGITUD: el *metro*

Una unidad de FUERZA (*peso*): el *kilogramo*

Una unidad de TIEMPO: el *segundo sexagesimal*.

*Todos los demás módulos son derivados de los tres anteriores.*

Por consiguiente, las unidades derivadas no son independientes, pues están conexionadas con las fundamentales por vínculos sistemáticos previamente establecidos.

Las tres unidades fundamentales son arbitrarias; pero las derivadas no.

En efecto:

El metro es la LONGITUD á 0° C. de una *regla prototipo* archivada en la Oficina internacional de pesas y medidas de París; regla cuyo largo es próximamente igual á la diezmillonésima parte del cuarto de un meridiano terrestre, y de la cual se obtienen reproducciones de extraordinaria exactitud, con destino á los gobiernos de los países que contribuyen al sostenimiento de la Comisión Internacional de Pesas y Medidas. Por este concepto de *aproximación* se llama al actual sistema, SISTEMA MÉTRICO TERRESTRE.

El módulo destinado á medir las FUERZAS está representado por un *kilogramo prototipo* de platino fundido que se conserva en París en la misma Oficina Internacional. Esta protounidad es lo más igual que cabe al kilogramo teórico, y de él se hacen por la Comisión Internacional reproducciones en platino iridiado para los gobiernos de los países que tienen adoptado el actual sistema métrico terrestre.

El SEGUNDO es  $\frac{1}{86400}$  de la duración del día solar medio; duración que se divide en 24 horas, cada hora en 60 minutos y cada minuto en 60 segundos. Este día medio tiene, pues,

$$24 \times 60 \times 60 = 86400 \text{ segundos.}$$

Como se ve, los tres módulos fundamentales pudieron haber sido otros. En vez del metro prototipo existente en París,

pudo haberse elegido la toesa del Perú;... en vez del segundo del día solar medio, el minuto del día sidereo, etc., etc.; pero el sistema métrico no habría sido llamado RACIONAL (como se le denomina) si los demás módulos derivados no hubiesen tenido conexión ninguna con las tres fundamentales

Metro,  
Kilogramo y  
Segundo.

Recordemos, en resumen, y definamos, como ahora se hace, dada la nueva orientación del sistema métrico terrestre, las unidades derivadas.

Como ya se vió en las Lecciones VII y VIII de la Sección I, la *unidad de SUPERFICIE* es el *metro cuadrado*, y la ecuación de sus dimensiones es ésta: (1)

$$\text{Unidad de SUPERFICIE} = \text{metro} \times \text{metro} = \text{metro}^2$$

La unidad de VOLUMEN es el *metro cúbico*; y la ecuación de sus dimensiones es la siguiente:

$$\text{Unidad de VOLUMEN} = \text{metro} \times \text{metro} \times \text{metro} = \text{metro}^3$$

La unidad de VELOCIDAD es la de un móvil que recorre uniformemente un metro en un segundo. Sus dimensiones son:

$$\text{Unidad de VELOCIDAD} = \frac{\text{Metro}}{\text{Segundo}}$$

La unidad de ACELERACIÓN es la aceleración de un móvil que marchando con movimiento uniformemente acelerado (ó retardado) ofrece una variación de velocidad por segundo igual á la unidad de velocidad ó, sea de un metro por segundo. Sus dimensiones son:

$$\text{Unidad de ACELERACIÓN} = \frac{\text{Unid. de veloc.}}{\text{Segundo}} = \frac{\left(\frac{\text{Metro}}{\text{Segundo}}\right)}{\text{Segundo}} = \frac{\text{Metro}}{\text{Segundo}^2}$$

La aceleración se representa, en general, por la letra griega  $\gamma$  (*gamma*), y la debida á la atracción terrestre por la letra latina *g*. Y, siendo el valor práctico de *g* en Madrid 9<sup>m</sup>,80, puede decirse que la aceleración en Madrid vale 9 unidades y 80 centésimos, de la aceleración teórica.

(1) Véase en la Lección VI lo que ha de entenderse por *dimensiones*.



La unidad de MASA es, teóricamente, la masa de un cuerpo que, sometido á la unidad de fuerza, adquiere la unidad de aceleración; y, por tanto, la ecuación de sus dimensiones es como sigue:

$$\text{Unidad de MASA} = \frac{\text{Kilogramo}}{\text{Unid. de acel.}} = \frac{\text{Kilogr.}}{\frac{\text{Metro}}{\text{Segundo}^2}} = \frac{\text{Kilogr.} \times \text{Segundo}^2}{\text{Metro}}$$

La unidad de TRABAJO es el KILOGRÁMETRO. El kilográmetro representa el trabajo realizado para elevar un kilogramo á la altura de un metro. Sus dimensiones son:

$$\text{KILOGRÁMETRO} = \text{kilogramo} \times \text{metro.}$$

La unidad de ENERGÍA ó *fuerza viva* es el *kilográmetro*. El kilográmetro representa la fuerza viva correspondiente á la unidad de masa moviéndose con la unidad de velocidad. Sus dimensiones son:

$$\text{ENERGÍA-KILOGRÁMETRO} = \frac{\text{Kilog.} \times \text{Seg.}^2}{\text{Metro}} \times \left( \frac{\text{Metro}}{\text{Seg.}} \right)^2 = \text{kilogr.} \times \text{metro.}$$

La unidad de POTENCIA *mecánica* es el kilográmetro por segundo, y sus dimensiones son éstas:

$$\text{Unidad de POTENCIA } \textit{mecánica} = \frac{\text{Kilogramo} \times \text{Metro}}{\text{Segundo}}$$

El *caballo-vapor* es un módulo industrial de potencia mecánica, que vale 75 kilográmetros por segundo.

Llábase *racional* á todo sistema métrico cuyas unidades derivadas están ligadas á las fundamentales de un modo coherente.

## LECCIÓN II

---

### **Ventajas generales de un sistema de medidas racional. Origen del sistema C. G. S.**

#### § I

Basta comparar los módulos métricos con las medidas históricas para comprender desde luego toda la superioridad de las medidas *racionales* sobre las medidas arbitrarias. En el sistema métrico, el metro con sus múltiplos y submúltiplos decimales (decámetro, hectómetro, etc.; decímetro, centímetro, etc.), permite evaluar toda clase de longitudes, desde las distancias microscópicas de las células hasta las enormes distancias planetarias.

Como los demás módulos geométricos son unidades derivadas, sus valores y sus nombres mismos se deducen del metro, ya por definiciones geométricas (*metro cuadrado, metro cúbico*), ya por definiciones especiales conexionadas sencillamente con el metro (gramo). Y, como estas derivadas admiten los mismos múltiplos y submúltiplos decimales que el módulo fundamental, bastan ampliamente para todas las medidas de la extensión de dos dimensiones (*superficies*), así como para la extensión de tres dimensiones (*volúmenes, capacidades, sólidos*)...

Los pesos y las fuerzas también resultan del metro...

¿Qué extraño, pues, que la nomenclatura del sistema métrico haya reemplazado la terminología prolija, confusa, incoherente é ilógica de las antiguas medidas (*toesa, pie, pul-*

*gada, línea, arroba, libra, onza, grano, vara, braza, milla, acre, cuartillo, azumbre, etc., etc.?)*

No es esta sola la ventaja de los sistemas de medidas *racionales*, cuyo tipo se nos ofrece en el sistema métrico.

Con efecto, la reducción de los módulos á fracciones y la reducción inversa son operaciones bastante complicadas y enojosas cuando se trata de medidas arbitrarias, pues necesitan cálculos análogos á los de las actuales conversiones de los grados en minutos y segundos de arco. Por el contrario, nada más sencillo cuando se trata de los módulos métricos, por estar todas las medidas expresadas en números enteros ó en expresiones decimales, sometidos directamente á las operaciones primarias de la aritmética elemental.

## § II

### NECESIDAD DE UN SISTEMA DE MEDIDAS ABSOLUTAS: SISTEMA DE GAUSS Y SISTEMA C. G. S.

No habiendo sido desde sus principios universalmente aceptado por todas las naciones civilizadas el sistema métrico decimal, los sabios extranjeros emplearon en sus trabajos módulos de medir diferentes de los métricos y (lo que es peor aún) unidades caprichosas desligadas entre sí.

Unas veces utilizaron, como en Francia, el metro para la extensión, el gramo para las fuerzas, y el segundo para el tiempo. Otras veces el milímetro, el miligramo y el segundo. Otras el centímetro, el gramo y el segundo. Aquí se empleó el pie, el grano y el segundo. Allí el centímetro, el gramo y el minuto... En ocasiones hasta se mezclaron estas diferentes unidades, y, así, hubo quien refiriera la superficie de un objeto á metros cuadrados y su grueso á milímetros.

De tanta multitud de medidas resultaba que las mismas fórmulas se escribían en los diversos países con coeficientes diferentes, de donde resultaba que experimentos idénticos se expresaran por números muy distintos. Y, para no citar más que un ejemplo, el mismo valor *g* de la gravedad aparecía representado en Francia por el número 9,<sup>m</sup>8088, mientras se representaba en Inglaterra por el número 32,2 pies ingleses por segundo. De consiguiente, las lecturas de las memorias científicas, ya de suyo tan difícil por estar escritas en lenguas

extranjeras, se complicaba deplorablemente con referencias á módulos diferentes y con la ineludible necesidad de reducir los resultados numéricos á un módulo común.

Tanta y tanta discrepancia no podía continuar.

GAUSS, el famoso director del Observatorio de Gotinga (cuya precocidad resulta más notable que la de PASCAL, pues ya niño de tres años resolvía problemas numéricos, y trazaba sobre el polvo de los muebles figuras geométricas); GAUSS, tenido hasta 1855, año de su muerte, por el mayor matemático de Europa; GAUSS, que desde 1830 se ocupaba en estudiar los fenómenos del magnetismo terrestre, fué el primero que propuso establecer un sistema de medidas *racionales* que, á falta de lengua universal *científica*, constituyese un sistema universal de medidas, y suprimiera todos los inconvenientes de los sistemas arbitrarios, ya individuales, ya nacionales.

El sistema de GAUSS reconocía como base tres *unidades fundamentales* é independientes:

- 1.º Una *unidad de tiempo*, el segundo;
- 2.º Una *unidad de extensión*, el milímetro;
- 3.º Y una *unidad de masa*, la masa del miligramo, esto es, la masa de un cuerpo que pesase en el vacío un miligramo.

Todas las otras magnitudes de la mecánica y de la física habían de ser evaluadas por medio de unidades derivadas, sistemáticamente deducidas de las fundamentales precedentes.

El conjunto de estas unidades racionales, á pesar de ser arbitrarias las tres fundamentales, recibió de GAUSS el nombre de *Sistema de unidades absolutas*, porque las evaluaciones hechas por medio de tales módulos, no dependerían ya de las medidas arbitrarias propias de cada observador ó usadas en cada país.

GAUSS, al proponer su sistema, no deseaba otra cosa que el desarrollo y la generalización de las observaciones magnéticas en todos los pueblos civilizados.

Pero la Asociación Británica para el fomento y difusión de las ciencias, acogió muy pronto la idea del matemático alemán, para extenderla á la mensura de todas las constantes de la física, y en particular á *las constantes de la electricidad*.

La Asociación propuso, desde 1852, otro sistema de unidades absolutas no muy diferente del de GAUSS; y el nuevo sistema fué adoptado desde 1865 por la Sociedad Real de Londres.

Y, discutido y precisado en 1881 por el Congreso internacional de electricistas de París; y, constantemente después de un modo definitivo, fué consagrado con el nombre de sistema de las unidades absolutas ó sistema C. G. S., por los congresos internacionales sucesivos: de mecánica aplicada en 1889; de electricistas, en París año de 1889; de electricistas, en Francfort el año de 1881; por la Comisión de notaciones del Congreso de electricistas en Chicago el año 1893, y siempre por la Oficina Internacional de pesas y medidas.

C. G. S. es la abreviatura de centímetro-gramo-segundo, nombres de las tres unidades fundamentales adoptadas en el sistema de las unidades absolutas elaborado por la Asociación Británica.

Y ¿cómo no había de adoptarse un sistema que venía á poner fin á enormes discrepancias?

Los adelantos de la electricidad conseguidos por los trabajos independientes de gran número de sabios, les habían hecho buscar módulos de medir individuales; de modo que cada uno de los diferentes físicos colocados á la cabeza del movimiento científico en el ramo electricista, tenía su prototipo individual, al que refería las determinaciones de la resistencia de las corrientes eléctricas. He aquí la enumeración de algunos hasta el año de 1883.

La Asociación Británica desde 1864 había construido patrones cuyo valor era muy próximo á lo que ahora se llama Ohm del sistema C. G. S.

Existían también dos unidades inglesas que se basaban sobre el pie inglés y el segundo.

La unidad JACOBI representaba la resistencia eléctrica de un alambre de cobre de 25 pies de largo y peso de 345 gramos.

La unidad denominada entonces absoluta de WEBER, se basaba sobre el metro y el segundo.

La unidad SIEMENS, representada por la resistencia de una columna de mercurio de un metro de longitud y de un milímetro cuadrado de sección á la temperatura de 0° C.

Las tres unidades construídas por DIGNEY, BREGUET y la Administración Suiza, que representaban la resistencia de un



alambre de hierro de un kilómetro de longitud y de cuatro milímetros de diámetro á una temperatura nunca definida.

La unidad MATTHIESSEN, que era la resistencia de un alambre de cobre, puro, recocido, de  $\frac{1}{16}$  de pulgada de diámetro, del largo de una milla *Standard* á la temperatura de  $15\frac{1}{2}$  grados C.

La unidad VARLEY, alambre de cobre especial de una milla *Standard* de longitud y 1,16 de pulgada de diámetro.

La unidad alemana de 8 238 yardas de alambre de hierro de  $\frac{1}{6}$  de pulgada de diámetro.

Y el kilómetro de alambre telegráfico francés.

## LECCIÓN III

---

### Vicio de origen.

#### § I

Pero las discrepancias de tanto y tanto módulo de medir no eran (ni son) el motivo esencial que hacía á los filósofos de las ciencias físicas buscar sistemas absolutos, como, por ejemplo, el C. G. S. No. Lo esencial era el deseo de remediar un vicio de origen en el sistema métrico terrestre, y poner fin á una indeterminación originaria.

Todo sistema métrico *racional* ha de contar con módulos que puedan reproducir constantemente un patrón típico con cuanta exactitud y precisión quepa en las artes técnicas; lo cual puede siempre conseguirse con el metro normal archivado en París, por más que ese tipo métrico no sea (como un tiempo se creyó) la diezmillonésima parte del cuadrante de ningún meridiano. Por lo demás, tan arbitraria sería la elección para módulo fundamental de longitud la de esa diezmillonésima del cuadrante meridiano, como lo es la del metro normal de los archivos. Lo esencial es contar en todo tiempo con una longitud invariable. Y esto precisamente se consigue en todo caso con el metro de París, y no podría lograrse jamás con la medida de los meridianos terrestres, porque los meridianos no son iguales entre sí, ni los cálculos mismos para su determinación darían nunca resultados idénticos, por mucho que fuera el esmero de las operaciones geodésicas. El centro de gravedad de nuestro globo cambia cons-

tantemente por la erosión de las montañas, efecto de las lluvias, los acarreos de los ríos, las corrientes marítimas, la fusión de los hielos polares, la desigual contracción de la costra terrestre por el enfriamiento incesante de nuestro planeta, causa de los hundimientos productores de los terremotos... Además, mientras la tierra forme parte de nuestro actual sistema cósmico, no cesará en acrecer su magnitud por los centenares de miles de cuerpos extraterrestres que anualmente se incorporan y que forman la materia y la masa de las estrellas fugaces, los bólidos y uranolitos. Este incremento de materia es tan considerable, que se calcula en un doce mil avos de la actual masa terrestre la cantidad de materia cósmica recibida en nuestro planeta durante los últimos 100 millones de años. (Véase luego CONSTANTES NATURALES.)

La tierra, considerada como firme, es la imagen de la inestabilidad, y, por tanto, aparece ocioso buscar en sus dimensiones un patrón invariable para el metro. Ni aun sabemos en absoluto cuál es la longitud del radio de la tierra: sólo nos consta que, mientras mejor se la mide y con más exactas triangulaciones se hace el cómputo, más y más aumenta la longitud del radio, y mayor también resulta el achatamiento de los polos. Al empezar el siglo XIX el radio de una esfera igual en volumen al esferoide terrestre se computaba como = 6 369 284 metros, y al finalizar la centuria se estima como = 6 370 000. (Véase CONSTANTES NATURALES.)

Bien está, pues, que el metro sea una longitud invariable de fácil reproducción en multitud de copias exactísimas.

Por tanto, el vicio de origen á que antes se aludió, no reside en el módulo de longitud.

## § II

Ni tampoco lo está, ni lo estará durante muchos, muchos siglos en el módulo de tiempo.

Sin embargo, no ha de considerarse el segundo al abrigo de toda objeción.

La tierra es un mal cronómetro, pues hubo una época en que su velocidad de rotación era mayor que en la actualidad.

El 19 de Marzo del año 721 antes de Jesucristo fué visible en Babilonia un eclipse de luna que comenzó una hora

después de su salida, dato que no puede conciliarse con las modernas teorías sino suponiendo que la tierra ha perdido más de una tresmillonésima de su velocidad rotatoria. Por consiguiente, nuestro planeta gira ahora más despacio que entonces 22" de tiempo por siglo. Computando varios eclipses observados por los astrónomos caldeos, se llega á la misma conclusión, que debe su origen á varias causas conocidas: la nutación de la luna, la precesión de los equinoccios, y, sobre todo, á la influencia retardatriz de las mareas, que amordazan como un freno el giro de nuestro planeta bajo la potente presión de sus dos entumescencias fluxiales.

Teóricamente, pues, está sometida á cambios la unidad de tiempo; pero la inmensa duración de siglos necesaria para la realización de esas variaciones, la índole de los fenómenos astronómicos, la exactitud de sus observaciones y la precisión alcanzada en la construcción de péndulos y cronómetros, dan al segundo todos los caracteres de la invariabilidad práctica. (Véase CONSTANTES NATURALES.)

### § III

Pero ¿puede aspirarse á esa invariabilidad tratándose del peso del kilogramo normal existente en París? ¿Puede fundarse en él un módulo invariable de FUERZA?

No, resueltamente.

Y ¿por qué?

Porque el valor de  $g$  es por esencia variable con la latitud geográfica. A los 45° es = 9<sup>m</sup>,81; en París = 9<sup>m</sup>,8096; en Madrid = 9<sup>m</sup>,80; en el Ecuador = 9<sup>m</sup>,78; en el Polo = 9<sup>m</sup>,83.

Hoy por hoy, en sacando de París el prototipo, desaparece de hecho la unidad de fuerza.

El cambio de esta unidad por la de peso (exteriorización de la misma en forma de presión) no suprime su indeterminación originaria; pues es evidente que el patrón y sus reproducciones ejercerán distinta presión sobre sus sostenes, según el valor de  $g$ , en los diversos lugares de la tierra.

La *unidad de masa*, la de *trabajo* y *energía*, la de *potencia mecánica* y la llamada *caballo-vapor*, resultan comprometidas por el hecho de que la pesa kilogramo-tipo representa en cada paraje una magnitud diferente de fuerza, en términos

tales que, á rigor, hallándose desprovistas de la condición esencial de la *invariabilidad*, USURPAN, mejor que llevan el título de unidades científicas.

Debe observarse, finalmente, que ni aun en París se puede considerar asegurada la existencia de la unidad de fuerza; pues estando comprobado que el planeta Tierra experimenta de continuo trastornos, externamente en su forma, é interiormente en la distribución de sus materiales, es lo probable que el valor de  $g$  cambie en un mismo paraje con el transcurso del tiempo. (Véase al fin CONSTANTES NATURALES.)



## LECCIÓN IV

---

### **Ventajas del sistema C. G. S.—Sustitución del peso por la masa.**

Pero, si en el sistema C. G. S. se conservan módulos fundamentales de longitud y de tiempo del sistema métrico terrestre (el centímetro y el segundo), ¿en qué consisten las ventajas del sistema C. G. S.?

En que la unidad de PESO es sustituida en él por la unidad de MASA.

La ventaja de la unidad de MASA consiste en que, dado un cuerpo y varias fuerzas constantes que actúen sobre él, resultan las aceleraciones siempre proporcionales á las fuerzas, y la MASA en todo caso es una *constante*:

$$\text{MASA} = \frac{\text{fuerza}}{\text{aceleración}}, \quad m = \frac{f}{\gamma},$$

número abstracto sin significación definida alguna.

El kilogramo-prototipo representará, pues, la misma masa cayendo en París ó en Madrid, en el Ecuador ó en los Polos, en la Tierra, ó en la Luna ó en el Sol;... y disfrutará por este hecho una apreciable y excepcional universalidad como unidad de masa: *la invariabilidad*.

Por tanto, la unidad de fuerza es, en los sistemas absolutos,

$$f = m \times \gamma,$$

igual al producto de la masa por la aceleración.

Conviene recordar:

1.º La unidad de velocidad uniforme es la velocidad de un móvil que constantemente recorre la unidad de longitud en la unidad de tiempo:

$$\text{unidad de vel. unif.} = \frac{1 \text{ metro}}{1 \text{ segundo}}$$

2.º La unidad de ACELERACIÓN es la de un móvil que, marchando con movimiento uniformemente acelerado, sigue luego por segundo con la unidad del movimiento uniforme:

$$\begin{aligned} \text{unidad de ACELERACIÓN} &= \frac{\text{unid. de movim. uniforme}}{\text{segundo}} \\ &= \frac{\left( \frac{\text{metro}}{\text{segundo}} \right)}{\text{segundo}} \\ &= \frac{\text{metro}}{\text{segundo}^2} \end{aligned}$$

3.º La unidad de MASA es la masa de un cuerpo que, sometido á la unidad de fuerza, adquiere la unidad de aceleración. Siendo el kilogramo la unidad de fuerza, tendremos:

$$\begin{aligned} \text{unidad de MASA} &= \frac{\text{kilogramo}}{\text{unidad de aceleración}} \\ &= \frac{\text{kilogramo}}{\frac{\text{metro}}{\text{segundo}^2}} \\ &= \frac{\text{kilogramo} \times \text{segundo}^2}{\text{metro}} \\ &= \frac{1 \text{ kilogramo}}{1 \text{ metro}} \end{aligned}$$

Pero esta unidad no es práctica, porque en la tierra sólo es asequible computar bien la fuerza  $g$  de la gravedad.

Por tanto, en Madrid se tomará como unidad práctica de fuerza la del peso de 9,80 kilogramos, y tendremos:

$$\begin{aligned} \text{unidad práctica de fuerza} &= 9,80 \times \frac{1 \text{ kilogramo}}{1 \text{ metro}} \\ &= \frac{9,80 \text{ kilogramos}}{9,80 \text{ metros}} \end{aligned}$$

Y, ya constituida en unidad de MASA la masa de un cuerpo que en Madrid pese 9,80 kilogramos, para medir la de otro

cualquiera, bastará dividir el peso del mismo en kilogramos por el número 9,80. Así la masa del kilogramo será

$$\frac{1}{9,8} = 0,102 \text{ (1)}$$

Conviene insistir en que la masa de un cuerpo no es, como generalmente se entiende, la cantidad de materia del cuerpo, sino tan sólo un *número abstracto*, un cociente resultante de dividir una fuerza por una aceleración.

Únicamente en la hipótesis de la unidad de la materia, y aceptando que el patrón del kilogramo, construido con cualquier materia (agua, platino, oro, etc.) representa la misma cantidad de la sustancia única, es cuando la mensura de las masas adquiere sentido como medición de cantidades de materia.

La característica, pues, del sistema C. G. S., es la sustitución del PESO por la MASA.

Además de esta sustitución, la elección de las tres unidades fundamentales de un sistema absoluto debe obedecer á consideraciones y conveniencias no sólo intrínsecas, sino también del sistema coordinado á que hayan de dar lugar. Así es que, habiéndose empleado sistemas absolutos cuyas bases han sido el milímetro, la masa del miligramo y el segundo,—el centímetro, la masa del gramo y el segundo,—el centímetro, la masa del gramo y el minuto,—el metro, la masa de la tonelada, y el segundo,—el metro, la masa del gramo y el segundo,... resultó que sólo con la adopción del centímetro y la masa del gramo resulta que la densidad del agua es igual á la unidad (en conformidad con el uso establecido).

En la práctica no se tienen en cuenta de ordinario las diferencias de valor de *g*, por lo cual el sistema terrestre lleva consigo toda la suma de facilidades que le han hecho arraigar en el uso común, y le dan hoy la consistencia de cosa establecida. Los pesos en el aire pasan por medidas de fuerzas; el cálculo del trabajo en los movimientos de objetos por máquinas ó por caídas de agua, etc., se reduce á multiplicar kilogramos por alturas; y, como nada de esto trae consigo erro-

---

(1) Si, como es sabido, las masas y las fuerzas varían en razón directa, la aceleración permanece invariable.

res de consideración y es sumamente cómodo y sencillo, el sistema métrico terrestre impera en la práctica sin contradicción ninguna.

Los sistemas absolutos tienen por norma la exactitud: en ellos no existe tolerancia de errores grandes ni pequeños: hay la ventaja de que las masas están representadas por los mismos números que expresan los pesos; y, aunque, por efecto de ser derivada la unidad de fuerza, debe para computarse un trabajo multiplicarse el espacio por la aceleración y por la masa, con lo cual surge la dificultad de los valores de  $g$ , siempre cabe el recurso de sustituirlo numéricamente por la fuerza viva, producto de la masa y el cuadrado de la velocidad.

En suma, en el actual estado de la cuestión, los esfuerzos internacionales en pro del sistema métrico, de un lado, y de otro los de los electricistas á favor del sistema absoluto C. G. S., parece que llevan las cosas á que el sistema terrestre (que no se preocupa de errores porque prescinde de los consiguientes á la variabilidad de  $g$ ) sea el vulgar ó de las aplicaciones generales; y el absoluto aceptado C. G. S. (que tampoco se preocupa de errores, porque con él no se dan) imponga sus ventajas en la esfera científica.

## LECCIÓN V

---

### **Exposición del sistema C. G. S.**

Se denomina sistema C. G. S. la organización del conjunto de las unidades llamadas *absolutas*. Se las subdivide en cuatro categorías:

Unidades fundamentales,  
Unidades derivadas,  
Unidades secundarias y  
Unidades prácticas.

En este sistema cada magnitud tiene

Un nombre,  
Un símbolo,  
Una ecuación de definición,  
Una ecuación de dimensiones.

Y para ellas hay

Una nomenclatura y  
Una notación especial.

Todo en conformidad con los acuerdos de la Oficina Internacional de Pesos y Medidas establecida en París, del Congreso de los electricistas de París el año de 1881, del Congreso de mecánica aplicada de 1889, del Congreso de los electricistas de París en 1889, del Congreso de los electricistas de Francfort en 1891 y de la Comisión de notaciones del Congreso de los electricistas en Chicago el año de 1893.



## NOMBRES.

Los nombres son

Centímetro,  
Gramo-masa y  
Segundo.

## SÍMBOLOS.

Y los símbolos respectivos son

L para el centímetro,  
M para el gramo-masa y  
T para el segundo.

## FÓRMULA DE DEFINICIÓN.

Es la ecuación que con más generalidad y sin referencia á las unidades particulares de un sistema métrico expresa una ley física.

Por ejemplo: toda velocidad varía proporcionalmente al espacio recorrido é inversamente á la unidad de tiempo empleado en recorrerlo.

Por consecuencia, la ecuación de definición será:

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{Longitud}}{\text{Tiempo}}$$

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{Lambda}}{\text{Theta}} = \frac{\lambda}{\theta}$$

## FÓRMULA DE DIMENSIÓN.

Pero, si en una ecuación de definición se sustituyen los signos generales que la expresan por los símbolos especiales de las unidades del sistema C. G. S., entonces se dice que la ecuación de definición se ha convertido en la correspondiente ecuación de dimensiones.

$$\text{Velocidad} = \frac{L}{T}$$

Siendo L el símbolo C. G. S. de longitud, ó sea el centímetro lineal, y  
T el símbolo C. G. S. de tiempo, ó sea el segundo.

La Geometría considera tres categorías en las magnitudes:

Magnitudes de una dimensión (líneas);  
Magnitudes de dos dimensiones (superficies), y  
Magnitudes de tres dimensiones (sólidos).

El área de una superficie se expresa en función del producto de sus dos dimensiones y el volumen de un sólido en función del producto de sus tres dimensiones. Así el área de un rectángulo es

$$\begin{aligned} \text{Superficie} &= \text{base} \times \text{altura} \\ S &= a b; \end{aligned}$$

siendo  $a$  y  $b$  los lados del rectángulo; y el área de un cuadrado

$$\begin{aligned} S &= a^2 \\ \text{Superficie} &= \text{lado} \times \text{lado} \end{aligned}$$

Y de la misma manera el volumen de un paralelepipedo recto es

$$\begin{aligned} \text{Volumen} &= \text{superficie-base} \times \text{altura} \\ &= (a \times b) \times \text{altura } c \\ V &= a b c; \end{aligned}$$

el de un prisma recto de base cuadrada es

$$\begin{aligned} \text{Volumen} &= \text{cuadrado} \times \text{altura} \\ V &= a^2 c; \end{aligned}$$

y el de un cubo

$$\begin{aligned} \text{Volumen} &= a \times a \times a \\ V &= a^3 \end{aligned}$$

Si para definir, elegimos las más sencillas de estas ecuaciones, bien la unidad de superficie, bien la unidad de volumen, se tendrá en las *ecuaciones de definición* lo que sigue:

$$\begin{aligned} \text{Unidad de superficie} &= (\text{unidad de longitud})^2 \\ \text{Unidad de volumen} &= (\text{unidad de longitud})^3 \end{aligned}$$

La unidad de superficie *varía*, pues, *proporcionalmente al cuadrado* de la unidad de longitud; y

La unidad de volumen *proporcionalmente al cubo* de la misma unidad de longitud.

Así, generalizando estas ideas de la Geometría á las unidades C. G. S., se dice de toda unidad derivada variable proporcionalmente á la segunda potencia de una unidad fundamental, que tiene *dos dimensiones* (ó bien que su dimensión es 2) con relación á la unidad fundamental; y, en general, que toda unidad derivada que es del grado  $n$  con relación á

la unidad fundamental tiene  $n$  dimensiones (ó bien que su dimensión es  $n$ ).

En la fórmula de la velocidad uniforme

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{Camino recorrido}}{\text{Tiempo invertido}} ; \text{ ó bien } V = \frac{L}{T}$$

que también se escribe en virtud de la notación que luego se mencionará

$$V = L T^{-1}$$

se dice que la velocidad es de la dimensión 1 con relación á la unidad de longitud, y de la dimensión menos 1 ( $-1$ ) con relación á la unidad de tiempo.

Cada unidad derivada se deduce de las precedentes definidas, bajo la forma de una ecuación simple que constituye la expresión algebraica de su definición. Y la ecuación de las dimensiones correspondiente se obtiene reemplazando por sus dimensiones cada una de las cantidades que figuran en la ecuación de definición.

#### NOMENCLATURA.

La unidad práctica adoptada para la medida de una magnitud física se define como un múltiplo ó un submúltiplo decimal de la unidad C. G. S. correspondiente.

Los múltiplos y submúltiplos se escriben en forma de prefijos; y su nomenclatura es como sigue:

|                 |   |                          |          |              |
|-----------------|---|--------------------------|----------|--------------|
| Múltiplos.....  | { | Méga ó még, désigna... . | 1000000  | de unidades  |
|                 |   | Miria.....               | 10000    | —            |
|                 |   | Kilo.....                | 1000     | —            |
|                 |   | Hecto.....               | 100      | —            |
|                 |   | Deca.....                | 10       | —            |
| Submúltiplos... | { | Deci, désigna.....       | 0.1      | de la unidad |
|                 |   | Centi.....               | 0,01     | —            |
|                 |   | Mili.....                | 0,001    | —            |
|                 |   | Micro ó micr.....        | 0,000001 | —            |

#### NOTACIONES.

Las notaciones se ajustan á los siguientes convenios (1):

Únicamente la coma sirve para separar la parte entera de la decimal;

(1) Véase el Apéndice de las págs. 94 y 95 de la ARITMÉTICA GENERAL, tomo III.

Las cifras de los guarismos se distribuyen en grupos de á tres, separados por un estrecho espacio blanco.

El punto es exclusivamente el signo escrito de multiplicar, colocado no á medio renglón, sino en la parte baja de la línea.

Según estos acuerdos, pues, debe escribirse:

3,17 y no 3.17 ni 3·17

$$0,126\ 717\ 185 \text{ y } \begin{cases} \text{no } 0.126717185 \\ \text{ni } 0.126717185 \\ \text{ni } .126717185 \end{cases}$$

En virtud de otros acuerdos se emplea también una notación especialísima llamada *exponencial*. En vez de emplear los múltiplos ó los submúltiplos, se expresan los números considerándolos como productos de dos factores, uno de los cuales es siempre el 10 elevado á una potencia. Si se trata de una fracción, el exponente es negativo.

Así, por ejemplo, si un número entero es cuatrocientos cincuenta y nueve millones, se escribirá

|        |                                 |
|--------|---------------------------------|
|        | 459 000 000                     |
| ó bien | 459.10 <sup>6</sup>             |
| ó bien | 45,9.10 <sup>7</sup>            |
| ó bien | 4,59.10 <sup>8</sup> etc., etc. |

Y, si el número no fuera entero, sino fraccionario, como por ejemplo

|               |                                   |
|---------------|-----------------------------------|
|               | $\frac{1}{459000000}$             |
| se escribiría | 0,000 000 459                     |
| ó bien        | 459.10 <sup>-9</sup>              |
| ó bien        | 0,459.10 <sup>-6</sup> etc., etc. |

El exponente indica cuántos lugares hay que correr la coma hacia la derecha cuando los exponentes son positivos, ó hacia la izquierda cuando los exponentes son negativos, con el objeto, tanto en un caso como en otro, de obtener el número entero correspondiente, ó la equivalente fracción decimal en la notación común.

## LECCIÓN VI

---

### Discusión de las fórmulas del sistema C. G. S.

Las unidades fundamentales del sistema C. G. S. son tres:

unidad de longitud: el *centímetro*  
unidad de masa: el *gramo-masa*  
unidad de tiempo: el segundo (1).

---

(1) La elección de las unidades fundamentales es asunto de conveniencia más bien que de necesidad, pues tres unidades independientes bastan (*en teoría*) para fundar todo un sistema coherente de unidades absolutas. Por ejemplo (según Everett) se hubiera podido tomar al efecto,

una *masa* definida,  
una *cantidad de energía* definida,  
una *densidad* definida.

Lo que decidió la elección del centímetro como unidad de longitud C. G. S. fué que la densidad del agua pura (esto es, la masa del centímetro cúbico) es igual á la *unidad* C. G. S.; mientras que en el sistema métrico terrestre, cuya unidad de volumen es el decímetro cúbico, esta densidad habría resultado igual á 1000.

La precisión de decir gramo-masa es una objeción seria contra la elección de la palabra *gramo* para designar el módulo C. G. S. de masa en un sistema de medidas *internacional*, por tener ya la voz *gramo* un sentido especial en Francia y en todos los pueblos que han adoptado el sistema métrico terrestre.

El nombre *gramo-masa* es bárbaro y la palabra *gramo-peso* es un pleonismo.

El *gramo-masa* se define teóricamente como la milésima parte de la masa de un *kilogramo teórico*, ó sea el peso de un decímetro cúbico de agua pura á 4° C., pesado en el vacío en París. Pero el lingote de platino fundido para realizar el *kilogramo teórico* y archivado con el nombre de *kilogramo-prototipo* tiene una masa algo inferior á la masa teórica.

Según investigaciones muy delicadas, un centímetro cúbico de agua pura á 4° C. tiene por masa 1,0000013 unidades C. G. S. Así, pues, la masa de un centímetro cúbico de agua pura sólo resulta igual á la unidad C. G. S. á la temperatura de 2° 85 ó á la de 5° 15.

El gramo-masa es, por tanto, la *milésima parte* de la masa del kilogramo prototipo.



El CENTÍMETRO es la centésima parte del metro prototipo que se conserva en París medido á 0° C.

Se le representa por el símbolo *L*.

El GRAMO-MASA, es la masa de la milésima parte de la masa del kilogramo-patrón que se conserva en París.

Se representa esta unidad por la letra *M*.

El *segundo de tiempo* es ( $\frac{1}{86400}$ ) la ochenta y seis mil cuatrocientos avas parte de la duración del día solar medio.

Se le representa por el símbolo *T*.

Con las primeras letras de estas tres unidades fundamentales se ha formado el símbolo C. G. S., característico del sistema.

Y de ese símbolo C. G. S. ha salido el calificativo

#### **Cegesimal.**

UNIDAD DE SUPERFICIE C. G. S.: el *centímetro cuadrado*.

Se define, como en el sistema métrico terrestre, diciendo que es *el cuadrado de un centímetro de lado*. Es, pues, el cuadrado que tiene por lado la unidad de longitud C. G. S.

Sus dimensiones son:

$$L \times L = L^2$$

La unidad de superficie es de la dimensión 2 con respecto á la longitud.

En la práctica se emplean en el sistema C. G. S. otras unidades múltiples y submúltiplas de la anterior: el metro cuadrado, el decímetro cuadrado y el milímetro cuadrado.

UNIDAD DE VOLUMEN C. G. S.: es el *centímetro cúbico*.

Se la define diciendo que es el cubo de un centímetro de lado. Es, pues, el cubo que tiene por lado la unidad de longitud C. G. S.

Sus dimensiones son:

$$L \times L \times L = L^3$$

La unidad de volumen es de la dimensión 3 con respecto á la longitud C. G. S.

En la práctica se emplean además otras unidades que son múltiplos y submúltiplos de la anterior, tales como el metro cúbico, el decímetro cúbico y el milímetro cúbico.

#### UNIDAD DE VELOCIDAD C. G. S.

Es la *velocidad de un móvil animado de un movimiento uniforme, que recorre un centímetro en un segundo*; esto es, la unidad de longitud en la unidad de tiempo.

Sus dimensiones son:

$$\frac{L}{T} = L T^{-1}$$

Las dimensiones son: 1 con respecto á la longitud, y — 1 con respecto al tiempo.

Se usan en la práctica además otras unidades de velocidad, tales como metros por segundo, metros por minuto, kilómetros por hora, etc., cuyas relaciones con la *cegesimal* son bien fáciles de calcular.

#### UNIDAD DE ACELERACIÓN C. G. S.

Es el *aumento constante de la velocidad de un móvil cuya rapidez aumenta un centímetro por segundo*; esto es, la unidad de velocidad C. G. S. por la unidad C. G. S. de tiempo.

Así la aceleración de la gravedad en París representada por el número 9,8096 en unidades métricas terrestres, es en unidades C. G. S. de aceleración = 980,96 y en Madrid = 980; (y, con toda exactitud, = 980,0156 ± 0,000016).

Sus dimensiones son:

$$\frac{\text{Unidad de velocidad}}{T} = \frac{\frac{L}{T}}{T} = \frac{L}{T^2} = L T^{-2}$$

Dimensiones: 1 para la longitud, y — 2 para el tiempo.

#### UNIDAD DE FUERZA C. G. S.; DINA

La *dina* es la FUERZA (constante en tamaño y dirección) que obrando sobre la unidad de masa C. G. S. le imprime la unidad de aceleración C. G. S.

O bien, es la fuerza que actuando sobre la milésima parte del kilogramo prototipo de platino fundido que se conserva en París, produce un movimiento cuya aceleración constante es la unidad de aceleración C. G. S.

Sus dimensiones son:

$$M \times \frac{L}{T^2} = \frac{ML}{T^2} = ML T^{-2}$$

Dimensiones: 1 para la longitud; 1 para la masa y — 2 para el tiempo.

Esta unidad de fuerza C. G. S. ha recibido el nombre particular de DINA (δύναμις, *potencia, fuerza*).

En París el *gramo-peso* (esto es, el peso de un gramo métrico terrestre imprime á la unidad de masa C. G. S., esto es, á su propia masa) una aceleración igual á 980,96; en virtud del principio de la proporcionalidad de las fuerzas á las aceleraciones; y, por tanto, se tiene:

$$\frac{1 \text{ (gramo-peso)}}{1 \text{ (dina)}} = \frac{980,96}{1} = 980,96$$

El gramo-peso vale, pues, 980,96 dinas.

Por consiguiente, la *dina* vale, en unidades métricas  $\frac{1}{980,96}$  del *gramo-peso*; esto es, cerca de un *miligramo-peso*. La unidad *dina* de fuerza C. G. S. resulta, pues, una fuerza muy pequeña. El valor del *gramo-peso* (en *dinas*) varía con la latitud geográfica, mientras que la *dina* tiene un valor constante. Así el gramo-peso vale 980,<sup>dinas</sup> 61 á la latitud de 45°, y 978,<sup>d</sup> 10 en el Ecuador.

Como las aceleraciones son proporcionales á las fuerzas, y el centímetro cúbico de agua pura á 4° C. adquiere en París, sometido á la fuerza llamada *gramo-fuerza* ó *gramo-peso*, una aceleración de 980,96 centímetros, resulta que la relación aproximada entre ambas unidades es la de 981 á 1.

El kilogramo, pues, vale en Madrid 980015,6 DINAS.

El miligramo puede considerarse en cualquier paraje de la tierra como prácticamente igual á la *dina*; pues la relación entre ambas unidades viene á ser constante: en Madrid  $\frac{1000}{980}$  = 1,02; en París  $\frac{1000}{980,96}$  = 1,02; en el Ecuador  $\frac{1000}{978}$  = 1,02, y en el Polo  $\frac{1000}{983}$  = 1,02.

## UNIDAD DE TRABAJO C. G. S.; ERG.

El *erg* es el TRABAJO efectuado por una dina que mueve su punto de aplicación un centímetro en su propia dirección.

Se le ha dado el nombre particular de *erg* (de ἔργον, trabajo).

El *erg* es la fuerza viva representada por el gramo-masa moviéndose con la unidad de velocidad.

$$\frac{ML}{T^2} \times L = \frac{ML^2}{T^2} = M L^2 T^{-2}$$

ó bien

$$M \times \left[ \frac{L}{T} \right]^2 = \frac{ML^2}{T^2} = M L^2 T^{-2}$$

Dimensiones: 2 para la longitud; 1 para la masa; — 2 para el tiempo.

El *erg* es también una unidad muy pequeña con relación al kilogrametro. En efecto, la fuerza de un kilogramo-peso vale 1 000 gramos-peso; esto es, 980 960 dinas y un metro longitudinal vale cien centímetros lineales: de manera que el producto de estos dos números (que representa el trabajo de un kilogrametro) es igual á 980 960  $\times$  100 *ergs*. Un *erg* vale, pues,

$$\frac{1 \text{ kilm.}}{980\,960\,000},$$

esto es, cerca de un cienmillonésimo de kilogrametro. Puede también hacerse concebir la pequeñez del *erg* observando que es el trabajo, efectuado por una fuerza próximamente igual á un miligramo que traslada su masa á la distancia de un centímetro.

OBSERVACIÓN. La unidad de trabajo es al mismo tiempo la *unidad de energía*, ya se considere la energía en estado potencial, ya se la considere en el estado cinético (principio de la equivalencia del trabajo y de la energía).

## UNIDAD DE POTENCIA

Es la relación del trabajo al tiempo correspondiente al *erg* por segundo.

$$\frac{ML^2}{T^3} = M L^2 T^{-3}$$

Dimensiones: 2 para la longitud, — 3 para el tiempo; y 1 para la masa.

El caballo-vapor (= 75 kilográmetros por segundo) vale

$$\begin{aligned} \text{En Madrid } 98001560 \times 75 &= 7350117000 \text{ ergs,} \\ \text{Y en París } 98096000 \times 75 &= 7357200000 \text{ ergs.} \end{aligned}$$

Esta voz potencia caracteriza actualmente una fuente de trabajo ó de energía por su producto en venta y tiene gran importancia desde el punto de vista del precio del trabajo efectuado: y, por tanto, más bien determina un coeficiente industrial que un valor rigurosamente científico.

La unidad de potencia C. G. S. es la *potencia de un motor que produce un erg por segundo*.

Esta unidad, lo mismo que el *erg*, es de una pequeñez extrema comparada con las unidades métricas: el kilográmetro y el caballo-vapor.

Para darse uno cuenta de ello, basta calcular el valor del caballo-vapor en unidades C. G. S. de potencia.

El kilográmetro en París vale 98096000 *ergs*; por consiguiente, un caballo-vapor vale

$$75 \times 98096000 \text{ ergs,}$$

lo que hace

$$7\,357\,200\,000 \text{ ergs.}$$

Por tanto, un motor que produce 75 kilográmetros por segundo, produce 7 357 200 000 *ergs* por segundo, ó sea una potencia de 7 357 200 000 unidades C. G. S. de potencia.

Inversamente: la unidad de potencia C. G. S. es igual á

$$\frac{1}{7\,357\,200\,000} \text{ de caballo-vapor,}$$

esto es, próximamente = á una siete milmillonésima parte del caballo-vapor (1).

---

(1) Evaluada con esta unidad, la potencia de una mosca valdría muchas unidades de potencia C. G. S.



## LECCIÓN VII

---

### **Inconveniente práctico de los sistemas de unidades absolutas: unidades secundarias.**

La comparación de las unidades C. G. S. con las unidades comunes del sistema métrico terrestre, patentiza un grave inconveniente: el de conducir en la práctica á números muy grandes ó sumamente pequeños, tan incómodos de escribir como de enunciar.

El sistema métrico usual no está exento de tales dificultades. El metro es de aplicación muy cómoda para medir las longitudes comunes. Pero el metro no conviene ya ni para las magnitudes astronómicas ni para las magnitudes microscópicas.

Así la distancia media entre los centros de gravedad de la tierra y de la luna es igual próximamente á 60 radios terrestres medios (exactamente á 60,2734 radios ecuatoriales) y el diámetro medio de las moléculas ha sido evaluado aproximadamente en 0<sup>mícron</sup>,005.

Medidos en metros estos tamaños, estarían representados el uno por el número 382 254 000 y el otro por el diminuto decimal 0,000 000 005.

Pero este inconveniente no se había ocultado á los fundadores del sistema métrico; y, para eludirlo, crearon los múltiplos y los submúltiplos del módulo fundamental, los primeros con prefijos de origen griego, y los segundos con prefijos de origen latino.

Los fundadores del sistema C. G. S., para eludir los mis-

mos inconvenientes que ofrecen los guarismos muy grandes ó muy pequeños, tomaron del sistema métrico el uso de unidades secundarias, así como la regla de su formación, si bien agregando á los prefijos métricos otros dos prefijos nuevos:

*Mega* (de μέγας, grande) que vale un millón, y

*Micron* (de μικρός, pequeño) que vale una millonésima.

Así un megámetro designa una unidad secundaria de longitud cuyo valor es de un millón de metros; y el micrómetro designa una unidad secundaria cuyo valor es el de una millonésima de metro (1).

Análogamente: la *dina* y el *erg*, por ser unidades derivadas sumamente pequeñas para usadas en la práctica, son sustituidas ventajosamente por unidades secundarias: la *kilodina* y la *megadina* que valen próximamente un gramo y un kilogramo, y también el *megaerg* que vale próximamente el centésimo de kilográmetro.

Naturalmente se aplica esto á la unidad de masa que es el *gramo-masa*; pero no se aplica á la unidad de longitud, ó sea el centímetro, porque las unidades secundarias (el *deca-centímetro*, el *hecto-centímetro*, etc.) tenían ya los nombres especiales y en uso de *decímetro*, *metro*, etc. Ni tampoco se aplica á la unidad C. G. S. de tiempo, el *segundo*; porque los múltiplos usuales (minuto, hora, día, mes, año) son de empleo tan general y tan cómodo, que hubiera sido infructuoso tratar de suprimirlos.

---

(1) Por tener ya un sentido especial la palabra micrómetro, los micrógrafos que tienen que usar el nombre de la nueva unidad secundaria, le dan el nombre de *micron* sencillamente.

## LECCIÓN VIII

---

### Conversión de las medidas de un sistema en las de otro

Dada una magnitud en unidades racionales cualesquiera, métricas ó no, convertirla en unidades C. G. S.

El problema consiste en pasar del primer valor numérico al segundo; y ocurrirá con suma frecuencia mientras el sistema de las unidades C. G. S. no éntre en los hábitos científicos de todos los países.

La definición de los valores numéricos es la base de la solución.

$$1] \quad n = \frac{A}{a}$$

$A$  representa el valor numérico de una magnitud evaluada por medio de una unidad  $a$ ; y se tendrá evidentemente un nuevo valor numérico  $n'$ , si  $A$  se evalúa por medio de otra unidad  $a'$ , lo que dará la fórmula

$$2] \quad n' = \frac{A}{a'}$$

Dividiendo las ecuaciones 1 y 2 tendremos:

$$\frac{n}{n'} = \frac{\frac{A}{a}}{\frac{A}{a'}} = \frac{a'}{a}$$

De donde resulta

$$n = n' \frac{a'}{a}$$

Lo que quiere decir que el valor numérico  $n$  es igual al producto del valor  $n'$  por la razón inversa de las dos unidades sucesivamente empleadas,  $a$  y  $a'$ .

El problema queda, pues, reducido á encontrar en cada caso la razón

$$\frac{a'}{a},$$

esto es, la relación de la unidad vulgar empleada en la primera mensura con la unidad C. G. S. correspondiente.

#### EJEMPLO DE UNA CONVERSIÓN DE UNIDADES.

Sea por ejemplo una velocidad  $v'$  expresada por medio de una unidad de velocidad  $V'$  en un sistema de unidades racionales cuyos módulos fundamentales son una longitud  $L'$  y una unidad de tiempo  $T'$  diferentes de las unidades fundamentales C. G. S.: se pide que esta velocidad resulte en unidades C. G. S.

Sea  $v$  el valor numérico C. G. S. Se tiene, según lo acabado de exponer,

$$v = v' \times \frac{V'}{V}$$

Se conoce  $v'$ : hay que encontrar la relación

$$\frac{V'}{V}.$$

Ahora bien: según la ecuación de las dimensiones de la unidad de velocidad, se tiene

$$V = L T$$

y también

$$V' = \frac{L'}{T'}$$

Dividiendo ordenadamente miembro á miembro, se obtiene

$$\frac{V'}{V} = \frac{\frac{L'}{T'}}{L T} = \frac{L'}{L} \times \frac{T}{T'}$$

de donde resulta

$$v = v' \frac{L'}{L} \cdot \frac{T}{T'}$$

## EJEMPLO NUMÉRICO

Supongamos que  $v'$  sea la velocidad de un tren de ferrocarril que camina uniformemente á 60 kilómetros por hora; y que haya que evaluar su velocidad en unidades C. G. S.

Según la fórmula anterior, tendremos

$$v = 60 \times \frac{L'}{L} \times \frac{T}{T'}$$

ahora bien

$$\frac{L'}{L} \text{ es } \frac{60 \text{ kilom.}}{1 \text{ cm}} = \frac{60\,000\,00 \text{ cm}}{1 \text{ cm}} = 60\,000\,00$$

y

$$\frac{T}{T'} \text{ es } \frac{1 \text{ s}}{1 \text{ h}} = \frac{1 \text{ s}}{3\,600 \text{ s}} = \frac{1}{3\,600}$$

Y, substituyendo estos valores numéricos, resultará

$$v = 60 \times 6\,000\,000 \times \frac{1}{3\,600} = 100\,000$$

OBSERVACIÓN. El problema recíproco se resolvería de análoga manera. Se convertiría un valor numérico obtenido en un sistema de unidades absolutas, en el valor numérico correspondiente en otro sistema cualquiera de unidades absolutas (*suponiendo que los dos sistemas no difieran entre sí más que por la magnitud de las unidades fundamentales*).



## LECCIÓN IX

---

### **Unidades prácticas.**

Las dificultades que ofrecen los guarismos demasiado grandes ó demasiado pequeños, así como otras consideraciones relativas á la claridad y á la conveniencia, han dado origen á las llamadas UNIDADES PRÁCTICAS, que son las únicas verdaderamente en uso, cuando se trata de medir las magnitudes magneto-eléctricas.

Estas unidades prácticas son múltiplos ó submúltiplos de las unidades magneto-eléctricas teóricas C. G. S. calculadas por los procedimientos propios del sistema, según conoce ya el lector.

---

#### Una dificultad.

Bien habrá visto el alumno que la explicación de los sistemas métricos tropieza con un no ligero inconveniente: el de haber de dar á conocer, siquiera de un modo muy somero, la naturaleza de las magnitudes que hayan de ser objeto de las mediciones. Así, cuando se trató de medir planos y sólidos, fué preciso exponer algunas consideraciones sobre las propiedades geométricas de las áreas y de los volúmenes; así también, cuando hubo que medir magnitudes físicas, hubieron de explicarse conceptos referentes al movimiento, á las fuerzas y hasta indicar sumarisimamente algunas nociones sobre la gravitación universal. Y así igualmente ahora hay que indicar algo referente á la electricidad, no mucho, sin duda alguna, ya que en el programa de una obra como la presente,

destinada á los sistemas métricos, no quepa ni epitomizar siquiera los tratados más elementales de los grandiosos descubrimientos hechos por la ciencia moderna en magnetismo y electricidad.

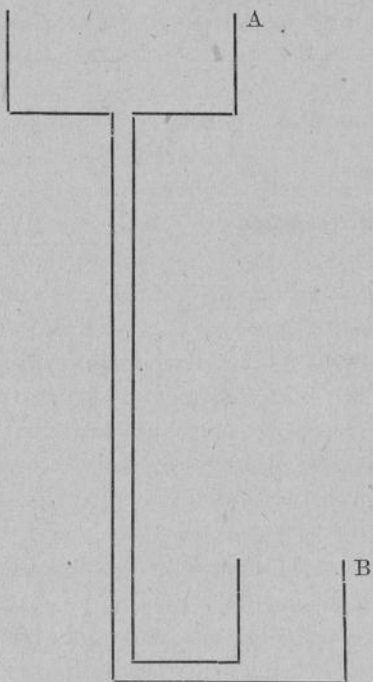


Figura 18.

Supongamos dos recipientes A y B, uno más alto que otro;

Supongámoslos unidos por una cañería cualquiera;

Supongamos el recipiente de arriba lleno constantemente de agua, y es claro que

El agua de A descenderá por la cañería hasta B, en virtud de la diferencia de fuerza en los niveles, llamada diferencia de potencial;

La corriente será tanto más intensa cuanto mayor sea el desnivel del agua entre A y B;

La corriente experimentará más resistencia cuanto sea

*menor* el diámetro de la cañería  
*mayor* su longitud y  
*menor* la lisura de sus paredes;

La cantidad de agua que pase de A á B dependerá á la vez de la diferencia de los niveles alto y bajo, y de la resistencia del tubo conductor del agua;

La capacidad de los recipientes es función de sus tamaños;

La fuerza motriz del agua puede producir trabajo;

Este trabajo, comparado con el tiempo, representará una cierta potencia del aparato;

Si la cañería tiene agujeros que no pasen de ciertos límites, la corriente que baje de A á B influirá sobre el exterior, absorbiendo grandes cantidades de aire (como pasa en las forjas catalanas).

No se sabe qué cosa sea la electricidad; pero los efectos

electromagnéticos tienen analogía con los del tránsito de un líquido desde un recipiente alto á un recipiente bajo.

Todo aparato que produce electricidad se llama generador, y es equiparable al recipiente A del esquema anterior.

Se llama conductor el alambre que, como la cañería del esquema, lleva el flujo eléctrico de un punto á otro.

Se denomina corriente eléctrica al movimiento del flujo eléctrico desde el generador al término de su carrera.

Mientras mayor es la diferencia de potencial, esto es, mientras mayor es la diferencia entre la fuerza eléctrica del generador y la de las resistencias que experimenta en su tránsito, mayor es la fuerza electro-motriz.

Todos los conductores retardan el paso de la corriente eléctrica; unos mucho, otros apenas dificultan el tránsito.

A éstos se los llama buenos conductores y á aquéllos malos conductores, comparables á las cañerías no lisas y llenas de escabrosidades.

La cantidad de electricidad que pase por un conductor será muy grande si lo es la fuerza electromotriz y muy chica la resistencia del conductor. Así también es muy grande la cantidad de agua que pasa por una cañería si es muy grande el desnivel de los depósitos y son muy lisas las paredes del tubo que los une.

Los elementos eléctricos acabados de mencionar se miden con unidades C. G. S. todas derivadas, y que tienen nombres especiales, que son abreviaturas de los apellidos de electricistas insignes.

Hé aquí los nombres de las respectivas unidades:

|                                       |          |
|---------------------------------------|----------|
| De la fuerza electromotriz.....       | VOLT.    |
| De la resistencia del conductor.....  | OHM.     |
| De la intensidad de la corriente..... | AMPERE   |
| De la cantidad de electricidad.....   | COULOMB. |
| De la capacidad eléctrica.....        | FARAD.   |
| Del trabajo.....                      | JOULE.   |
| De la potencia.....                   | WATT.    |
| De la inducción.....                  | HENRY.   |

Amplíemos estas sumarísimas indicaciones.

En la sesión de 25 de Agosto de 1893, la Cámara de los Delegados del Congreso internacional de los electricistas de Chicago formuló las resoluciones siguientes:

## UNIDAD DE RESISTENCIA.

El *ohm* internacional basado sobre el *ohm* igual á mil millones de unidades del sistema electromagnético C. G. S., es la resistencia que á una corriente eléctrica constante presenta una columna de mercurio á la temperatura del hielo fundente de 14,4521 gramos-masa, de una sección transversal constante y de una longitud de 106,3 centímetros.

## UNIDAD DE CORRIENTE.

El *ampère* internacional es igual á un décimo de unidad electromagnética C. G. S., y está bastante bien representado para las necesidades de la práctica por la corriente constante que, atravesando una solución de azotato de plata en agua, deposite la plata á razón de 0,001118 millonésimas de gramo por segundo.

## UNIDAD DE FUERZA ELECTROMOTRIZ.

El *volt* internacional es la fuerza electromotriz que aplicada de una manera constante á un conductor cuya resistencia es de un *ohm* internacional, produce una corriente igual á un *ampère* internacional, y está bien representado con una exactitud suficiente para las necesidades de la práctica por  $\frac{1000}{1434}$  de la fuerza electromotriz de la pila llamada *pila de Clark* á la temperatura de 15 grados centígrados.

## UNIDAD DE CANTIDAD ELÉCTRICA.

El *coulomb* internacional es la cantidad de electricidad transportada por una corriente de un *ampère* internacional durante un segundo.

## UNIDAD DE CAPACIDAD.

El *farad* internacional es la capacidad de un conductor cargado de un potencial de un *volt* internacional con un *coulomb* internacional



## UNIDAD DE TRABAJO.

El *joule* igual á diez millones de unidades C. G. S. de trabajo, representado con una exactitud suficiente, para las necesidades de la práctica por la energía gastada en un segundo por un *ohm* internacional en una corriente de un *ampère* internacional.

## UNIDAD DE POTENCIA.

El *watt* internacional es igual á diez millones de unidades C. G. S. de potencia, y está representado con exactitud suficiente para las necesidades de la práctica, como la potencia de un *joule* por segundo.

## UNIDAD DE INDUCCIÓN.

El *henry* es la inducción de un circuito cuando la fuerza electromotriz inducida en este circuito es igual á un *volt* internacional y la corriente inducida varía á razón de un *ampère* por segundo.

## ADVERTENCIAS.

A) El *ohm*, fué generalmente adoptado la primera vez por el Congreso internacional de los electricistas de 1881.

La ley física conocida con el nombre de *ohm* es como sigue:

$$\text{Intensidad} = \frac{\text{Fuerza electromotriz}}{\text{Resistencia}}$$

cuyo símbolo es

$$I = \frac{E}{R}$$

Esta ley establece entre las tres unidades prácticas de intensidad, de fuerza electromotriz y de resistencia la relación siguiente:

$$\begin{aligned} 1 \text{ ampere} &= \frac{1 \text{ volt}}{1 \text{ ohm}} \\ \text{Intensidad} &= \frac{\text{Fuerza electromotriz}}{\text{Resistencia}} \\ I &= \frac{E}{R} \end{aligned}$$



En la práctica el *ohm* estaba representado entonces por medio de prototipos contruidos por la Asociación Británica en 1864, y su valor era próximamente igual á mil millones de unidades C. G. S.

Para obtener el valor del *ohm* con más exactitud, el Congreso de 1881 decidió que la unidad práctica de resistencia estuviese representada por una columna de mercurio de un milímetro cuadrado de sección á la temperatura de 0° C., y que una Comisión internacional quedase encargada de determinar para la práctica la longitud de esta columna de mercurio.

El 3 de Mayo de 1884 la Conferencia internacional para la determinación de las unidades eléctricas decidió lo siguiente:

El *ohm* legal está representado por una columna de mercurio de un milímetro cuadrado de sección y de 106 centímetros de longitud á la temperatura del hielo fundente.

1 *ohm* legal = 1,0112 de la Asociación Británica

1 *ohm* A. B. = 0,9889 del *ohm* legal.

Resumiendo resulta como principal lo que sigue:

Cuando dos puntos cuyo potencial es diferente están unidos por un conductor, se asimilan los efectos producidos á un flujo de electricidad corriendo por el conductor que liga los dos puntos. Este flujo toma el nombre de corriente.

Si por un artificio cualquiera se mantiene constantemente una diferencia de potencial, se obtiene una verdadera corriente.

La causa que produce la corriente se llama fuerza electromotriz.

Y todo aparato en el cual se desarrolla la fuerza electromotriz es un generador eléctrico.

El obstáculo más ó menos grande que el conductor opone al paso de la corriente es la resistencia del conductor.

La intensidad de la corriente es el cociente de la fuerza electromotriz que atraviesa el conductor partida por la resistencia, y es la misma en todos los puntos del circuito.

Si algo de todo esto, ó mucho de ello, resultase obscuro para el no iniciado en los estudios físicos, acuda á los trata-

dos elementales de electricidad, donde, sin gran esfuerzo y con gran deleite intelectual, encontrará las luces que desea.

Dar nociones geométricas de áreas y volúmenes no ofrece grave dificultad, por las muchas nociones que, aun sin estudios, tenemos de la extensión: darlas de las fuerzas físicas ya es más árduo, porque nuestras representaciones imaginativas no nos son de auxilio cuando se trata de relaciones entre magnitudes diferentes; pero darlas es de toda dificultad cuando se trata de fuerzas tan desconocidas como las del magnetismo y la electricidad, cuyos fenómenos no nos son familiares, además de resultar múltiples y complejos.

## LECCIÓN X

---

### **El patrón de masa. (1)**

**A. a.**—Después de solucionar multitud de cuestiones matemáticas, físicas, mecánicas y químicas, la Comisión Internacional de Pesas y Medidas, ha realizado el patrón de la unidad de longitud en los siguientes términos: el material de la regla métrica es una aleación de noventa partes de platino y diez de iridio, homogénea de composición, y de densidad uniforme: la barra tiene su sección transversal de figura de X, ofreciendo al descubierto en la canal el plano de las fibras neutras; y el metro está señalado por medio de dos trazos acompañados de otros dos, á medio milímetro de distancia, todos ellos abiertos en superficie especular.

Para la comparación de metros se emplean procedimientos ópticos, habiéndose abandonado la idea del patrón definido por la distancia entre sus extremos, á causa del desgaste que pudieran originar los contactos del comparador con los mismos.

La aleación ha sido fundida y recocida, estirada y cepillada cuanto se ha creído necesario para darle una constitución molecular estable; y se ha estudiado con el mayor esmero la elasticidad y la dilatación de la barra, hasta llegar á

---

(1) Esta Lección es copia exacta de la excelente nota II del libro titulado *Unidades Físicas*, publicado por el Sr. D. JOSÉ MUÑOZ DEL CASTILLO, Catedrático de la Universidad Central.

establecer la siguiente *ecuación del metro prototipo internacional*:

$$M = 1^m + 8, \mu 651 t + 0, \mu 001 t^2$$

La nueva regla, comparada con la antigua de platino, matriz del sistema métrico, que se conserva en los Archivos de la capital de Francia, tiene seiscienmilésimas de milímetro menos de longitud.

**b.**—Los dos patrones del metro enviados á España por la Comisión Internacional de Pesas y Medidas, han sido contruidos exactamente como el prototipo, y proceden del mismo lingote. Las ecuaciones que los definen con relación á *M* son:

$$\text{Metro-tipo núm. 17} = 1^m + 0, \mu 9 + 8, \mu 653 t + 0, \mu 001 t^2$$

$$\text{Metro-tipo núm. 24} = 1^m + 1, \mu 8 + 8, \mu 670 t + 0, \mu 001 t^2$$

**B.** El patrón de la unidad de tiempo se ha realizado de una manera ingeniosa: creando un mecanismo (el cronómetro) merced al cual cierto cuerpo (la manecilla ó aguja) efectúa un movimiento uniforme (el recorrido de la esfera ó limbo) cuya duración es igual á la del día medio. La división de la trayectoria en partes iguales permite apreciar horas, minutos y *segundos*.

Esto, á rigor, más bien que patrón, es un *transporte* de la unidad; pero como el día medio resulta prácticamente inmanejable, su papel é importancia consisten en prestarse, por medio de observaciones astronómicas, á la reproducción indefinida y fiel, como intervalo; y á la comparación y corrección de los relojes; los cuales, por ello y por su precisión, aparecen en las manos del hombre con la categoría de patrones efectivos.

Ordinariamente los cronómetros no marcan veinticuatro horas; y con frecuencia no se encomienda al sentido de la vista la apreciación de la unidad de tiempo, y menos la de sus fracciones; pero el estudio de los péndulos, cronógrafos, etc., corresponde á otro sitio.

Procede observar que, si bien estos instrumentos reproducen ó copian *el segundo*, la duración del mismo queda definida mediante una longitud; es decir, se viene á la medición del tiempo por la consideración del espacio en una velocidad; lo cual, si el tiempo fuera cosa distinta de una relación, re-



sultaría falta ó incorrección respecto de la regla que exige que la unidad, y, por lo tanto, la unidad realizada en el patrón, y la magnitud correspondiente, sean de idéntica naturaleza.

**C.** La construcción de los patrones de longitud y tiempo, no ha requerido más que cierto adelanto de las ciencias y de las artes mecánicas, para producir de manera acabada y primorosa tales aparatos de medición.

Pero tratándose del PATRÓN DE MASA, ¿hay de por medio alguna dificultad de carácter esencial? ¿Existe, con unánime asentimiento, una noción precisa de masa? ¿O nos hallamos en período de elaboración de un concepto dogmático para dicha magnitud? El patrón que realiza la unidad de masa, ¡irradia, así en la esfera científica como en la vulgar, esa luz brillante, tranquila y perpetua de las verdades sancionadas? En una palabra: ¿podemos lanzarnos á describir el patrón de masa sin detenido y previo análisis de importantes consideraciones?

**D.** Por de pronto, la palabra masa tiene tres definiciones más ó menos distintas: la *física*, la *mecánica* y la *astronómica*.

1.<sup>a</sup> *Masa física*.—Es la cantidad de materia que contiene un cuerpo. Definición que, según se ve, trae al campo científico el significado que vulgar, y casi instintivamente, se liga ó atribuye á la voz masa; pero no hace resplandecer en ésta el carácter de elemento de relaciones matemáticas, ni señala camino ó medio de comparar sus distintas magnitudes (de expresarlas en números) refiriéndolas á una unidad común.

Mas, como la medición de masas surge para el físico como una necesidad ineludible de sus problemas, ha tenido que inventar modo de efectuarla; es decir, de valorar el número de veces que la cantidad de materia de un cuerpo contiene á la de otro. Y á falta de solución científica, ha aportado de nuevo á la cuestión nociones vulgares.

Para sostener con la mano dos litros de agua, creemos necesitar un esfuerzo doble que para impedir la caída de un solo litro: trasladando á la balanza los dos litros y el de un litro, puede asignarse á las pesas el papel del esfuerzo muscular; y el hecho de que en un caso se emplee doble esfuerzo, ó



se necesiten dobles pesas que en el otro para conseguir el equilibrio, es considerado como consecuencia y reflejo de que dos litros de agua deben poseer doble cantidad de materia que uno, comparándolos á igual temperatura y presión.

O en otros términos: el físico ha decidido medir la *masa-cantidad de materia* pesando. Y ha adoptado la unidad de peso como unidad de masa. Habiendo renunciado desde el primer momento á la idea, que naturalmente ocurre, de medir las masas por volúmenes ante las variaciones de densidad que experimentan los cuerpos con los cambios de temperatura y presión.

Pero ¿y cuándo se trate de sustancias químicamente distintas, sean ó no de la misma densidad? ¿Qué relación existe entre pesos iguales de azufre y plata, por ejemplo? Numéricamente la relación es 1; pero esto nada significa. Y físicamente se pretende que dicha relación expresa la igualdad de cantidades de materia; lo cual hasta carece de sentido, si se admite, como es lo más corriente, que los cuerpos simples azufre y plata son materias distintas; precisando, para que suceda lo contrario, suponer que el kilogramo internacional de platino iridiado se halla, como todos los cuerpos, constituido por *una sustancia única*; es decir, admitir la hipótesis de la unidad de la materia.—Y esto, bien por razones de hecho, bien por consideraciones de método, repugna hoy, aún, á muchos hombres de ciencia; y hasta para aquellos que, como nosotros, creen igualmente hipotética la unidad y la variedad de la materia, lleva consigo el defecto de que el patrón carece de la necesaria marca que le acredite, aparte de toda conjetura y discusión, como de igual naturaleza que todas las magnitudes que está destinado á medir.

De modo, en resumen, que la noción de masa física supone más ó menos implícitamente:

- a. Que todos los cuerpos están formados por una sola materia.
- b. Que la materia al *corporizarse* se diversifica en especies (formas químicas), y se condensa más ó menos (formas físicas ó estados de los cuerpos).
- γ. Que la densidad es función de la naturaleza química y del grado de condensación.
- δ. Que en el hecho experimental del peso se refleja la

unidad de la materia, por lo cual el patrón de la unidad de peso puede ser patrón de la unidad de cantidad de materia.

Y quien repugne admitir todo esto, entienda que sin ello el sentido físico de masa, ya de suyo poco científico, resulta completamente vacío; y que de rechazar tales hipótesis se verá en seguida en frente de dos cuestiones: una experimental, la de tener tantos patrones de masa como sustancias químicas; y otra transcendente, la de formular una relación entre los patrones; cualquiera de las dos es suficiente para calificar á la noción de masa física como inadecuada é inadmisibles para el establecimiento de unidad y de patrón.

2.º *Masa mecánica*.—Se define en conformidad con la expresión

$$m = \frac{f}{a}$$

Diremos, pues, que dos cuerpos tienen igual masa cuando sometidos á fuerzas constantes iguales adquieren en el mismo tiempo igual velocidad:  $\frac{1}{8,6}$  de dm<sup>3</sup> de cobre fundido, y 1 dm<sup>3</sup> de agua pura, que satisfacen á semejante condición, representan, por consiguiente, dos masas iguales.

El concepto de masa así establecido resulta extraño á la consideración inaccesible de cantidad de materia; y el número que en cada caso indica el valor de la masa, tiene todas las apariencias de un verdadero coeficiente.

No es preciso, sin embargo, fijar mucho la atención para descubrir que el hecho experimental de donde arranca el concepto que examinamos, ofrece una interpretación concreta, ó significado que permite al mecánico, viendo en el coeficiente masa un reflejo del modo cómo los cuerpos ceden á las fuerzas que los solicitan, proclamar la superioridad y ventaja con que sustituye á la conjetura poco científica de que el dm<sup>3</sup> de cobre tiene 8,6 veces más cantidad de materia que el de agua, la observación de que ambos volúmenes poseen distinta *capacidad para el movimiento* (1); ó, lo que es igual, aunque inverso, tienen *distinto coeficiente de resistencia al movimiento* (Lamé).

(1) El fenómeno, así interpretado, resulta del orden de las *capacidades caloríficas*, consistentes, como es sabido, en que pesos iguales (aquí se trata de volúmenes iguales) de distintos cuerpos necesitan cantidades diferentes de calor para experimentar en su temperatura el cambio de un grado.

Pero ¿el *coeficiente de resistencia al movimiento*, valorado por la velocidad, adolecerá de los mismos defectos que la *cantidad de materia*, medida por el peso?

El hecho de la divisibilidad de los cuerpos supone la necesidad de referir el coeficiente de resistencia á un elemento (átomo, mónada, centro de fuerza, etc., ó centímetro ó decímetro cúbicos de agua, platino, etc.); y es evidente que los dos, tres, cuatro, mil... elementos que forman un cuerpo, darán origen á un coeficiente-suma igual á dos, tres, cuatro, mil... veces el coeficiente elemental.

O en otros términos: las masas mecánicas correspondientes á trozos de un mismo cuerpo simple podrán medirse con relación á la de uno de ellos.

Pero ¿qué significado tendrá la comparación de las masas de cuerpos de diferente naturaleza química? Entre los coeficientes-masa, iguales, de  $\frac{1}{6,8}$  de dm<sup>3</sup> de cobre fundido y 1 dm<sup>3</sup> de agua existe para el matemático la relación 1; pero ¿qué interpretación debe darse á esto? Los cuerpos todos del Universo ¿están constituidos por últimos elementos iguales y, por lo tanto, dotados de igual coeficiente de resistencia al movimiento? ¿Posee cada especie química un coeficiente elemental propio y característico? ¿La unidad de medida, común á todas las masas, está justificada sin más que el hecho de la velocidad, externo ó de forma? ¿O media, en esencia, el abismo de lo desconocido entre las dos partes de este fenómeno « $\frac{1}{8,6}$  de cm<sup>3</sup> de cobre y 1 cm<sup>3</sup> de agua sometidos á una dina, adquieren la aceleración de 1 cm.»? ¿Abismo tan insondable como el que puede separar las dos de este otro: « $\frac{1}{8,6}$  de cm<sup>3</sup> de cobre y 1 cm<sup>3</sup> de agua pesan un gramo»—?

El mecánico se encuentra, pues, frente á una cuestión de la misma dificultad que la que se presenta al físico. Aprecia éste pesos en igualdad de valores de la gravedad y de la fuerza centrífuga terrestre; y surge la falta de significación para su concepto de masa al comparar pesos de cuerpos de distinta especie. Mide aquél velocidades en igualdad de fuerza y tiempo, y surge igualmente la falta de significación para su concepto de masa al comparar velocidades de cuerpos de diferente naturaleza química.

El mecánico se ve, en una palabra, arrastrado hacia la unidad de la materia, ó hacia la unidad del coeficiente ele-

mental de resistencia al movimiento de las varias materias, ó hacia otras hipótesis, que son todas del mismo orden y carácter trascendente.

Después de todo, el peso (presión) es un fenómeno mecánico realizado por cuerpos que se nos revelan merced á la coexistencia de la masa y la fuerza; la velocidad es otro hecho mecánico que, igualmente, solo los cuerpos ofrecen; pesos y velocidades son, pues, dos fenómenos de la misma naturaleza; y es lógico que ninguno de los dos profundice en la cuestión más que el otro.

Cierto que el mecánico no se preocupa de estas disquisiciones ni le suponen dificultad alguna, en atención á que para el planteamiento de sus problemas sólo importa que el coeficiente de resistencia al movimiento tenga uno ú otro valor numérico.

A la manera que el físico podía prescindir de pensar en cantidades de materia, y aceptar las mediciones de masa, fundadas en el peso, como coeficientes sin significación concreta.

Pero ni uno ni otro pueden proceder ligeramente en esto por tratarse de establecer la unidad de medida; pues, si ambos toman el coeficiente-masa como un número abstracto, resuelven prácticamente la dificultad, pero dejan á un lado la importante, por el momento, cuestión de la igualdad de naturaleza entre la unidad y la magnitud que se trata de medir. Lo cual sólo puede hacerse con motivo bastante, que hasta ahora todavía, en lo dicho, no hemos encontrado.

Esclarecido este punto hasta donde cabe, y viniendo á la práctica de la medición de masas mecánicas, diremos para concluir, que si se toma como unidad la milésima parte de la del kilogramo patrón de París, es evidente que la masa de un cuerpo será 2, 3, 40, 90... cuando el cuerpo puede ser descompuesto en 2, 3, 40, 90... partes, cada una de las cuales adquiere la misma velocidad que la milésima del kg. en igualdad de fuerza y tiempo. Pero, como esta división del cuerpo no es factible, se prefiere valorar la fuerza capaz de hacerle adquirir la aceleración-unidad que la dina imprime á la unidad de masa, ó sea realizar la medida de las masas por medio de la de fuerzas.

3.º *Masa astronómica.*—La Mecánica celeste estudia los



movimientos de cuerpos—los astros—que ni pueden ser pesados ni sometidos á fuerzas. Y como necesita medir tales masas inaccesibles, se ha hecho preciso, con justificación plena, idear una tercera definición de masa, fundándose en la atracción universal ó gravitación. De la fórmula

$$\frac{F}{F'} = \frac{m}{m'} \times \frac{d'^2}{d^2},$$

y teniendo en cuenta que las fuerzas atractivas  $F$  y  $F'$  pueden representarse por las aceleraciones que comunican á un mismo cuerpo, se obtiene fácilmente la siguiente definición: *unidad de masa es, en Astronomía, la masa de un cuerpo que atrae á otro cualquiera situado á la unidad de distancia comunicándole la unidad de aceleración.*

Se prescinde de la naturaleza química de los cuerpos, en conformidad con las leyes de Newton; mas sobre el particular pueden hacerse razonamientos análogos á los que dejamos consignados anteriormente, hablando de las acepciones mecánica y física de la voz masa.

**E.** No es posible pensar en el patrón de masa sin examinar antes si los tres conceptos son reductibles á uno, como parece debe suceder, ya que en el fondo de las tres nociones se agita realmente una misma cosa: el sujeto de los fenómenos naturales, ó sea el sujeto del movimiento.

Desde luego la masa astronómica puede valorarse en gramos-masa, es decir, unificarse con la masa mecánica.

Sea, en efecto,  $m$  la unidad de masa adoptada en Astronomía. Colocada á la distancia 1 de una masa  $\mu$ , le comunica una aceleración 1. En la superficie del globo  $\mu$  adquiere la aceleración  $g$  bajo la atracción de la Tierra, cuya masa  $M$  se supone concentrada en el centro y obrando á la distancia  $R$ . Y, según las leyes de Newton, y representando por 1 y  $g$  las dos fuerzas de atracción, podemos establecer:

$$\frac{1}{g} = \frac{m}{M} \times \frac{R^2}{1^2};$$

de donde, teniendo en cuenta que  $M = VD$ , y suponiendo esférica á la Tierra,

$$m = \frac{4}{3} \pi \frac{RD}{g}.$$



O sustituyendo valores ( $R=637\,100\,000$  cm;  $D=5,56$ ;  $g=981$ ).

$$m = 15\,000\,000 \text{ de gramos-masa;}$$

es decir, la masa de un cuerpo que pese próximamente quince toneladas métricas.

De modo que si lográsemos fundir de igual manera en una las nociones de masa mecánica y masa física, podríamos considerarnos en posesión de un concepto de masa suficientemente definido para proceder á la adopción de patrón.

Veamos hasta qué punto es realizable tal empresa.

**F.** Cantidad de materia, resistencia al movimiento, peso, he aquí los términos entre los cuales nos proponemos descubrir, si la hubiere, alguna relación.

1.º El problema, por desgracia, traspasa los límites del conocimiento positivo, y no puede ser resuelto con rigor científico; pero cabe esclarecerlo mediante una exploración ó análisis de los fenómenos cósmicos más elementales, practicada por veredas próximas y afluentes á cauces de hechos ciertos, y encaminada hacia la tierra firme de la observación y el experimento, de donde siempre irradia luz sobre los problemas de la naturaleza.

Imaginemos al efecto, en cuanto sea posible, semejante concepción, *una materia primordial no definida*, prescindiendo de que la consideremos *única*, ó el tipo de *varias*; y sorprendámosla en el instante crítico en que, por causa ignota, se inicia en ella un proceso de *determinación en el espacio* que la saca de su modo de ser caótico ó desprovisto de toda característica asequible á la inteligencia humana.

Hay para el pensador cierto placer en vislumbrar, con visión interior, y acaso sin confesar ni aun dar jamás forma á semejantes atisbos, la materia en estado de infinita sutileza, resolviéndose, allá en el principio de las cosas, en manifestaciones corpóreas, á la manera que el invisible vapor de agua que satura la atmósfera se resuelve á la vista, y por causa conocida, en nubes, lluvias, nieves y granizo.

De esta especie de cristalización del caos en espacio surge, entre confusión y vaguedad de perfiles, la materia con forma. Pues, aunque el primer producto de la determinación de la sustancia no definida sean centros al modo de puntos

matemáticos sin extensión, bastan ellos como elementos para sustituir los cuerpos dotados de volumen. Y, así, ya con los atavíos de lo infinito el sujeto de los fenómenos cósmicos, cabe imaginarlo, en cada momento del proceso, desprovisto de todo nuevo atributo que no sea el geométrico, y distinguirlo en la magnitud *masa* si nos fijamos en un grado de la determinación (condensación), ó por la *densidad*, cuando comparamos los diferentes grados que se vayan produciendo.

Mas aparte de *lo inmediato* y fácil de considerar la *corpORIZACIÓN* de la materia bajo este aspecto, es evidente que el hecho, en conjunto, ofrece mayor complejidad; pues la materia no puede determinarse en el espacio por más de un instante sin que necesariamente no resulte á la vez *determinándose en el tiempo*; y tal simultaneidad, que presenta, aunque también confuso y mal delineado, el fenómeno del *movimiento*, y caracteriza la totalidad del hecho, es lo que da campo á la posibilidad de *crear por abstracción* la masa (determinación bajo el punto de vista del espacio), y la *velocidad* (relación de las determinaciones en el espacio y en el tiempo). Mereciendo notarse que no es posible abstraer ninguna magnitud que corresponda á la determinación en el tiempo. Quién sabe si porque, acaso, el origen del tiempo es el hecho primordial que examinamos.

En una palabra, lo cósmico no es la materia, sino el movimiento; estando desprovistas de realidad física la materia no determinada *masa-moviéndose*, la masa sin movimiento, y la velocidad que directa ó indirectamente no encarne en la masa.

Después del primer instante, ó instante crítico, de la *corpORIZACIÓN*, y sin perjuicio de que el proceso iniciado continúe, cabe imaginar *un segundo orden de análogos determinaciones*, á base de la *masa-moviéndose* como sujeto. La compatibilidad entre ambos procesos es evidente; el mecanismo idéntico; y tal complicación, que puede repetirse tres, cuatro y cuantas veces querramos, no representa otra cosa que un paso más, igual en esencia al anterior, y á los que le sigan, en esa inmensa historia cuyas últimas frases son hoy, al parecer, los elementos simples y compuestos en lo químico, los cuerpos sólidos en lo físico, y las moles sidéreas en lo astronómico.

El *movimiento de la masa-moviéndose* permite, sin embargo, diferenciaciones de importancia. Puede ir acompañado de cambio de densidad, y en tal caso, resulta el fenómeno comparable á su antecesor—la resolución de la materia en *masa-moviéndose*,—en que hemos distinguido, aunque de un modo elemental, confuso é indiferenciado, los aspectos masa y velocidad. O, por el contrario, ofrecer como característica la constancia de la densidad; y entonces se perfeccionan, separan y adquieren cuerpo, el movimiento y sus factores; y aparecen, como nuevos elementos bien delineados de la vida cósmica, *las rotaciones, las vibraciones y las traslaciones*.

Tomando origen en uno ú otro caso dos importantes magnitudes: *la fuerza viva* ( $\frac{1}{2} m v^2$ ) y *la cantidad de movimiento* ( $m v$ ).

Pero hablar de masas en movimiento, es hablar, después del primer instante, de masas movidas. Y parece natural investigar si, al modo como nace la masa, subsiste también algo, hijo de las determinaciones en el espacio y en el tiempo, es decir, queda algo del movimiento que pasó. Y, efectivamente, un juicioso análisis de los fenómenos naturales, ha logrado reconocer, con fina penetración, la existencia de *la energía de la masa que se mueve* (dinámica), y *la energía de la masa movida* (de posición ó potencial), y averiguar que ambas son una misma cosa que se conserva y cambia de una á otra forma, en equivalencia perfecta. Resultando, en suma, que el proceso de corporización de la materia no origina tampoco la masa-moviéndose, sino la *masa vivificada*, digámoslo así, merced al movimiento presente y pasado, ó, en otros términos, *la energía*.

La conservación de la energía á expensas de la transformación de la dinámica en potencial ó viceversa, y de los cambios de forma del movimiento, incita á otra nueva abstracción de gran relieve, *la fuerza* (1), considerada, por contraposición con la masa, como causa del movimiento.

Todo lo cual, si, en el momento crítico de la corporiza-

---

(1) Hirn ha defendido con verdadero empeño la existencia independiente de la fuerza, y aun de varias clases de fuerza; pero su autoridad, con ser tanta, resulta algo aislada en esto de concebir las fuerzas vagando, separadas de la masa, por el espacio. Ya en otra ocasión nos hemos opuesto á semejante doctrina.

ción de la materia, aparece nebuloso é insuficientemente distinto, en el proceso de segundo orden resulta, según hemos apuntado, diferenciado con absoluta claridad, ya en movimientos de igual masa y desiguales velocidades, ó de desiguales masas ó igual velocidad, ya en los cambios de forma de la energía y del movimiento; hasta el extremo de que las abstracciones masa y fuerza parecen, no sólo justificadas, sino impuestas por ley de necesidad á la flaqueza del intelecto humano como único medio de contemplar, ya que no conocer, desde puntos de vista contrapuestos, una realidad cuya esencia nos escapa.

La mecánica utiliza la abstracción fuerza como ente activo, por lo que así simplifica el planteamiento y la resolución de sus problemas; pero á la vez reconstituye dicha noción en sus verdaderos términos naturales, mediante las dos expresiones

$$F e = \frac{1}{2} m v^2; \quad F t = m v,$$

en las cuales basta hacer  $e$  y  $t$  iguales á uno, para que se conviertan en definición de fuerza desde los puntos de vista del espacio y del tiempo respectivamente.

En resumen, podemos establecer:

α) Que la materia es inaccesible á la razón y al estudio experimental.

β) Que existe la energía, ó sea la masa poseyendo un modo de actividad dependiente de sus movimientos presentes y pasados; pero la masa y la fuerza son meras abstracciones.

γ) Que medir masas y fuerzas será medir bajo dos aspectos lo que consideramos como única realidad natural.

Desde cuyas alturas, á las preguntas ¿qué es cantidad de materia? ¿qué es resistencia de la materia al movimiento? podemos sin vacilación contestar: dos nociones incomprendidas y, probablemente, incomprensibles.

La primera desaparece para la ciencia positiva, al abandonar esta la materia como eterno misterio. El ente mecánico elemental *masa moviéndose y movida*, se encuentra á tan inmensa distancia de los cuerpos, aun cuando los constituye, que no hay, ni habrá jamás, procedimiento ni medio de estudiarlo. Y el peso no es, como se comprende, escalpelo bastante fino para disecar en tales honduras.

Faltan, pues, base experimental y motivo suficiente para



sostener la noción de cantidad de materia; y debe borrarla de los cánones científicos.

Se patentiza lo abstruso de apreciar la masa por y como la resistencia de la materia al movimiento, con sólo observar que es función de la fuerza (una abstracción) y de la velocidad (una relación).

Mas como, al fin y al cabo, existen de por medio una base experimental y un modo de determinación en ella fundado, el concepto mecánico de la masa, aunque inasequible, puede conservarse, no desvirtuándole su carácter empírico.

A pesar de todo, es á la vez evidente que pretender elevarse desde la realidad cuerpo (masa animada de varios movimientos y que ha verificado otros) á las nociones puramente racionales si se quiere, de cantidad de materia y de resistencia al movimiento, resulta aspiración grande que conduce á que ambas se fundan en el sujeto común—la materia—en cuyo seno no se conciben dislocadas una de otra, y acaso sean la misma cosa, ó al menos la relación necesaria que entre ellas no puede menos de existir sea la proporcionalidad directa.

La unificación teórica de los conceptos de masa en Física y Mecánica no repugna, pues, y aun cabe considerarla existiendo en cuanto es posible, fuera de los límites de la experiencia. Y el camino de la unificación en el terreno de los hechos queda abierto desde que, conservándose la noción mecánica en lo que tiene de experimental, y orillada la de cantidad de materia, falta sólo tender un puente ó hallar un nexo entre el peso y el cociente  $\frac{f}{y}$ .

2.º Este resultado de la exploración que, batiendo un ala en el éter del idealismo y otra en la atmósfera de lo experimental, acabamos de hacer, da importancia decisiva y adquiere valor y consistencia, merced al siguiente fenómeno,

Supongamos, en París, un cuerpo equivalente á

9,8096 veces

la pesa del kilogramo-patrón, cayendo con la aceleración

9,8096 metros:

se tiene la masa mecánica 1. Dos veces 9,8096 kg. caen con igual aceleración, 9,8096 m., y la masa mecánica es 2.



Y en general

$$m = \frac{n \times 9,8096 = F \text{ kg.}}{9,8096 \text{ m}}; \quad m' = \frac{n' \times 9,8096 = F' \text{ kg.}}{9,8096 \text{ m}};$$

de donde

$$\frac{m}{m'} = \frac{F}{F'}$$

lo cual, teniendo en cuenta que en París los pesos en el vacío son medidas de la fuerza de gravedad en kilogramos, y que dos cuerpos que, colocados sobre la balanza, se equilibran en París, se equilibran igualmente en todas partes, significa que *las masas mecánicas y los pesos son proporcionales*.

Por consiguiente, las masas pueden representarse por los mismos números que expresan los pesos, según en otro lugar hemos observado. Y la unificación de los conceptos físico y mecánico de la magnitud de que nos ocupamos queda en el hecho perfectamente establecida.

**H. a.**—La identidad que late en el fondo de las tres nociones resulta tan al descubierto, que, si adoptásemos como unidad la masa de un cuerpo que pesara unas quince toneladas métricas (15 000 000 de gramos) se satisfarían á la vez las definiciones del astrónomo, del físico y del mecánico, con el solo pequeño inconveniente práctico de que los valores numéricos de los pesos de la mayoría de los cuerpos que se manejan en la superficie de la Tierra serían fracciones.

De modo que podemos proceder á elegir unidad y á realizarla en un patrón.

**b.**—Como no es posible medir una masa que á la vez no sea fuerza, ni una fuerza que á la vez no sea masa, lo lógico es adoptar un patrón común que represente las unidades de ambas magnitudes, y lo natural aceptar para este doble objeto el kilogramo de la Comisión Internacional de Pesas y Medidas, construido de manera tan acabada como el metro, con platino iridiado al 10 por 100, y en forma de cilindro recto cuya altura es igual al diámetro de sus bases; prototipo definido por su volumen y por su masa (peso) en los siguientes términos:

$$K \left\{ \begin{array}{l} \text{Masa} = 1 \text{ kg.} \\ \text{Volumen} = 46 \text{ ml, } 4005 \end{array} \right.$$

**c.**—A España han tocado en suerte, por cuanto contribuye á los gastos de sostenimiento de la Oficina Internacional de

Pesas y Medidas, dos kilogramos tipos, construídos exactamente como el prototipo, y definidos con respecto á éste, del siguiente modo:

Kilogramo tipo núm. 3.  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Masa} = 1 \text{ kg.} + 0 \text{ mg, } 021 \\ \text{Volumen} = 46 \text{ ml, } 426 \end{array} \right.$

Kilogramo-tipo núm. 24  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Masa} = 1 \text{ kg.} - 0 \text{ mg } 191 \\ \text{Volumen} = 46 \text{ ml } 410 \end{array} \right.$

**d.**—Como corolario de la independencia entre el kilogramo y el metro hay que distinguir en lo sucesivo, porque no son iguales, el *litro* y el *decímetro cúbico*; relacionando el primero con el kilogramo, ó sea viendo en él el volumen del patrón, supuesto éste no de platino iridiado sino de agua pura á 4° C. El gramo-masa no corresponderá, pues, al cm<sup>3</sup> de agua destilada, sino al *mililitro*, y no será 1 mm<sup>3</sup> el volumen del miligramo, sino un *microlitro*.

Desde las cátedras, y en nombre de la exactitud y del adelanto realizado, deben propagarse estas innovaciones, internacionalmente oficiales á partir del actual curso de 1889 á 1890 en que se ha verificado, por decirlo así, la promulgación del metro y del kilogramo definitivos.

**I. a.**—Es tarea fácil señalar las diferencias de procedimiento correspondientes al empleo del kilogramo como patrón de fuerza, ó como patrón de masa.

**b.**—En París, operando en el vacío ó haciendo la oportuna corrección, la pesa kilogramica internacional es la unidad de fuerza del sistema terrestre. Y fuera de París, tanto ella como sus múltiplos y divisores pueden también usarse en igual concepto, haciendo una corrección á base del valor de *g* en el paraje. Si queremos medir, por ejemplo, la magnitud de la fuerza de gravedad que representa en Madrid un cuerpo susceptible de ser equilibrado en la balanza por 3,<sup>kg</sup>028, efectuaremos primero, del modo que enseña la Física, el cálculo necesario para obtener el peso en el vacío, y después multiplicaremos el número hallado por  $\frac{9,800156}{9,8096}$ . Lo cual podría llamarse *pesar á masa constante y fuerza variable*.

**c.**—Para emplear el kilogramo prototipo como patrón de masa, bastará que los pesos y el cuerpo se hallen sometidos á fuerzas iguales; y, puesto que desde luego lo están en los platillos de la balanza, por lo que hace á la gravedad y á la cen-

*trífuga terrestre, será suficiente efectuar la reducción al vacío, en el caso general, ya que si unas y otro tienen el mismo peso específico ni aun esta corrección se necesita.*

*A operar así podría llamársele pesar á fuerza constante y masa variable.*

**d.**—No siendo el kilogramo, sino la dina, unidad de fuerza en el sistema absoluto del C. G. S., el empleo del primero como patrón de fuerza, sólo requiere, aparte de la reducción de las pesadas al vacío, conocer en cada paraje su valor en dinas, igual, numéricamente, al de  $g$  en centímetros.

**J.** Dos observaciones para terminar:

1.<sup>a</sup> Desde el apartado **F** de la presente nota venimos discutiendo sobre la base de *una materia*, sea la única, ó el tipo de las varias. Pero á la altura á que hemos llegado, esta última disyuntiva desaparece por sí misma; pues patentizada la unidad que late en el fondo de las tres nociones de masa, demostrado queda que ninguna de ellas define bien la magnitud de que nos ocupamos, la cual, hoy por hoy, y acaso para siempre, no puede, por lo visto, ser otra cosa que un coeficiente ó constante característica de cada cuerpo, cuya significación trascendente nos está vedada hasta el extremo de que el mero propósito de investigarla resulta penado con la pérdida de la posibilidad de establecer la unidad, ó constituye á ésta en prisionera de hipótesis sin valor; viniendo la determinación por medio del peso, realizada en virtud de un fenómeno (presente nota-**F** 2.<sup>o</sup>), que la observación ha revelado, y que sin ella no hubiera sido conocido, á constituir tanto un procedimiento como un aspecto experimental que avalora el concepto definitivo de masa, haciéndole adquirir el carácter positivo exigido á todo elemento científico.

2.<sup>a</sup> Aparece con claridad que el kilogramo es, más genuinamente que nada, patrón de masa; pero no se pierda de vista que el peso no es la masa, sino una magnitud proporcional que la mide, á la manera que el tiempo y la fuerza pueden, análogamente, ser valorados en espacio. Lo cual, y el carácter de coeficiente numérico abstracto que atribuimos como concepto definitivo á la masa de cada cuerpo, suprimen la dificultad que al plantear los términos del presente estudio nos creaba el principio de que la magnitud unidad y las magnitudes á medir deben ser de la misma naturaleza.

SECCIÓN IV

---

FUNCIONES NATURALES TRIGONOMÉTRICAS





## FUNCIONES NATURALES TRIGONOMÉTRICAS

---

La Trigonometría es una parte especial de la Geometría, y trata de los triángulos que pueden trazarse en un plano ó en una esfera.

Todo triángulo contiene siete cantidades, á saber:

Tres lados,  
Tres ángulos, y  
La superficie circunscripta por los lados.

Dadas tres de estas cantidades, siempre pueden encontrarse las otras cuatro.

Entre los datos ha de estar un lado, ó el área del triángulo cuyas otras líneas se buscan.

Para la solución se recurre á líneas auxiliares, que se llaman FUNCIONES TRIGONOMÉTRICAS.

Estas funciones trigonométricas se miden por medio del RADIO del círculo respectivo, y, por consiguiente, se hallan excluidas de los sistemas métricos, tanto del llamado sistema terrestre, como del denominado C. G. S. (1).

Las líneas trigonométricas son las que se indican en la si-

---

(1) En el sistema C. G. S. hay una unidad especial para medir las velocidades ANGULARES de los cuerpos *giratorios*. Esta unidad se llama RADIAN POR SEGUNDO. Y es el valor del ángulo cuyo arco es igual al radio del círculo

Radian =  $57^{\circ} 17' 44''$

guiente figura, todas referidas al ARCO St. Su nomenclatura es como sigue:

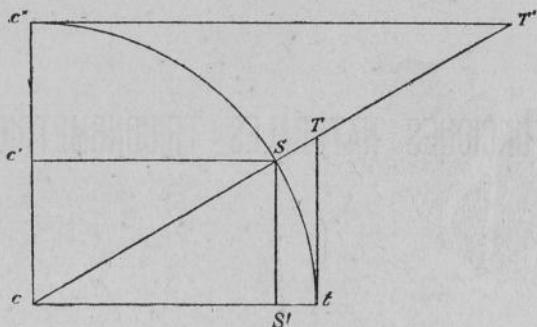


Figura 19.

|        |              |        |                |                |                      |
|--------|--------------|--------|----------------|----------------|----------------------|
| SS',   | SENO         | de St; | abreviadamente | Sen. St;       | (sobrentendido arco) |
| cS',   | COSENO       | de St; | »              | Cos. St;       | »                    |
| S't,   | SENO VERSO   | de St; | »              | Sen. ver. St;  | »                    |
| c/c'', | COSENO VERSO | de St; | »              | Cos. vers. St; | »                    |
| Tt,    | TANGENTE     | de St; | »              | Tan. St;       | »                    |
| C''T', | COTANGENTE   | de St; | »              | Cot. St;       | »                    |
| CS,    | SECANTE      | de St; | »              | Sec. St;       | »                    |
| CT',   | COSECANTE    | de St; | »              | Cosec. St;     | »                    |

El radio se supone = 1

$$\therefore \text{Sen.} + \text{Cos. vers.} = 1;$$

$$\text{Cos.} + \text{Sen. vers.} = 1$$

La primera columna de la izquierda contiene en horas, minutos y segundos el valor de los ángulos. El círculo = 360°  
El día describe esos 360° en veinticuatro horas.

| 0h   | 0° | Funciones naturales trigonométricas. |            |           |          |            |         |            |        | 179° | 11h   |
|------|----|--------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|------|-------|
| M.S. | M. | Senó.                                | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Senó verso | Coseno | M.   | M. S. |
| 0    | 0  | .00000                               | 1.0000     | Infinito  | .00000   | Infinito   | 1.0000  | .00000     | 1.0000 | 60   | 60    |
| 4    | 1  | .0029                                | .99971     | 3437.7    | .0029    | 3437.7     | .0000   | .0000      | .0000  | 59   | 56    |
| 8    | 2  | .0058                                | .9942      | 1718.9    | .0058    | 1718.9     | .0000   | .0000      | .0000  | 58   | 52    |
| 12   | 3  | .0087                                | .9913      | 1145.9    | .0087    | 1145.9     | .0000   | .0000      | .0000  | 57   | 48    |
| 16   | 4  | .0116                                | .9884      | 859.44    | .0116    | 859.44     | .0000   | .0000      | .0000  | 56   | 44    |
| 20   | 5  | .0145                                | .9854      | 687.55    | .0145    | 687.55     | 1.0000  | .00000     | 1.0000 | 55   | 40    |
| 24   | 6  | .0174                                | .9825      | 572.96    | .0174    | 572.96     | .0000   | .0000      | .0000  | 54   | 36    |
| 28   | 7  | .0204                                | .9796      | 491.11    | .0204    | 491.11     | .0000   | .0000      | .0000  | 53   | 32    |
| 32   | 8  | .0233                                | .9767      | 429.72    | .0233    | 429.72     | .0000   | .0000      | .0000  | 52   | 28    |
| 36   | 9  | .0262                                | .9738      | 381.97    | .0262    | 381.97     | .0000   | .0000      | .0000  | 51   | 24    |
| 40   | 10 | .00291                               | .99709     | 343.77    | .00291   | 343.77     | 1.0000  | .00000     | .99999 | 50   | 20    |
| 44   | 11 | .0320                                | .9680      | 312.52    | .0320    | 312.52     | .0000   | .0000      | .9999  | 49   | 16    |
| 48   | 12 | .0349                                | .9651      | 286.48    | .0349    | 286.48     | .0000   | .0001      | .9999  | 48   | 12    |
| 52   | 13 | .0378                                | .9622      | 64.44     | .0378    | 64.44      | .0000   | .0001      | .9999  | 47   | 8     |
| 56   | 14 | .0407                                | .9593      | 45.55     | .0407    | 45.55      | .0000   | .0001      | .9999  | 46   | 4     |
| 1    | 15 | .00436                               | .99564     | 229.18    | .00436   | 229.18     | 1.0000  | .00001     | .99999 | 45   | 59    |
| 4    | 16 | .0465                                | .9534      | 14.86     | .0465    | 14.86      | .0000   | .0001      | .9999  | 44   | 56    |
| 8    | 17 | .0494                                | .9505      | 02.22     | .0494    | 02.22      | .0000   | .0001      | .9999  | 43   | 52    |
| 12   | 18 | .0524                                | .9476      | 190.99    | .0524    | 190.98     | .0000   | .0001      | .9999  | 42   | 48    |
| 16   | 19 | .0553                                | .9447      | 180.93    | .0553    | 180.93     | .0000   | .0001      | .9998  | 41   | 44    |
| 20   | 20 | .00582                               | .99418     | 171.89    | .00582   | 171.88     | 1.0000  | .00002     | .99998 | 40   | 40    |
| 24   | 21 | .0611                                | .9389      | 63.70     | .0611    | 63.70      | .0000   | .0002      | .9998  | 39   | 36    |
| 28   | 22 | .0640                                | .9360      | 56.26     | .0640    | 56.26      | .0000   | .0002      | .9998  | 38   | 32    |
| 32   | 23 | .0669                                | .9331      | 49.47     | .0669    | 49.46      | .0000   | .0002      | .9998  | 37   | 28    |
| 36   | 24 | .0698                                | .9302      | 43.24     | .0698    | 43.24      | .0000   | .0002      | .9997  | 36   | 24    |
| 40   | 25 | .00727                               | .99273     | 137.51    | .00727   | 137.51     | 1.0000  | .00003     | .99997 | 35   | 20    |
| 44   | 26 | .0766                                | .9244      | 32.22     | .0766    | 32.22      | .0000   | .0003      | .9997  | 34   | 16    |
| 48   | 27 | .0785                                | .9215      | 27.32     | .0785    | 27.32      | .0000   | .0003      | .9997  | 33   | 12    |
| 52   | 28 | .0814                                | .9185      | 22.78     | .0814    | 22.77      | .0000   | .0003      | .9997  | 32   | 8     |
| 56   | 29 | .0843                                | .9156      | 18.54     | .0844    | 18.54      | .0000   | .0003      | .9996  | 31   | 4     |
| 2    | 30 | .00873                               | .99127     | 114.59    | .00873   | 114.59     | 1.0000  | .00004     | .99996 | 30   | 58    |
| 4    | 31 | .0902                                | .9098      | 10.90     | .0902    | 10.89      | .0000   | .0004      | .9996  | 29   | 56    |
| 8    | 32 | .0931                                | .9069      | 07.43     | .0931    | 07.43      | .0000   | .0004      | .9996  | 28   | 52    |
| 12   | 33 | .0960                                | .9040      | 04.17     | .0960    | 04.17      | .0090   | .0005      | .9995  | 27   | 48    |
| 16   | 34 | .0989                                | .9011      | 01.11     | .0989    | 01.11      | .0000   | .0005      | .9995  | 26   | 44    |
| 20   | 35 | .01018                               | .98982     | 98.223    | .01018   | 98.218     | 1.0000  | .00005     | .99995 | 25   | 40    |
| 24   | 36 | .1047                                | .8953      | 5.495     | .1047    | 5.489      | .0000   | .0005      | .9994  | 24   | 36    |
| 28   | 37 | .1076                                | .8924      | 2.914     | .1076    | 2.908      | .0000   | .0006      | .9994  | 23   | 32    |
| 32   | 38 | .1105                                | .8895      | 0.469     | .1105    | 0.463      | .0001   | .0006      | .9994  | 22   | 28    |
| 36   | 39 | .1134                                | .8865      | 88.149    | .1134    | 88.143     | .0001   | .0006      | .9993  | 21   | 24    |
| 40   | 40 | .01163                               | .98836     | 85.946    | .01164   | 85.940     | 1.0001  | .00007     | .79993 | 20   | 20    |
| 44   | 41 | .1193                                | .8807      | 3.849     | .1193    | 3.843      | .0001   | .0007      | .9993  | 19   | 16    |
| 48   | 42 | .1222                                | .8778      | 1.853     | .1222    | 1.847      | .0001   | .0007      | .9992  | 18   | 12    |
| 52   | 43 | .1251                                | .8749      | 79.950    | .1251    | 79.943     | .0001   | .0008      | .9992  | 17   | 8     |
| 56   | 44 | .1280                                | .8720      | 78.133    | .1280    | 78.126     | .0001   | .0008      | .9992  | 16   | 4     |
| 3    | 45 | .01309                               | .98691     | 76.396    | .01309   | 76.390     | 1.0001  | .00008     | .99991 | 15   | 57    |
| 4    | 46 | .1338                                | .8662      | 4.736     | .1338    | 4.729      | .0001   | .0009      | .9991  | 14   | 56    |
| 8    | 47 | .1367                                | .8633      | 3.146     | .1367    | 3.139      | .0001   | .0009      | .9991  | 13   | 52    |
| 12   | 48 | .1396                                | .8604      | 1.622     | .1396    | 1.615      | .0001   | .0010      | .9990  | 12   | 48    |
| 16   | 49 | .1425                                | .8575      | 0.160     | .1425    | 0.153      | .0001   | .0010      | .9990  | 11   | 44    |
| 20   | 50 | .01454                               | .98546     | 68.757    | .01454   | 68.750     | 1.0001  | .00010     | .99989 | 10   | 40    |
| 24   | 51 | .1483                                | .8516      | 7.409     | .1484    | 7.402      | .0001   | .0011      | .9989  | 9    | 36    |
| 28   | 52 | .1512                                | .8487      | 6.113     | .1513    | 6.105      | .0001   | .0011      | .9988  | 8    | 32    |
| 32   | 53 | .1542                                | .8458      | 4.866     | .1542    | 4.858      | .0001   | .0012      | .9988  | 7    | 28    |
| 36   | 54 | .1571                                | .8429      | 3.664     | .1571    | 3.657      | .0001   | .0012      | .9988  | 6    | 24    |
| 40   | 55 | .01600                               | .98400     | 62.507    | .01600   | 62.499     | 1.0001  | .00013     | .99987 | 5    | 20    |
| 44   | 56 | .1629                                | .8371      | 1.391     | .1629    | 1.383      | .0001   | .0013      | .9987  | 4    | 16    |
| 48   | 57 | .1658                                | .8342      | 0.314     | .1658    | 0.306      | .0001   | .0014      | .9987  | 3    | 12    |
| 52   | 58 | .1687                                | .8313      | 59.274    | .1687    | 59.266     | .0001   | .0014      | .9986  | 2    | 8     |
| 56   | 59 | .1716                                | .8284      | 8.270     | .1716    | 8.261      | .0061   | .0015      | .9985  | 1    | 4     |
| 4    | 60 | .1745                                | .8255      | 7.299     | .1745    | 7.290      | .0001   | .0015      | .9985  | 0    |       |

| Ch    | 1° | Funciones naturales trigonométricas. |            |           |          |            |         |            |        |    |       | 178° | 11h |
|-------|----|--------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|----|-------|------|-----|
| M. S. | M. | Seno                                 | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Seno verso | Coseno | M. | M. S. |      |     |
| 4     | 0  | .01745                               | .98255     | 57.299    | .01745   | 57.290     | 1.0001  | .00015     | .99985 | 60 | 56    |      |     |
| 4     | 1  | .1774                                | .8226      | 56.359    | .1775    | 56.350     | .0001   | .0016      | .9984  | 59 | 56    |      |     |
| 8     | 2  | .1803                                | .8196      | 55.450    | .1804    | 55.441     | .0002   | .0016      | .9984  | 58 | 52    |      |     |
| 12    | 3  | .1832                                | .8167      | 54.570    | .1833    | 54.561     | .0002   | .0017      | .9983  | 57 | 48    |      |     |
| 16    | 4  | .1861                                | .8138      | 53.718    | .1862    | 53.708     | .0002   | .0017      | .9983  | 56 | 44    |      |     |
| 20    | 5  | .01891                               | .98109     | 52.891    | .01891   | 52.882     | 1.0002  | .00018     | .99982 | 55 | 40    |      |     |
| 24    | 6  | .1920                                | .8080      | 2.090     | .1920    | 2.081      | .0002   | .0018      | .9981  | 54 | 36    |      |     |
| 28    | 7  | .1949                                | .8051      | 1.313     | .1949    | 1.303      | .0002   | .0019      | .9981  | 53 | 32    |      |     |
| 32    | 8  | .1978                                | .8022      | 0.558     | .1978    | 0.548      | .0002   | .0019      | .9980  | 52 | 28    |      |     |
| 36    | 9  | .2007                                | .7993      | 49.826    | .2007    | 49.816     | .0002   | .0020      | .9980  | 51 | 24    |      |     |
| 40    | 10 | .02036                               | .97964     | 49.114    | .02036   | 49.104     | 1.0002  | .00021     | .99979 | 50 | 20    |      |     |
| 44    | 11 | .2065                                | .7935      | 8.422     | .2066    | 8.412      | .0002   | .0021      | .9979  | 49 | 16    |      |     |
| 48    | 12 | .2094                                | .7906      | 7.750     | .2095    | 7.739      | .0002   | .0022      | .9978  | 48 | 12    |      |     |
| 52    | 13 | .2123                                | .7877      | 7.096     | .2124    | 7.085      | .0002   | .0022      | .9977  | 47 | 8     |      |     |
| 56    | 14 | .2152                                | .7847      | 6.460     | .2153    | 6.449      | .0002   | .0023      | .9977  | 46 | 4     |      |     |
| 5     | 15 | .02181                               | .97818     | 45.840    | .02182   | 45.829     | 1.0002  | .00024     | .99976 | 45 | 55    |      |     |
| 4     | 16 | .2210                                | .7789      | 5.237     | .2211    | 5.226      | .0002   | .0024      | .9975  | 44 | 56    |      |     |
| 8     | 17 | .2240                                | .7760      | 4.650     | .2240    | 4.638      | .0002   | .0025      | .9975  | 43 | 52    |      |     |
| 12    | 18 | .2269                                | .7731      | 4.077     | .2269    | 4.066      | .0002   | .0026      | .9974  | 42 | 48    |      |     |
| 16    | 19 | .2298                                | .7702      | 3.520     | .2298    | 3.508      | .0003   | .0026      | .9974  | 41 | 44    |      |     |
| 20    | 20 | .02327                               | .97673     | 42.976    | .02327   | 42.964     | 1.0003  | .00027     | .99973 | 40 | 40    |      |     |
| 24    | 21 | .2356                                | .7644      | 2.445     | .2357    | 2.433      | .0003   | .0028      | .9972  | 39 | 36    |      |     |
| 28    | 22 | .2385                                | .7615      | 1.928     | .2386    | 1.916      | .0003   | .0028      | .9971  | 38 | 32    |      |     |
| 32    | 23 | .2414                                | .7586      | 1.423     | .2415    | 1.410      | .0003   | .0029      | .9971  | 37 | 28    |      |     |
| 36    | 24 | .2443                                | .7557      | 0.930     | .2444    | 0.917      | .0003   | .0030      | .9970  | 36 | 24    |      |     |
| 40    | 25 | .02472                               | .97528     | 40.448    | .02473   | 40.436     | 1.0003  | .00030     | .99969 | 35 | 20    |      |     |
| 44    | 26 | .2501                                | .7499      | 39.978    | .2502    | 39.965     | .0003   | .0031      | .9969  | 34 | 16    |      |     |
| 48    | 27 | .2530                                | .7469      | 9.518     | .2531    | 9.506      | .0003   | .0032      | .9968  | 33 | 12    |      |     |
| 52    | 28 | .2559                                | .7440      | 9.069     | .2560    | 9.057      | .0003   | .0033      | .9967  | 32 | 8     |      |     |
| 56    | 29 | .2589                                | .7411      | 8.631     | .2589    | 8.618      | .0003   | .0033      | .9966  | 31 | 4     |      |     |
| 6     | 30 | .02618                               | .97382     | 38.201    | .02618   | 38.188     | 1.0003  | .00034     | .99966 | 30 | 54    |      |     |
| 4     | 31 | .2647                                | .7353      | 7.782     | .2648    | 7.769      | .0003   | .0035      | .9965  | 29 | 56    |      |     |
| 8     | 32 | .2676                                | .7324      | 7.371     | .2677    | 7.358      | .0003   | .0036      | .9964  | 28 | 52    |      |     |
| 12    | 33 | .2705                                | .7295      | 6.969     | .2706    | 6.956      | .0004   | .0036      | .9963  | 27 | 48    |      |     |
| 16    | 34 | .2734                                | .7266      | 6.576     | .2735    | 6.563      | .0004   | .0037      | .9963  | 26 | 44    |      |     |
| 20    | 35 | .02763                               | .97237     | 36.191    | .02764   | 36.177     | 1.0004  | .00038     | .99962 | 25 | 40    |      |     |
| 24    | 36 | .2792                                | .7208      | 5.914     | .2793    | 5.800      | .0004   | .0039      | .9961  | 24 | 36    |      |     |
| 28    | 37 | .2821                                | .7179      | 5.445     | .2822    | 5.431      | .0004   | .0040      | .9960  | 23 | 32    |      |     |
| 32    | 38 | .2850                                | .7150      | 5.084     | .2851    | 5.069      | .0004   | .0041      | .9959  | 22 | 28    |      |     |
| 36    | 39 | .2879                                | .7121      | 4.729     | .2880    | 4.715      | .0004   | .0041      | .9958  | 21 | 24    |      |     |
| 40    | 40 | .02908                               | .97091     | 34.382    | .02910   | 34.368     | 1.0004  | .00042     | .99958 | 20 | 20    |      |     |
| 44    | 41 | .2937                                | .7062      | 4.042     | .2939    | 4.027      | .0004   | .0043      | .9957  | 19 | 16    |      |     |
| 48    | 42 | .2967                                | .7033      | 3.708     | .2968    | 3.693      | .0004   | .0044      | .9956  | 18 | 12    |      |     |
| 52    | 43 | .2993                                | .7004      | 3.381     | .2997    | 3.366      | .0004   | .0045      | .9955  | 17 | 8     |      |     |
| 56    | 44 | .3025                                | .6975      | 3.060     | .3026    | 3.045      | .0004   | .0046      | .9954  | 16 | 4     |      |     |
| 7     | 45 | .03054                               | .96946     | 32.745    | .03055   | 32.730     | 1.0005  | .00046     | .99953 | 15 | 53    |      |     |
| 4     | 46 | .3083                                | .6917      | 2.437     | .3084    | 2.421      | .0005   | .0047      | .9952  | 14 | 56    |      |     |
| 8     | 47 | .3112                                | .6888      | 2.134     | .3113    | 2.118      | .0005   | .0048      | .9951  | 13 | 52    |      |     |
| 12    | 48 | .3141                                | .6859      | 1.836     | .3143    | 1.820      | .0005   | .0049      | .9951  | 12 | 48    |      |     |
| 16    | 49 | .3170                                | .6830      | 1.544     | .3172    | 1.528      | .0005   | .0050      | .9950  | 11 | 44    |      |     |
| 20    | 50 | .03199                               | .96801     | 31.257    | .03201   | 31.241     | 1.0005  | .00051     | .99949 | 10 | 40    |      |     |
| 24    | 51 | .3228                                | .6772      | 0.976     | .3230    | 0.960      | .0005   | .0052      | .9948  | 9  | 36    |      |     |
| 28    | 52 | .3257                                | .6743      | 0.699     | .3259    | 0.683      | .0005   | .0053      | .9947  | 8  | 32    |      |     |
| 32    | 53 | .3286                                | .6713      | 0.428     | .3288    | 0.411      | .0005   | .0054      | .9946  | 7  | 28    |      |     |
| 36    | 54 | .3315                                | .6684      | 0.161     | .3317    | 0.145      | .0005   | .0055      | .9945  | 6  | 24    |      |     |
| 40    | 55 | .03344                               | .96655     | 29.899    | .03346   | 29.882     | 1.0005  | .00056     | .99944 | 5  | 20    |      |     |
| 44    | 56 | .3374                                | .6626      | 9.641     | .3375    | 9.624      | .0006   | .0057      | .9943  | 4  | 16    |      |     |
| 48    | 57 | .3403                                | .6597      | 9.388     | .3405    | 9.371      | .0006   | .0058      | .9942  | 3  | 12    |      |     |
| 52    | 58 | .3432                                | .6568      | 9.139     | .3434    | 9.122      | .0006   | .0059      | .9941  | 2  | 8     |      |     |
| 56    | 59 | .3461                                | .6539      | 8.894     | .3463    | 8.877      | .0006   | .0060      | .9940  | 1  | 4     |      |     |
| 8     | 60 | .3490                                | .6510      | 8.654     | .3492    | 8.636      | .0006   | .0061      | .9939  | 0  | 52    |      |     |



| 0h    | 2º | Funciones naturales trigonométricas. |            |           |          |            |         |            |        | 177º | 11h   |
|-------|----|--------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|------|-------|
| M. S. | M. | Senó                                 | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Senó verso | Coseno | M.   | M. S. |
| 8     | 0  | .03490                               | .96510     | 28.654    | .03492   | 28.636     | 1.0006  | .00061     | .99939 | 60   | 52    |
| 4     | 1  | .3519                                | .6481      | 8.417     | .3521    | 8.399      | .0006   | .0062      | .9938  | 59   | 56    |
| 8     | 2  | .3548                                | .6452      | 8.184     | .3550    | 8.166      | .0006   | .0063      | .9937  | 58   | 52    |
| 12    | 3  | .3577                                | .6423      | 7.955     | .3579    | 7.937      | .0006   | .0064      | .9936  | 57   | 48    |
| 16    | 4  | .3606                                | .6394      | 7.730     | .3608    | 7.712      | .0006   | .0065      | .9935  | 56   | 44    |
| 20    | 5  | .03635                               | .96365     | 27.508    | .03638   | 27.490     | 1.0007  | .00066     | .99934 | 55   | 40    |
| 24    | 6  | .3664                                | .6336      | 7.290     | .3667    | 7.271      | .0007   | .0067      | .9933  | 54   | 36    |
| 28    | 7  | .3693                                | .6306      | 7.075     | .3696    | 7.056      | .0007   | .0068      | .9932  | 53   | 32    |
| 32    | 8  | .3722                                | .6277      | 6.864     | .3725    | 6.845      | .0007   | .0069      | .9931  | 52   | 28    |
| 36    | 9  | .3751                                | .6248      | 6.655     | .3754    | 6.637      | .0007   | .0070      | .9930  | 51   | 24    |
| 40    | 10 | .03781                               | .96219     | 26.450    | .03783   | 26.432     | 1.0007  | .00071     | .99928 | 50   | 20    |
| 44    | 11 | .3810                                | .6190      | 6.249     | .3812    | 6.230      | .0007   | .0073      | .9927  | 49   | 16    |
| 48    | 12 | .3839                                | .6161      | 6.050     | .3842    | 6.031      | .0007   | .0074      | .9926  | 48   | 12    |
| 52    | 13 | .3868                                | .6132      | 5.854     | .3871    | 5.835      | .0007   | .0075      | .9925  | 47   | 8     |
| 56    | 14 | .3897                                | .6103      | 5.661     | .3900    | 5.642      | .0008   | .0076      | .9924  | 46   | 4     |
| 9     | 15 | .03926                               | .96074     | 25.471    | .03929   | 25.452     | 1.0008  | .00077     | .99923 | 45   | 51    |
| 4     | 16 | .3955                                | .6045      | 5.284     | .3958    | 5.264      | .0008   | .0078      | .9922  | 44   | 56    |
| 8     | 17 | .3984                                | .6016      | 5.100     | .3987    | 5.080      | .0008   | .0079      | .9921  | 43   | 52    |
| 12    | 18 | .4013                                | .5987      | 4.918     | .4016    | 4.898      | .0008   | .0080      | .9919  | 42   | 48    |
| 16    | 19 | .4042                                | .5958      | 4.739     | .4045    | 4.718      | .0008   | .0082      | .9918  | 41   | 44    |
| 20    | 20 | .04071                               | .95929     | 24.562    | .04075   | 24.542     | 1.0008  | .00083     | .99917 | 40   | 40    |
| 24    | 21 | .4100                                | .5900      | 4.388     | .4104    | 4.367      | .0008   | .0084      | .9916  | 39   | 36    |
| 28    | 22 | .4129                                | .5870      | 4.216     | .4133    | 4.196      | .0008   | .0085      | .9915  | 38   | 32    |
| 32    | 23 | .4158                                | .5841      | 4.047     | .4162    | 4.026      | .0009   | .0086      | .9913  | 37   | 28    |
| 36    | 24 | .4187                                | .5812      | 3.880     | .4191    | 3.859      | .0009   | .0088      | .9912  | 36   | 24    |
| 40    | 25 | .04217                               | .95783     | 23.716    | .04220   | 23.694     | 1.0009  | .00089     | .99911 | 35   | 20    |
| 44    | 26 | .4246                                | .5754      | 3.553     | .4249    | 3.532      | .0009   | .0090      | .9910  | 34   | 16    |
| 48    | 27 | .4275                                | .5725      | 3.393     | .4279    | 3.372      | .0009   | .0091      | .9908  | 33   | 12    |
| 52    | 28 | .4304                                | .5696      | 3.235     | .4308    | 3.214      | .0009   | .0093      | .9907  | 32   | 8     |
| 56    | 29 | .4333                                | .5667      | 3.079     | .4337    | 3.058      | .0009   | .0094      | .9906  | 31   | 4     |
| 10    | 30 | .04362                               | .95638     | 22.925    | .04366   | 22.904     | 1.0009  | .00095     | .99905 | 30   | 50    |
| 4     | 31 | .4391                                | .5609      | 2.774     | .4395    | 2.752      | .0010   | .0096      | .9903  | 29   | 56    |
| 8     | 32 | .4420                                | .5580      | 2.624     | .4424    | 2.602      | .0010   | .0098      | .9902  | 28   | 52    |
| 12    | 33 | .4449                                | .5551      | 2.476     | .4453    | 2.454      | .0010   | .0099      | .9901  | 27   | 48    |
| 16    | 34 | .4478                                | .5522      | 2.330     | .4483    | 2.308      | .0010   | .0100      | .9900  | 26   | 44    |
| 20    | 35 | .04507                               | .95493     | 22.186    | .04512   | 22.164     | 1.0010  | .00102     | .99898 | 25   | 40    |
| 24    | 36 | .4536                                | .5464      | 2.044     | .4541    | 2.022      | .0010   | .0103      | .9897  | 24   | 36    |
| 28    | 37 | .4565                                | .5435      | 1.904     | .4570    | 1.881      | .0010   | .0104      | .9896  | 23   | 32    |
| 32    | 38 | .4594                                | .5405      | 1.765     | .4599    | 1.742      | .0010   | .0106      | .9894  | 22   | 28    |
| 36    | 39 | .4623                                | .5376      | 1.629     | .4628    | 1.606      | .0011   | .0107      | .9893  | 21   | 24    |
| 40    | 40 | .04652                               | .95347     | 21.494    | .04657   | 21.470     | 1.0011  | .00108     | .99892 | 20   | 20    |
| 44    | 41 | .4681                                | .5318      | 1.360     | .4687    | 1.337      | .0011   | .0110      | .9890  | 19   | 16    |
| 48    | 42 | .4711                                | .5289      | 1.228     | .4716    | 1.205      | .0011   | .0111      | .9889  | 18   | 12    |
| 52    | 43 | .4740                                | .5260      | 1.098     | .4745    | 1.075      | .0011   | .0112      | .9888  | 17   | 8     |
| 56    | 44 | .4769                                | .5231      | 0.970     | .4774    | 0.946      | .0011   | .0114      | .9886  | 16   | 4     |
| 11    | 45 | .04798                               | .95202     | 20.843    | .04803   | 20.819     | 1.0011  | .00115     | .99885 | 15   | 49    |
| 4     | 46 | .4827                                | .5173      | 0.717     | .4832    | 0.693      | .0012   | .0116      | .9883  | 14   | 56    |
| 8     | 47 | .4856                                | .5144      | 0.593     | .4862    | 0.569      | .0012   | .0118      | .9882  | 13   | 52    |
| 12    | 48 | .4885                                | .5115      | 0.471     | .4891    | 0.446      | .0012   | .0119      | .9881  | 12   | 48    |
| 16    | 49 | .4914                                | .5086      | 0.350     | .4920    | 0.325      | .0012   | .0121      | .9879  | 11   | 44    |
| 20    | 50 | .04943                               | .95057     | 20.230    | .04949   | 20.205     | 1.0012  | .00122     | .99878 | 10   | 40    |
| 24    | 51 | .4972                                | .5028      | 0.112     | .4978    | 0.087      | .0012   | .0124      | .9876  | 9    | 36    |
| 28    | 52 | .5001                                | .4999      | 19.995    | .5007    | 19.970     | .0012   | .0125      | .9875  | 8    | 32    |
| 32    | 53 | .5030                                | .4970      | 9.880     | .5037    | 9.854      | .0013   | .0127      | .9873  | 7    | 28    |
| 36    | 54 | .5059                                | .4941      | 9.766     | .5066    | 9.740      | .0013   | .0128      | .9872  | 6    | 24    |
| 40    | 55 | .05088                               | .94912     | 19.653    | .05095   | 19.627     | 1.0013  | .00129     | .99870 | 5    | 20    |
| 44    | 56 | .5117                                | .4883      | 9.541     | .5124    | 9.515      | .0013   | .0131      | .9869  | 4    | 16    |
| 48    | 57 | .5146                                | .4853      | 9.431     | .5153    | 9.405      | .0013   | .0132      | .9867  | 3    | 12    |
| 52    | 58 | .5175                                | .4824      | 9.322     | .5182    | 9.296      | .0013   | .0134      | .9866  | 2    | 8     |
| 56    | 59 | .5204                                | .4795      | 9.214     | .5212    | 9.188      | .0013   | .0135      | .9864  | 1    | 4     |
| 12    | 60 | .5234                                | .4766      | 9.107     | .5241    | 9.081      | .0014   | .0137      | .9863  | 0    | 48    |



| 0h   | 3° | Funciones naturales trigonométricas. |            |           |          |            |         |            |        | 176° | 11h  |
|------|----|--------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|------|------|
| M.S. | M. | Seno                                 | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Seno verso | Coseno | M.   | M.S. |
| 12   | 0  | .05234                               | .94766     | 19.107    | .05241   | 19.081     | 1.0014  | .00137     | .99863 | 60   | 48   |
| 4    | 1  | .5263                                | .4737      | 9.002     | .5270    | 8.975      | .0014   | .0138      | .9861  | 59   | 56   |
| 8    | 2  | .5292                                | .4708      | 8.897     | .5299    | 8.871      | .0014   | .0140      | .9860  | 58   | 52   |
| 12   | 3  | .5321                                | .4679      | 8.794     | .5328    | 8.768      | .0014   | .0142      | .9858  | 57   | 48   |
| 16   | 4  | .5350                                | .4650      | 8.692     | .5357    | 8.665      | .0014   | .0143      | .9857  | 56   | 44   |
| 20   | 5  | .05379                               | .94621     | 18.591    | .05387   | 18.564     | 1.0014  | .00145     | .99855 | 55   | 40   |
| 24   | 6  | .5408                                | .4592      | 8.491     | .5416    | 8.464      | .0015   | .0146      | .9854  | 54   | 36   |
| 28   | 7  | .5437                                | .4563      | 8.393     | .5445    | 8.365      | .0015   | .0148      | .9852  | 53   | 32   |
| 32   | 8  | .5466                                | .4534      | 8.295     | .5474    | 8.268      | .0015   | .0149      | .9850  | 52   | 28   |
| 36   | 9  | .5495                                | .4505      | 8.198     | .5503    | 8.171      | .0015   | .0151      | .9849  | 51   | 24   |
| 40   | 10 | .05524                               | .94476     | 18.103    | .05532   | 18.075     | 1.0015  | .00153     | .99847 | 50   | 20   |
| 44   | 11 | .5553                                | .4447      | 8.008     | .5562    | 7.980      | .0015   | .0154      | .9846  | 49   | 16   |
| 48   | 12 | .5582                                | .4418      | 7.914     | .5591    | 7.886      | .0016   | .0156      | .9844  | 48   | 12   |
| 52   | 13 | .5611                                | .4389      | 7.821     | .5620    | 7.793      | .0016   | .0157      | .9842  | 47   | 8    |
| 56   | 14 | .5640                                | .4360      | 7.730     | .5649    | 7.701      | .0016   | .0159      | .9841  | 46   | 4    |
| 18   | 15 | .05669                               | .94331     | 17.639    | .05678   | 17.610     | 1.0016  | .00161     | .99839 | 45   | 47   |
| 4    | 16 | .5698                                | .4302      | 7.549     | .5707    | 7.520      | .0016   | .0162      | .9837  | 44   | 56   |
| 8    | 17 | .5727                                | .4273      | 7.460     | .5737    | 7.431      | .0016   | .0164      | .9836  | 43   | 52   |
| 12   | 18 | .5756                                | .4244      | 7.372     | .5766    | 7.343      | .0017   | .0166      | .9834  | 42   | 48   |
| 16   | 19 | .5785                                | .4214      | 7.285     | .5795    | 7.256      | .0017   | .0167      | .9832  | 41   | 44   |
| 20   | 20 | .05814                               | .94185     | 17.198    | .05824   | 17.169     | 1.0017  | .00169     | .99831 | 40   | 40   |
| 24   | 21 | .5843                                | .4156      | 7.113     | .5853    | 7.084      | .0017   | .0171      | .9829  | 39   | 36   |
| 28   | 22 | .5872                                | .4127      | 7.028     | .5883    | 6.999      | .0017   | .0172      | .9827  | 38   | 32   |
| 32   | 23 | .5902                                | .4098      | 6.944     | .5912    | 6.915      | .0017   | .0174      | .9826  | 37   | 28   |
| 36   | 24 | .5931                                | .4069      | 6.861     | .5941    | 6.832      | .0018   | .0176      | .9824  | 36   | 24   |
| 40   | 25 | .05960                               | .94040     | 16.779    | .05970   | 16.750     | 1.0018  | .00178     | .99822 | 35   | 20   |
| 44   | 26 | .5989                                | .4011      | 6.698     | .5999    | 6.668      | .0018   | .0179      | .9820  | 34   | 16   |
| 48   | 27 | .6018                                | .3982      | 6.617     | .6029    | 6.587      | .0018   | .0181      | .9819  | 33   | 12   |
| 52   | 28 | .6047                                | .3953      | 6.538     | .6058    | 6.507      | .0018   | .0183      | .9817  | 32   | 8    |
| 56   | 29 | .6076                                | .3924      | 6.459     | .6087    | 6.428      | .0018   | .0185      | .9815  | 31   | 4    |
| 14   | 30 | .06105                               | .93895     | 16.380    | .06116   | 16.350     | 1.0019  | .00186     | .99813 | 30   | 46   |
| 4    | 31 | .6134                                | .3866      | 6.303     | .6145    | 6.272      | .0019   | .0188      | .9812  | 29   | 56   |
| 8    | 32 | .6163                                | .3837      | 6.226     | .6175    | 6.195      | .0019   | .0190      | .9810  | 28   | 52   |
| 12   | 33 | .6192                                | .3808      | 6.150     | .6204    | 6.119      | .0019   | .0192      | .9808  | 27   | 48   |
| 16   | 34 | .6221                                | .3777      | 6.075     | .6233    | 6.043      | .0019   | .0194      | .9806  | 26   | 44   |
| 20   | 35 | .06250                               | .93750     | 16.000    | .06262   | 15.969     | 1.0019  | .00195     | .99804 | 25   | 40   |
| 24   | 36 | .6279                                | .3721      | 5.926     | .6291    | 5.894      | .0020   | .0197      | .9803  | 24   | 56   |
| 28   | 37 | .6308                                | .3692      | 5.853     | .6321    | 5.821      | .0020   | .0199      | .9801  | 23   | 52   |
| 32   | 38 | .6337                                | .3663      | 5.780     | .6350    | 5.748      | .0020   | .0201      | .9799  | 22   | 48   |
| 36   | 39 | .6366                                | .3634      | 5.708     | .6379    | 5.676      | .0020   | .0203      | .9797  | 21   | 44   |
| 40   | 40 | .06395                               | .93605     | 15.637    | .06408   | 15.605     | 1.0020  | .00205     | .99795 | 20   | 40   |
| 44   | 41 | .6424                                | .3576      | 5.566     | .6437    | 5.534      | .0021   | .0206      | .9793  | 19   | 36   |
| 48   | 42 | .6453                                | .3547      | 5.496     | .6467    | 5.464      | .0021   | .0208      | .9791  | 18   | 32   |
| 52   | 43 | .6482                                | .3518      | 5.427     | .6496    | 5.394      | .0021   | .0210      | .9790  | 17   | 28   |
| 56   | 44 | .6511                                | .3489      | 5.358     | .6525    | 5.325      | .0021   | .0212      | .9788  | 16   | 24   |
| 15   | 45 | .06540                               | .93460     | 15.290    | .06554   | 15.257     | 1.0021  | .00214     | .99786 | 15   | 45   |
| 4    | 46 | .6569                                | .3431      | 4.222     | .6583    | 5.189      | .0022   | .0216      | .9784  | 14   | 56   |
| 8    | 47 | .6598                                | .3402      | 5.155     | .6613    | 5.122      | .0022   | .0218      | .9782  | 13   | 52   |
| 12   | 48 | .6627                                | .3373      | 5.089     | .6642    | 5.056      | .0022   | .0220      | .9780  | 12   | 48   |
| 16   | 49 | .6656                                | .3343      | 5.023     | .6671    | 4.990      | .0022   | .0222      | .9778  | 11   | 44   |
| 20   | 50 | .06685                               | .93314     | 14.958    | .06700   | 14.924     | 1.0022  | .00224     | .99776 | 10   | 40   |
| 24   | 51 | .6714                                | .3285      | 4.893     | .6730    | 4.860      | .0023   | .0226      | .9774  | 9    | 36   |
| 28   | 52 | .6743                                | .3256      | 4.829     | .6759    | 4.795      | .0023   | .0228      | .9772  | 8    | 32   |
| 32   | 53 | .6772                                | .3227      | 4.765     | .6788    | 4.732      | .0023   | .0230      | .9770  | 7    | 28   |
| 36   | 54 | .6801                                | .3198      | 4.702     | .6817    | 4.668      | .0023   | .0231      | .9768  | 6    | 24   |
| 40   | 55 | .06830                               | .93169     | 14.640    | .06846   | 14.606     | 1.0023  | .00233     | .99766 | 5    | 20   |
| 44   | 56 | .6859                                | .3140      | 4.578     | .6876    | 4.544      | .0024   | .0235      | .9764  | 4    | 16   |
| 48   | 57 | .6888                                | .3111      | 4.517     | .6905    | 4.482      | .0024   | .0237      | .9762  | 3    | 12   |
| 52   | 58 | .6918                                | .3082      | 4.456     | .6934    | 4.421      | .0024   | .0239      | .9760  | 2    | 8    |
| 56   | 59 | .6947                                | .3053      | 4.395     | .6963    | 4.361      | .0024   | .0241      | .9758  | 1    | 4    |
| 16   | 60 | .6976                                | .3024      | 4.335     | .6993    | 4.301      | .0024   | .0243      | .9756  | 0    | 44   |

| 0h    | 4° | Funciones naturales trigonométricas |            |           |          |            |         |            |        | 175° | 11h   |
|-------|----|-------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|------|-------|
| M. S. | M. | Seno                                | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Seno verso | Coseno | M.   | M. S. |
| 16    | 0  | .06976                              | .93024     | 14.325    | .06993   | 14.301     | 1.0024  | .00243     | .99756 | 60   | 44    |
| 4     | 1  | .7005                               | .2995      | 4.276     | .7022    | 4.241      | .0025   | .0246      | .9754  | 59   | 56    |
| 8     | 2  | .7034                               | .2966      | 4.217     | .7051    | 4.182      | .0025   | .0248      | .9752  | 58   | 52    |
| 12    | 3  | .7063                               | .2937      | 4.159     | .7080    | 4.123      | .0025   | .0250      | .9750  | 57   | 48    |
| 16    | 4  | .7092                               | .2908      | 4.101     | .7110    | 4.065      | .0025   | .0252      | .9748  | 56   | 44    |
| 20    | 5  | .7121                               | .2879      | 4.043     | .7139    | 4.008      | 1.0025  | .00254     | .99746 | 55   | 40    |
| 24    | 6  | .7150                               | .2850      | 3.986     | .7168    | 3.951      | .0026   | .0256      | .9744  | 54   | 36    |
| 28    | 7  | .7179                               | .2821      | 3.930     | .7197    | 3.894      | .0026   | .0258      | .9742  | 53   | 32    |
| 32    | 8  | .7208                               | .2792      | 3.874     | .7226    | 3.838      | .0026   | .0260      | .9740  | 52   | 28    |
| 36    | 9  | .7237                               | .2763      | 3.818     | .7256    | 3.782      | .0026   | .0262      | .9738  | 51   | 24    |
| 40    | 10 | .7266                               | .2734      | 3.763     | .7285    | 3.727      | 1.0026  | .00264     | .99736 | 50   | 20    |
| 44    | 11 | .7295                               | .2705      | 3.708     | .7314    | 3.672      | .0027   | .0266      | .9733  | 49   | 16    |
| 48    | 12 | .7324                               | .2676      | 3.654     | .7343    | 3.617      | .0027   | .0268      | .9731  | 48   | 12    |
| 52    | 13 | .7353                               | .2647      | 3.600     | .7373    | 3.563      | .0027   | .0271      | .9729  | 47   | 8     |
| 56    | 14 | .7382                               | .2618      | 3.547     | .7402    | 3.510      | .0027   | .0273      | .9727  | 46   | 4     |
| 17    | 15 | .7411                               | .2589      | 3.494     | .7431    | 3.457      | 1.0027  | .00275     | .99725 | 45   | 43    |
| 4     | 16 | .7440                               | .2560      | 3.441     | .7460    | 3.404      | .0028   | .0277      | .9723  | 44   | 56    |
| 8     | 17 | .7469                               | .2531      | 3.389     | .7490    | 3.351      | .0028   | .0279      | .9721  | 43   | 52    |
| 12    | 18 | .7498                               | .2502      | 3.337     | .7519    | 3.299      | .0028   | .0281      | .9718  | 42   | 48    |
| 16    | 19 | .7527                               | .2473      | 3.286     | .7548    | 3.248      | .0028   | .0284      | .9716  | 41   | 44    |
| 20    | 20 | .7556                               | .2444      | 3.235     | .7577    | 3.197      | 1.0029  | .00286     | .99714 | 40   | 40    |
| 24    | 21 | .7585                               | .2415      | 3.184     | .7607    | 3.146      | .0029   | .0288      | .9712  | 39   | 36    |
| 28    | 22 | .7614                               | .2386      | 3.134     | .7636    | 3.096      | .0029   | .0290      | .9710  | 38   | 32    |
| 32    | 23 | .7643                               | .2357      | 3.084     | .7665    | 3.046      | .0029   | .0292      | .9707  | 37   | 28    |
| 36    | 24 | .7672                               | .2328      | 3.034     | .7694    | 2.996      | .0029   | .0295      | .9705  | 36   | 24    |
| 40    | 25 | .7701                               | .2299      | 2.985     | .7724    | 2.947      | 1.0030  | .00297     | .99703 | 35   | 20    |
| 44    | 26 | .7730                               | .2270      | 2.937     | .7753    | 2.898      | .0030   | .0299      | .9701  | 34   | 16    |
| 48    | 27 | .7759                               | .2241      | 2.888     | .7782    | 2.849      | .0030   | .0301      | .9698  | 33   | 12    |
| 52    | 28 | .7788                               | .2212      | 2.840     | .7812    | 2.801      | .0030   | .0304      | .9696  | 32   | 8     |
| 56    | 29 | .7817                               | .2183      | 2.793     | .7841    | 2.754      | .0031   | .0306      | .9694  | 31   | 4     |
| 18    | 30 | .7846                               | .2154      | 2.745     | .7870    | 2.706      | 1.0031  | .00308     | .99692 | 30   | 42    |
| 4     | 31 | .7875                               | .2125      | 2.698     | .7899    | 2.659      | .0031   | .0310      | .9689  | 29   | 56    |
| 8     | 32 | .7904                               | .2096      | 2.652     | .7929    | 2.612      | .0031   | .0313      | .9687  | 28   | 52    |
| 12    | 33 | .7933                               | .2067      | 2.606     | .7958    | 2.566      | .0032   | .0315      | .9685  | 27   | 48    |
| 16    | 34 | .7962                               | .2038      | 2.560     | .7987    | 2.520      | .0032   | .0317      | .9682  | 26   | 44    |
| 20    | 35 | .7991                               | .2009      | 2.514     | .8016    | 2.474      | 1.0032  | .00320     | .99680 | 25   | 40    |
| 24    | 36 | .8020                               | .1980      | 2.469     | .8046    | 2.429      | .0032   | .0322      | .9678  | 24   | 36    |
| 28    | 37 | .8049                               | .1951      | 2.424     | .8075    | 2.384      | .0032   | .0324      | .9675  | 23   | 32    |
| 32    | 38 | .8078                               | .1922      | 2.379     | .8104    | 2.339      | .0033   | .0327      | .9673  | 22   | 28    |
| 36    | 39 | .8107                               | .1893      | 2.335     | .8134    | 2.295      | .0033   | .0329      | .9671  | 21   | 24    |
| 40    | 40 | .8136                               | .1864      | 2.291     | .8163    | 2.250      | 1.0033  | .00331     | .99668 | 20   | 20    |
| 44    | 41 | .8165                               | .1835      | 2.248     | .8192    | 2.207      | .0033   | .0334      | .9666  | 19   | 16    |
| 48    | 42 | .8194                               | .1806      | 2.204     | .8221    | 2.163      | .0034   | .0336      | .9664  | 18   | 12    |
| 52    | 43 | .8223                               | .1777      | 2.161     | .8251    | 2.120      | .0034   | .0339      | .9661  | 17   | 8     |
| 56    | 44 | .8252                               | .1748      | 2.118     | .8280    | 2.077      | .0034   | .0341      | .9659  | 16   | 4     |
| 19    | 45 | .8281                               | .1719      | 2.076     | .8309    | 2.035      | 1.0034  | .00343     | .99656 | 15   | 41    |
| 4     | 46 | .8310                               | .1690      | 2.034     | .8339    | 1.992      | .0035   | .0346      | .9654  | 14   | 56    |
| 8     | 47 | .8339                               | .1661      | 1.992     | .8368    | 1.950      | .0035   | .0348      | .9652  | 13   | 52    |
| 12    | 48 | .8368                               | .1632      | 1.950     | .8397    | 1.909      | .0035   | .0351      | .9649  | 12   | 48    |
| 16    | 49 | .8397                               | .1603      | 1.909     | .8426    | 1.867      | .0035   | .0353      | .9647  | 11   | 44    |
| 20    | 50 | .8426                               | .1574      | 1.868     | .8456    | 1.826      | 1.0036  | .00356     | .99644 | 10   | 40    |
| 24    | 51 | .8455                               | .1545      | 1.828     | .8485    | 1.785      | .0036   | .0358      | .9642  | 9    | 36    |
| 28    | 52 | .8484                               | .1516      | 1.787     | .8514    | 1.745      | .0036   | .0360      | .9639  | 8    | 32    |
| 32    | 53 | .8513                               | .1487      | 1.747     | .8544    | 1.704      | .0036   | .0363      | .9637  | 7    | 28    |
| 36    | 54 | .8542                               | .1458      | 1.707     | .8573    | 1.664      | .0037   | .0365      | .9634  | 6    | 24    |
| 40    | 55 | .8571                               | .1429      | 1.668     | .8602    | 1.625      | 1.0037  | .00368     | .99632 | 5    | 20    |
| 44    | 56 | .8600                               | .1400      | 1.628     | .8632    | 1.585      | .0037   | .0370      | .9629  | 4    | 16    |
| 48    | 57 | .8629                               | .1371      | 1.589     | .8661    | 1.546      | .0037   | .0373      | .9627  | 3    | 12    |
| 52    | 58 | .8658                               | .1342      | 1.550     | .8690    | 1.507      | .0038   | .0375      | .9624  | 2    | 8     |
| 56    | 59 | .8687                               | .1313      | 1.512     | .8719    | 1.468      | .0038   | .0378      | .9622  | 1    | 4     |
| 20    | 60 | .8715                               | .1284      | 1.474     | .8749    | 1.430      | .0038   | .0380      | .9619  | 0    | 40    |

| 0h    | 5º | Funciones naturales trigonométricas |            |           |          |            |         |            |        | 174º | 11h   |
|-------|----|-------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|------|-------|
| M. S. | M. | Senó                                | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Senó verso | Coseno | M.   | M. S. |
| 20    | 0  | .08715                              | .91284     | 11.474    | .08749   | 11.430     | 1.0038  | .00380     | .99619 | 60   | 40    |
| 4     | 1  | .8744                               | .1255      | 1.436     | .8778    | 1.392      | .0038   | .0383      | .9617  | 59   | 56    |
| 8     | 2  | .8773                               | .1226      | 1.398     | .8807    | 1.354      | .0039   | .0386      | .9614  | 58   | 52    |
| 12    | 3  | .8802                               | .1197      | 1.360     | .8837    | 1.316      | .0039   | .0388      | .9612  | 57   | 48    |
| 16    | 4  | .8831                               | .1168      | 1.323     | .8866    | 1.279      | .0039   | .0391      | .9609  | 56   | 44    |
| 20    | 5  | .08860                              | .91139     | 11.286    | .08895   | 11.242     | 1.0039  | .00393     | .99607 | 55   | 40    |
| 24    | 6  | .8889                               | .1110      | 1.249     | .8925    | 1.295      | .0040   | .0396      | .9604  | 54   | 36    |
| 28    | 7  | .8918                               | .1082      | 1.213     | .8954    | 1.163      | .0040   | .0398      | .9601  | 53   | 32    |
| 32    | 8  | .8947                               | .1053      | 1.176     | .8983    | 1.132      | .0040   | .0401      | .9599  | 52   | 28    |
| 36    | 9  | .8976                               | .1024      | 1.140     | .9073    | 1.095      | .0040   | .0404      | .9596  | 51   | 24    |
| 40    | 10 | .09005                              | .90995     | 11.104    | .09042   | 11.059     | 1.0041  | .00406     | .99594 | 50   | 20    |
| 44    | 11 | .9034                               | .0966      | 1.069     | .9071    | 1.024      | .0041   | .0409      | .9591  | 49   | 16    |
| 48    | 12 | .9063                               | .0937      | 1.033     | .9101    | 0.988      | .0041   | .0411      | .9588  | 48   | 12    |
| 52    | 13 | .9092                               | .0908      | 0.998     | .9130    | 0.953      | .0041   | .0414      | .9586  | 47   | 8     |
| 56    | 14 | .9121                               | .0879      | 0.963     | .9159    | 0.918      | .0042   | .0417      | .9583  | 46   | 4     |
| 21    | 15 | .09150                              | .90850     | 10.929    | .09189   | 10.883     | 1.0042  | .00419     | .99580 | 45   | 39    |
| 4     | 16 | .9179                               | .0821      | 0.894     | .9218    | 0.848      | .0042   | .0422      | .9578  | 44   | 56    |
| 8     | 17 | .9208                               | .0792      | 0.860     | .9247    | 0.814      | .0043   | .0425      | .9575  | 43   | 52    |
| 12    | 18 | .9237                               | .0763      | 0.826     | .9277    | 0.780      | .0043   | .0427      | .9572  | 42   | 48    |
| 16    | 19 | .9266                               | .0734      | 0.792     | .9306    | 0.746      | .0043   | .0430      | .9570  | 41   | 44    |
| 20    | 20 | .09295                              | .90705     | 10.753    | .09335   | 10.712     | 1.0043  | .00433     | .99567 | 40   | 40    |
| 24    | 21 | .9324                               | .0676      | 0.725     | .9365    | 0.678      | .0044   | .0436      | .9564  | 39   | 36    |
| 28    | 22 | .9353                               | .0647      | 0.692     | .9394    | 0.645      | .0044   | .0438      | .9562  | 38   | 32    |
| 32    | 23 | .9382                               | .0618      | 0.659     | .9423    | 0.612      | .0044   | .0441      | .9559  | 37   | 28    |
| 36    | 24 | .9411                               | .0589      | 0.626     | .9453    | 0.579      | .0044   | .0444      | .9556  | 36   | 24    |
| 40    | 25 | .09440                              | .90560     | 10.593    | .09482   | 10.546     | 1.0045  | .00446     | .99553 | 35   | 20    |
| 44    | 26 | .9469                               | .0531      | 0.561     | .9511    | 0.514      | .0045   | .0449      | .9551  | 34   | 16    |
| 48    | 27 | .9498                               | .0502      | 0.529     | .9541    | 0.481      | .0045   | .0452      | .9548  | 33   | 12    |
| 52    | 28 | .9527                               | .0473      | 0.497     | .9570    | 0.449      | .0046   | .0455      | .9545  | 32   | 8     |
| 56    | 29 | .9556                               | .0444      | 0.465     | .9599    | 0.417      | .0046   | .0458      | .9542  | 31   | 4     |
| 22    | 30 | .09584                              | .90415     | 10.433    | .09629   | 10.385     | 1.0046  | .00460     | .99540 | 30   | 38    |
| 4     | 31 | .9613                               | .0386      | 0.402     | .9658    | 0.354      | .0046   | .0463      | .9537  | 29   | 56    |
| 8     | 32 | .9642                               | .0357      | 0.371     | .9688    | 0.322      | .0047   | .0466      | .9534  | 28   | 52    |
| 12    | 33 | .9671                               | .0328      | 0.340     | .9717    | 0.291      | .0047   | .0469      | .9531  | 27   | 48    |
| 16    | 34 | .9700                               | .0300      | 0.309     | .9746    | 0.260      | .0047   | .0472      | .9528  | 26   | 44    |
| 20    | 35 | .09729                              | .90271     | 10.278    | .09776   | 10.229     | 1.0048  | .00474     | .99525 | 25   | 40    |
| 24    | 36 | .9758                               | .0242      | 0.248     | .9805    | 0.199      | .0048   | .0477      | .9523  | 24   | 36    |
| 28    | 37 | .9787                               | .0213      | 0.217     | .9834    | 0.168      | .0048   | .0480      | .9520  | 23   | 32    |
| 32    | 38 | .9816                               | .0184      | 0.187     | .9864    | 0.138      | .0048   | .0483      | .9517  | 22   | 28    |
| 36    | 39 | .9845                               | .0155      | 0.157     | .9893    | 0.108      | .0049   | .0486      | .9514  | 21   | 24    |
| 40    | 40 | .09874                              | .90126     | 10.127    | .09922   | 10.078     | 1.0049  | .00489     | .99511 | 20   | 20    |
| 44    | 41 | .9903                               | .0097      | 0.098     | .9952    | 0.048      | .0049   | .0491      | .9508  | 19   | 16    |
| 48    | 42 | .9932                               | .0068      | 0.068     | .9981    | 0.019      | .0050   | .0494      | .9505  | 18   | 12    |
| 52    | 43 | .9961                               | .0039      | 0.039     | 1.0011   | 9.9893     | .0050   | .0497      | .9503  | 17   | 8     |
| 56    | 44 | .9990                               | .0010      | 0.010     | 1.0040   | .9601      | .0050   | .0500      | .9500  | 16   | 4     |
| 23    | 45 | .10019                              | .89981     | 9.9812    | 1.0069   | .9310      | 1.0050  | .00503     | .99497 | 15   | 37    |
| 4     | 46 | .0048                               | .9952      | .9525     | .0099    | .9021      | .0051   | .0506      | .9494  | 14   | 56    |
| 8     | 47 | .0077                               | .9923      | .9239     | .0128    | .8734      | .0051   | .0509      | .9491  | 13   | 52    |
| 12    | 48 | .0106                               | .9894      | .8955     | .0158    | .8448      | .0051   | .0512      | .9488  | 12   | 48    |
| 16    | 49 | .0134                               | .9865      | .8672     | .0187    | .8164      | .0052   | .0515      | .9485  | 11   | 44    |
| 20    | 50 | .10163                              | .89836     | 9.8391    | 1.0216   | 9.7882     | 1.0052  | .00518     | .99482 | 10   | 40    |
| 24    | 51 | .0192                               | .9807      | .8112     | .0246    | .7601      | .0052   | .0521      | .9479  | 9    | 36    |
| 28    | 52 | .0221                               | .9779      | .7834     | .0275    | .7322      | .0053   | .0524      | .9476  | 8    | 32    |
| 32    | 53 | .0250                               | .9750      | .7558     | .0305    | .7044      | .0053   | .0527      | .9473  | 7    | 28    |
| 36    | 54 | .0279                               | .9721      | .7283     | .0334    | .6768      | .0053   | .0530      | .9470  | 6    | 24    |
| 40    | 55 | .10303                              | .89692     | 9.7010    | 1.0363   | 9.6493     | 1.0053  | .00533     | .99467 | 5    | 20    |
| 44    | 56 | .0337                               | .9663      | .6739     | .0393    | .6220      | .0054   | .0536      | .9464  | 4    | 16    |
| 48    | 57 | .0366                               | .9634      | .6469     | .0422    | .5949      | .0054   | .0539      | .9461  | 3    | 12    |
| 52    | 58 | .0395                               | .9605      | .6200     | .0452    | .5679      | .0054   | .0542      | .9458  | 2    | 8     |
| 56    | 59 | .0424                               | .9576      | .5933     | .0481    | .5411      | .0055   | .0545      | .9455  | 1    | 4     |
| 24    | 60 | .0453                               | .9547      | .5663     | .0510    | .5144      | .0055   | .0548      | .9452  | 0    | 36    |

| 0h    | 6° | Funciones naturales trigonométricas |            |           |          |            |         |            |        | 173° | 11h   |
|-------|----|-------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|------|-------|
| M. S. | M. | Seno                                | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Seno verso | Coseno | M.   | M. S. |
| 24    | 0  | .10453                              | .89547     | 9.5668    | .10510   | 9.5144     | 1.0055  | .00548     | .99452 | 60   | 36    |
| 4     | 1  | .0482                               | .9518      | .5404     | .0540    | .4878      | .0055   | .0551      | .9449  | 59   | 56    |
| 8     | 2  | .0511                               | .9489      | .5141     | .0569    | .4614      | .0056   | .0554      | .9446  | 58   | 52    |
| 12    | 3  | .0540                               | .9460      | .4880     | .0599    | .4351      | .0056   | .0557      | .9443  | 57   | 48    |
| 16    | 4  | .0568                               | .9431      | .4620     | .0628    | .4090      | .0056   | .0560      | .9440  | 56   | 44    |
| 20    | 5  | .10597                              | .89402     | 9.4362    | .10657   | 9.3881     | 1.0057  | .00563     | .99437 | 55   | 40    |
| 24    | 6  | .0626                               | .9373      | .4105     | .0687    | .3572      | .0057   | .0566      | .9434  | 54   | 36    |
| 28    | 7  | .0655                               | .9345      | .3850     | .0716    | .3315      | .0057   | .0569      | .9431  | 53   | 32    |
| 32    | 8  | .0684                               | .9316      | .3596     | .0746    | .3060      | .0057   | .0572      | .9428  | 52   | 28    |
| 36    | 9  | .0713                               | .9287      | .3343     | .0775    | .2806      | .0058   | .0575      | .9424  | 51   | 24    |
| 40    | 10 | .10742                              | .89258     | 9.3092    | .10805   | 9.2553     | 1.0058  | .00579     | .99421 | 50   | 20    |
| 44    | 11 | .0771                               | .9229      | .2842     | .0834    | .2302      | .0058   | .0582      | .9418  | 49   | 16    |
| 48    | 12 | .0800                               | .9200      | .2593     | .0863    | .2051      | .0059   | .0585      | .9415  | 48   | 12    |
| 52    | 13 | .0829                               | .9171      | .2346     | .0893    | .1803      | .0059   | .0588      | .9412  | 47   | 8     |
| 56    | 14 | .0858                               | .9142      | .2100     | .0922    | .1555      | .0059   | .0591      | .9409  | 46   | 4     |
| 25    | 15 | .10887                              | .89113     | 9.1855    | .10952   | 9.1309     | 1.0060  | .00594     | .99406 | 45   | 35    |
| 4     | 16 | .0916                               | .9084      | .1612     | .0981    | .1064      | .0060   | .0597      | .9402  | 44   | 56    |
| 8     | 17 | .0944                               | .9055      | .1370     | .1011    | .0821      | .0060   | .0601      | .9399  | 43   | 52    |
| 12    | 18 | .0973                               | .9026      | .1129     | .1040    | .0579      | .0061   | .0604      | .9396  | 42   | 48    |
| 16    | 19 | .1002                               | .8998      | .0890     | .1069    | .0338      | .0061   | .0607      | .9393  | 41   | 44    |
| 20    | 20 | .11031                              | .88969     | 9.0651    | .11099   | 9.0098     | 1.0061  | .00610     | .99390 | 40   | 40    |
| 24    | 21 | .1060                               | .8940      | .0414     | .1128    | 8.9860     | .0062   | .0613      | .9386  | 39   | 36    |
| 28    | 22 | .1089                               | .8911      | .0179     | .1158    | .9623      | .0062   | .0617      | .9383  | 38   | 32    |
| 32    | 23 | .1118                               | .8882      | .9944     | .1187    | .9387      | .0062   | .0620      | .9380  | 37   | 28    |
| 36    | 24 | .1147                               | .8853      | 8.9711    | .1217    | .9152      | .0063   | .0623      | .9377  | 36   | 24    |
| 40    | 25 | .11176                              | .88824     | 8.9479    | .11246   | 8.8918     | 1.0063  | .00626     | .99373 | 35   | 20    |
| 44    | 26 | .1205                               | .8795      | .9248     | .1276    | .8686      | .0063   | .0630      | .9370  | 34   | 16    |
| 48    | 27 | .1234                               | .8766      | .9018     | .1305    | .8455      | .0064   | .0633      | .9367  | 33   | 12    |
| 52    | 28 | .1262                               | .8737      | .8790     | .1335    | .8225      | .0064   | .0636      | .9364  | 32   | 8     |
| 56    | 29 | .1291                               | .8708      | .8563     | .1364    | .7996      | .0064   | .0639      | .9360  | 31   | 4     |
| 26    | 30 | .11320                              | .88680     | 8.8337    | .11393   | 8.7769     | 1.0065  | .00643     | .99357 | 30   | 34    |
| 4     | 31 | .1349                               | .8651      | .8112     | .1423    | .7542      | .0065   | .0646      | .9354  | 29   | 56    |
| 8     | 32 | .1378                               | .8622      | .7888     | .1452    | .7317      | .0065   | .0649      | .9350  | 28   | 52    |
| 12    | 33 | .1407                               | .8593      | .7665     | .1482    | .7093      | .0066   | .0653      | .9347  | 27   | 48    |
| 16    | 34 | .1436                               | .8564      | .7444     | .1511    | .6870      | .0066   | .0656      | .9344  | 26   | 44    |
| 20    | 35 | .11465                              | .88535     | 8.7223    | .11541   | 8.6648     | 1.0066  | .00659     | .99341 | 25   | 40    |
| 24    | 36 | .1494                               | .8506      | .7004     | .1570    | .6427      | .0067   | .0663      | .9337  | 24   | 36    |
| 28    | 37 | .1523                               | .8477      | .6786     | .1600    | .6208      | .0067   | .0666      | .9334  | 23   | 32    |
| 32    | 38 | .1551                               | .8448      | .6569     | .1629    | .5989      | .0067   | .0669      | .9330  | 22   | 28    |
| 36    | 39 | .1580                               | .8420      | .6353     | .1659    | .5772      | .0068   | .0673      | .9327  | 21   | 24    |
| 40    | 40 | .11609                              | .88391     | 8.6138    | .11688   | 8.5555     | 1.0068  | .00676     | .99324 | 20   | 20    |
| 44    | 41 | .1638                               | .8362      | .5924     | .1718    | .5340      | .0068   | .0679      | .9320  | 19   | 16    |
| 48    | 42 | .1667                               | .8333      | .5711     | .1747    | .5126      | .0069   | .0683      | .9317  | 18   | 12    |
| 52    | 43 | .1696                               | .8304      | .5499     | .1777    | .4913      | .0069   | .0686      | .9314  | 17   | 8     |
| 56    | 44 | .1725                               | .8272      | .5289     | .1806    | .4701      | .0069   | .0690      | .9310  | 16   | 4     |
| 27    | 45 | .11754                              | .88246     | 8.5079    | .11836   | 8.4489     | 1.0070  | .00693     | .99307 | 15   | 33    |
| 4     | 46 | .1783                               | .8217      | .4871     | .1865    | .4279      | .0070   | .0696      | .9303  | 14   | 56    |
| 8     | 47 | .1811                               | .8188      | .4663     | .1895    | .4070      | .0070   | .0700      | .9300  | 13   | 52    |
| 12    | 48 | .1840                               | .8160      | .4457     | .1924    | .3862      | .0071   | .0703      | .9296  | 12   | 48    |
| 16    | 49 | .1869                               | .8131      | .4251     | .1954    | .3655      | .0071   | .0707      | .9293  | 11   | 44    |
| 20    | 50 | .11898                              | .88102     | 8.4046    | .11983   | 8.3449     | 1.0071  | .00710     | .99290 | 10   | 40    |
| 24    | 51 | .1927                               | .8073      | .3843     | .2013    | .3244      | .0072   | .0714      | .9286  | 9    | 36    |
| 28    | 52 | .1956                               | .8044      | .3640     | .2042    | .3040      | .0072   | .0717      | .9283  | 8    | 32    |
| 32    | 53 | .1985                               | .8015      | .3439     | .2072    | .2837      | .0073   | .0721      | .9279  | 7    | 28    |
| 36    | 54 | .2014                               | .7986      | .3238     | .2101    | .2635      | .0073   | .0724      | .9276  | 6    | 24    |
| 40    | 55 | .12042                              | .87957     | 8.3039    | .12131   | 8.2434     | 1.0073  | .00728     | .99272 | 5    | 20    |
| 44    | 56 | .2071                               | .7928      | .2840     | .2160    | .2234      | .0074   | .0731      | .9269  | 4    | 16    |
| 48    | 57 | .2100                               | .7900      | .2642     | .2190    | .2035      | .0074   | .0735      | .9265  | 3    | 12    |
| 52    | 58 | .2129                               | .7871      | .2446     | .2219    | .1837      | .0074   | .0738      | .9262  | 2    | 8     |
| 56    | 59 | .2158                               | .7842      | .2250     | .2249    | .1640      | .0075   | .0742      | .9258  | 1    | 4     |
| 28    | 60 | .2187                               | .7813      | .2055     | .2278    | .1443      | .0075   | .0745      | .9255  | 0    | 32    |



| 0h    | 70 | Funciones naturales trigonométricas |           |           |          |            |         |            |        | 1720 | 11h   |
|-------|----|-------------------------------------|-----------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|------|-------|
| M. S. | M. | Senó                                | Co. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Senó verso | Coseno | M    | M. S. |
| 28    | 0  | .12187                              | .87813    | 8.2055    | .12278   | 8.1443     | 1.0075  | .00745     | .99255 | 60   | 32    |
| 4     | 1  | .2216                               | .7787     | .1861     | .2308    | .1248      | .0075   | .0749      | .9251  | 59   | 56    |
| 8     | 2  | .2245                               | .7755     | .1668     | .2337    | .1053      | .0076   | .0752      | .9247  | 58   | 52    |
| 12    | 3  | .2273                               | .7726     | .1476     | .2367    | .0860      | .0076   | .0756      | .9244  | 57   | 48    |
| 16    | 4  | .2302                               | .7697     | .1285     | .2396    | .0667      | .0076   | .0760      | .9240  | 56   | 44    |
| 20    | 5  | .12331                              | .87669    | 8.1094    | .12426   | 8.0476     | 1.0077  | .00763     | .99237 | 55   | 40    |
| 24    | 6  | .2360                               | .7640     | .0905     | .2456    | .0285      | .0077   | .0767      | .9233  | 54   | 36    |
| 28    | 7  | .2389                               | .7611     | .0717     | .2485    | .0095      | .0078   | .0770      | .9229  | 53   | 32    |
| 32    | 8  | .2418                               | .7582     | .0529     | .2515    | .79906     | .0078   | .0774      | .9226  | 52   | 28    |
| 36    | 9  | .2447                               | .7553     | .0342     | .2544    | .79717     | .0078   | .0778      | .9222  | 51   | 24    |
| 40    | 10 | .12476                              | .87524    | 8.0156    | .12574   | 7.9530     | 1.0079  | .00781     | .99219 | 50   | 20    |
| 44    | 11 | .2504                               | .7495     | .79971    | .2603    | .9344      | .0079   | .0785      | .9215  | 49   | 16    |
| 48    | 12 | .2533                               | .7467     | .9787     | .2633    | .9158      | .0079   | .0788      | .9211  | 48   | 12    |
| 52    | 13 | .2562                               | .7438     | .9604     | .2662    | .8973      | .0080   | .0792      | .9208  | 47   | 8     |
| 56    | 14 | .2591                               | .7409     | .9421     | .2692    | .8789      | .0080   | .0796      | .9204  | 46   | 4     |
| 29    | 15 | .12620                              | .87380    | 7.9240    | .12722   | 7.8606     | 1.0080  | .00799     | .99200 | 45   | 31    |
| 4     | 16 | .2649                               | .7351     | .9059     | .2751    | .8424      | .0081   | .0803      | .9197  | 44   | 56    |
| 8     | 17 | .2678                               | .7322     | .8879     | .2781    | .8243      | .0081   | .0807      | .9193  | 43   | 52    |
| 12    | 18 | .2706                               | .7293     | .8700     | .2810    | .8062      | .0082   | .0810      | .9189  | 42   | 48    |
| 16    | 19 | .2735                               | .7265     | .8522     | .2840    | .7882      | .0082   | .0814      | .9186  | 41   | 44    |
| 20    | 20 | .12764                              | .87236    | 7.8344    | .12869   | 7.7703     | 1.0082  | .00818     | .99182 | 40   | 40    |
| 24    | 21 | .2793                               | .7207     | .8168     | .2899    | .7525      | .0083   | .0822      | .9178  | 39   | 36    |
| 28    | 22 | .2822                               | .7178     | .7992     | .2928    | .7348      | .0083   | .0825      | .9174  | 38   | 32    |
| 32    | 23 | .2851                               | .7149     | .7817     | .2958    | .7171      | .0084   | .0829      | .9171  | 37   | 28    |
| 36    | 24 | .2879                               | .7120     | .7642     | .2988    | .6996      | .0084   | .0833      | .9167  | 36   | 24    |
| 40    | 25 | .12908                              | .87091    | 7.7469    | .13017   | 7.6821     | 1.0084  | .00837     | .99163 | 35   | 20    |
| 44    | 26 | .2937                               | .7063     | .7296     | .3047    | .6646      | .0085   | .0840      | .9160  | 34   | 16    |
| 48    | 27 | .2966                               | .7034     | .7124     | .3076    | .6473      | .0085   | .0844      | .9156  | 33   | 12    |
| 52    | 28 | .2995                               | .7005     | .6953     | .3106    | .6300      | .0085   | .0848      | .9152  | 32   | 8     |
| 56    | 29 | .3024                               | .6976     | .6783     | .3136    | .6129      | .0086   | .0852      | .9148  | 31   | 4     |
| 30    | 30 | .13053                              | .86947    | 7.6613    | .13165   | 7.5957     | 1.0086  | .00855     | .99144 | 30   | 30    |
| 4     | 31 | .3081                               | .6918     | .6444     | .3195    | .5787      | .0087   | .0859      | .9141  | 29   | 56    |
| 8     | 32 | .3110                               | .6890     | .6276     | .3224    | .5617      | .0087   | .0863      | .9137  | 28   | 52    |
| 12    | 33 | .3139                               | .6861     | .6108     | .3254    | .5449      | .0087   | .0867      | .9133  | 27   | 48    |
| 16    | 34 | .3168                               | .6832     | .5942     | .3284    | .5280      | .0088   | .0871      | .9129  | 26   | 44    |
| 20    | 35 | .13197                              | .86803    | 7.5776    | .13313   | 7.5113     | 1.0088  | .00875     | .99125 | 25   | 40    |
| 24    | 36 | .3226                               | .6774     | .5611     | .3343    | .4946      | .0089   | .0878      | .9121  | 24   | 36    |
| 28    | 37 | .3254                               | .6745     | .5446     | .3372    | .4780      | .0089   | .0882      | .9118  | 23   | 32    |
| 32    | 38 | .3283                               | .6717     | .5282     | .3402    | .4615      | .0089   | .0886      | .9114  | 22   | 28    |
| 36    | 39 | .3312                               | .6688     | .5119     | .3432    | .4451      | .0090   | .0890      | .9110  | 21   | 24    |
| 40    | 40 | .13341                              | .86659    | 7.4957    | .13461   | 7.4287     | 1.0090  | .00894     | .99106 | 20   | 20    |
| 44    | 41 | .3370                               | .6630     | .4795     | .3491    | .4124      | .0090   | .0898      | .9102  | 19   | 16    |
| 48    | 42 | .3399                               | .6601     | .4634     | .3520    | .3961      | .0091   | .0902      | .9098  | 18   | 12    |
| 52    | 43 | .3427                               | .6572     | .4474     | .3550    | .3800      | .0091   | .0905      | .9094  | 17   | 8     |
| 56    | 44 | .3456                               | .6544     | .4315     | .3580    | .3639      | .0092   | .0909      | .9090  | 16   | 4     |
| 31    | 45 | .13485                              | .86515    | 7.4156    | .13609   | 7.3479     | 1.0092  | .00913     | .99086 | 15   | 29    |
| 4     | 46 | .3514                               | .6186     | .3998     | .3639    | .3319      | .0092   | .0917      | .9083  | 14   | 56    |
| 8     | 47 | .3543                               | .6157     | .3840     | .3669    | .3160      | .0093   | .0921      | .9079  | 13   | 52    |
| 12    | 48 | .3571                               | .6128     | .3683     | .3698    | .3002      | .0093   | .0925      | .9075  | 12   | 48    |
| 16    | 49 | .3600                               | .6100     | .3527     | .3728    | .2844      | .0094   | .0929      | .9070  | 11   | 44    |
| 20    | 50 | .13629                              | .86371    | 7.3372    | .13757   | 7.2687     | 1.0094  | .00933     | .99067 | 10   | 40    |
| 24    | 51 | .3658                               | .6042     | .3217     | .3787    | .2531      | .0094   | .0937      | .9063  | 9    | 36    |
| 28    | 52 | .3687                               | .6013     | .3063     | .3817    | .2375      | .0095   | .0941      | .9059  | 8    | 32    |
| 32    | 53 | .3716                               | .6284     | .2909     | .3846    | .2220      | .0095   | .0945      | .9055  | 7    | 28    |
| 36    | 54 | .3744                               | .6255     | .2757     | .3876    | .2066      | .0096   | .0949      | .9051  | 6    | 24    |
| 40    | 55 | .13773                              | .86227    | 7.2604    | .13906   | 7.1912     | 1.0096  | .00953     | .99047 | 5    | 20    |
| 44    | 56 | .3802                               | .6198     | .2453     | .3935    | .1759      | .0097   | .0957      | .9043  | 4    | 16    |
| 48    | 57 | .3831                               | .6169     | .2302     | .3965    | .1607      | .0097   | .0961      | .9039  | 3    | 12    |
| 52    | 58 | .3860                               | .6140     | .2152     | .3995    | .1455      | .0097   | .0965      | .9035  | 2    | 8     |
| 56    | 59 | .3888                               | .6111     | .2002     | .4024    | .1304      | .0098   | .0969      | .9031  | 1    | 4     |
| 32    | 60 | .3917                               | .6083     | .1853     | .4054    | .1154      | .0098   | .0973      | .9027  | 0    | 28    |



| 0h    | 8° | Funciones naturales trigonométricas. |            |           |          |            |         |            |        | 171° | 11h   |
|-------|----|--------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|------|-------|
| M. S. | M. | Seno                                 | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Seno verso | Coseno | M.   | M. S. |
| 32    | 0  | .13917                               | .86083     | 7.1853    | .14054   | 7.1154     | 1.0098  | .00973     | .99027 | 60   | 28    |
| 4     | 1  | .3946                                | .6054      | .1704     | .4084    | .1004      | .0099   | .0977      | .9023  | 59   | 56    |
| 8     | 2  | .3975                                | .6025      | .1557     | .4113    | .0854      | .0099   | .0981      | .9019  | 58   | 52    |
| 12    | 3  | .4004                                | .5996      | .1409     | .4143    | .0706      | .0099   | .0935      | .9015  | 57   | 48    |
| 16    | 4  | .4032                                | .5967      | .1263     | .4173    | .0558      | .0100   | .0939      | .9010  | 56   | 44    |
| 20    | 5  | .4061                                | .5939      | 7.1117    | .14202   | 7.0410     | 1.0100  | .00993     | .99006 | 55   | 40    |
| 24    | 6  | .4090                                | .5910      | .0972     | .4232    | .0264      | .0101   | .0938      | .9002  | 54   | 36    |
| 28    | 7  | .4119                                | .5881      | .0927     | .4262    | .0117      | .0101   | .1002      | .8998  | 53   | 32    |
| 32    | 8  | .4148                                | .5852      | .0683     | .4291    | 6.9972     | .0102   | .1006      | .8994  | 52   | 28    |
| 36    | 9  | .4176                                | .5823      | .0539     | .4321    | 6.9827     | .0102   | .1010      | .8990  | 51   | 24    |
| 40    | 10 | .4205                                | .5795      | 7.0396    | .14351   | 6.9682     | 1.0102  | .01014     | .98986 | 50   | 20    |
| 44    | 11 | .4234                                | .5766      | .0254     | .4380    | .9538      | .0103   | .1018      | .8982  | 49   | 16    |
| 48    | 12 | .4263                                | .5737      | .0112     | .4410    | .9395      | .0103   | .1022      | .8978  | 48   | 12    |
| 52    | 13 | .4292                                | .5708      | 6.9971    | .4440    | .9252      | .0104   | .1026      | .8973  | 47   | 8     |
| 56    | 14 | .4320                                | .5679      | 6.9830    | .4470    | .9110      | .0104   | .1031      | .8969  | 46   | 4     |
| 33    | 15 | .4349                                | .5651      | 6.9690    | .14499   | 6.8969     | 1.0104  | .01035     | .98965 | 45   | 27    |
| 4     | 16 | .4378                                | .5622      | .9550     | .4529    | .8328      | .0105   | .1039      | .8961  | 44   | 56    |
| 8     | 17 | .4407                                | .5593      | .9411     | .4559    | .8687      | .0105   | .1043      | .8957  | 43   | 52    |
| 12    | 18 | .4436                                | .5564      | .9273     | .4588    | .8547      | .0106   | .1047      | .8952  | 42   | 48    |
| 16    | 19 | .4464                                | .5536      | .9135     | .4618    | .8408      | .0106   | .1052      | .8943  | 41   | 44    |
| 20    | 20 | .4493                                | .5507      | 6.8998    | .14648   | 6.8269     | 1.0107  | .01056     | .98944 | 40   | 40    |
| 24    | 21 | .4522                                | .5478      | .8861     | .4677    | .8131      | .0107   | .1060      | .8940  | 39   | 36    |
| 28    | 22 | .4551                                | .5449      | .8725     | .4707    | .7993      | .0107   | .1064      | .8936  | 38   | 32    |
| 32    | 23 | .4579                                | .5420      | .8589     | .4737    | .7856      | .0108   | .1068      | .8931  | 37   | 28    |
| 36    | 24 | .4608                                | .5392      | .8454     | .4767    | .7720      | .0108   | .1073      | .8927  | 36   | 24    |
| 40    | 25 | .4637                                | .5363      | 6.8320    | .14796   | 6.7584     | 1.0109  | .01077     | .98923 | 35   | 20    |
| 44    | 26 | .4666                                | .5334      | .8185     | .4826    | .7448      | .0109   | .1081      | .8919  | 34   | 16    |
| 48    | 27 | .4695                                | .5305      | .8052     | .4856    | .7313      | .0110   | .1085      | .8914  | 33   | 12    |
| 52    | 28 | .4723                                | .5277      | .7919     | .4886    | .7179      | .0110   | .1090      | .8910  | 32   | 8     |
| 56    | 29 | .4752                                | .5248      | .7787     | .4915    | .7045      | .0111   | .1094      | .8906  | 31   | 4     |
| 34    | 30 | .4781                                | .5219      | 6.7655    | .14945   | 6.6911     | 1.0111  | .01098     | .98901 | 30   | 26    |
| 4     | 31 | .4810                                | .5190      | .7523     | .4975    | .6779      | .0111   | .1103      | .8897  | 29   | 56    |
| 8     | 32 | .4838                                | .5161      | .7392     | .5004    | .6646      | .0112   | .1107      | .8893  | 28   | 52    |
| 12    | 33 | .4867                                | .5133      | .7262     | .5034    | .6514      | .0112   | .1111      | .8889  | 27   | 48    |
| 16    | 34 | .4896                                | .5104      | .7132     | .5064    | .6383      | .0113   | .1116      | .8884  | 26   | 44    |
| 20    | 35 | .4925                                | .5075      | 6.7003    | .15094   | 6.6252     | 1.0113  | .01120     | .98880 | 25   | 40    |
| 24    | 36 | .4953                                | .5046      | .6874     | .5123    | .6122      | .0114   | .1124      | .8876  | 24   | 36    |
| 28    | 37 | .4982                                | .5018      | .6745     | .5153    | .5992      | .0114   | .1129      | .8871  | 23   | 32    |
| 32    | 38 | .5011                                | .4989      | .6617     | .5183    | .5863      | .0115   | .1133      | .8867  | 22   | 28    |
| 36    | 39 | .5040                                | .4960      | .6490     | .5213    | .5734      | .0115   | .1137      | .8862  | 21   | 24    |
| 40    | 40 | .5068                                | .4931      | 6.6363    | .15243   | 6.5605     | 1.0115  | .01142     | .98858 | 20   | 20    |
| 44    | 41 | .5097                                | .4903      | .6237     | .5272    | .5478      | .0116   | .1146      | .8854  | 19   | 16    |
| 48    | 42 | .5126                                | .4874      | .6111     | .5302    | .5350      | .0116   | .1151      | .8849  | 18   | 12    |
| 52    | 43 | .5155                                | .4845      | .5985     | .5332    | .5223      | .0117   | .1155      | .8845  | 17   | 8     |
| 56    | 44 | .5183                                | .4816      | .5860     | .5362    | .5097      | .0117   | .1159      | .8840  | 16   | 4     |
| 35    | 45 | .5212                                | .4788      | 6.5736    | .15391   | 6.4971     | 1.0118  | .01164     | .98836 | 15   | 25    |
| 4     | 46 | .5241                                | .4759      | .5612     | .5421    | .4845      | .0118   | .1168      | .8832  | 14   | 56    |
| 8     | 47 | .5270                                | .4730      | .5488     | .5451    | .4720      | .0119   | .1173      | .8827  | 13   | 52    |
| 12    | 48 | .5298                                | .4701      | .5365     | .5481    | .4596      | .0119   | .1177      | .8823  | 12   | 48    |
| 16    | 49 | .5328                                | .4672      | .5243     | .5511    | .4472      | .0119   | .1182      | .8818  | 11   | 44    |
| 20    | 50 | .5356                                | .4644      | 6.5121    | .15540   | 6.4348     | 1.0120  | .01186     | .98814 | 10   | 40    |
| 24    | 51 | .5385                                | .4615      | .4999     | .5570    | .4225      | .0120   | .1190      | .8809  | 9    | 36    |
| 28    | 52 | .5413                                | .4586      | .4878     | .5600    | .4103      | .0121   | .1195      | .8805  | 8    | 32    |
| 32    | 53 | .5442                                | .4558      | .4757     | .5630    | .3980      | .0121   | .1199      | .8800  | 7    | 28    |
| 36    | 54 | .5471                                | .4529      | .4637     | .5659    | .3859      | .0122   | .1204      | .8796  | 6    | 24    |
| 40    | 55 | .5500                                | .4500      | 6.4517    | .15639   | 6.3737     | 1.0122  | .01203     | .98791 | 5    | 20    |
| 44    | 56 | .5528                                | .4471      | .4398     | .5719    | .3616      | .0123   | .1213      | .8787  | 4    | 16    |
| 48    | 57 | .5557                                | .4443      | .4279     | .5749    | .3496      | .0123   | .1217      | .8782  | 3    | 12    |
| 52    | 58 | .5586                                | .4414      | .4160     | .5779    | .3376      | .0124   | .1222      | .8778  | 2    | 8     |
| 56    | 59 | .5615                                | .4385      | .4042     | .5809    | .3257      | .0124   | .1227      | .8773  | 1    | 4     |
| 36    | 60 | .5643                                | .4356      | .3924     | .5838    | .3137      | .0125   | .1231      | .8769  | 0    | 24    |

| 0h    | 90 | Funciones naturales trigonométricas. |            |           |          |            |         |            |        | 170° | 11h   |
|-------|----|--------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|------|-------|
| M. S. | M. | Seno                                 | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Seno verso | Coseno | M.   | M. S. |
| 36    | 0  | .15643                               | .84356     | 6.3924    | .15838   | 6.3137     | 1.0125  | .01231     | .98769 | 60   | 24    |
|       | 4  | .15672                               | .84328     | .3807     | .5868    | .3019      | .0125   | .1236      | .8764  | 59   | 56    |
|       | 8  | .15701                               | .84299     | .3690     | .5898    | .2901      | .0125   | .1240      | .8760  | 58   | 52    |
|       | 12 | .15730                               | .84270     | .3574     | .5928    | .2783      | .0126   | .1245      | .8755  | 57   | 48    |
|       | 16 | .15758                               | .84242     | .3458     | .5958    | .2665      | .0126   | .1249      | .8750  | 56   | 44    |
|       | 20 | .15787                               | .84213     | 6.3343    | .15987   | 6.2548     | 1.0127  | .01254     | .98746 | 55   | 40    |
|       | 24 | .15816                               | .84184     | .3228     | .6017    | .2432      | .0127   | .1259      | .8741  | 54   | 36    |
|       | 28 | .15844                               | .84155     | .3113     | .6047    | .2316      | .0128   | .1263      | .8737  | 53   | 32    |
|       | 32 | .15873                               | .84127     | .2999     | .6077    | .2200      | .0128   | .1268      | .8732  | 52   | 28    |
|       | 36 | .15902                               | .84098     | .2885     | .6107    | .2085      | .0129   | .1272      | .8727  | 51   | 24    |
|       | 40 | .15931                               | .84069     | 6.2772    | .16137   | 6.1970     | 1.0129  | .01277     | .98723 | 50   | 20    |
|       | 44 | .15959                               | .84041     | .2659     | .6167    | .1856      | .0130   | .1282      | .8718  | 49   | 16    |
|       | 48 | .15988                               | .84012     | .2546     | .6196    | .1742      | .0130   | .1286      | .8714  | 48   | 12    |
|       | 52 | .16017                               | .83983     | .2434     | .6226    | .1628      | .0131   | .1291      | .8709  | 47   | 8     |
|       | 56 | .16045                               | .83954     | .2322     | .6256    | .1515      | .0131   | .1296      | .8704  | 46   | 4     |
| 37    | 15 | .16074                               | .83926     | 6.2211    | .16286   | 6.1402     | 1.0132  | .01300     | .98700 | 45   | 23    |
|       | 4  | .16103                               | .83897     | .2100     | .6316    | .1290      | .0132   | .1305      | .8695  | 44   | 56    |
|       | 8  | .16132                               | .83868     | .1990     | .6346    | .1178      | .0133   | .1310      | .8690  | 43   | 52    |
|       | 12 | .16160                               | .83840     | .1880     | .6376    | .1066      | .0133   | .1314      | .8685  | 42   | 48    |
|       | 16 | .16189                               | .83811     | .1770     | .6405    | .0955      | .0134   | .1319      | .8681  | 41   | 44    |
|       | 20 | .16218                               | .83782     | 6.1661    | .16435   | 6.0844     | 1.0134  | .01324     | .98676 | 40   | 40    |
|       | 24 | .16246                               | .83753     | .1552     | .6465    | .0734      | .0135   | .1328      | .8671  | 39   | 36    |
|       | 28 | .16275                               | .83725     | .1443     | .6495    | .0624      | .0135   | .1333      | .8667  | 38   | 32    |
|       | 32 | .16304                               | .83696     | .1335     | .6525    | .0514      | .0136   | .1338      | .8662  | 37   | 28    |
|       | 36 | .16333                               | .83667     | .1227     | .6555    | .0405      | .0136   | .1343      | .8657  | 36   | 24    |
|       | 40 | .16361                               | .83639     | 6.1120    | .16585   | 6.0296     | 1.0136  | .01347     | .98652 | 35   | 20    |
|       | 44 | .16390                               | .83610     | .1013     | .6615    | .0188      | .0137   | .1352      | .8648  | 34   | 16    |
|       | 48 | .16419                               | .83581     | .0906     | .6644    | .0080      | .0137   | .1357      | .8643  | 33   | 12    |
|       | 52 | .16447                               | .83553     | .0800     | .6674    | 5.9972     | .0138   | .1362      | .8638  | 32   | 8     |
|       | 56 | .16476                               | .83524     | .0694     | .6704    | 5.9865     | .0138   | .1367      | .8633  | 31   | 4     |
| 38    | 30 | .16505                               | .83495     | 6.0588    | .16734   | 5.9758     | 1.0139  | .01371     | .98628 | 30   | 22    |
|       | 4  | .16533                               | .83466     | .0483     | .6764    | .9651      | .0139   | .1376      | .8624  | 29   | 56    |
|       | 8  | .16562                               | .83438     | .0379     | .6794    | .9545      | .0140   | .1381      | .8619  | 28   | 52    |
|       | 12 | .16591                               | .83409     | .0274     | .6824    | .9439      | .0140   | .1386      | .8614  | 27   | 48    |
|       | 16 | .16619                               | .83380     | .0170     | .6854    | .9333      | .0141   | .1391      | .8609  | 26   | 44    |
|       | 20 | .16648                               | .83352     | 6.0066    | .16884   | 5.9228     | 1.0141  | .01395     | .98604 | 25   | 40    |
|       | 24 | .16677                               | .83323     | 5.9963    | .6914    | .9123      | .0142   | .1400      | .8600  | 24   | 36    |
|       | 28 | .16705                               | .83294     | .9860     | .6944    | .9019      | .0142   | .1405      | .8595  | 23   | 32    |
|       | 32 | .16734                               | .83266     | .9758     | .6973    | .8915      | .0143   | .1410      | .8590  | 22   | 28    |
|       | 36 | .16763                               | .83237     | .9655     | .7003    | .8811      | .0143   | .1411      | .8585  | 21   | 24    |
|       | 40 | .16791                               | .83208     | 5.9554    | .17033   | 5.8708     | 1.0144  | .01420     | .98580 | 20   | 20    |
|       | 44 | .16820                               | .83180     | .9452     | .7063    | .8605      | .0144   | .1425      | .8575  | 19   | 16    |
|       | 48 | .16849                               | .83151     | .9351     | .7093    | .8502      | .0145   | .1430      | .8570  | 18   | 12    |
|       | 52 | .16878                               | .83122     | .9250     | .7123    | .8400      | .0145   | .1434      | .8565  | 17   | 8     |
|       | 56 | .16906                               | .83094     | .9150     | .7153    | .8298      | .0146   | .1439      | .8560  | 16   | 4     |
| 39    | 45 | .16935                               | .83065     | 5.9049    | .17183   | 5.8196     | 1.0146  | .01444     | .98556 | 15   | 21    |
|       | 4  | .16964                               | .83036     | .8950     | .7213    | .8095      | .0147   | .1449      | .8551  | 14   | 56    |
|       | 8  | .16992                               | .83008     | .8850     | .7243    | .7994      | .0147   | .1454      | .8546  | 13   | 52    |
|       | 12 | .17021                               | .82979     | .8751     | .7273    | .7894      | .0148   | .1459      | .8541  | 12   | 48    |
|       | 16 | .17050                               | .82950     | .8652     | .7303    | .7793      | .0148   | .1464      | .8536  | 11   | 44    |
|       | 20 | .17078                               | .82922     | 5.8554    | .17333   | 5.7694     | 1.0149  | .01469     | .98531 | 10   | 40    |
|       | 24 | .17107                               | .82893     | .8456     | .7363    | .7594      | .0150   | .1474      | .8526  | 9    | 36    |
|       | 28 | .17136                               | .82864     | .8358     | .7393    | .7495      | .0150   | .1479      | .8521  | 8    | 32    |
|       | 32 | .17164                               | .82836     | .8261     | .7423    | .7396      | .0151   | .1484      | .8516  | 7    | 28    |
|       | 36 | .17193                               | .82807     | .8163     | .7453    | .7297      | .0151   | .1489      | .8511  | 6    | 24    |
|       | 40 | .17221                               | .82778     | 5.8067    | .17483   | 5.7199     | 1.0152  | .01494     | .98506 | 5    | 20    |
|       | 44 | .17250                               | .82750     | .7970     | .7513    | .7101      | .0152   | .1499      | .8501  | 4    | 16    |
|       | 48 | .17279                               | .82721     | .7874     | .7543    | .7004      | .0153   | .1504      | .8496  | 3    | 12    |
|       | 52 | .17307                               | .82692     | .7778     | .7573    | .6906      | .0153   | .1509      | .8491  | 2    | 8     |
|       | 56 | .17336                               | .82664     | .7683     | .7606    | .6809      | .0154   | .1514      | .8486  | 1    | 4     |
| 40    | 60 | .17365                               | .82635     | .7588     | .7633    | .6713      | .0154   | .1519      | .8481  | 0    | 20    |

| 0h    | 10° | Funciones naturales trigonométricas. |            |           |          |            |         |            |        | 169° | 11h   |
|-------|-----|--------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|------|-------|
| M. S. | M.  | Senó.                                | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Senó verso | Coseno | M.   | M. S. |
| 40    | 0   | .17365                               | .82635     | 5.7588    | .17633   | 5.6713     | 1.0154  | .01519     | .98481 | 60   | 20    |
|       | 4   | .17393                               | .82606     | .7493     | .7663    | .6616      | .0155   | .1524      | .8476  | 59   | 56    |
|       | 8   | .17422                               | .82578     | .7398     | .7693    | .6520      | .0155   | .1529      | .8471  | 58   | 52    |
|       | 12  | .17451                               | .82549     | .7304     | .7723    | .6425      | .0156   | .1534      | .8465  | 57   | 48    |
|       | 16  | .17479                               | .82521     | .7210     | .7753    | .6329      | .0156   | .1539      | .8460  | 56   | 44    |
|       | 20  | .17508                               | .82492     | 5.7117    | .17783   | 5.6234     | 1.0157  | .01544     | .98455 | 55   | 40    |
|       | 24  | .17537                               | .82463     | .7023     | .7813    | .6140      | .0157   | .1550      | .8450  | 54   | 36    |
|       | 28  | .17565                               | .82435     | .6930     | .7843    | .6045      | .0158   | .1555      | .8445  | 53   | 32    |
|       | 32  | .17594                               | .82406     | .6838     | .7873    | .5951      | .0158   | .1560      | .8440  | 52   | 28    |
|       | 36  | .17622                               | .82377     | .6745     | .7903    | .5857      | .0159   | .1565      | .8435  | 51   | 24    |
|       | 40  | .17651                               | .82349     | 5.6603    | .17933   | 5.5764     | 1.0159  | .01570     | .98430 | 50   | 20    |
|       | 44  | .17680                               | .82320     | .6561     | .7963    | .5670      | .0160   | .1575      | .8425  | 49   | 16    |
|       | 48  | .17708                               | .82291     | .6470     | .7993    | .5578      | .0160   | .1580      | .8419  | 48   | 12    |
|       | 52  | .17737                               | .82263     | .6379     | .8023    | .5485      | .0161   | .1585      | .8414  | 47   | 8     |
|       | 56  | .17766                               | .82234     | .6288     | .8053    | .5393      | .0162   | .1591      | .8409  | 46   | 4     |
| 41    | 15  | .17794                               | .82206     | 5.6197    | .18083   | 5.5301     | 1.0162  | .01596     | .98404 | 45   | 19    |
|       | 4   | .17823                               | .82177     | .6107     | .8113    | .5209      | .0163   | .1601      | .8399  | 44   | 56    |
|       | 8   | .17852                               | .82148     | .6017     | .8143    | .5117      | .0163   | .1606      | .8394  | 43   | 52    |
|       | 12  | .17880                               | .82120     | .5928     | .8173    | .5026      | .0164   | .1611      | .8388  | 42   | 48    |
|       | 16  | .17909                               | .82091     | .5838     | .8203    | .4936      | .0164   | .1617      | .8383  | 41   | 44    |
|       | 20  | .17937                               | .82062     | 5.5749    | .18233   | 5.4845     | 1.0165  | .01622     | .98378 | 40   | 40    |
|       | 24  | .17966                               | .82034     | .5660     | .8263    | .4755      | .0165   | .1627      | .8373  | 39   | 36    |
|       | 28  | .17995                               | .82005     | .5572     | .8293    | .4665      | .0166   | .1632      | .8368  | 38   | 32    |
|       | 32  | .18023                               | .81977     | .5484     | .8323    | .4575      | .0166   | .1638      | .8362  | 37   | 28    |
|       | 36  | .18052                               | .81948     | .5396     | .8353    | .4486      | .0167   | .1643      | .8357  | 36   | 24    |
|       | 40  | .18080                               | .81919     | 5.5308    | .18383   | 5.4396     | 1.0167  | .01648     | .98352 | 35   | 20    |
|       | 44  | .18109                               | .81891     | .5221     | .8413    | .4308      | .0168   | .1653      | .8347  | 34   | 16    |
|       | 48  | .18138                               | .81862     | .5134     | .8444    | .4219      | .0169   | .1659      | .8341  | 33   | 12    |
|       | 52  | .18166                               | .81834     | .5047     | .8474    | .4131      | .0169   | .1664      | .8336  | 32   | 8     |
|       | 56  | .18195                               | .81805     | .4960     | .8504    | .4043      | .0170   | .1669      | .8331  | 31   | 4     |
| 42    | 30  | .18223                               | .81776     | 5.4874    | .18534   | 5.3955     | 1.0170  | .01674     | .98325 | 30   | 18    |
|       | 4   | .18252                               | .81748     | .4788     | .8564    | .3868      | .0171   | .1680      | .8320  | 29   | 56    |
|       | 8   | .18281                               | .81719     | .4702     | .8594    | .3780      | .0171   | .1685      | .8315  | 28   | 52    |
|       | 12  | .18309                               | .81691     | .4617     | .8624    | .3694      | .0172   | .1690      | .8309  | 27   | 48    |
|       | 16  | .18338                               | .81662     | .4532     | .8654    | .3607      | .0172   | .1696      | .8304  | 26   | 44    |
|       | 20  | .18366                               | .81633     | 5.4447    | .18684   | 5.3521     | 1.0173  | .01701     | .98299 | 25   | 40    |
|       | 24  | .18395                               | .81605     | .4362     | .8714    | .3434      | .0174   | .1706      | .8293  | 24   | 36    |
|       | 28  | .18424                               | .81576     | .4278     | .8745    | .3349      | .0174   | .1712      | .8288  | 23   | 32    |
|       | 32  | .18452                               | .81548     | .4194     | .8775    | .3263      | .0175   | .1717      | .8283  | 22   | 28    |
|       | 36  | .18481                               | .81519     | .4110     | .8805    | .3178      | .0175   | .1722      | .8277  | 21   | 24    |
|       | 40  | .18509                               | .81490     | 5.4026    | .18835   | 5.3093     | 1.0176  | .01725     | .98272 | 20   | 20    |
|       | 44  | .18538                               | .81462     | .3943     | .8865    | .3008      | .0176   | .1733      | .8267  | 19   | 16    |
|       | 48  | .18567                               | .81433     | .3860     | .8895    | .2923      | .0177   | .1739      | .8261  | 18   | 12    |
|       | 52  | .18595                               | .81405     | .3777     | .8925    | .2839      | .0177   | .1744      | .8256  | 17   | 8     |
|       | 56  | .18624                               | .81376     | .3695     | .8955    | .2755      | .0178   | .1749      | .8250  | 16   | 4     |
| 43    | 45  | .18652                               | .81348     | 5.3612    | .18985   | 5.2671     | 1.0179  | .01755     | .98245 | 15   | 17    |
|       | 4   | .18681                               | .81319     | .3530     | .9016    | .2588      | .0179   | .1760      | .8240  | 14   | 56    |
|       | 8   | .18709                               | .81290     | .3449     | .9046    | .2505      | .0180   | .1766      | .8234  | 13   | 52    |
|       | 12  | .18738                               | .81262     | .3367     | .9076    | .2422      | .0180   | .1771      | .8229  | 12   | 48    |
|       | 16  | .18767                               | .81233     | .3286     | .9106    | .2339      | .0181   | .1777      | .8223  | 11   | 44    |
|       | 20  | .18795                               | .81205     | 5.3205    | .19136   | 5.2257     | 1.0181  | .01782     | .98218 | 10   | 40    |
|       | 24  | .18824                               | .81176     | .3124     | .9166    | .2174      | .0182   | .1788      | .8212  | 9    | 36    |
|       | 28  | .18852                               | .81147     | .3044     | .9197    | .2092      | .0182   | .1793      | .8207  | 8    | 32    |
|       | 32  | .18881                               | .81119     | .2963     | .9227    | .2011      | .0183   | .1799      | .8201  | 7    | 28    |
|       | 36  | .18909                               | .81090     | .2883     | .9257    | .1929      | .0184   | .1804      | .8196  | 6    | 24    |
|       | 40  | .18938                               | .81062     | 5.2803    | .19287   | 5.1848     | 1.0184  | .01810     | .98190 | 5    | 20    |
|       | 44  | .18967                               | .81033     | .2724     | .9317    | .1767      | .0185   | .1815      | .8185  | 4    | 16    |
|       | 48  | .18995                               | .81005     | .2645     | .9347    | .1686      | .0185   | .1821      | .8179  | 3    | 12    |
|       | 52  | .19024                               | .80976     | .2566     | .9378    | .1606      | .0186   | .1826      | .8174  | 2    | 8     |
|       | 56  | .19052                               | .80948     | .2487     | .9408    | .1525      | .0186   | .1832      | .8168  | 1    | 4     |
| 44    | 60  | .19081                               | .80919     | .2408     | .9438    | .1445      | .0187   | .1837      | .8163  | 0    | 16    |

| 0h    | 11o | Funciones naturales trigonométricas. |            |           |          |            |         |            |        | 168o | 11h   |
|-------|-----|--------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|------|-------|
| M. S. | M.  | Seno                                 | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Seno verso | Coseno | M.   | M. S. |
| 44    | 0   | .19081                               | .80919     | 5.2408    | .19438   | 5.1445     | 1.0187  | .01837     | .98163 | 60   | 16    |
| 4     | 1   | .9109                                | .0890      | .2530     | .9468    | .1366      | .0188   | .1843      | .8157  | 59   | 56    |
| 8     | 2   | .9138                                | .0862      | .2552     | .9498    | .1286      | .0188   | .1848      | .8152  | 58   | 52    |
| 12    | 3   | .9166                                | .0833      | .2174     | .9529    | .1207      | .0189   | .1854      | .8146  | 57   | 48    |
| 16    | 4   | .9195                                | .0805      | .2097     | .9559    | .1128      | .0189   | .1859      | .8140  | 56   | 44    |
| 20    | 5   | .9224                                | .80776     | 5.2019    | .19589   | 5.1049     | 1.0190  | .01865     | .98135 | 55   | 40    |
| 24    | 6   | .9252                                | .0748      | .1942     | .9619    | .0970      | .0191   | .1871      | .8129  | 54   | 36    |
| 28    | 7   | .9281                                | .0719      | .1865     | .9649    | .0892      | .0191   | .1876      | .8124  | 53   | 32    |
| 32    | 8   | .9309                                | .0691      | .1788     | .9680    | .0814      | .0192   | .1882      | .8118  | 52   | 28    |
| 36    | 9   | .9338                                | .0662      | .1712     | .9710    | .0736      | .0192   | .1887      | .8112  | 51   | 24    |
| 40    | 10  | .9366                                | .80634     | 5.1636    | .19740   | 5.0658     | 1.0193  | .01893     | .98107 | 50   | 20    |
| 44    | 11  | .9395                                | .0605      | .1560     | .9770    | .0581      | .0193   | .1899      | .8101  | 49   | 16    |
| 48    | 12  | .9423                                | .0576      | .1484     | .9800    | .0504      | .0194   | .1904      | .8095  | 48   | 12    |
| 52    | 13  | .9452                                | .0548      | .1409     | .9831    | .0427      | .0195   | .1910      | .8090  | 47   | 8     |
| 56    | 14  | .9480                                | .0519      | .1333     | .9861    | .0350      | .0195   | .1916      | .8084  | 46   | 4     |
| 45    | 15  | .9509                                | .80491     | 5.1258    | .19891   | 5.0273     | 1.0196  | .01921     | .98078 | 45   | 15    |
| 4     | 16  | .9537                                | .0462      | .1183     | .9921    | .0197      | .0196   | .1927      | .8073  | 44   | 56    |
| 8     | 17  | .9566                                | .0434      | .1109     | .9952    | .0121      | .0197   | .1933      | .8067  | 43   | 52    |
| 12    | 18  | .9595                                | .0405      | .1034     | .9982    | .0045      | .0198   | .1938      | .8061  | 42   | 48    |
| 16    | 19  | .9623                                | .0377      | .0960     | .20012   | 4.9969     | .0198   | .1944      | .8056  | 41   | 44    |
| 20    | 20  | .9652                                | .80348     | 5.0886    | .20042   | 4.9894     | 1.0199  | .01950     | .98050 | 40   | 40    |
| 24    | 21  | .9680                                | .0320      | .0812     | .0073    | .9819      | .0199   | .1956      | .8044  | 39   | 36    |
| 28    | 22  | .9709                                | .0291      | .0739     | .0103    | .9744      | .0200   | .1961      | .8039  | 38   | 32    |
| 32    | 23  | .9737                                | .0263      | .0666     | .0133    | .9669      | .0201   | .1967      | .8033  | 37   | 28    |
| 36    | 24  | .9766                                | .0234      | .0593     | .0163    | .9594      | .0201   | .1973      | .8027  | 36   | 24    |
| 40    | 25  | .9794                                | .80206     | 5.0520    | .20194   | 4.9520     | 1.0202  | .01979     | .98021 | 35   | 20    |
| 44    | 26  | .9823                                | .0177      | .0447     | .0224    | .9446      | .0202   | .1984      | .8016  | 34   | 16    |
| 48    | 27  | .9851                                | .0149      | .0375     | .0254    | .9372      | .0203   | .1990      | .8010  | 33   | 12    |
| 52    | 28  | .9880                                | .0120      | .0302     | .0285    | .9298      | .0204   | .1996      | .8004  | 32   | 8     |
| 56    | 29  | .9908                                | .0092      | .0230     | .0315    | .9225      | .0204   | .2002      | .7998  | 31   | 4     |
| 43    | 30  | .9937                                | .80063     | 5.0158    | .20345   | 4.9151     | 1.0205  | .02007     | .97992 | 30   | 14    |
| 4     | 31  | .9965                                | .0035      | .0087     | .0375    | .9078      | .0205   | .2013      | .7987  | 29   | 56    |
| 8     | 32  | .9994                                | .0006      | .0015     | .0406    | .9006      | .0206   | .2019      | .7981  | 28   | 52    |
| 12    | 33  | .20022                               | .79978     | 4.9944    | .0436    | .8933      | .0207   | .2025      | .7975  | 27   | 48    |
| 16    | 34  | .20051                               | .79949     | 4.9873    | .0466    | .8860      | .0207   | .2031      | .7969  | 26   | 44    |
| 20    | 35  | .20079                               | .79921     | 4.9802    | .20497   | 4.8788     | 1.0208  | .02037     | .97963 | 25   | 40    |
| 24    | 36  | .0108                                | .9892      | .9732     | .0527    | .8716      | .0208   | .2042      | .7957  | 24   | 36    |
| 28    | 37  | .0136                                | .9863      | .9661     | .0557    | .8644      | .0209   | .2048      | .7952  | 23   | 32    |
| 32    | 38  | .0165                                | .9835      | .9591     | .0588    | .8573      | .0210   | .2054      | .7946  | 22   | 28    |
| 36    | 39  | .0193                                | .9807      | .9521     | .0618    | .8501      | .0210   | .2060      | .7940  | 21   | 24    |
| 40    | 40  | .20222                               | .79778     | 4.9452    | .20648   | 4.8430     | 1.0211  | .02066     | .97934 | 20   | 20    |
| 44    | 41  | .0250                                | .9750      | .9382     | .0679    | .8359      | .0211   | .2072      | .7928  | 19   | 16    |
| 48    | 42  | .0279                                | .9721      | .9313     | .0709    | .8288      | .0212   | .2078      | .7922  | 18   | 12    |
| 52    | 43  | .0307                                | .9693      | .9243     | .0739    | .8217      | .0213   | .2084      | .7916  | 17   | 8     |
| 56    | 44  | .0336                                | .9664      | .9175     | .0770    | .8147      | .0213   | .2089      | .7910  | 16   | 4     |
| 47    | 45  | .20364                               | .79636     | 4.9106    | .20800   | 4.8077     | 1.0214  | .02095     | .97904 | 15   | 13    |
| 4     | 46  | .0393                                | .9607      | .9037     | .0830    | .8007      | .0215   | .2101      | .7899  | 14   | 56    |
| 8     | 47  | .0421                                | .9579      | .8969     | .0861    | .7937      | .0215   | .2107      | .7893  | 13   | 52    |
| 12    | 48  | .0450                                | .9550      | .8901     | .0891    | .7867      | .0216   | .2113      | .7887  | 12   | 48    |
| 16    | 49  | .0478                                | .9522      | .8833     | .0921    | .7798      | .0216   | .2119      | .7881  | 11   | 44    |
| 20    | 50  | .20506                               | .79493     | 4.8765    | .20952   | 4.7728     | 1.0217  | .02125     | .97875 | 10   | 40    |
| 24    | 51  | .0535                                | .9465      | .8697     | .0982    | .7659      | .0218   | .2131      | .7869  | 9    | 36    |
| 28    | 52  | .0563                                | .9436      | .8630     | .1012    | .7591      | .0218   | .2137      | .7863  | 8    | 32    |
| 32    | 53  | .0592                                | .9408      | .8563     | .1043    | .7522      | .0219   | .2143      | .7857  | 7    | 28    |
| 36    | 54  | .0620                                | .9379      | .8496     | .1073    | .7453      | .0220   | .2149      | .7851  | 6    | 24    |
| 40    | 55  | .20649                               | .79351     | 4.8429    | .21104   | 4.7385     | 1.0220  | .02155     | .97845 | 5    | 20    |
| 44    | 56  | .0677                                | .9323      | .8362     | .1134    | .7317      | .0221   | .2161      | .7839  | 4    | 16    |
| 48    | 57  | .0706                                | .9294      | .8296     | .1164    | .7249      | .0221   | .2167      | .7833  | 3    | 12    |
| 52    | 58  | .0734                                | .9266      | .8229     | .1195    | .7181      | .0222   | .2173      | .7827  | 2    | 8     |
| 56    | 59  | .0763                                | .9237      | .8163     | .1225    | .7114      | .0223   | .2179      | .7821  | 1    | 4     |
| 49    | 60  | .0791                                | .9209      | .8097     | .1256    | .7046      | .0223   | .2185      | .7815  | 0    | 12    |



| 0h    | 12° | Funciones naturales trigonométricas |            |           |          |            |         |            |        | 167° | 11h   |
|-------|-----|-------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|------|-------|
| M. S. | M.  | Senó                                | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Senó verso | Coseno | M.   | M. S. |
| 48    | 0   | .20791                              | .79209     | 4.8097    | .21256   | 4.7046     | 1.0223  | .02185     | .97815 | 60   | 12    |
| 4     | 1   | .0820                               | .9180      | .8032     | .1286    | .6979      | .0224   | .2191      | .7809  | 59   | 56    |
| 8     | 2   | .0848                               | .9152      | .7966     | .1316    | .6912      | .0225   | .2197      | .7803  | 58   | 52    |
| 12    | 3   | .0876                               | .9123      | .7901     | .1347    | .6845      | .0225   | .2203      | .7806  | 57   | 48    |
| 16    | 4   | .0905                               | .9105      | .7835     | .1377    | .6778      | .0226   | .2209      | .7790  | 56   | 44    |
| 20    | 5   | .20933                              | .79066     | 4.7770    | .21408   | 4.6712     | 1.0226  | .02215     | .97784 | 55   | 40    |
| 24    | 6   | .0962                               | .9038      | .7706     | .1438    | .6646      | .0227   | .2222      | .7778  | 54   | 36    |
| 28    | 7   | .0990                               | .9010      | .7641     | .1468    | .6580      | .0228   | .2228      | .7772  | 53   | 32    |
| 32    | 8   | .1019                               | .8981      | .7576     | .1499    | .6514      | .0228   | .2234      | .7766  | 52   | 28    |
| 36    | 9   | .1047                               | .8953      | .7512     | .1529    | .6448      | .0229   | .2240      | .7760  | 51   | 24    |
| 40    | 10  | .21076                              | .78924     | 4.7448    | .21560   | 4.6382     | 1.0230  | .02246     | .97754 | 50   | 20    |
| 44    | 11  | .1104                               | .8896      | .7384     | .1590    | .6317      | .0230   | .2252      | .7748  | 49   | 16    |
| 48    | 12  | .1132                               | .8867      | .7320     | .1621    | .6252      | .0231   | .2258      | .7741  | 48   | 12    |
| 52    | 13  | .1161                               | .8839      | .7257     | .1651    | .6187      | .0232   | .2264      | .7735  | 47   | 8     |
| 56    | 14  | .1189                               | .8811      | .7193     | .1682    | .6122      | .0232   | .2271      | .7729  | 46   | 4     |
| 49    | 15  | .21218                              | .78782     | 4.7130    | .21712   | 4.6057     | 1.0233  | .02277     | .97723 | 45   | 11    |
| 4     | 16  | .1246                               | .8754      | .7067     | .1742    | .5993      | .0234   | .2283      | .7717  | 44   | 56    |
| 8     | 17  | .1275                               | .8725      | .7004     | .1773    | .5928      | .0234   | .2289      | .7711  | 43   | 52    |
| 12    | 18  | .1303                               | .8697      | .6942     | .1803    | .5864      | .0235   | .2295      | .7704  | 42   | 48    |
| 16    | 19  | .1331                               | .8668      | .6879     | .1834    | .5800      | .0235   | .2302      | .7698  | 41   | 44    |
| 20    | 20  | .21360                              | .78640     | 4.6817    | .21864   | 4.5736     | 1.0236  | .02308     | .97692 | 40   | 40    |
| 24    | 21  | .1338                               | .8612      | .6754     | .1895    | .5673      | .0237   | .2314      | .7686  | 39   | 36    |
| 28    | 22  | .1417                               | .8583      | .6692     | .1925    | .5609      | .0237   | .2320      | .7680  | 38   | 32    |
| 32    | 23  | .1445                               | .8555      | .6631     | .1956    | .5546      | .0238   | .2326      | .7673  | 37   | 28    |
| 36    | 24  | .1473                               | .8526      | .6569     | .1986    | .5483      | .0239   | .2333      | .7667  | 36   | 24    |
| 40    | 25  | .21502                              | .78508     | 4.6507    | .22017   | 4.5420     | 1.0239  | .02339     | .97661 | 35   | 20    |
| 44    | 26  | .1530                               | .8470      | .6446     | .2047    | .5357      | .0240   | .2345      | .7655  | 34   | 16    |
| 48    | 27  | .1559                               | .8441      | .6385     | .2078    | .5294      | .0241   | .2351      | .7648  | 33   | 12    |
| 52    | 28  | .1587                               | .8413      | .6324     | .2108    | .5232      | .0241   | .2358      | .7642  | 32   | 8     |
| 56    | 29  | .1615                               | .8384      | .6263     | .2139    | .5169      | .0242   | .2364      | .7636  | 31   | 4     |
| 50    | 30  | .21644                              | .78356     | 4.6202    | .22169   | 4.5107     | 1.0243  | .02370     | .97630 | 30   | 10    |
| 4     | 31  | .1672                               | .8328      | .6142     | .2200    | .5045      | .0243   | .2377      | .7623  | 29   | 56    |
| 8     | 32  | .1701                               | .8299      | .6081     | .2230    | .4983      | .0244   | .2383      | .7617  | 28   | 52    |
| 12    | 33  | .1729                               | .8271      | .6021     | .2261    | .4921      | .0245   | .2389      | .7611  | 27   | 48    |
| 16    | 34  | .1757                               | .8242      | .5961     | .2291    | .4860      | .0245   | .2396      | .7604  | 26   | 44    |
| 20    | 35  | .21736                              | .78214     | 4.5901    | .22322   | 4.4799     | 1.0246  | .02402     | .97598 | 25   | 40    |
| 24    | 36  | .1814                               | .8186      | .5841     | .2353    | .4737      | .0247   | .2408      | .7592  | 24   | 36    |
| 28    | 37  | .1843                               | .8154      | .5782     | .2383    | .4676      | .0247   | .2415      | .7585  | 23   | 32    |
| 32    | 38  | .1871                               | .8129      | .5722     | .2414    | .4615      | .0248   | .2421      | .7579  | 22   | 28    |
| 36    | 39  | .1899                               | .8100      | .5663     | .2444    | .4555      | .0249   | .2427      | .7573  | 21   | 24    |
| 40    | 40  | .21928                              | .78072     | 4.5604    | .22475   | 4.4494     | 1.0249  | .02434     | .97566 | 20   | 20    |
| 44    | 41  | .1956                               | .8043      | .5545     | .2505    | .4434      | .0250   | .2440      | .7560  | 19   | 16    |
| 48    | 42  | .1985                               | .8015      | .5486     | .2536    | .4373      | .0251   | .2446      | .7553  | 18   | 12    |
| 52    | 43  | .2013                               | .7987      | .5428     | .2566    | .4313      | .0251   | .2453      | .7547  | 17   | 8     |
| 56    | 44  | .2041                               | .7959      | .5369     | .2597    | .4253      | .0252   | .2459      | .7541  | 16   | 4     |
| 51    | 45  | .22070                              | .77930     | 4.5311    | .22628   | 4.4194     | 1.0253  | .02466     | .97534 | 15   | 9     |
| 4     | 46  | .2098                               | .7902      | .5253     | .2658    | .4134      | .0253   | .2472      | .7528  | 14   | 56    |
| 8     | 47  | .2126                               | .7873      | .5195     | .2689    | .4074      | .0254   | .2479      | .7521  | 13   | 52    |
| 12    | 48  | .2155                               | .7845      | .5137     | .2719    | .4015      | .0255   | .2485      | .7515  | 12   | 48    |
| 16    | 49  | .2183                               | .7817      | .5079     | .2750    | .3956      | .0255   | .2491      | .7508  | 11   | 44    |
| 20    | 50  | .2211                               | .77788     | 4.5021    | .22781   | 4.3897     | 1.0256  | .02493     | .97502 | 10   | 40    |
| 24    | 51  | .2240                               | .7760      | .4964     | .2811    | .3838      | .0257   | .2504      | .7495  | 9    | 36    |
| 28    | 52  | .2268                               | .7732      | .4907     | .2842    | .3779      | .0257   | .2511      | .7489  | 8    | 32    |
| 32    | 53  | .2297                               | .7703      | .4850     | .2872    | .3721      | .0258   | .2517      | .7483  | 7    | 28    |
| 36    | 54  | .2325                               | .7675      | .4793     | .2903    | .3662      | .0259   | .2524      | .7476  | 6    | 24    |
| 40    | 55  | .2353                               | .7647      | 4.4736    | .22934   | 4.3604     | 1.0260  | .02530     | .97470 | 5    | 20    |
| 44    | 56  | .2382                               | .7618      | .4679     | .2964    | .3546      | .0260   | .2537      | .7463  | 4    | 16    |
| 48    | 57  | .2410                               | .7590      | .4623     | .2995    | .3488      | .0261   | .2543      | .7457  | 3    | 12    |
| 52    | 58  | .2438                               | .7561      | .4566     | .3025    | .3430      | .0262   | .2550      | .7450  | 2    | 8     |
| 56    | 59  | .2467                               | .7533      | .4510     | .3056    | .3372      | .0262   | .2556      | .7443  | 1    | 4     |
| 52    | 60  | .2495                               | .7505      | .4454     | .3087    | .3315      | .0263   | .2563      | .7437  | 0    | 8     |





| Ch    | 13o | Funciones naturales trigonométricas |            |           |          |            |         |            |        | 166o | 11o   |
|-------|-----|-------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|------|-------|
| M. S. | M.  | S. eno                              | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Seno verso | Coseno | M    | M. S. |
| 52    | 0   | .22495                              | .77505     | 4.4454    | .23087   | 4.3315     | 1.0263  | .02563     | .97437 | 60   | 8     |
| 4     | 1   | .2523                               | .7476      | .4398     | .3117    | .3257      | .0264   | .2569      | .7430  | 59   | 56    |
| 8     | 2   | .2552                               | .7448      | .4342     | .3148    | .3200      | .0264   | .2576      | .7424  | 58   | 52    |
| 12    | 3   | .2580                               | .7420      | .4287     | .3179    | .3143      | .0265   | .2583      | .7417  | 57   | 48    |
| 16    | 4   | .2608                               | .7391      | .4231     | .3209    | .3086      | .0266   | .2589      | .7411  | 56   | 44    |
| 20    | 5   | .2637                               | .7363      | 4.4176    | .23240   | 4.3029     | 1.0266  | .02596     | .97404 | 55   | 40    |
| 24    | 6   | .2665                               | .7335      | .4121     | .3270    | .2972      | .0267   | .2602      | .7398  | 54   | 36    |
| 28    | 7   | .2693                               | .7306      | .4065     | .3301    | .2916      | .0268   | .2609      | .7391  | 53   | 32    |
| 32    | 8   | .2722                               | .7278      | .4011     | .3332    | .2859      | .0268   | .2616      | .7384  | 52   | 28    |
| 36    | 9   | .2750                               | .7250      | .3956     | .3363    | .2803      | .0269   | .2622      | .7378  | 51   | 24    |
| 40    | 10  | .2778                               | .7221      | 4.3901    | .23393   | 4.2747     | 1.0270  | .02629     | .97371 | 50   | 20    |
| 44    | 11  | .2807                               | .7193      | .3847     | .3424    | .2691      | .0271   | .2635      | .7364  | 49   | 16    |
| 48    | 12  | .2835                               | .7165      | .3792     | .3455    | .2635      | .0271   | .2642      | .7358  | 48   | 12    |
| 52    | 13  | .2863                               | .7136      | .3738     | .3485    | .2579      | .0272   | .2649      | .7351  | 47   | 8     |
| 56    | 14  | .2892                               | .7108      | .3684     | .3516    | .2524      | .0273   | .2655      | .7344  | 46   | 4     |
| 53    | 15  | .22920                              | .77080     | 4.3630    | .23547   | 4.2468     | 1.0273  | .02662     | .97338 | 45   | 7     |
| 4     | 16  | .2948                               | .7052      | .3577     | .3577    | .2413      | .0274   | .2669      | .7331  | 44   | 56    |
| 8     | 17  | .2977                               | .7023      | .3522     | .3608    | .2358      | .0275   | .2675      | .7324  | 43   | 52    |
| 12    | 18  | .3005                               | .6995      | .3469     | .3639    | .2303      | .0276   | .2682      | .7318  | 42   | 48    |
| 16    | 19  | .3033                               | .6967      | .3415     | .3670    | .2248      | .0276   | .2689      | .7311  | 41   | 44    |
| 20    | 20  | .23061                              | .76933     | 4.3362    | .23700   | 4.2193     | 1.0277  | .02695     | .97304 | 40   | 40    |
| 24    | 21  | .3090                               | .6910      | .3309     | .3731    | .2139      | .0278   | .2702      | .7298  | 39   | 36    |
| 28    | 22  | .3118                               | .6882      | .3256     | .3762    | .2084      | .0278   | .2709      | .7291  | 38   | 32    |
| 32    | 23  | .3146                               | .6853      | .3203     | .3793    | .2030      | .0279   | .2716      | .7284  | 37   | 28    |
| 36    | 24  | .3175                               | .6825      | .3150     | .3823    | .1976      | .0280   | .2722      | .7277  | 36   | 24    |
| 40    | 25  | .23203                              | .76797     | 4.3098    | .23854   | 4.1921     | 1.0280  | .02729     | .97271 | 35   | 20    |
| 44    | 26  | .3231                               | .6769      | .3045     | .3885    | .1867      | .0281   | .2736      | .7264  | 34   | 16    |
| 48    | 27  | .3260                               | .6740      | .2993     | .3916    | .1814      | .0282   | .2743      | .7257  | 33   | 12    |
| 52    | 28  | .3288                               | .6712      | .2941     | .3946    | .1760      | .0283   | .2749      | .7250  | 32   | 8     |
| 56    | 29  | .3316                               | .6684      | .2888     | .3977    | .1706      | .0283   | .2756      | .7244  | 31   | 4     |
| 54    | 30  | .23344                              | .76655     | 4.2836    | .24008   | 4.1653     | 1.0284  | .02763     | .97237 | 30   | 6     |
| 4     | 31  | .3373                               | .6627      | .2785     | .4039    | .1600      | .0285   | .2770      | .7230  | 29   | 56    |
| 8     | 32  | .3401                               | .6599      | .2733     | .4069    | .1546      | .0285   | .2777      | .7223  | 28   | 52    |
| 12    | 33  | .3429                               | .6571      | .2681     | .4100    | .1493      | .0286   | .2783      | .7216  | 27   | 48    |
| 16    | 34  | .3458                               | .6542      | .2630     | .4131    | .1440      | .0287   | .2790      | .7210  | 26   | 44    |
| 20    | 35  | .23486                              | .76514     | 4.2579    | .24162   | 4.1388     | 1.0288  | .02797     | .97203 | 25   | 40    |
| 24    | 36  | .3514                               | .6486      | .2527     | .4192    | .1335      | .0288   | .2804      | .7196  | 24   | 36    |
| 28    | 37  | .3542                               | .6457      | .2476     | .4223    | .1282      | .0289   | .2811      | .7189  | 23   | 32    |
| 32    | 38  | .3571                               | .6429      | .2425     | .4254    | .1230      | .0290   | .2818      | .7182  | 22   | 28    |
| 36    | 39  | .3599                               | .6401      | .2375     | .4285    | .1178      | .0291   | .2824      | .7175  | 21   | 24    |
| 40    | 40  | .23627                              | .76373     | 4.2324    | .24316   | 4.1126     | 1.0291  | .02831     | .97169 | 20   | 20    |
| 44    | 41  | .3655                               | .6344      | .2273     | .4346    | .1073      | .0292   | .2838      | .7162  | 19   | 16    |
| 48    | 42  | .3684                               | .6316      | .2223     | .4377    | .1022      | .0293   | .2845      | .7155  | 18   | 12    |
| 52    | 43  | .3712                               | .6288      | .2173     | .4408    | .0970      | .0293   | .2852      | .7148  | 17   | 8     |
| 56    | 44  | .3740                               | .6260      | .2122     | .4439    | .0918      | .0294   | .2859      | .7141  | 16   | 4     |
| 55    | 45  | .23768                              | .76231     | 4.2072    | .24470   | 4.0867     | 1.0295  | .02866     | .97134 | 15   | 5     |
| 4     | 46  | .3797                               | .6203      | .2022     | .4501    | .0815      | .0296   | .2873      | .7127  | 14   | 56    |
| 8     | 47  | .3825                               | .6175      | .1972     | .4531    | .0764      | .0296   | .2880      | .7120  | 13   | 52    |
| 12    | 48  | .3853                               | .6147      | .1923     | .4562    | .0713      | .0297   | .2886      | .7113  | 12   | 48    |
| 16    | 49  | .3881                               | .6118      | .1873     | .4593    | .0662      | .0298   | .2893      | .7106  | 11   | 44    |
| 20    | 50  | .23910                              | .76090     | 4.1824    | .24624   | 4.0611     | 1.0299  | .02900     | .97099 | 10   | 40    |
| 24    | 51  | .3938                               | .6062      | .1774     | .4655    | .0560      | .0299   | .2907      | .7092  | 9    | 36    |
| 28    | 52  | .3966                               | .6034      | .1725     | .4686    | .0509      | .0300   | .2914      | .7086  | 8    | 32    |
| 32    | 53  | .3994                               | .6005      | .1676     | .4717    | .0458      | .0301   | .2921      | .7079  | 7    | 28    |
| 36    | 54  | .4023                               | .5977      | .1627     | .4747    | .0408      | .0302   | .2928      | .7072  | 6    | 24    |
| 40    | 55  | .24051                              | .75949     | 4.1578    | .24778   | 4.0358     | 1.0302  | .02935     | .97065 | 5    | 20    |
| 44    | 56  | .4079                               | .5921      | .1529     | .4809    | .0307      | .0303   | .2942      | .7058  | 4    | 16    |
| 48    | 57  | .4107                               | .5892      | .1481     | .4840    | .0257      | .0304   | .2949      | .7051  | 3    | 12    |
| 52    | 58  | .4136                               | .5864      | .1432     | .4871    | .0207      | .0305   | .2956      | .7044  | 2    | 8     |
| 56    | 59  | .4164                               | .5836      | .1384     | .4902    | .0157      | .0305   | .2963      | .7037  | 1    | 4     |
| 56    | 60  | .4192                               | .5808      | .1336     | .4933    | .0108      | .0306   | .2970      | .7029  | 0    | 4     |

| 0h    | 14° | Funciones naturales trigonométricas. |            |           |          |            |         |           |        | 165° | 11b   |
|-------|-----|--------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|-----------|--------|------|-------|
| M. S. | M.  | Sen                                  | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Sen verso | Coseno | M.   | M. S. |
| 56    | 0   | .24192                               | .75808     | 4.1336    | .24933   | 4.0108     | 1.0306  | .02970    | .97029 | 60   | 4     |
| 4     | 1   | .4220                                | .5779      | .1287     | .4964    | .0058      | .0307   | .2977     | .7022  | 59   | 56    |
| 8     | 2   | .4249                                | .5751      | .1239     | .4995    | .0009      | .0308   | .2984     | .7015  | 58   | 52    |
| 12    | 3   | .4277                                | .5723      | .1191     | .5025    | .9959      | .0308   | .2991     | .7008  | 57   | 48    |
| 16    | 4   | .4305                                | .5695      | .1141     | .5056    | 3.9910     | .0309   | .2999     | .7001  | 56   | 44    |
| 20    | 5   | .24333                               | .75667     | 4.1096    | .25087   | 3.9861     | 1.0310  | .03006    | .96994 | 55   | 40    |
| 24    | 6   | .4361                                | .5638      | .1048     | .5118    | .9812      | .0311   | .3013     | .6987  | 54   | 36    |
| 28    | 7   | .4390                                | .5610      | .1001     | .5149    | .9763      | .0311   | .3020     | .6980  | 53   | 32    |
| 32    | 8   | .4418                                | .5582      | .0953     | .5180    | .9714      | .0312   | .3027     | .6973  | 52   | 28    |
| 36    | 9   | .4446                                | .5554      | .0906     | .5211    | .9665      | .0313   | .3034     | .6966  | 51   | 24    |
| 40    | 10  | .24474                               | .75526     | 4.0859    | .25242   | 3.9616     | 1.0314  | .03041    | .96959 | 50   | 20    |
| 44    | 11  | .4502                                | .5497      | .0812     | .5273    | .9568      | .0314   | .3048     | .6952  | 49   | 16    |
| 48    | 12  | .4531                                | .5469      | .0765     | .5304    | .9520      | .0315   | .3055     | .6944  | 48   | 12    |
| 52    | 13  | .4559                                | .5441      | .0718     | .5335    | .9471      | .0316   | .3063     | .6937  | 47   | 8     |
| 56    | 14  | .4587                                | .5413      | .0672     | .5366    | .9423      | .0317   | .3070     | .6930  | 46   | 4     |
| 57    | 15  | .24615                               | .75385     | 4.0625    | .25397   | 3.9375     | 1.0317  | .03077    | .96923 | 45   | 3     |
| 4     | 16  | .4643                                | .5356      | .0579     | .5428    | .9327      | .0318   | .3084     | .6916  | 44   | 56    |
| 8     | 17  | .4672                                | .5328      | .0532     | .5459    | .9279      | .0319   | .3091     | .6909  | 43   | 52    |
| 12    | 18  | .4700                                | .5300      | .0486     | .5490    | .9231      | .0320   | .3098     | .6901  | 42   | 48    |
| 16    | 19  | .4728                                | .5272      | .0440     | .5521    | .9184      | .0320   | .3106     | .6894  | 41   | 44    |
| 20    | 20  | .24756                               | .75244     | 4.0394    | .25552   | 3.9136     | 1.0321  | .03113    | .96887 | 40   | 40    |
| 24    | 21  | .4784                                | .5215      | .0348     | .5583    | .9089      | .0322   | .3120     | .6880  | 39   | 36    |
| 28    | 22  | .4813                                | .5187      | .0302     | .5614    | .9042      | .0323   | .3127     | .6873  | 38   | 32    |
| 32    | 23  | .4841                                | .5159      | .0256     | .5645    | .8994      | .0323   | .3134     | .6865  | 37   | 28    |
| 36    | 24  | .4869                                | .5131      | .0211     | .5676    | .8947      | .0324   | .3142     | .6858  | 36   | 24    |
| 40    | 25  | .24897                               | .75103     | 4.0165    | .25707   | 3.8900     | 1.0325  | .03149    | .96851 | 35   | 20    |
| 44    | 26  | .4925                                | .5075      | .0120     | .5738    | .8853      | .0326   | .3156     | .6844  | 34   | 16    |
| 48    | 27  | .4953                                | .5046      | .0074     | .5769    | .8807      | .0327   | .3163     | .6836  | 33   | 12    |
| 52    | 28  | .4982                                | .5018      | .0029     | .5800    | .8760      | .0327   | .3171     | .6829  | 32   | 8     |
| 56    | 29  | .5010                                | .4990      | 3.9984    | .5831    | .8713      | .0328   | .3178     | .6822  | 31   | 4     |
| 58    | 30  | .25038                               | .74962     | 3.9939    | .25862   | 3.8667     | 1.0329  | .03135    | .96815 | 30   | 2     |
| 4     | 31  | .5066                                | .4934      | .9894     | .5893    | .8621      | .0330   | .3192     | .6807  | 29   | 56    |
| 8     | 32  | .5094                                | .4906      | .9850     | .5924    | .8574      | .0330   | .3200     | .6800  | 28   | 52    |
| 12    | 33  | .5122                                | .4877      | .9805     | .5955    | .8528      | .0331   | .3207     | .6793  | 27   | 48    |
| 16    | 34  | .5151                                | .4849      | .9760     | .5986    | .8482      | .0332   | .3214     | .6785  | 26   | 44    |
| 20    | 35  | .25179                               | .74821     | 3.9716    | .26017   | 3.8436     | 1.0333  | .03222    | .96778 | 25   | 40    |
| 24    | 36  | .5207                                | .4793      | .9672     | .6048    | .8390      | .0334   | .3229     | .6771  | 24   | 36    |
| 28    | 37  | .5235                                | .4765      | .9627     | .6079    | .8345      | .0334   | .3236     | .6763  | 23   | 32    |
| 32    | 38  | .5263                                | .4737      | .9583     | .6110    | .8299      | .0335   | .3244     | .6756  | 22   | 28    |
| 36    | 39  | .5291                                | .4709      | .9539     | .6141    | .8254      | .0336   | .3251     | .6749  | 21   | 24    |
| 40    | 40  | .25319                               | .74680     | 3.9495    | .26172   | 3.8208     | 1.0337  | .03258    | .96741 | 20   | 20    |
| 44    | 41  | .5348                                | .4652      | .9451     | .6203    | .8163      | .0338   | .3266     | .6734  | 19   | 16    |
| 48    | 42  | .5376                                | .4624      | .9408     | .6234    | .8118      | .0338   | .3273     | .6727  | 18   | 12    |
| 52    | 43  | .5404                                | .4596      | .9364     | .6266    | .8073      | .0339   | .3281     | .6719  | 17   | 8     |
| 56    | 44  | .5432                                | .4568      | .9320     | .6297    | .8027      | .0340   | .3288     | .6712  | 16   | 4     |
| 59    | 45  | .25460                               | .74540     | 3.9277    | .26328   | 3.7983     | 1.0341  | .03295    | .96704 | 15   | 1     |
| 4     | 46  | .5488                                | .4512      | .9234     | .6359    | .7938      | .0341   | .3303     | .6697  | 14   | 56    |
| 8     | 47  | .5516                                | .4483      | .9190     | .6390    | .7893      | .0342   | .3310     | .6690  | 13   | 52    |
| 12    | 48  | .5544                                | .4455      | .9147     | .6421    | .7848      | .0343   | .3318     | .6682  | 12   | 48    |
| 16    | 49  | .5573                                | .4427      | .9104     | .6452    | .7804      | .0344   | .3325     | .6675  | 11   | 44    |
| 20    | 50  | .25601                               | .74399     | 3.9061    | .26483   | 3.7759     | 1.0345  | .03332    | .96667 | 10   | 40    |
| 24    | 51  | .5629                                | .4371      | .9018     | .6514    | .7715      | .0345   | .3340     | .6660  | 9    | 36    |
| 28    | 52  | .5657                                | .4344      | .8976     | .6546    | .7671      | .0346   | .3347     | .6652  | 8    | 32    |
| 32    | 53  | .5685                                | .4315      | .8933     | .6577    | .7627      | .0347   | .3355     | .6645  | 7    | 28    |
| 36    | 54  | .5713                                | .4287      | .8890     | .6608    | .7583      | .0348   | .3362     | .6638  | 6    | 24    |
| 40    | 55  | .25741                               | .74239     | 3.8848    | .26639   | 3.7539     | 1.0349  | .03370    | .96630 | 5    | 20    |
| 44    | 56  | .5769                                | .4230      | .8805     | .6670    | .7495      | .0349   | .3377     | .6623  | 4    | 16    |
| 48    | 57  | .5798                                | .4202      | .8763     | .6701    | .7451      | .0350   | .3385     | .6615  | 3    | 12    |
| 52    | 58  | .5826                                | .4174      | .8721     | .6732    | .7407      | .0351   | .3392     | .6608  | 2    | 8     |
| 56    | 59  | .5854                                | .4146      | .8679     | .6764    | .7364      | .0352   | .3400     | .6600  | 1    | 4     |
| 60    | 60  | .5882                                | .4118      | .8637     | .6795    | .7320      | .0353   | .3407     | .6592  | 0    | 0     |

| 1h    | 15° | Funciones naturales trigonométricas. |            |           |           |            |         |            |        | 16° | 10h   |
|-------|-----|--------------------------------------|------------|-----------|-----------|------------|---------|------------|--------|-----|-------|
| M. S. | M.  | Senó                                 | Cos. verso | Cosecante | Tange nte | Cotangente | Secante | Senó verso | Coseno | M.  | M. S. |
| 0     | 0   | .25882                               | .74118     | 3.8637    | .26795    | 3.7320     | 1.0353  | .03407     | .96592 | 60  | 60    |
| 4     | 1   | .5910                                | .4090      | .8595     | .6826     | .7277      | .0353   | .3415      | .6585  | 59  | 56    |
| 8     | 2   | .5988                                | .4062      | .8553     | .6857     | .7234      | .0354   | .3422      | .6577  | 58  | 52    |
| 12    | 3   | .5966                                | .4034      | .8512     | .6888     | .7191      | .0355   | .3430      | .6570  | 57  | 48    |
| 16    | 4   | .5994                                | .4006      | .8470     | .6920     | .7147      | .0356   | .3438      | .6562  | 56  | 44    |
| 20    | 5   | .26022                               | .73978     | 3.8428    | .26951    | 3.7104     | 1.0357  | .03445     | .96555 | 55  | 40    |
| 24    | 6   | .6050                                | .3949      | .8387     | .6982     | .7062      | .0358   | .3453      | .6547  | 54  | 36    |
| 28    | 7   | .6078                                | .3921      | .8346     | .7013     | .7019      | .0358   | .3460      | .6540  | 53  | 32    |
| 32    | 8   | .6107                                | .3893      | .8304     | .7044     | .6976      | .0359   | .3468      | .6532  | 52  | 28    |
| 36    | 9   | .6135                                | .3865      | .8263     | .7076     | .6933      | .0360   | .3475      | .6524  | 51  | 24    |
| 40    | 10  | .26163                               | .73837     | 3.8222    | .27107    | 3.6891     | 1.0361  | .03483     | .96517 | 50  | 20    |
| 44    | 11  | .6191                                | .3809      | .8181     | .7138     | .6848      | .0362   | .3491      | .6509  | 49  | 16    |
| 48    | 12  | .6219                                | .3781      | .8140     | .7169     | .6806      | .0362   | .3498      | .6502  | 48  | 12    |
| 52    | 13  | .6247                                | .3753      | .8100     | .7201     | .6764      | .0363   | .3506      | .6494  | 47  | 8     |
| 56    | 14  | .6275                                | .3725      | .8059     | .7232     | .6722      | .0364   | .3514      | .6486  | 46  | 4     |
| 1     | 15  | .26303                               | .73697     | 3.8018    | .27263    | 3.6679     | 1.0365  | .03521     | .96479 | 45  | 59    |
| 4     | 16  | .6331                                | .3669      | .7978     | .7294     | .6637      | .0366   | .3529      | .6471  | 44  | 56    |
| 8     | 17  | .6359                                | .3641      | .7937     | .7326     | .6596      | .0367   | .3536      | .6463  | 43  | 52    |
| 12    | 18  | .6387                                | .3613      | .7897     | .7357     | .6554      | .0367   | .3544      | .6456  | 42  | 48    |
| 16    | 19  | .6415                                | .3585      | .7857     | .7388     | .6512      | .0368   | .3552      | .6448  | 41  | 44    |
| 20    | 20  | .26443                               | .73556     | 3.7816    | .27419    | 3.6470     | 1.0369  | .03560     | .96440 | 40  | 40    |
| 24    | 21  | .6471                                | .3528      | .7776     | .7451     | .6429      | .0370   | .3567      | .6433  | 39  | 36    |
| 28    | 22  | .6499                                | .3500      | .7736     | .7482     | .6387      | .0371   | .3575      | .6425  | 38  | 32    |
| 32    | 23  | .6527                                | .3472      | .7697     | .7513     | .6346      | .0371   | .3583      | .6417  | 37  | 28    |
| 36    | 24  | .6556                                | .3444      | .7657     | .7544     | .6305      | .0372   | .3590      | .6409  | 36  | 24    |
| 40    | 25  | .26584                               | .73416     | 3.7617    | .27576    | 3.6263     | 1.0373  | .03598     | .96402 | 35  | 20    |
| 44    | 26  | .6612                                | .3388      | .7577     | .7607     | .6222      | .0374   | .3606      | .6394  | 34  | 16    |
| 48    | 27  | .6640                                | .3360      | .7538     | .7638     | .6181      | .0375   | .3614      | .6386  | 33  | 12    |
| 52    | 28  | .6668                                | .3332      | .7498     | .7670     | .6140      | .0376   | .3621      | .6378  | 32  | 8     |
| 56    | 29  | .6696                                | .3304      | .7459     | .7701     | .6100      | .0376   | .3629      | .6371  | 31  | 4     |
| 2     | 30  | .26724                               | .73276     | 3.7420    | .27732    | 3.6059     | 1.0377  | .03637     | .96363 | 30  | 58    |
| 4     | 31  | .6752                                | .3248      | .7380     | .7764     | .6018      | .0378   | .3645      | .6355  | 29  | 56    |
| 8     | 32  | .6780                                | .3220      | .7341     | .7795     | .5977      | .0379   | .3652      | .6347  | 28  | 52    |
| 12    | 33  | .6808                                | .3192      | .7302     | .7826     | .5937      | .0380   | .3660      | .6340  | 27  | 48    |
| 16    | 34  | .6836                                | .3164      | .7263     | .7858     | .5896      | .0381   | .3668      | .6332  | 26  | 44    |
| 20    | 35  | .26864                               | .73136     | 3.7224    | .27889    | 3.5856     | 1.0382  | .03676     | .96324 | 25  | 40    |
| 24    | 36  | .6892                                | .3108      | .7186     | .7920     | .5816      | .0382   | .3684      | .6316  | 24  | 36    |
| 28    | 37  | .6920                                | .3080      | .7147     | .7952     | .5776      | .0383   | .3691      | .6308  | 23  | 32    |
| 32    | 38  | .6948                                | .3052      | .7108     | .7983     | .5736      | .0384   | .3699      | .6301  | 22  | 28    |
| 36    | 39  | .6976                                | .3024      | .7070     | .8014     | .5696      | .0385   | .3707      | .6293  | 21  | 24    |
| 40    | 40  | .27004                               | .72996     | 3.7031    | .28046    | 3.5656     | 1.0386  | .03715     | .96285 | 20  | 20    |
| 44    | 41  | .7032                                | .2968      | .6993     | .8077     | .5616      | .0387   | .3723      | .6277  | 19  | 16    |
| 48    | 42  | .7060                                | .2940      | .6955     | .8109     | .5576      | .0387   | .3731      | .6269  | 18  | 12    |
| 52    | 43  | .7088                                | .2912      | .6917     | .8140     | .5536      | .0388   | .3739      | .6261  | 17  | 8     |
| 56    | 44  | .7116                                | .2884      | .6878     | .8171     | .5497      | .0389   | .3746      | .6253  | 16  | 4     |
| 3     | 45  | .27144                               | .72856     | 3.6840    | .28203    | 3.5457     | 1.0390  | .03754     | .96245 | 15  | 57    |
| 4     | 46  | .7172                                | .2828      | .6802     | .8234     | .5418      | .0391   | .3762      | .6238  | 14  | 56    |
| 8     | 47  | .7200                                | .2800      | .6765     | .8266     | .5378      | .0392   | .3770      | .6230  | 13  | 52    |
| 12    | 48  | .7228                                | .2772      | .6727     | .8297     | .5339      | .0393   | .3778      | .6222  | 12  | 48    |
| 16    | 49  | .7256                                | .2744      | .6689     | .8328     | .5300      | .0393   | .3786      | .6214  | 11  | 44    |
| 20    | 50  | .27284                               | .72716     | 3.6651    | .28360    | 3.5261     | 1.0394  | .03794     | .96206 | 10  | 40    |
| 24    | 51  | .7312                                | .2688      | .6614     | .8391     | .5222      | .0395   | .3802      | .6198  | 9   | 36    |
| 28    | 52  | .7340                                | .2660      | .6576     | .8423     | .5183      | .0396   | .3810      | .6190  | 8   | 32    |
| 32    | 53  | .7368                                | .2632      | .6539     | .8454     | .5144      | .0397   | .3818      | .6182  | 7   | 28    |
| 36    | 54  | .7396                                | .2604      | .6502     | .8486     | .5105      | .0398   | .3826      | .6174  | 6   | 24    |
| 40    | 55  | .27424                               | .72576     | 3.6464    | .28517    | 3.5066     | 1.0399  | .03834     | .96166 | 5   | 20    |
| 44    | 56  | .7452                                | .2548      | .6427     | .8549     | .5028      | .0399   | .3842      | .6158  | 4   | 16    |
| 48    | 57  | .7480                                | .2520      | .6390     | .8580     | .4989      | .0400   | .3850      | .6150  | 3   | 12    |
| 52    | 58  | .7508                                | .2492      | .6353     | .8611     | .4951      | .0401   | .3858      | .6142  | 2   | 8     |
| 56    | 59  | .7536                                | .2464      | .6316     | .8643     | .4912      | .0402   | .3866      | .6134  | 1   | 4     |
| 4     | 60  | .7564                                | .2436      | .6279     | .8674     | .4874      | .0403   | .3874      | .6126  | 0   | 56    |

| 1h    | 16° | Funciones naturales trigonométricas. |            |           |          |            |         |            |        | 163° | 10h   |
|-------|-----|--------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|------|-------|
| M. S. | M.  | Senó.                                | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Senó-verso | Coseno | M.   | M. S. |
| 4     | 0   | .27564                               | .72436     | 3.6279    | .28674   | 3.4874     | 1.0403  | .03874     | .96126 | 60   | 56    |
| 4     | 1   | .7592                                | .2408      | .6243     | .8706    | .4836      | .0404   | .3882      | .6118  | 59   | 56    |
| 8     | 2   | .7620                                | .2380      | .6206     | .8737    | .4798      | .0405   | .3890      | .6110  | 58   | 52    |
| 12    | 3   | .7648                                | .2352      | .6169     | .8769    | .4760      | .0406   | .3898      | .6102  | 57   | 48    |
| 16    | 4   | .7675                                | .2324      | .6133     | .8800    | .4722      | .0406   | .3906      | .6094  | 56   | 44    |
| 20    | 5   | .27703                               | .72296     | 3.6096    | .28832   | 3.4684     | 1.0407  | .03914     | .96086 | 55   | 40    |
| 24    | 6   | .7731                                | .2268      | .6060     | .8863    | .4646      | .0408   | .3922      | .6078  | 54   | 36    |
| 28    | 7   | .7759                                | .2240      | .6024     | .8895    | .4608      | .0409   | .3930      | .6070  | 53   | 32    |
| 32    | 8   | .7787                                | .2213      | .5987     | .8926    | .4570      | .0410   | .3938      | .6062  | 52   | 28    |
| 36    | 9   | .7815                                | .2185      | .5951     | .8958    | .4533      | .0411   | .3946      | .6054  | 51   | 24    |
| 40    | 10  | .27843                               | .72157     | 3.5915    | .28990   | 3.4495     | 1.0412  | .03954     | .96045 | 50   | 20    |
| 44    | 11  | .7871                                | .2129      | .5879     | .9021    | .4458      | .0413   | .3962      | .6037  | 49   | 16    |
| 48    | 12  | .7899                                | .2101      | .5843     | .9053    | .4420      | .0413   | .3971      | .6029  | 48   | 12    |
| 52    | 13  | .7927                                | .2073      | .5807     | .9084    | .4383      | .0414   | .3979      | .6021  | 47   | 8     |
| 56    | 14  | .7955                                | .2045      | .5772     | .9116    | .4346      | .0415   | .3987      | .6013  | 46   | 4     |
| 5     | 15  | .27983                               | .72017     | 3.5736    | .29147   | 3.4308     | 1.0416  | .03995     | .96005 | 45   | 55    |
| 4     | 16  | .8011                                | .1989      | .5700     | .9179    | .4271      | .0417   | .4003      | .5997  | 44   | 56    |
| 8     | 17  | .8039                                | .1961      | .5665     | .9210    | .4234      | .0418   | .4011      | .5989  | 43   | 52    |
| 12    | 18  | .8067                                | .1933      | .5629     | .9242    | .4197      | .0419   | .4019      | .5980  | 42   | 48    |
| 16    | 19  | .8094                                | .1905      | .5594     | .9274    | .4160      | .0420   | .4028      | .5972  | 41   | 44    |
| 20    | 20  | .28122                               | .71877     | 3.5559    | .29305   | 3.4124     | 1.0420  | .04036     | .95964 | 40   | 40    |
| 24    | 21  | .8150                                | .1849      | .5523     | .9337    | .4087      | .0421   | .4044      | .5956  | 39   | 36    |
| 28    | 22  | .8178                                | .1822      | .5488     | .9368    | .4050      | .0422   | .4052      | .5948  | 38   | 32    |
| 32    | 23  | .8206                                | .1794      | .5453     | .9400    | .4014      | .0423   | .4060      | .5940  | 37   | 28    |
| 36    | 24  | .8234                                | .1766      | .5418     | .9432    | .3977      | .0424   | .4069      | .5931  | 36   | 24    |
| 40    | 25  | .28262                               | .71738     | 3.5383    | .29463   | 3.3941     | 1.0425  | .04077     | .95923 | 35   | 20    |
| 44    | 26  | .8290                                | .1710      | .5348     | .9495    | .3904      | .0426   | .4085      | .5915  | 34   | 16    |
| 48    | 27  | .8318                                | .1682      | .5313     | .9526    | .3868      | .0427   | .4093      | .5907  | 33   | 12    |
| 52    | 28  | .8346                                | .1654      | .5279     | .9558    | .3832      | .0428   | .4101      | .5898  | 32   | 8     |
| 56    | 29  | .8374                                | .1626      | .5244     | .9590    | .3795      | .0428   | .4110      | .5890  | 31   | 4     |
| 6     | 30  | .28401                               | .71608     | 3.5209    | .29621   | 3.3759     | 1.0429  | .04118     | .95882 | 30   | 54    |
| 4     | 31  | .8429                                | .1570      | .5175     | .9653    | .3723      | .0430   | .4126      | .5874  | 29   | 56    |
| 8     | 32  | .8457                                | .1543      | .5140     | .9685    | .3687      | .0431   | .4134      | .5865  | 28   | 52    |
| 12    | 33  | .8485                                | .1515      | .5106     | .9716    | .3651      | .0432   | .4143      | .5857  | 27   | 48    |
| 16    | 34  | .8513                                | .1487      | .5072     | .9748    | .3616      | .0433   | .4151      | .5849  | 26   | 44    |
| 20    | 35  | .28541                               | .71459     | 3.5037    | .29780   | 3.3580     | 1.0434  | .04159     | .95840 | 25   | 40    |
| 24    | 36  | .8569                                | .1431      | .5003     | .9811    | .3544      | .0435   | .4168      | .5832  | 24   | 36    |
| 28    | 37  | .8597                                | .1403      | .4969     | .9843    | .3509      | .0436   | .4176      | .5824  | 23   | 32    |
| 32    | 38  | .8624                                | .1375      | .4935     | .9875    | .3473      | .0437   | .4184      | .5816  | 22   | 28    |
| 36    | 39  | .8652                                | .1347      | .4901     | .9906    | .3438      | .0438   | .4193      | .5807  | 21   | 24    |
| 40    | 40  | .28680                               | .71320     | 3.4867    | .29938   | 3.3402     | 1.0438  | .04201     | .95799 | 20   | 20    |
| 44    | 41  | .8708                                | .1292      | .4833     | .9970    | .3367      | .0439   | .4209      | .5791  | 19   | 16    |
| 48    | 42  | .8736                                | .1264      | .4799     | .30001   | .3332      | .0440   | .4218      | .5782  | 18   | 12    |
| 52    | 43  | .8764                                | .1236      | .4766     | .0033    | .3296      | .0441   | .4226      | .5774  | 17   | 8     |
| 56    | 44  | .8792                                | .1208      | .4732     | .0065    | .3261      | .0442   | .4234      | .5765  | 16   | 4     |
| 7     | 45  | .28820                               | .71180     | 3.4698    | .30096   | 3.3226     | 1.0443  | .04243     | .95757 | 15   | 53    |
| 4     | 46  | .8847                                | .1152      | .4665     | .0128    | .3191      | .0444   | .4251      | .5749  | 14   | 56    |
| 8     | 47  | .8875                                | .1125      | .4632     | .0160    | .3156      | .0445   | .4260      | .5740  | 13   | 52    |
| 12    | 48  | .8903                                | .1097      | .4598     | .0192    | .3121      | .0446   | .4268      | .5732  | 12   | 48    |
| 16    | 49  | .8931                                | .1069      | .4565     | .0223    | .3087      | .0447   | .4276      | .5723  | 11   | 44    |
| 20    | 50  | .28959                               | .71041     | 3.4532    | .30255   | 3.3052     | 1.0448  | .04285     | .95715 | 10   | 40    |
| 24    | 51  | .8987                                | .1013      | .4498     | .0287    | .3017      | .0448   | .4293      | .5707  | 9    | 36    |
| 28    | 52  | .9014                                | .0985      | .4465     | .0319    | .2983      | .0449   | .4302      | .5698  | 8    | 32    |
| 32    | 53  | .9042                                | .0958      | .4432     | .0350    | .2948      | .0450   | .4310      | .5690  | 7    | 28    |
| 36    | 54  | .9070                                | .0930      | .4399     | .0382    | .2914      | .0451   | .4319      | .5681  | 6    | 24    |
| 40    | 55  | .29098                               | .70902     | 3.4366    | .30414   | 3.2879     | 1.0452  | .04327     | .95673 | 5    | 20    |
| 44    | 56  | .9126                                | .0874      | .4334     | .0446    | .2845      | .0453   | .4335      | .5664  | 4    | 16    |
| 48    | 57  | .9154                                | .0846      | .4301     | .0478    | .2811      | .0454   | .4344      | .5656  | 3    | 12    |
| 52    | 58  | .9181                                | .0818      | .4268     | .0509    | .2777      | .0455   | .4352      | .5647  | 2    | 8     |
| 56    | 59  | .9209                                | .0791      | .4236     | .0541    | .2742      | .0456   | .4361      | .5639  | 1    | 4     |
| 8     | 60  | .9237                                | .0763      | .4203     | .0573    | .2708      | .0457   | .4369      | .5630  | 0    | 52    |



| 1h    | 17° | Funciones naturales trigonométricas |            |           |          |            |         |            |        | 162° | 10h   |
|-------|-----|-------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|------|-------|
| M. S. | M.  | Seno                                | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Seno verso | Coseno | M.   | M. S. |
| 8     | 0   | .29237                              | .70763     | 3.4203    | .30573   | 3.2708     | 1.0457  | .04369     | .95630 | 60   | 52    |
| 4     | 1   | .9265                               | .0735      | .4170     | .0605    | .2674      | .0458   | .4378      | .5622  | 59   | 56    |
| 8     | 2   | .9293                               | .0707      | .4138     | .0637    | .2640      | .0459   | .4386      | .5613  | 58   | 52    |
| 12    | 3   | .9321                               | .0679      | .4106     | .0668    | .2607      | .0460   | .4395      | .5605  | 57   | 48    |
| 16    | 4   | .9348                               | .0651      | .4073     | .0700    | .2573      | .0461   | .4404      | .5596  | 56   | 44    |
| 20    | 5   | .29376                              | .70624     | 3.4041    | .30732   | 3.2539     | 1.0461  | .04412     | .95588 | 55   | 40    |
| 24    | 6   | .9404                               | .0596      | .4009     | .0764    | .2505      | .0462   | .4421      | .5579  | 54   | 36    |
| 28    | 7   | .9432                               | .0568      | .3977     | .0796    | .2472      | .0463   | .4426      | .5571  | 53   | 32    |
| 32    | 8   | .9460                               | .0540      | .3945     | .0828    | .2438      | .0464   | .4438      | .5562  | 52   | 28    |
| 36    | 9   | .9487                               | .0512      | .3913     | .0859    | .2405      | .0465   | .4446      | .5551  | 51   | 24    |
| 40    | 10  | .29515                              | .70485     | 3.3881    | .30891   | 3.2371     | 1.0466  | .04455     | .95545 | 50   | 20    |
| 44    | 11  | .9543                               | .0457      | .3849     | .0923    | .2338      | .0467   | .4463      | .5536  | 49   | 16    |
| 48    | 12  | .9571                               | .0429      | .3817     | .0955    | .2305      | .0468   | .4472      | .5528  | 48   | 12    |
| 52    | 13  | .9598                               | .0401      | .3785     | .0987    | .2271      | .0469   | .4481      | .5519  | 47   | 8     |
| 56    | 14  | .9626                               | .0374      | .3754     | .1019    | .2238      | .0470   | .4489      | .5511  | 46   | 4     |
| 9     | 15  | .29654                              | .70346     | 3.3722    | .31051   | 3.2205     | 1.0471  | .04498     | .95502 | 45   | 51    |
| 4     | 16  | .9632                               | .0318      | .3690     | .1083    | .2172      | .0472   | .4507      | .5493  | 44   | 56    |
| 8     | 17  | .9710                               | .0290      | .3659     | .1115    | .2139      | .0473   | .4515      | .5485  | 43   | 52    |
| 12    | 18  | .9737                               | .0262      | .3627     | .1146    | .2106      | .0474   | .4524      | .5476  | 42   | 48    |
| 16    | 19  | .9765                               | .0235      | .3596     | .1178    | .2073      | .0475   | .4532      | .5467  | 41   | 44    |
| 20    | 20  | .29793                              | .70207     | 3.3565    | .31210   | 3.2041     | 1.0476  | .04541     | .95459 | 40   | 40    |
| 24    | 21  | .9821                               | .0179      | .3534     | .1242    | .2008      | .0477   | .4550      | .5450  | 39   | 36    |
| 28    | 22  | .9848                               | .0151      | .3502     | .1274    | .1975      | .0478   | .4558      | .5441  | 38   | 32    |
| 32    | 23  | .9876                               | .0124      | .3471     | .1306    | .1942      | .0478   | .4567      | .5433  | 37   | 28    |
| 36    | 24  | .9904                               | .0096      | .3440     | .1338    | .1910      | .0479   | .4576      | .5424  | 36   | 24    |
| 40    | 25  | .29932                              | .70068     | 3.3409    | .31370   | 3.1877     | 1.0480  | .04585     | .95415 | 35   | 20    |
| 44    | 26  | .9959                               | .0040      | .3378     | .1402    | .1845      | .0481   | .4593      | .5407  | 34   | 16    |
| 48    | 27  | .9987                               | .0013      | .3347     | .1434    | .1813      | .0482   | .4602      | .5398  | 33   | 12    |
| 52    | 28  | .30015                              | .69982     | .3316     | .1466    | .1780      | .0483   | .4611      | .5389  | 32   | 8     |
| 56    | 29  | .30043                              | .69957     | .3286     | .1498    | .1748      | .0484   | .4619      | .5380  | 31   | 4     |
| 10    | 30  | .30070                              | .69929     | 3.3255    | .31530   | 3.1716     | 1.0485  | .04628     | .95372 | 30   | 50    |
| 4     | 31  | .0098                               | .9902      | .3224     | .1562    | .1684      | .0486   | .4637      | .5363  | 29   | 56    |
| 8     | 32  | .0126                               | .9874      | .3194     | .1594    | .1652      | .0487   | .4646      | .5354  | 28   | 52    |
| 12    | 33  | .0154                               | .9846      | .3163     | .1626    | .1620      | .0488   | .4654      | .5345  | 27   | 48    |
| 16    | 34  | .0181                               | .9818      | .3133     | .1658    | .1588      | .0489   | .4663      | .5337  | 26   | 44    |
| 20    | 35  | .30209                              | .69791     | 3.3102    | .31690   | 3.1556     | 1.0490  | .04672     | .95328 | 25   | 40    |
| 24    | 36  | .0237                               | .9763      | .3072     | .1722    | .1524      | .0491   | .4681      | .5319  | 24   | 36    |
| 28    | 37  | .0265                               | .9735      | .3042     | .1754    | .1492      | .0492   | .4690      | .5310  | 23   | 32    |
| 32    | 38  | .0292                               | .9707      | .3011     | .1786    | .1460      | .0493   | .4698      | .5301  | 22   | 28    |
| 36    | 39  | .0320                               | .9680      | .2981     | .1818    | .1429      | .0494   | .4707      | .5293  | 21   | 24    |
| 40    | 40  | .30348                              | .69652     | 3.2951    | .31850   | 3.1397     | 1.0495  | .04716     | .95284 | 20   | 20    |
| 44    | 41  | .0375                               | .9624      | .2921     | .1882    | .1366      | .0496   | .4725      | .5275  | 19   | 16    |
| 48    | 42  | .0403                               | .9597      | .2891     | .1914    | .1334      | .0497   | .4734      | .5266  | 18   | 12    |
| 52    | 43  | .0431                               | .9569      | .2861     | .1946    | .1303      | .0498   | .4743      | .5257  | 17   | 8     |
| 56    | 44  | .0459                               | .9541      | .2831     | .1978    | .1271      | .0499   | .4751      | .5248  | 16   | 4     |
| 11    | 45  | .30486                              | .69513     | 3.2801    | .32010   | 3.1240     | 1.0500  | .04760     | .95239 | 15   | 49    |
| 4     | 46  | .0514                               | .9486      | .2772     | .2042    | .1209      | .0501   | .4769      | .5231  | 14   | 56    |
| 8     | 47  | .0542                               | .9458      | .2742     | .2074    | .1177      | .0502   | .4778      | .5222  | 13   | 52    |
| 12    | 48  | .0569                               | .9430      | .2712     | .2106    | .1146      | .0503   | .4787      | .5213  | 12   | 48    |
| 16    | 49  | .0597                               | .9403      | .2683     | .2138    | .1115      | .0504   | .4796      | .5204  | 11   | 44    |
| 20    | 50  | .30625                              | .69375     | 3.2653    | .32171   | 3.1084     | 1.0505  | .04805     | .95195 | 10   | 40    |
| 24    | 51  | .0653                               | .9347      | .2624     | .2203    | .1053      | .0506   | .4814      | .5186  | 9    | 36    |
| 28    | 52  | .0680                               | .9320      | .2594     | .2235    | .1022      | .0507   | .4823      | .5177  | 8    | 32    |
| 32    | 53  | .0703                               | .9292      | .2565     | .2267    | .0991      | .0508   | .4832      | .5168  | 7    | 28    |
| 36    | 54  | .0736                               | .9264      | .2535     | .2299    | .0960      | .0509   | .4840      | .5159  | 6    | 24    |
| 40    | 55  | .30763                              | .69237     | 3.2506    | .32331   | 3.0930     | 1.0510  | .04849     | .95150 | 5    | 20    |
| 44    | 56  | .0791                               | .9209      | .2477     | .2363    | .0899      | .0511   | .4858      | .5141  | 4    | 16    |
| 48    | 57  | .0819                               | .9181      | .2448     | .2395    | .0868      | .0512   | .4867      | .5132  | 3    | 12    |
| 52    | 58  | .0846                               | .9154      | .2419     | .2428    | .0833      | .0513   | .4876      | .5124  | 2    | 8     |
| 56    | 59  | .0874                               | .9126      | .2390     | .2460    | .0807      | .0514   | .4885      | .5115  | 1    | 4     |
| 12    | 60  | .0902                               | .9098      | .2361     | .2492    | .0777      | .0515   | .4894      | .5106  | 0    | 48    |



| 1h    | 18o | Funciones naturales trigonométricas |            |           |          |            |         |            |        | 161o | 10h   |
|-------|-----|-------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|------|-------|
| M. S. | M.  | Seno                                | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Seno verso | Coseno | M.   | M. S. |
| 12    | 0   | .30902                              | .69098     | 3.2361    | .32492   | 3.0777     | 1.0515  | .04894     | .95106 | 60   | 48    |
| 4     | 1   | .0929                               | .9071      | .2332     | .2524    | .0746      | .0516   | .4903      | .5097  | 59   | 56    |
| 8     | 2   | .0957                               | .9043      | .2303     | .2556    | .0716      | .0517   | .4912      | .5088  | 58   | 52    |
| 12    | 3   | .0985                               | .9015      | .2274     | .2588    | .0686      | .0518   | .4921      | .5079  | 57   | 48    |
| 16    | 4   | .1012                               | .8988      | .2245     | .2621    | .0655      | .0519   | .4930      | .5070  | 56   | 44    |
| 20    | 5   | .31040                              | .68960     | 3.2216    | .32653   | 3.0625     | 1.0520  | .04939     | .95061 | 55   | 40    |
| 24    | 6   | .1068                               | .8932      | .2188     | .2685    | .0595      | .0521   | .4948      | .5051  | 54   | 36    |
| 28    | 7   | .1095                               | .8905      | .2159     | .2717    | .0565      | .0522   | .4957      | .5042  | 53   | 32    |
| 32    | 8   | .1123                               | .8877      | .2131     | .2749    | .0535      | .0523   | .4966      | .5033  | 52   | 28    |
| 36    | 9   | .1150                               | .8849      | .2102     | .2782    | .0505      | .0524   | .4975      | .5024  | 51   | 24    |
| 40    | 10  | .31178                              | .68822     | 3.2074    | .32814   | 3.0475     | 1.0525  | .04985     | .95015 | 50   | 20    |
| 44    | 11  | .1206                               | .8794      | .2045     | .2846    | .0445      | .0526   | .4994      | .5006  | 49   | 16    |
| 48    | 12  | .1233                               | .8766      | .2017     | .2878    | .0415      | .0527   | .5003      | .4997  | 48   | 12    |
| 52    | 13  | .1261                               | .8739      | .1989     | .2910    | .0385      | .0528   | .5012      | .4988  | 47   | 8     |
| 56    | 14  | .1289                               | .8711      | .1960     | .2943    | .0356      | .0529   | .5021      | .4979  | 46   | 4     |
| 13    | 15  | .31316                              | .68684     | 3.1932    | .32975   | 3.0326     | 1.0530  | .05030     | .94970 | 45   | 47    |
| 4     | 16  | .1344                               | .8656      | .1904     | .3007    | .0296      | .0531   | .5039      | .4961  | 44   | 56    |
| 8     | 17  | .1372                               | .8628      | .1876     | .3039    | .0267      | .0532   | .5048      | .4952  | 43   | 52    |
| 12    | 18  | .1399                               | .8601      | .1848     | .3072    | .0237      | .0533   | .5057      | .4942  | 42   | 48    |
| 16    | 19  | .1427                               | .8573      | .1820     | .3104    | .0208      | .0534   | .5066      | .4933  | 41   | 44    |
| 20    | 20  | .31454                              | .68546     | 3.1792    | .33136   | 3.0178     | 1.0535  | .05076     | .94924 | 40   | 40    |
| 24    | 21  | .1482                               | .8518      | .1764     | .3169    | .0149      | .0536   | .5085      | .4915  | 39   | 36    |
| 28    | 22  | .1510                               | .8490      | .1736     | .3201    | .0120      | .0537   | .5094      | .4906  | 38   | 32    |
| 32    | 23  | .1537                               | .8463      | .1708     | .3233    | .0090      | .0538   | .5103      | .4897  | 37   | 28    |
| 36    | 24  | .1565                               | .8435      | .1681     | .3265    | .0061      | .0539   | .5112      | .4888  | 36   | 24    |
| 40    | 25  | .31592                              | .68407     | 3.1653    | .33298   | 3.0032     | 1.0540  | .05121     | .94878 | 35   | 20    |
| 44    | 26  | .1620                               | .8380      | .1625     | .3330    | 3.0003     | .0541   | .5131      | .4869  | 34   | 16    |
| 48    | 27  | .1648                               | .8352      | .1598     | .3362    | 2.9974     | .0542   | .5140      | .4860  | 33   | 12    |
| 52    | 28  | .1675                               | .8325      | .1570     | .3395    | .9945      | .0543   | .5149      | .4851  | 32   | 8     |
| 56    | 29  | .1703                               | .8297      | .1543     | .3427    | .9916      | .0544   | .5158      | .4841  | 31   | 4     |
| 14    | 30  | .31730                              | .68269     | 3.1515    | .33459   | 2.9887     | 1.0545  | .05168     | .94832 | 30   | 46    |
| 4     | 31  | .1758                               | .8242      | .1488     | .3492    | .9858      | .0546   | .5177      | .4823  | 29   | 56    |
| 8     | 32  | .1786                               | .8214      | .1461     | .3524    | .9829      | .0547   | .5186      | .4814  | 28   | 52    |
| 12    | 33  | .1813                               | .8187      | .1433     | .3557    | .9800      | .0548   | .5195      | .4805  | 27   | 48    |
| 16    | 34  | .1841                               | .8159      | .1406     | .3589    | .9772      | .0549   | .5205      | .4795  | 26   | 44    |
| 20    | 35  | .31868                              | .68132     | 3.1379    | .33621   | 2.9743     | 1.0550  | .05214     | .94786 | 25   | 40    |
| 24    | 36  | .1896                               | .8104      | .1352     | .3654    | .9714      | .0551   | .5223      | .4777  | 24   | 36    |
| 28    | 37  | .1923                               | .8076      | .1325     | .3686    | .9686      | .0552   | .5232      | .4767  | 23   | 32    |
| 32    | 38  | .1951                               | .8049      | .1298     | .3718    | .9657      | .0553   | .5242      | .4758  | 22   | 28    |
| 36    | 39  | .1978                               | .8021      | .1271     | .3751    | .9629      | .0554   | .5251      | .4749  | 21   | 24    |
| 40    | 40  | .32006                              | .67904     | 3.1244    | .33783   | 2.9600     | 1.0555  | .05260     | .94740 | 20   | 20    |
| 44    | 41  | .2034                               | .7966      | .1217     | .3816    | .9572      | .0556   | .5270      | .4730  | 19   | 16    |
| 48    | 42  | .2061                               | .7939      | .1190     | .3848    | .9544      | .0557   | .5279      | .4721  | 18   | 12    |
| 52    | 43  | .2039                               | .7911      | .1163     | .3880    | .9515      | .0558   | .5288      | .4712  | 17   | 8     |
| 56    | 44  | .2116                               | .7884      | .1137     | .3913    | .9487      | .0559   | .5297      | .4702  | 16   | 4     |
| 15    | 45  | .32144                              | .67856     | 3.1110    | .33945   | 2.9459     | 1.0560  | .05307     | .94693 | 15   | 45    |
| 4     | 46  | .2171                               | .7828      | .1083     | .3978    | .9431      | .0561   | .5316      | .4684  | 14   | 56    |
| 8     | 47  | .2199                               | .7801      | .1057     | .4010    | .9403      | .0562   | .5326      | .4674  | 13   | 52    |
| 12    | 48  | .2226                               | .7773      | .1030     | .4043    | .9375      | .0563   | .5335      | .4665  | 12   | 48    |
| 16    | 49  | .2254                               | .7746      | .1004     | .4075    | .9347      | .0565   | .5344      | .4655  | 11   | 44    |
| 20    | 50  | .32282                              | .67718     | 3.0977    | .34108   | 2.9319     | 1.0566  | .05354     | .94646 | 10   | 40    |
| 24    | 51  | .2309                               | .7691      | .0951     | .4140    | .9291      | .0567   | .5363      | .4637  | 9    | 36    |
| 28    | 52  | .2337                               | .7663      | .0925     | .4173    | .9263      | .0568   | .5373      | .4627  | 8    | 32    |
| 32    | 53  | .2364                               | .7636      | .0898     | .4205    | .9235      | .0569   | .5382      | .4618  | 7    | 28    |
| 36    | 54  | .2392                               | .7609      | .0872     | .4238    | .9208      | .0570   | .5391      | .4608  | 6    | 24    |
| 40    | 55  | .32419                              | .67581     | 3.0846    | .34270   | 2.9180     | 1.0571  | .05401     | .94599 | 5    | 20    |
| 44    | 56  | .2447                               | .7553      | .0820     | .4303    | .9152      | .0572   | .5410      | .4590  | 4    | 16    |
| 48    | 57  | .2474                               | .7526      | .0793     | .4335    | .9125      | .0573   | .5420      | .4580  | 3    | 12    |
| 52    | 58  | .2502                               | .7498      | .0767     | .4368    | .9097      | .0574   | .5429      | .4571  | 2    | 8     |
| 56    | 59  | .2529                               | .7471      | .0741     | .4400    | .9069      | .0575   | .5439      | .4561  | 1    | 4     |
| 16    | 60  | .2557                               | .7443      | .0715     | .4433    | .9042      | .0576   | .5448      | .4552  | 0    | 44    |

| 1h    | 19° | Funciones naturales trigonométricas. |            |           |          |            |         |            |        | 160° | 10h   |
|-------|-----|--------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|------|-------|
| M. S. | M.  | Senó                                 | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Senó verso | Coseno | M.   | M. S. |
| 16    | 0   | .32557                               | .67443     | 3.0715    | .34433   | 2.9042     | 1.0576  | .05448     | .94552 | 60   | 44    |
| 4     | 1   | .2584                                | .7416      | .0690     | .4465    | .9015      | .0577   | .5458      | .4542  | 59   | 56    |
| 8     | 2   | .2612                                | .7388      | .0664     | .4498    | .8987      | .0578   | .5467      | .4533  | 58   | 52    |
| 12    | 3   | .2639                                | .7361      | .0638     | .4530    | .8960      | .0579   | .5476      | .4523  | 57   | 48    |
| 16    | 4   | .2667                                | .7333      | .0612     | .4563    | .8933      | .0580   | .5486      | .4514  | 56   | 44    |
| 20    | 5   | .32694                               | .67306     | 3.0586    | .34595   | 2.8905     | 1.0581  | .05495     | .94504 | 55   | 40    |
| 24    | 6   | .2722                                | .7278      | .0561     | .4628    | .8878      | .0582   | .5505      | .4495  | 54   | 36    |
| 28    | 7   | .2749                                | .7251      | .0535     | .4661    | .8851      | .0584   | .5515      | .4485  | 53   | 32    |
| 32    | 8   | .2777                                | .7223      | .0509     | .4693    | .8824      | .0585   | .5524      | .4476  | 52   | 28    |
| 36    | 9   | .2804                                | .7196      | .0484     | .4726    | .8797      | .0586   | .5534      | .4466  | 51   | 24    |
| 40    | 10  | .32832                               | .67168     | 3.0458    | .34758   | 2.8770     | 1.0587  | .05543     | .94457 | 50   | 20    |
| 44    | 11  | .2859                                | .7141      | .0433     | .4791    | .8743      | .0588   | .5553      | .4447  | 49   | 16    |
| 48    | 12  | .2887                                | .7113      | .0407     | .4824    | .8716      | .0589   | .5562      | .4438  | 48   | 12    |
| 52    | 13  | .2914                                | .7086      | .0382     | .4856    | .8689      | .0590   | .5572      | .4428  | 47   | 8     |
| 56    | 14  | .2942                                | .7058      | .0357     | .4889    | .8662      | .0591   | .5581      | .4418  | 46   | 4     |
| 17    | 15  | .32969                               | .67031     | 3.0331    | .34921   | 2.8636     | 1.0592  | .05591     | .94409 | 45   | 43    |
| 4     | 16  | .2996                                | .7003      | .0306     | .4954    | .8609      | .0593   | .5601      | .4399  | 44   | 56    |
| 8     | 17  | .3024                                | .6976      | .0281     | .4987    | .8582      | .0594   | .5610      | .4390  | 43   | 52    |
| 12    | 18  | .3051                                | .6948      | .0256     | .5019    | .8555      | .0595   | .5620      | .4380  | 42   | 48    |
| 16    | 19  | .3079                                | .6921      | .0231     | .5052    | .8529      | .0596   | .5629      | .4370  | 41   | 44    |
| 20    | 20  | .33106                               | .66894     | 3.0206    | .35035   | 2.8502     | 1.0598  | .05639     | .94361 | 40   | 40    |
| 24    | 21  | .3134                                | .6866      | .0181     | .5117    | .8476      | .0599   | .5649      | .4351  | 39   | 36    |
| 28    | 22  | .3161                                | .6839      | .0156     | .5150    | .8449      | .0600   | .5658      | .4341  | 38   | 32    |
| 32    | 23  | .3189                                | .6811      | .0131     | .5183    | .8423      | .0601   | .5668      | .4332  | 37   | 28    |
| 36    | 24  | .3216                                | .6784      | .0106     | .5215    | .8396      | .0602   | .5678      | .4322  | 36   | 24    |
| 40    | 25  | .33243                               | .66756     | 3.0081    | .35248   | 2.8370     | 1.0603  | .05687     | .94313 | 35   | 20    |
| 44    | 26  | .3271                                | .6729      | .0056     | .5281    | .8344      | .0604   | .5697      | .4303  | 34   | 16    |
| 48    | 27  | .3298                                | .6701      | .0031     | .5314    | .8318      | .0605   | .5707      | .4293  | 33   | 12    |
| 52    | 28  | .3326                                | .6674      | .0007     | .5346    | .8291      | .0606   | .5716      | .4283  | 32   | 8     |
| 56    | 29  | .3353                                | .6647      | .2.9982   | .5379    | .8265      | .0607   | .5726      | .4274  | 31   | 4     |
| 18    | 30  | .33381                               | .66619     | 2.9957    | .35412   | 2.8239     | 1.0608  | .05736     | .94264 | 30   | 42    |
| 4     | 31  | .3408                                | .6592      | .9933     | .5445    | .8213      | .0609   | .5745      | .4254  | 29   | 56    |
| 8     | 32  | .3435                                | .6564      | .9903     | .5477    | .8187      | .0611   | .5755      | .4245  | 28   | 52    |
| 12    | 33  | .3463                                | .6537      | .9884     | .5510    | .8161      | .0612   | .5765      | .4235  | 27   | 48    |
| 16    | 34  | .3490                                | .6510      | .9859     | .5543    | .8135      | .0613   | .5775      | .4225  | 26   | 44    |
| 20    | 35  | .33518                               | .66482     | 2.9835    | .35576   | 2.8109     | 1.0614  | .05784     | .94215 | 25   | 40    |
| 24    | 36  | .3545                                | .6455      | .9810     | .5608    | .8083      | .0615   | .5794      | .4206  | 24   | 36    |
| 28    | 37  | .3572                                | .6427      | .9786     | .5641    | .8057      | .0616   | .5804      | .4196  | 23   | 32    |
| 32    | 38  | .3600                                | .6400      | .9762     | .5674    | .8032      | .0617   | .5814      | .4186  | 22   | 28    |
| 36    | 39  | .3627                                | .6373      | .9738     | .5707    | .8006      | .0618   | .5823      | .4176  | 21   | 24    |
| 40    | 40  | .33655                               | .66345     | 2.9713    | .35739   | 2.7980     | 1.0619  | .05833     | .94167 | 20   | 20    |
| 44    | 41  | .3682                                | .6318      | .9689     | .5772    | .7954      | .0620   | .5843      | .4157  | 19   | 16    |
| 48    | 42  | .3709                                | .6290      | .9665     | .5805    | .7929      | .0622   | .5853      | .4147  | 18   | 12    |
| 52    | 43  | .3737                                | .6263      | .9641     | .5838    | .7903      | .0623   | .5863      | .4137  | 17   | 8     |
| 56    | 44  | .3764                                | .6236      | .9617     | .5871    | .7878      | .0624   | .5872      | .4127  | 16   | 4     |
| 19    | 45  | .33792                               | .66208     | 2.9593    | .35904   | 2.7852     | 1.0625  | .05882     | .94118 | 15   | 41    |
| 4     | 46  | .3819                                | .6181      | .9569     | .5936    | .7827      | .0626   | .5892      | .4108  | 14   | 56    |
| 8     | 47  | .3846                                | .6153      | .9545     | .5969    | .7801      | .0627   | .5902      | .4098  | 13   | 52    |
| 12    | 48  | .3874                                | .6126      | .9521     | .6002    | .7776      | .0628   | .5912      | .4088  | 12   | 48    |
| 16    | 49  | .3901                                | .6099      | .9497     | .6035    | .7751      | .0629   | .5922      | .4078  | 11   | 44    |
| 20    | 50  | .33928                               | .66071     | 2.9474    | .36068   | 2.7725     | 1.0630  | .05932     | .94068 | 10   | 40    |
| 24    | 51  | .3956                                | .6044      | .9450     | .6101    | .7700      | .0632   | .5941      | .4058  | 9    | 36    |
| 28    | 52  | .3983                                | .6017      | .9426     | .6134    | .7675      | .0633   | .5951      | .4049  | 8    | 32    |
| 32    | 53  | .4011                                | .5989      | .9402     | .6167    | .7650      | .0634   | .5961      | .4039  | 7    | 28    |
| 36    | 54  | .4038                                | .5962      | .9379     | .6199    | .7625      | .0635   | .5971      | .4029  | 6    | 24    |
| 40    | 55  | .34065                               | .65935     | 2.9355    | .36232   | 2.7600     | 1.0636  | .05981     | .94019 | 5    | 20    |
| 44    | 56  | .4093                                | .5907      | .9332     | .6265    | .7574      | .0637   | .5991      | .4009  | 4    | 16    |
| 48    | 57  | .4120                                | .5880      | .9308     | .6298    | .7549      | .0638   | .6001      | .3999  | 3    | 12    |
| 52    | 58  | .4147                                | .5853      | .9285     | .6331    | .7524      | .0639   | .6011      | .3989  | 2    | 8     |
| 56    | 59  | .4175                                | .5825      | .9261     | .6364    | .7500      | .0641   | .6021      | .3979  | 1    | 4     |
| 20    | 60  | .4202                                | .5798      | .9238     | .6397    | .7475      | .0642   | .6031      | .3969  | 0    | 40    |

| 1h    | 20° | Funciones naturales trigonométricas. |            |           |          |            |         |            |        | 159° | 10h   |
|-------|-----|--------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|------|-------|
| M. S. | M.  | Senó.                                | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Senó verso | Coseno | M.   | M. S. |
| 20    | 0   | .34202                               | .65798     | 2.9238    | .36397   | 2.7475     | 1.0642  | .06031     | .93969 | 60   | 40    |
| 4     | 1   | .4229                                | .5771      | .9215     | .6430    | .7450      | .0643   | .6041      | .3959  | 59   | 56    |
| 8     | 2   | .4257                                | .5743      | .9191     | .6463    | .7425      | .0644   | .6051      | .3949  | 58   | 52    |
| 12    | 3   | .4284                                | .5716      | .9168     | .6496    | .7400      | .0645   | .6061      | .3939  | 57   | 48    |
| 16    | 4   | .4311                                | .5689      | .9145     | .6529    | .7376      | .0646   | .6071      | .3929  | 56   | 44    |
| 20    | 5   | .34339                               | .65661     | 2.9122    | .36562   | 2.7351     | 1.0647  | .06080     | .93919 | 55   | 40    |
| 24    | 6   | .4366                                | .5634      | .9098     | .6595    | .7326      | .0648   | .6090      | .3909  | 54   | 36    |
| 28    | 7   | .4393                                | .5607      | .9075     | .6628    | .7302      | .0650   | .6100      | .3899  | 53   | 32    |
| 32    | 8   | .4421                                | .5579      | .9052     | .6661    | .7277      | .0651   | .6110      | .3889  | 52   | 28    |
| 36    | 9   | .4448                                | .5552      | .9029     | .6694    | .7252      | .0652   | .6121      | .3879  | 51   | 24    |
| 40    | 10  | .34475                               | .65525     | 2.9006    | .36727   | 2.7228     | 1.0653  | .06131     | .93869 | 50   | 20    |
| 44    | 11  | .4502                                | .5497      | .8983     | .6760    | .7204      | .0654   | .6141      | .3859  | 49   | 16    |
| 48    | 12  | .4530                                | .5470      | .8960     | .6793    | .7179      | .0655   | .6151      | .3849  | 48   | 12    |
| 52    | 13  | .4557                                | .5443      | .8937     | .6826    | .7155      | .0656   | .6161      | .3839  | 47   | 8     |
| 56    | 14  | .4584                                | .5415      | .8915     | .6859    | .7130      | .0658   | .6171      | .3829  | 46   | 4     |
| 21    | 15  | .34612                               | .65388     | 2.8892    | .36892   | 2.7106     | 1.0659  | .06181     | .93819 | 45   | 39    |
| 4     | 16  | .4639                                | .5361      | .8869     | .6925    | .7082      | .0660   | .6191      | .3809  | 44   | 36    |
| 8     | 17  | .4666                                | .5334      | .8846     | .6958    | .7058      | .0661   | .6201      | .3799  | 43   | 52    |
| 12    | 18  | .4693                                | .5306      | .8824     | .6991    | .7033      | .0662   | .6211      | .3789  | 42   | 48    |
| 16    | 19  | .4721                                | .5279      | .8801     | .7024    | .7009      | .0663   | .6221      | .3779  | 41   | 44    |
| 20    | 20  | .34748                               | .65252     | 2.8778    | .37057   | 2.6985     | 1.0664  | .06231     | .93769 | 40   | 40    |
| 24    | 21  | .4775                                | .5225      | .8756     | .7090    | .6961      | .0666   | .6241      | .3758  | 39   | 36    |
| 28    | 22  | .4803                                | .5197      | .8733     | .7123    | .6937      | .0667   | .6251      | .3748  | 38   | 32    |
| 32    | 23  | .4830                                | .5170      | .8711     | .7156    | .6913      | .0668   | .6262      | .3738  | 37   | 28    |
| 36    | 24  | .4857                                | .5143      | .8688     | .7190    | .6889      | .0669   | .6272      | .3728  | 36   | 24    |
| 40    | 25  | .34884                               | .65115     | 2.8666    | .37223   | 2.6865     | 1.0670  | .06282     | .93718 | 35   | 20    |
| 44    | 26  | .4912                                | .5088      | .8644     | .7256    | .6841      | .0671   | .6292      | .3708  | 34   | 16    |
| 48    | 27  | .4939                                | .5061      | .8621     | .7289    | .6817      | .0673   | .6302      | .3698  | 33   | 12    |
| 52    | 28  | .4966                                | .5034      | .8599     | .7322    | .6794      | .0674   | .6312      | .3687  | 32   | 8     |
| 56    | 29  | .4993                                | .5006      | .8577     | .7355    | .6770      | .0675   | .6323      | .3677  | 31   | 4     |
| 22    | 30  | .35021                               | .64979     | 2.8554    | .37388   | 2.6746     | 1.0676  | .06333     | .93667 | 30   | 38    |
| 4     | 31  | .5048                                | .4952      | .8532     | .7422    | .6722      | .0677   | .6343      | .3657  | 29   | 56    |
| 8     | 32  | .5075                                | .4925      | .8510     | .7455    | .6699      | .0678   | .6353      | .3647  | 28   | 52    |
| 12    | 33  | .5102                                | .4897      | .8488     | .7488    | .6675      | .0679   | .6363      | .3637  | 27   | 48    |
| 16    | 34  | .5130                                | .4870      | .8466     | .7521    | .6652      | .0681   | .6373      | .3626  | 26   | 44    |
| 20    | 35  | .35157                               | .64843     | 2.8444    | .37554   | 2.6628     | 1.0682  | .06384     | .93616 | 25   | 40    |
| 24    | 36  | .5184                                | .4816      | .8422     | .7587    | .6604      | .0683   | .6394      | .3606  | 24   | 36    |
| 28    | 37  | .5211                                | .4789      | .8400     | .7621    | .6581      | .0684   | .6404      | .3596  | 23   | 32    |
| 32    | 38  | .5239                                | .4761      | .8378     | .7654    | .6553      | .0685   | .6414      | .3585  | 22   | 28    |
| 36    | 39  | .5266                                | .4734      | .8356     | .7687    | .6534      | .0686   | .6425      | .3575  | 21   | 24    |
| 40    | 40  | .35293                               | .64707     | 2.8334    | .37720   | 2.6511     | 1.0688  | .06435     | .93565 | 20   | 20    |
| 44    | 41  | .5320                                | .4680      | .8312     | .7754    | .6487      | .0689   | .6445      | .3555  | 19   | 16    |
| 48    | 42  | .5347                                | .4652      | .8290     | .7787    | .6464      | .0690   | .6456      | .3544  | 18   | 12    |
| 52    | 43  | .5375                                | .4625      | .8269     | .7820    | .6441      | .0691   | .6466      | .3534  | 17   | 8     |
| 56    | 44  | .5402                                | .4598      | .8247     | .7853    | .6418      | .0692   | .6476      | .3524  | 16   | 4     |
| 23    | 45  | .35429                               | .64571     | 2.8225    | .37887   | 2.6394     | 1.0694  | .06486     | .93513 | 15   | 37    |
| 4     | 46  | .5456                                | .4544      | .8204     | .7920    | .6371      | .0695   | .6497      | .3503  | 14   | 56    |
| 8     | 47  | .5483                                | .4516      | .8182     | .7953    | .6348      | .0696   | .6507      | .3493  | 13   | 52    |
| 12    | 48  | .5511                                | .4489      | .8160     | .7986    | .6325      | .0697   | .6517      | .3482  | 12   | 48    |
| 16    | 49  | .5538                                | .4462      | .8139     | .8020    | .6302      | .0698   | .6528      | .3472  | 11   | 44    |
| 20    | 50  | .35565                               | .64435     | 2.8117    | .38053   | 2.6279     | 1.0699  | .06538     | .93462 | 10   | 40    |
| 24    | 51  | .5592                                | .4408      | .8096     | .8086    | .6256      | .0701   | .6548      | .3451  | 9    | 36    |
| 28    | 52  | .5619                                | .4380      | .8074     | .8120    | .6233      | .0702   | .6559      | .3441  | 8    | 32    |
| 32    | 53  | .5647                                | .4353      | .8053     | .8153    | .6210      | .0703   | .6569      | .3431  | 7    | 28    |
| 36    | 54  | .5674                                | .4326      | .8032     | .8186    | .6187      | .0704   | .6579      | .3420  | 6    | 24    |
| 40    | 55  | .35701                               | .64299     | 2.8010    | .38220   | 2.6164     | 1.0705  | .06590     | .93410 | 5    | 20    |
| 44    | 56  | .5728                                | .4272      | .7989     | .8253    | .6142      | .0707   | .6600      | .3400  | 4    | 16    |
| 48    | 57  | .5755                                | .4245      | .7968     | .8286    | .6119      | .0708   | .6611      | .3389  | 3    | 12    |
| 52    | 58  | .5782                                | .4217      | .7947     | .8320    | .6096      | .0709   | .6621      | .3379  | 2    | 8     |
| 56    | 59  | .5810                                | .4190      | .7925     | .8353    | .6073      | .0710   | .6631      | .3368  | 1    | 4     |
| 24    | 60  | .5837                                | .4163      | .7904     | .8386    | .6051      | .0711   | .6642      | .3358  | 0    | 36    |

| 1h    | 21° | Funciones naturales trigonométricas. |            |           |          |            |         |            |        | 158° | 10h   |
|-------|-----|--------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|------|-------|
| M. S. | M.  | Seno                                 | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Seno verso | Coseno | M.   | M. S. |
| 24    | 0   | .35837                               | .64163     | 2.7904    | .38386   | 2.6051     | 1.0711  | .06642     | .93358 | 60   | 36    |
| 4     | 1   | .5864                                | .4136      | .7883     | .8420    | .6028      | .0713   | .6652      | .3348  | 59   | 56    |
| 8     | 2   | .5891                                | .4109      | .7862     | .8453    | .6006      | .0714   | .6663      | .3337  | 58   | 52    |
| 12    | 3   | .5918                                | .4032      | .7841     | .8486    | .5983      | .0715   | .6673      | .3327  | 57   | 48    |
| 16    | 4   | .5945                                | .4055      | .7820     | .8520    | .5960      | .0716   | .6684      | .3316  | 56   | 44    |
| 20    | 5   | .5972                                | .4027      | 2.7799    | .38553   | 2.5988     | 1.0717  | .06694     | .93306 | 55   | 40    |
| 24    | 6   | .6000                                | .4000      | .7778     | .8587    | .5916      | .0719   | .6705      | .3295  | 54   | 36    |
| 28    | 7   | .6027                                | .3973      | .7757     | .8620    | .5893      | .0720   | .6715      | .3285  | 53   | 32    |
| 32    | 8   | .6054                                | .3946      | .7736     | .8654    | .5871      | .0721   | .6726      | .3274  | 52   | 28    |
| 36    | 9   | .6081                                | .3919      | .7715     | .8687    | .5848      | .0722   | .6736      | .3264  | 51   | 24    |
| 40    | 10  | .36108                               | .63892     | 2.7694    | .38720   | 2.5826     | 1.0723  | .06747     | .93253 | 50   | 20    |
| 44    | 11  | .6135                                | .3865      | .7674     | .8754    | .5804      | .0725   | .6757      | .3243  | 49   | 16    |
| 48    | 12  | .6162                                | .3837      | .7653     | .8787    | .5781      | .0726   | .6768      | .3232  | 48   | 12    |
| 52    | 13  | .6189                                | .3810      | .7632     | .8821    | .5759      | .0727   | .6778      | .3222  | 47   | 8     |
| 56    | 14  | .6217                                | .3783      | .7611     | .8854    | .5737      | .0728   | .6789      | .3211  | 46   | 4     |
| 25    | 15  | .36244                               | .63756     | 2.7591    | .38888   | 2.5715     | 1.0729  | .06799     | .93201 | 45   | 35    |
| 4     | 16  | .6271                                | .3729      | .7570     | .8921    | .5693      | .0731   | .6810      | .3190  | 44   | 56    |
| 8     | 17  | .6298                                | .3702      | .7550     | .8955    | .5671      | .0732   | .6820      | .3180  | 43   | 52    |
| 12    | 18  | .6325                                | .3675      | .7529     | .8988    | .5649      | .0733   | .6831      | .3169  | 42   | 48    |
| 16    | 19  | .6352                                | .3648      | .7509     | .9022    | .5627      | .0734   | .6841      | .3158  | 41   | 44    |
| 20    | 20  | .36379                               | .63621     | 2.7488    | .39055   | 2.5605     | 1.0736  | .06852     | .93148 | 40   | 40    |
| 24    | 21  | .6406                                | .3593      | .7468     | .9089    | .5583      | .0737   | .6863      | .3137  | 39   | 36    |
| 28    | 22  | .6433                                | .3566      | .7447     | .9122    | .5561      | .0738   | .6873      | .3127  | 38   | 32    |
| 32    | 23  | .6460                                | .3539      | .7427     | .9156    | .5539      | .0739   | .6884      | .3116  | 37   | 28    |
| 36    | 24  | .6488                                | .3512      | .7406     | .9189    | .5517      | .0740   | .6894      | .3105  | 36   | 24    |
| 40    | 25  | .36515                               | .63485     | 2.7386    | .39223   | 2.5495     | 1.0742  | .06905     | .93095 | 35   | 20    |
| 44    | 26  | .6542                                | .3458      | .7366     | .9257    | .5473      | .0743   | .6916      | .3084  | 34   | 16    |
| 48    | 27  | .6569                                | .3431      | .7346     | .9290    | .5451      | .0744   | .6926      | .3074  | 33   | 12    |
| 52    | 28  | .6596                                | .3404      | .7325     | .9324    | .5430      | .0745   | .6937      | .3063  | 32   | 8     |
| 56    | 29  | .6623                                | .3377      | .7305     | .9357    | .5408      | .0747   | .6947      | .3052  | 31   | 4     |
| 26    | 30  | .36650                               | .63350     | 2.7285    | .39391   | 2.5386     | 1.0748  | .06958     | .93042 | 30   | 34    |
| 4     | 31  | .6677                                | .3323      | .7265     | .9425    | .5365      | .0749   | .6969      | .3031  | 29   | 56    |
| 8     | 32  | .6704                                | .3296      | .7245     | .9453    | .5343      | .0750   | .6979      | .3020  | 28   | 52    |
| 12    | 33  | .6731                                | .3269      | .7225     | .9492    | .5322      | .0751   | .6990      | .3010  | 27   | 48    |
| 16    | 34  | .6758                                | .3242      | .7205     | .9525    | .5300      | .0753   | .7001      | .2999  | 26   | 44    |
| 20    | 35  | .36785                               | .63214     | 2.7185    | .39559   | 2.5278     | 1.0754  | .07012     | .92988 | 25   | 40    |
| 24    | 36  | .6812                                | .3187      | .7165     | .9593    | .5257      | .0755   | .7022      | .2978  | 24   | 36    |
| 28    | 37  | .6839                                | .3160      | .7145     | .9626    | .5236      | .0756   | .7033      | .2967  | 23   | 32    |
| 32    | 38  | .6866                                | .3133      | .7125     | .9660    | .5214      | .0758   | .7044      | .2956  | 22   | 28    |
| 36    | 39  | .6893                                | .3106      | .7105     | .9694    | .5193      | .0759   | .7054      | .2945  | 21   | 24    |
| 40    | 40  | .36921                               | .63079     | 2.7085    | .39727   | 2.5171     | 1.0760  | .07065     | .92935 | 20   | 20    |
| 44    | 41  | .6948                                | .3052      | .7065     | .9761    | .5150      | .0761   | .7076      | .2924  | 19   | 16    |
| 48    | 42  | .6975                                | .3025      | .7045     | .9795    | .5129      | .0763   | .7087      | .2913  | 18   | 12    |
| 52    | 43  | .7002                                | .2998      | .7026     | .9828    | .5108      | .0764   | .7097      | .2902  | 17   | 8     |
| 56    | 44  | .7029                                | .2971      | .7006     | .9862    | .5086      | .0765   | .7108      | .2892  | 16   | 4     |
| 27    | 45  | .37056                               | .62944     | 2.6986    | .39896   | 2.5065     | 1.0766  | .07119     | .92881 | 15   | 33    |
| 4     | 46  | .7083                                | .2917      | .6967     | .9930    | .5044      | .0768   | .7130      | .2870  | 14   | 56    |
| 8     | 47  | .7110                                | .2890      | .6947     | .9963    | .5023      | .0769   | .7141      | .2859  | 13   | 52    |
| 12    | 48  | .7137                                | .2863      | .6927     | .9997    | .5002      | .0770   | .7151      | .2848  | 12   | 48    |
| 16    | 49  | .7164                                | .2836      | .6908     | .40031   | .4981      | .0771   | .7162      | .2838  | 11   | 44    |
| 20    | 50  | .37191                               | .62809     | 2.6888    | .40065   | 2.4960     | 1.0773  | .07173     | .92827 | 10   | 40    |
| 24    | 51  | .7218                                | .2782      | .6869     | .0098    | .4939      | .0774   | .7184      | .2816  | 9    | 36    |
| 28    | 52  | .7245                                | .2755      | .6849     | .0132    | .4918      | .0775   | .7195      | .2805  | 8    | 32    |
| 32    | 53  | .7272                                | .2728      | .6830     | .0166    | .4897      | .0776   | .7205      | .2794  | 7    | 28    |
| 36    | 54  | .7299                                | .2701      | .6810     | .0200    | .4876      | .0778   | .7216      | .2784  | 6    | 24    |
| 40    | 55  | .37326                               | .62674     | 2.6791    | .40233   | 2.4855     | 1.0779  | .07227     | .92773 | 5    | 20    |
| 44    | 56  | .7353                                | .2647      | .6772     | .0267    | .4834      | .0780   | .7238      | .2762  | 4    | 16    |
| 48    | 57  | .7380                                | .2620      | .6752     | .0301    | .4813      | .0781   | .7249      | .2751  | 3    | 12    |
| 52    | 58  | .7407                                | .2593      | .6733     | .0335    | .4792      | .0783   | .7260      | .2740  | 2    | 8     |
| 56    | 59  | .7434                                | .2566      | .6714     | .0369    | .4772      | .0784   | .7271      | .2729  | 1    | 4     |
| 28    | 60  | .7461                                | .2539      | .6695     | .0403    | .4751      | .0785   | .7282      | .2718  | 0    | 32    |



| 1h    | 22º | Funciones naturales trigonométricas |            |           |          |            |         |            |        | 157º | 10h   |
|-------|-----|-------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|------|-------|
| M. S. | M.  | Senó                                | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Senó verso | Coseno | M.   | M. S. |
| 28    | 0   | .37461                              | .62539     | 2.6695    | .40403   | 2.4751     | 1.0785  | .07282     | .92718 | 60   | 32    |
|       | 4   | 1 .7488                             | .2512      | .6675     | .0436    | .4730      | .0787   | .7292      | .2707  | 59   | 56    |
|       | 8   | 2 .7514                             | .2485      | .6656     | .0470    | .4709      | .0788   | .7303      | .2696  | 58   | 52    |
|       | 12  | 3 .7541                             | .2458      | .6637     | .0504    | .4689      | .0789   | .7314      | .2686  | 57   | 48    |
|       | 16  | 4 .7568                             | .2431      | .6618     | .0538    | .4668      | .0790   | .7325      | .2675  | 56   | 44    |
|       | 20  | 5 .37595                            | .62404     | 2.6599    | .40572   | 2.4647     | 1.0792  | .07336     | .92664 | 55   | 40    |
|       | 24  | 6 .7622                             | .2377      | .6580     | .0606    | .4627      | .0793   | .7347      | .2653  | 54   | 36    |
|       | 28  | 7 .7649                             | .2351      | .6561     | .0640    | .4606      | .0794   | .7358      | .2642  | 53   | 32    |
|       | 32  | 8 .7676                             | .2324      | .6542     | .0673    | .4586      | .0795   | .7369      | .2631  | 52   | 28    |
|       | 36  | 9 .7703                             | .2297      | .6523     | .0707    | .4565      | .0797   | .7380      | .2620  | 51   | 24    |
|       | 40  | 10 .37730                           | .62270     | 2.6504    | .40741   | 2.4545     | 1.0798  | .07391     | .92609 | 50   | 20    |
|       | 44  | 11 .7757                            | .2243      | .6485     | .0775    | .4525      | .0799   | .7402      | .2598  | 49   | 16    |
|       | 48  | 12 .7784                            | .2216      | .6466     | .0809    | .4504      | .0801   | .7413      | .2587  | 48   | 12    |
|       | 52  | 13 .7811                            | .2189      | .6447     | .0843    | .4484      | .0802   | .7424      | .2576  | 47   | 8     |
|       | 56  | 14 .7838                            | .2162      | .6428     | .0877    | .4463      | .0803   | .7435      | .2565  | 46   | 4     |
|       | 29  | 15 .37865                           | .62135     | 2.6410    | .40911   | 2.4443     | 1.0804  | .07446     | .92554 | 45   | 31    |
|       |     | 4 16 .7892                          | .2108      | .6391     | .0945    | .4423      | .0806   | .7457      | .2543  | 44   | 56    |
|       |     | 8 17 .7919                          | .2081      | .6372     | .0979    | .4403      | .0807   | .7468      | .2532  | 43   | 52    |
|       |     | 12 18 .7946                         | .2054      | .6353     | .1013    | .4382      | .0808   | .7479      | .2521  | 42   | 48    |
|       |     | 16 19 .7972                         | .2027      | .6335     | .1047    | .4362      | .0810   | .7490      | .2510  | 41   | 44    |
|       |     | 20 20 .37999                        | .62000     | 2.6316    | .41081   | 2.4342     | 1.0811  | .07501     | .92499 | 40   | 40    |
|       |     | 24 21 .8026                         | .1974      | .6297     | .1115    | .4322      | .0812   | .7512      | .2488  | 39   | 36    |
|       |     | 28 22 .8053                         | .1947      | .6279     | .1149    | .4302      | .0813   | .7523      | .2477  | 38   | 32    |
|       |     | 32 23 .8080                         | .1920      | .6260     | .1183    | .4282      | .0815   | .7534      | .2466  | 37   | 28    |
|       |     | 36 24 .8107                         | .1893      | .6242     | .1217    | .4262      | .0816   | .7545      | .2455  | 36   | 24    |
|       |     | 40 25 .38134                        | .61866     | 2.6223    | .41251   | 2.4242     | 1.0817  | .07556     | .92443 | 35   | 20    |
|       |     | 44 26 .8161                         | .1839      | .6205     | .1285    | .4222      | .0819   | .7567      | .2432  | 34   | 16    |
|       |     | 48 27 .8188                         | .1812      | .6186     | .1319    | .4202      | .0820   | .7579      | .2421  | 33   | 12    |
|       |     | 52 28 .8214                         | .1785      | .6168     | .1353    | .4182      | .0821   | .7590      | .2410  | 32   | 8     |
|       |     | 56 29 .8241                         | .1758      | .6150     | .1387    | .4162      | .0823   | .7601      | .2399  | 31   | 4     |
|       | 30  | 30 .38268                           | .61732     | 2.6131    | .41421   | 2.4142     | 1.0824  | .07612     | .92388 | 30   | 30    |
|       |     | 4 31 .8295                          | .1705      | .6113     | .1455    | .4122      | .0825   | .7623      | .2377  | 29   | 56    |
|       |     | 8 32 .8322                          | .1678      | .6095     | .1489    | .4102      | .0826   | .7634      | .2366  | 28   | 52    |
|       |     | 12 33 .8349                         | .1651      | .6076     | .1524    | .4083      | .0828   | .7645      | .2354  | 27   | 48    |
|       |     | 16 34 .8376                         | .1624      | .6058     | .1558    | .4063      | .0829   | .7657      | .2343  | 26   | 44    |
|       |     | 20 35 .38403                        | .61597     | 2.6040    | .41592   | 2.4043     | 1.0830  | .07668     | .92332 | 25   | 40    |
|       |     | 24 36 .8429                         | .1570      | .6022     | .1626    | .4023      | .0832   | .7679      | .2321  | 24   | 36    |
|       |     | 28 37 .8456                         | .1544      | .6003     | .1660    | .4004      | .0833   | .7690      | .2310  | 23   | 32    |
|       |     | 32 38 .8483                         | .1517      | .5985     | .1694    | .3984      | .0834   | .7701      | .2299  | 22   | 28    |
|       |     | 36 39 .8510                         | .1490      | .5967     | .1728    | .3964      | .0836   | .7712      | .2287  | 21   | 24    |
|       |     | 40 40 .38537                        | .61463     | 2.5949    | .41762   | 2.3945     | 1.0837  | .07724     | .92276 | 20   | 20    |
|       |     | 44 41 .8564                         | .1436      | .5931     | .1797    | .3925      | .0838   | .7735      | .2265  | 19   | 16    |
|       |     | 48 42 .8591                         | .1409      | .5913     | .1831    | .3906      | .0840   | .7746      | .2254  | 18   | 12    |
|       |     | 52 43 .8617                         | .1382      | .5895     | .1865    | .3886      | .0841   | .7757      | .2242  | 17   | 8     |
|       |     | 56 44 .8644                         | .1356      | .5877     | .1899    | .3867      | .0842   | .7769      | .2231  | 16   | 4     |
|       | 31  | 45 .38671                           | .61329     | 2.5859    | .41933   | 2.3847     | 1.0844  | .07780     | .92220 | 15   | 29    |
|       |     | 4 46 .8698                          | .1302      | .5841     | .1968    | .3828      | .0845   | .7791      | .2209  | 14   | 56    |
|       |     | 8 47 .8725                          | .1275      | .5823     | .2002    | .3808      | .0846   | .7802      | .2197  | 13   | 52    |
|       |     | 12 48 .8751                         | .1248      | .5805     | .2036    | .3789      | .0847   | .7814      | .2186  | 12   | 48    |
|       |     | 16 49 .8778                         | .1222      | .5787     | .2070    | .3770      | .0849   | .7825      | .2175  | 11   | 44    |
|       |     | 20 50 .38805                        | .61195     | 2.5770    | .42105   | 2.3750     | 1.0850  | .07836     | .92164 | 10   | 40    |
|       |     | 24 51 .8832                         | .1168      | .5752     | .2139    | .3731      | .0851   | .7847      | .2152  | 9    | 36    |
|       |     | 28 52 .8859                         | .1141      | .5734     | .2173    | .3712      | .0853   | .7859      | .2141  | 8    | 32    |
|       |     | 32 53 .8886                         | .1114      | .5716     | .2207    | .3692      | .0854   | .7870      | .2130  | 7    | 28    |
|       |     | 36 54 .8912                         | .1088      | .5699     | .2242    | .3673      | .0855   | .7881      | .2118  | 6    | 24    |
|       |     | 40 55 .38939                        | .61061     | 2.5681    | .42276   | 2.3654     | 1.0857  | .07893     | .92107 | 5    | 20    |
|       |     | 44 56 .8966                         | .1034      | .5663     | .2310    | .3635      | .0858   | .7904      | .2096  | 4    | 16    |
|       |     | 48 57 .8993                         | .1007      | .5646     | .2344    | .3616      | .0859   | .7915      | .2084  | 3    | 12    |
|       |     | 52 58 .9019                         | .0980      | .5628     | .2379    | .3597      | .0861   | .7927      | .2073  | 2    | 8     |
|       |     | 56 59 .9046                         | .0954      | .5610     | .2413    | .3577      | .0862   | .7938      | .2062  | 1    | 4     |
|       | 32  | 60 .9073                            | .0927      | .5593     | .2447    | .3558      | .0864   | .7949      | .2050  | 0    | 28    |



| 1h    | 23° | Funciones naturales trigonométricas. |            |           |          |            |         |            |        | 156° | 10h   |
|-------|-----|--------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|------|-------|
| M. S. | M.  | Seno                                 | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Seno verso | Coseno | M.   | M. S. |
| 32    | 0   | .39073                               | .60927     | 2.5593    | .42447   | 2.3558     | 1.0864  | .07949     | .92050 | 60   | 28    |
| 4     | 1   | .9100                                | .0900      | .5575     | .2482    | .3539      | .0865   | .7961      | .2039  | 59   | 56    |
| 8     | 2   | .9126                                | .0873      | .5558     | .2516    | .3520      | .0866   | .7972      | .2028  | 58   | 52    |
| 12    | 3   | .9153                                | .0846      | .5540     | .2550    | .3501      | .0868   | .7984      | .2016  | 57   | 48    |
| 16    | 4   | .9180                                | .0820      | .5523     | .2585    | .3482      | .0869   | .7995      | .2005  | 56   | 44    |
| 20    | 5   | .9207                                | .0793      | 2.5506    | .42619   | 2.3463     | 1.0870  | .08006     | .91993 | 55   | 40    |
| 24    | 6   | .9234                                | .0766      | .5488     | .2654    | .3445      | .0872   | .8018      | .1982  | 54   | 36    |
| 28    | 7   | .9260                                | .0739      | .5471     | .2688    | .3426      | .0873   | .8029      | .1971  | 53   | 32    |
| 32    | 8   | .9287                                | .0713      | .5453     | .2722    | .3407      | .0874   | .8041      | .1959  | 52   | 28    |
| 36    | 9   | .9314                                | .0686      | .5436     | .2757    | .3388      | .0876   | .8052      | .1948  | 51   | 24    |
| 40    | 10  | .9341                                | .0659      | 2.5419    | .42791   | 2.3369     | 1.0877  | .08063     | .91936 | 50   | 20    |
| 44    | 11  | .9367                                | .0632      | .5402     | .2826    | .3350      | .0878   | .8075      | .1925  | 49   | 16    |
| 48    | 12  | .9394                                | .0606      | .5384     | .2860    | .3332      | .0880   | .8086      | .1913  | 48   | 12    |
| 52    | 13  | .9421                                | .0579      | .5367     | .2894    | .3313      | .0881   | .8098      | .1902  | 47   | 8     |
| 56    | 14  | .9448                                | .0552      | .5350     | .2929    | .3294      | .0882   | .8109      | .1891  | 46   | 4     |
| 33    | 15  | .9474                                | .0526      | 2.5333    | .42963   | 2.3276     | 1.0884  | .08121     | .91879 | 45   | 27    |
| 4     | 16  | .9501                                | .0499      | .5316     | .2998    | .3257      | .0885   | .8132      | .1868  | 44   | 56    |
| 8     | 17  | .9528                                | .0452      | .5299     | .3032    | .3238      | .0886   | .8144      | .1856  | 43   | 52    |
| 12    | 18  | .9554                                | .0445      | .5281     | .3067    | .3220      | .0888   | .8155      | .1845  | 42   | 48    |
| 16    | 19  | .9581                                | .0419      | .5264     | .3101    | .3201      | .0889   | .8167      | .1833  | 41   | 44    |
| 20    | 20  | .9608                                | .0392      | 2.5247    | .43136   | 2.3183     | 1.0891  | .08178     | .91822 | 40   | 40    |
| 24    | 21  | .9635                                | .0365      | .5230     | .3170    | .3164      | .0892   | .8190      | .1810  | 39   | 36    |
| 28    | 22  | .9661                                | .0339      | .5213     | .3205    | .3145      | .0893   | .8201      | .1798  | 38   | 32    |
| 32    | 23  | .9688                                | .0312      | .5196     | .3239    | .3127      | .0895   | .8213      | .1787  | 37   | 28    |
| 36    | 24  | .9715                                | .0285      | .5179     | .3274    | .3109      | .0896   | .8224      | .1775  | 36   | 24    |
| 40    | 25  | .9741                                | .0258      | 2.5163    | .43308   | 2.3090     | 1.0897  | .08236     | .91764 | 35   | 20    |
| 44    | 26  | .9768                                | .0232      | .5146     | .3343    | .3072      | .0899   | .8248      | .1752  | 34   | 16    |
| 48    | 27  | .9795                                | .0205      | .5129     | .3377    | .3053      | .0900   | .8259      | .1741  | 33   | 12    |
| 52    | 28  | .9821                                | .0178      | .5112     | .3412    | .3035      | .0902   | .8271      | .1729  | 32   | 8     |
| 56    | 29  | .9848                                | .0152      | .5095     | .3447    | .3017      | .0903   | .8282      | .1718  | 31   | 4     |
| 34    | 30  | .9875                                | .0125      | 2.5078    | .43481   | 2.2998     | 1.0904  | .08294     | .91706 | 30   | 26    |
| 4     | 31  | .9901                                | .0098      | .5062     | .3516    | .2980      | .0906   | .8306      | .1694  | 29   | 56    |
| 8     | 32  | .9928                                | .0072      | .5045     | .3550    | .2962      | .0907   | .8317      | .1683  | 28   | 52    |
| 12    | 33  | .9955                                | .0045      | .5028     | .3585    | .2944      | .0908   | .8329      | .1671  | 27   | 48    |
| 16    | 34  | .9981                                | .0018      | .5011     | .3620    | .2925      | .0910   | .8340      | .1659  | 26   | 44    |
| 20    | 35  | .40008                               | .59992     | 2.4995    | .43654   | 2.2907     | 1.0911  | .08352     | .91648 | 25   | 40    |
| 24    | 36  | .0035                                | .9965      | .4978     | .3689    | .2889      | .0913   | .8364      | .1636  | 24   | 36    |
| 28    | 37  | .0061                                | .9938      | .4961     | .3723    | .2871      | .0914   | .8375      | .1625  | 23   | 32    |
| 32    | 38  | .0088                                | .9912      | .4945     | .3758    | .2853      | .0915   | .8387      | .1613  | 22   | 28    |
| 36    | 39  | .0115                                | .9885      | .4928     | .3793    | .2835      | .0917   | .8399      | .1601  | 21   | 24    |
| 40    | 40  | .40141                               | .59858     | 2.4912    | .43827   | 2.2817     | 1.0918  | .08410     | .91590 | 20   | 20    |
| 44    | 41  | .0168                                | .9832      | .4895     | .3862    | .2799      | .0920   | .8422      | .1578  | 19   | 16    |
| 48    | 42  | .0195                                | .9805      | .4879     | .3897    | .2781      | .0921   | .8434      | .1566  | 18   | 12    |
| 52    | 43  | .0221                                | .9778      | .4862     | .3932    | .2763      | .0922   | .8445      | .1554  | 17   | 8     |
| 56    | 44  | .0248                                | .9752      | .4846     | .3966    | .2745      | .0924   | .8457      | .1543  | 16   | 4     |
| 35    | 45  | .40275                               | .59725     | 2.4829    | .44001   | 2.2727     | 1.0925  | .08469     | .91531 | 15   | 25    |
| 4     | 46  | .0301                                | .9699      | .4813     | .4036    | .2709      | .0927   | .8480      | .1519  | 14   | 56    |
| 8     | 47  | .0328                                | .9672      | .4797     | .4070    | .2691      | .0928   | .8492      | .1508  | 13   | 52    |
| 12    | 48  | .0354                                | .9645      | .4780     | .4105    | .2673      | .0929   | .8504      | .1496  | 12   | 48    |
| 16    | 49  | .0381                                | .9619      | .4764     | .4140    | .2655      | .0931   | .8516      | .1484  | 11   | 44    |
| 20    | 50  | .40408                               | .59592     | 2.4748    | .44175   | 2.2637     | 1.0932  | .08527     | .91472 | 10   | 40    |
| 24    | 51  | .0434                                | .9566      | .4731     | .4209    | .2619      | .0934   | .8539      | .1461  | 9    | 36    |
| 28    | 52  | .0461                                | .9539      | .4715     | .4244    | .2602      | .0935   | .8551      | .1449  | 8    | 32    |
| 32    | 53  | .0487                                | .9512      | .4699     | .4279    | .2584      | .0936   | .8563      | .1437  | 7    | 28    |
| 36    | 54  | .0514                                | .9486      | .4683     | .4314    | .2566      | .0938   | .8575      | .1425  | 6    | 24    |
| 40    | 55  | .40541                               | .59459     | 2.4666    | .44349   | 2.2548     | 1.0939  | .08586     | .91414 | 5    | 20    |
| 44    | 56  | .0567                                | .9433      | .4650     | .4383    | .2531      | .0941   | .8598      | .1402  | 4    | 16    |
| 48    | 57  | .0594                                | .9406      | .4634     | .4418    | .2513      | .0942   | .8610      | .1390  | 3    | 12    |
| 52    | 58  | .0620                                | .9379      | .4618     | .4453    | .2495      | .0943   | .8622      | .1378  | 2    | 8     |
| 56    | 59  | .0647                                | .9353      | .4602     | .4488    | .2478      | .0945   | .8634      | .1366  | 1    | 4     |
| 36    | 60  | .0674                                | .9326      | .4586     | .4523    | .2460      | .0946   | .8645      | .1354  | 0    | 24    |

| 1h    | 24o | Funciones naturales trigonométricas |            |           |          |            |         |            |        | 155o | 10h   |
|-------|-----|-------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|------|-------|
| M. S. | M.  | Seno                                | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Seno verso | Coseno | M.   | M. S. |
| 36    | 0   | .40674                              | .59326     | .44586    | .44523   | 2.2460     | 1.0946  | .08645     | .91354 | 60   | 24    |
| 4     | 1   | .0700                               | .9300      | .4570     | .4558    | .2443      | .0948   | .8657      | .1343  | 59   | 56    |
| 8     | 2   | .0727                               | .9273      | .4554     | .4593    | .2425      | .0949   | .8669      | .1331  | 58   | 52    |
| 12    | 3   | .0753                               | .9247      | .4538     | .4627    | .2408      | .0951   | .8681      | .1319  | 57   | 48    |
| 16    | 4   | .0780                               | .9220      | .4522     | .4662    | .2390      | .0952   | .8693      | .1307  | 56   | 44    |
| 20    | 5   | .40806                              | .59193     | 2.4506    | .44697   | 2.2373     | 1.0953  | .08705     | .91295 | 55   | 40    |
| 24    | 6   | .0833                               | .9167      | .4490     | .4732    | .2355      | .0955   | .8716      | .1283  | 54   | 36    |
| 28    | 7   | .0860                               | .9140      | .4474     | .4767    | .2338      | .0956   | .8728      | .1271  | 53   | 32    |
| 32    | 8   | .0886                               | .9114      | .4458     | .4802    | .2320      | .0958   | .8740      | .1260  | 52   | 28    |
| 36    | 9   | .0913                               | .9087      | .4442     | .4837    | .2303      | .0959   | .8752      | .1248  | 51   | 24    |
| 40    | 10  | .40939                              | .59061     | 2.4426    | .44872   | 2.2286     | 1.0961  | .08764     | .91236 | 50   | 20    |
| 44    | 11  | .0966                               | .9034      | .4411     | .4907    | .2268      | .0962   | .8776      | .1224  | 49   | 16    |
| 48    | 12  | .0992                               | .9008      | .4395     | .4942    | .2251      | .0963   | .8788      | .1212  | 48   | 12    |
| 52    | 13  | .1019                               | .8981      | .4379     | .4977    | .2234      | .0965   | .8800      | .1200  | 47   | 8     |
| 56    | 14  | .1045                               | .8955      | .4363     | .5012    | .2216      | .0966   | .8812      | .1188  | 46   | 4     |
| 37    | 15  | .41072                              | .58928     | 2.4347    | .45047   | 2.2199     | 1.0968  | .08824     | .91176 | 45   | 23    |
| 4     | 16  | .1098                               | .8901      | .4332     | .5082    | .2182      | .0969   | .8836      | .1164  | 44   | 56    |
| 8     | 17  | .1125                               | .8875      | .4316     | .5117    | .2165      | .0971   | .8848      | .1152  | 43   | 52    |
| 12    | 18  | .1151                               | .8848      | .4300     | .5152    | .2147      | .0972   | .8860      | .1140  | 42   | 48    |
| 16    | 19  | .1178                               | .8822      | .4285     | .5187    | .2130      | .0973   | .8872      | .1128  | 41   | 44    |
| 20    | 20  | .41204                              | .58795     | 2.4269    | .45222   | 2.2113     | 1.0975  | .08884     | .91116 | 40   | 40    |
| 24    | 21  | .1231                               | .8769      | .4254     | .5257    | .2096      | .0976   | .8896      | .1104  | 39   | 36    |
| 28    | 22  | .1257                               | .8742      | .4238     | .5292    | .2079      | .0978   | .8908      | .1092  | 38   | 32    |
| 32    | 23  | .1284                               | .8716      | .4222     | .5327    | .2062      | .0979   | .8920      | .1080  | 37   | 28    |
| 36    | 24  | .1310                               | .8689      | .4207     | .5362    | .2045      | .0981   | .8932      | .1068  | 36   | 24    |
| 40    | 25  | .41337                              | .58663     | 2.4191    | .45397   | 2.2028     | 1.0982  | .08944     | .91056 | 35   | 20    |
| 44    | 26  | .1363                               | .8636      | .4176     | .5432    | .2011      | .0984   | .8956      | .1044  | 34   | 16    |
| 48    | 27  | .1390                               | .8610      | .4160     | .5467    | .1994      | .0985   | .8968      | .1032  | 33   | 12    |
| 52    | 28  | .1416                               | .8584      | .4145     | .5502    | .1977      | .0986   | .8980      | .1020  | 32   | 8     |
| 56    | 29  | .1443                               | .8557      | .4130     | .5537    | .1960      | .0988   | .8992      | .1008  | 31   | 4     |
| 38    | 30  | .41469                              | .58531     | 2.4114    | .45573   | 2.1943     | 1.0989  | .09004     | .90996 | 30   | 22    |
| 4     | 31  | .1496                               | .8504      | .4099     | .5608    | .1926      | .0991   | .9016      | .0984  | 29   | 56    |
| 8     | 32  | .1522                               | .8478      | .4083     | .5643    | .1909      | .0992   | .9028      | .0972  | 28   | 52    |
| 12    | 33  | .1549                               | .8451      | .4068     | .5678    | .1892      | .0994   | .9040      | .0960  | 27   | 48    |
| 16    | 34  | .1575                               | .8425      | .4053     | .5713    | .1875      | .0995   | .9052      | .0948  | 26   | 44    |
| 20    | 35  | .41602                              | .58398     | 2.4037    | .45748   | 2.1859     | 1.0997  | .09064     | .90936 | 25   | 40    |
| 24    | 36  | .1628                               | .8372      | .4022     | .5783    | .1842      | .0998   | .9076      | .0924  | 24   | 36    |
| 28    | 37  | .1654                               | .8345      | .4007     | .5819    | .1825      | .1000   | .9088      | .0911  | 23   | 32    |
| 32    | 38  | .1681                               | .8319      | .3992     | .5854    | .1808      | .1001   | .9101      | .0899  | 22   | 28    |
| 36    | 39  | .1707                               | .8292      | .3976     | .5889    | .1792      | .1003   | .9113      | .0887  | 21   | 24    |
| 40    | 40  | .41734                              | .58266     | 2.3961    | .45924   | 2.1775     | 1.1004  | .09125     | .90875 | 20   | 20    |
| 44    | 41  | .1760                               | .8240      | .3946     | .5960    | .1758      | .1005   | .9137      | .0863  | 19   | 16    |
| 48    | 42  | .1787                               | .8213      | .3931     | .5995    | .1741      | .1007   | .9149      | .0851  | 18   | 12    |
| 52    | 43  | .1813                               | .8187      | .3916     | .6030    | .1725      | .1008   | .9161      | .0839  | 17   | 8     |
| 56    | 44  | .1839                               | .8160      | .3901     | .6065    | .1708      | .1010   | .9173      | .0826  | 16   | 4     |
| 39    | 45  | .41866                              | .58134     | 2.3886    | .46101   | 2.1692     | 1.1011  | .09186     | .90814 | 15   | 21    |
| 4     | 46  | .1892                               | .8108      | .3871     | .6136    | .1675      | .1013   | .9198      | .0802  | 14   | 56    |
| 8     | 47  | .1919                               | .8081      | .3856     | .6171    | .1658      | .1014   | .9210      | .0790  | 13   | 52    |
| 12    | 48  | .1945                               | .8055      | .3841     | .6206    | .1642      | .1016   | .9222      | .0778  | 12   | 48    |
| 16    | 49  | .1972                               | .8028      | .3826     | .6242    | .1625      | .1017   | .9234      | .0765  | 11   | 44    |
| 20    | 50  | .41998                              | .58002     | 2.3811    | .46277   | 2.1609     | 1.1019  | .09247     | .90753 | 10   | 40    |
| 24    | 51  | .2024                               | .7975      | .3796     | .6312    | .1592      | .1020   | .9259      | .0741  | 9    | 36    |
| 28    | 52  | .2051                               | .7949      | .3781     | .6348    | .1576      | .1022   | .9271      | .0729  | 8    | 32    |
| 32    | 53  | .2077                               | .7923      | .3766     | .6383    | .1559      | .1023   | .9283      | .0717  | 7    | 28    |
| 36    | 54  | .2103                               | .7896      | .3751     | .6418    | .1543      | .1025   | .9296      | .0704  | 6    | 24    |
| 40    | 55  | .42130                              | .57870     | 2.3736    | .46454   | 2.1527     | 1.1026  | .09308     | .90692 | 5    | 20    |
| 44    | 56  | .2156                               | .7844      | .3721     | .6489    | .1510      | .1028   | .9320      | .0680  | 4    | 16    |
| 48    | 57  | .2183                               | .7817      | .3706     | .6524    | .1494      | .1029   | .9332      | .0668  | 3    | 12    |
| 52    | 58  | .2209                               | .7791      | .3691     | .6560    | .1478      | .1031   | .9345      | .0655  | 2    | 8     |
| 56    | 59  | .2235                               | .7764      | .3677     | .6595    | .1461      | .1032   | .9357      | .0643  | 1    | 4     |
| 40    | 60  | .2262                               | .7738      | .3662     | .6631    | .1445      | .1034   | .9369      | .0631  | 0    | 20    |

| 1h    | 25° | Funciones naturales trigonométricas |            |           |          |            |         |            |        | 154° | 10h   |
|-------|-----|-------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|------|-------|
| M. S. | M.  | Seno                                | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Seno verso | Coseno | M.   | M. S. |
| 40    | 0   | .42262                              | .57738     | 2.3662    | .46631   | 2.1445     | 1.1034  | .09369     | .90631 | 60   | 20    |
| 4     | 1   | .2288                               | .7712      | .3647     | .6666    | .1429      | .1035   | .9381      | .0618  | 59   | 56    |
| 8     | 2   | .2314                               | .7685      | .3632     | .6702    | .1412      | .1037   | .9394      | .0606  | 58   | 52    |
| 12    | 3   | .2341                               | .7659      | .3618     | .6737    | .1396      | .1038   | .9406      | .0594  | 57   | 48    |
| 16    | 4   | .2367                               | .7633      | .3603     | .6772    | .1380      | .1040   | .9418      | .0581  | 56   | 44    |
| 20    | 5   | .42394                              | .57606     | 2.3588    | .46808   | 2.1364     | 1.1041  | .09431     | .90569 | 55   | 40    |
| 24    | 6   | .2420                               | .7580      | .3574     | .6843    | .1348      | .1043   | .9443      | .0557  | 54   | 36    |
| 28    | 7   | .2446                               | .7554      | .3559     | .6879    | .1331      | .1044   | .9455      | .0544  | 53   | 32    |
| 32    | 8   | .2473                               | .7527      | .3544     | .6914    | .1315      | .1046   | .9468      | .0532  | 52   | 28    |
| 36    | 9   | .2499                               | .7501      | .3530     | .6950    | .1299      | .1047   | .9480      | .0520  | 51   | 24    |
| 40    | 10  | .42525                              | .57475     | 2.3515    | .46985   | 2.1283     | 1.1049  | .09492     | .90507 | 50   | 20    |
| 44    | 11  | .2552                               | .7448      | .3501     | .7021    | .1267      | .1050   | .9505      | .0495  | 49   | 16    |
| 48    | 12  | .2578                               | .7422      | .3486     | .7056    | .1251      | .1052   | .9517      | .0483  | 48   | 12    |
| 52    | 13  | .2604                               | .7396      | .3472     | .7092    | .1235      | .1053   | .9530      | .0470  | 47   | 8     |
| 56    | 14  | .2630                               | .7369      | .3457     | .7127    | .1219      | .1055   | .9542      | .0458  | 46   | 4     |
| 41    | 15  | .42657                              | .57343     | 2.3443    | .47163   | 2.1203     | 1.1056  | .09554     | .90445 | 45   | 19    |
| 4     | 16  | .2683                               | .7317      | .3428     | .7199    | .1187      | .1058   | .9567      | .0433  | 44   | 56    |
| 8     | 17  | .2709                               | .7290      | .3414     | .7234    | .1171      | .1059   | .9579      | .0421  | 43   | 52    |
| 12    | 18  | .2736                               | .7264      | .3399     | .7270    | .1155      | .1061   | .9592      | .0408  | 42   | 48    |
| 16    | 19  | .2762                               | .7238      | .3385     | .7305    | .1139      | .1062   | .9604      | .0396  | 41   | 44    |
| 20    | 20  | .42788                              | .57212     | 2.3371    | .47341   | 2.1123     | 1.1064  | .09617     | .90383 | 40   | 40    |
| 24    | 21  | .2815                               | .7185      | .3356     | .7376    | .1107      | .1065   | .9629      | .0371  | 39   | 36    |
| 28    | 22  | .2841                               | .7159      | .3342     | .7412    | .1092      | .1067   | .9641      | .0358  | 38   | 32    |
| 32    | 23  | .2867                               | .7133      | .3328     | .7448    | .1076      | .1068   | .9654      | .0346  | 37   | 28    |
| 36    | 24  | .2893                               | .7106      | .3313     | .7483    | .1060      | .1070   | .9666      | .0333  | 36   | 24    |
| 40    | 25  | .42920                              | .57080     | 2.3299    | .47519   | 2.1044     | 1.1072  | .03679     | .90321 | 35   | 20    |
| 44    | 26  | .2946                               | .7054      | .3285     | .7555    | .1028      | .1073   | .9691      | .0308  | 34   | 16    |
| 48    | 27  | .2972                               | .7028      | .3271     | .7590    | .1013      | .1075   | .9704      | .0296  | 33   | 12    |
| 52    | 28  | .2998                               | .7001      | .3256     | .7626    | .0997      | .1076   | .9716      | .0283  | 32   | 8     |
| 56    | 29  | .3025                               | .6975      | .3242     | .7662    | .0981      | .1078   | .9729      | .0271  | 31   | 4     |
| 42    | 30  | .43051                              | .56949     | 2.3228    | .47697   | 2.0965     | 1.1079  | .09741     | .90258 | 30   | 18    |
| 4     | 31  | .3077                               | .6923      | .3214     | .7733    | .0950      | .1081   | .9754      | .0246  | 29   | 56    |
| 8     | 32  | .3104                               | .6896      | .3200     | .7769    | .0934      | .1082   | .9766      | .0233  | 28   | 52    |
| 12    | 33  | .3130                               | .6870      | .3186     | .7805    | .0918      | .1084   | .9779      | .0221  | 27   | 48    |
| 16    | 34  | .3156                               | .6844      | .3172     | .7840    | .0903      | .1085   | .9792      | .0208  | 26   | 44    |
| 20    | 35  | .43182                              | .56818     | 2.3158    | .47876   | 2.0887     | 1.1087  | .09804     | .90196 | 25   | 40    |
| 24    | 36  | .3208                               | .6791      | .3143     | .7912    | .0872      | .1088   | .9817      | .0183  | 24   | 36    |
| 28    | 37  | .3235                               | .6765      | .3129     | .7948    | .0856      | .1090   | .9829      | .0171  | 23   | 32    |
| 32    | 38  | .3261                               | .6739      | .3115     | .7983    | .0840      | .1092   | .9842      | .0158  | 22   | 28    |
| 36    | 39  | .3287                               | .6713      | .3101     | .8019    | .0825      | .1093   | .9854      | .0145  | 21   | 24    |
| 40    | 40  | .43313                              | .56686     | 2.3087    | .48055   | 2.0809     | 1.1095  | .09867     | .90133 | 20   | 20    |
| 44    | 41  | .3340                               | .6660      | .3073     | .8091    | .0794      | .1096   | .9880      | .0120  | 19   | 16    |
| 48    | 42  | .3366                               | .6634      | .3059     | .8127    | .0778      | .1098   | .9892      | .0108  | 18   | 12    |
| 52    | 43  | .3392                               | .6608      | .3046     | .8162    | .0763      | .1099   | .9905      | .0095  | 17   | 8     |
| 56    | 44  | .3418                               | .6582      | .3032     | .8198    | .0747      | .1101   | .9917      | .0082  | 16   | 4     |
| 43    | 45  | .43444                              | .56555     | 2.3018    | .48234   | 2.0732     | 1.1102  | .09930     | .90070 | 15   | 17    |
| 4     | 46  | .3471                               | .6529      | .3004     | .8270    | .0717      | .1104   | .9943      | .0057  | 14   | 56    |
| 8     | 47  | .3497                               | .6503      | .2990     | .8306    | .0701      | .1106   | .9955      | .0044  | 13   | 52    |
| 12    | 48  | .3523                               | .6477      | .2976     | .8342    | .0686      | .1107   | .9968      | .0032  | 12   | 48    |
| 16    | 49  | .3549                               | .6451      | .2962     | .8378    | .0671      | .1109   | .9981      | .0019  | 11   | 44    |
| 20    | 50  | .43575                              | .56424     | 2.2949    | .48414   | 2.0655     | 1.1110  | .09993     | .90006 | 10   | 40    |
| 24    | 51  | .3602                               | .6398      | .2935     | .8449    | .0640      | .1112   | .10006     | .89994 | 9    | 36    |
| 28    | 52  | .3623                               | .6372      | .2921     | .8485    | .0625      | .1113   | .0019      | .9981  | 8    | 32    |
| 32    | 53  | .3654                               | .6346      | .2907     | .8521    | .0609      | .1115   | .0031      | .9968  | 7    | 28    |
| 36    | 54  | .3680                               | .6320      | .2894     | .8557    | .0594      | .1116   | .0044      | .9956  | 6    | 24    |
| 40    | 55  | .43706                              | .56294     | 2.2880    | .48593   | 2.0579     | 1.1118  | .10057     | .89943 | 5    | 20    |
| 44    | 56  | .3732                               | .6267      | .2866     | .8629    | .0564      | .1120   | .0070      | .9930  | 4    | 16    |
| 48    | 57  | .3759                               | .6241      | .2853     | .8665    | .0548      | .1121   | .0082      | .9918  | 3    | 12    |
| 52    | 58  | .3785                               | .6215      | .2839     | .8701    | .0533      | .1123   | .0095      | .9905  | 2    | 8     |
| 56    | 59  | .3811                               | .6189      | .2825     | .8737    | .0518      | .1124   | .0108      | .9892  | 1    | 4     |
| 44    | 60  | .3837                               | .6163      | .2812     | .8773    | .0503      | .1126   | .0121      | .9879  | 0    | 16    |



| 1h    | 26° | Funciones naturales trigonométricas. |            |           |          |            |         |            |        | 153° | 10h   |
|-------|-----|--------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|------|-------|
| M. S. | M.  | Seno                                 | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Seno verso | Coseno | M.   | M. S. |
| 44    | 0   | .48837                               | .56163     | 2.2812    | .48773   | 2.0503     | 1.1126  | .10121     | .89879 | 60   | 16    |
| 4     | 1   | .3863                                | .6137      | .2798     | .8809    | .0488      | .1127   | .0133      | .9867  | 59   | 56    |
| 8     | 2   | .3889                                | .6111      | .2784     | .8845    | .0473      | .1129   | .0146      | .9854  | 58   | 52    |
| 12    | 3   | .3915                                | .6084      | .2771     | .8881    | .0458      | .1131   | .0159      | .9841  | 57   | 48    |
| 16    | 4   | .3942                                | .6058      | .2757     | .8917    | .0443      | .1132   | .0172      | .9828  | 56   | 44    |
| 20    | 5   | .48968                               | .56032     | 2.2744    | .48953   | 2.0427     | 1.1134  | .10184     | .89815 | 55   | 40    |
| 24    | 6   | .3994                                | .6006      | .2730     | .8989    | .0412      | .1135   | .0197      | .9803  | 54   | 36    |
| 28    | 7   | .4020                                | .5980      | .2717     | .9025    | .0397      | .1137   | .0210      | .9790  | 53   | 32    |
| 32    | 8   | .4046                                | .5954      | .2703     | .9062    | .0382      | .1139   | .0223      | .9777  | 52   | 28    |
| 36    | 9   | .4072                                | .5928      | .2690     | .9098    | .0367      | .1140   | .0236      | .9764  | 51   | 24    |
| 40    | 10  | .44098                               | .55902     | 2.2676    | .49134   | 2.0352     | 1.1142  | .10248     | .89751 | 50   | 20    |
| 44    | 11  | .4124                                | .5875      | .2663     | .9170    | .0338      | .1143   | .0261      | .9739  | 49   | 16    |
| 48    | 12  | .4150                                | .5849      | .2650     | .9206    | .0323      | .1145   | .0274      | .9726  | 48   | 12    |
| 52    | 13  | .4177                                | .5823      | .2636     | .9242    | .0308      | .1147   | .0287      | .9713  | 47   | 8     |
| 56    | 14  | .4203                                | .5797      | .2623     | .9278    | .0293      | .1148   | .0300      | .9700  | 46   | 4     |
| 45    | 15  | .44229                               | .55771     | 2.2610    | .49314   | 2.0278     | 1.1150  | .10313     | .89687 | 45   | 15    |
| 4     | 16  | .4255                                | .5745      | .2596     | .9351    | .0263      | .1151   | .0326      | .9674  | 44   | 56    |
| 8     | 17  | .4281                                | .5719      | .2583     | .9387    | .0248      | .1153   | .0338      | .9661  | 43   | 52    |
| 12    | 18  | .4307                                | .5693      | .2570     | .9423    | .0233      | .1155   | .0351      | .9649  | 42   | 48    |
| 16    | 19  | .4333                                | .5667      | .2556     | .9459    | .0219      | .1156   | .0364      | .9636  | 41   | 44    |
| 20    | 20  | .44359                               | .55641     | 2.2543    | .49495   | 2.0204     | 1.1158  | .10377     | .89623 | 40   | 40    |
| 24    | 21  | .4385                                | .5615      | .2530     | .9532    | .0189      | .1159   | .0390      | .9610  | 39   | 36    |
| 28    | 22  | .4411                                | .5589      | .2517     | .9568    | .0174      | .1161   | .0403      | .9597  | 38   | 32    |
| 32    | 23  | .4437                                | .5562      | .2503     | .9604    | .0159      | .1163   | .0416      | .9584  | 37   | 28    |
| 36    | 24  | .4463                                | .5536      | .2490     | .9640    | .0145      | .1164   | .0429      | .9571  | 36   | 24    |
| 40    | 25  | .44489                               | .55510     | 2.2477    | .49677   | 2.0130     | 1.1166  | .10442     | .89558 | 35   | 20    |
| 44    | 26  | .4516                                | .5484      | .2464     | .9713    | .0115      | .1167   | .0455      | .9545  | 34   | 16    |
| 48    | 27  | .4542                                | .5458      | .2451     | .9749    | .0101      | .1169   | .0468      | .9532  | 33   | 12    |
| 52    | 28  | .4568                                | .5432      | .2438     | .9785    | .0086      | .1171   | .0481      | .9519  | 32   | 8     |
| 56    | 29  | .4594                                | .5406      | .2425     | .9822    | .0071      | .1172   | .0493      | .9506  | 31   | 4     |
| 46    | 30  | .44620                               | .55380     | 2.2411    | .49858   | 2.0057     | 1.1174  | .10506     | .89493 | 30   | 14    |
| 4     | 31  | .4646                                | .5354      | .2398     | .9894    | .0042      | .1176   | .0519      | .9480  | 29   | 56    |
| 8     | 32  | .4672                                | .5328      | .2385     | .9931    | .0028      | .1177   | .0532      | .9467  | 28   | 52    |
| 12    | 33  | .4698                                | .5302      | .2372     | .9967    | .0013      | .1179   | .0545      | .9454  | 27   | 48    |
| 16    | 34  | .4724                                | .5276      | .2359     | .50003   | 1.9998     | .1180   | .0558      | .9441  | 26   | 44    |
| 20    | 35  | .44750                               | .55250     | 2.2346    | .50040   | 1.9984     | 1.1182  | .10571     | .89428 | 25   | 40    |
| 24    | 36  | .4776                                | .5224      | .2333     | .0076    | .9969      | .1184   | .0584      | .9415  | 24   | 36    |
| 28    | 37  | .4802                                | .5198      | .2320     | .0113    | .9955      | .1185   | .0598      | .9402  | 23   | 32    |
| 32    | 38  | .4828                                | .5172      | .2307     | .0149    | .9940      | .1187   | .0611      | .9389  | 22   | 28    |
| 36    | 39  | .4854                                | .5146      | .2294     | .0185    | .9926      | .1189   | .0624      | .9376  | 21   | 24    |
| 40    | 40  | .44880                               | .55120     | 2.2282    | .50222   | 1.9912     | 1.1190  | .10637     | .89363 | 20   | 20    |
| 44    | 41  | .4906                                | .5094      | .2269     | .0258    | .9897      | .1192   | .0650      | .9350  | 19   | 16    |
| 48    | 42  | .4932                                | .5068      | .2256     | .0295    | .9883      | .1193   | .0663      | .9337  | 18   | 12    |
| 52    | 43  | .4958                                | .5042      | .2243     | .0331    | .9868      | .1195   | .0676      | .9324  | 17   | 8     |
| 56    | 44  | .4984                                | .5016      | .2230     | .0368    | .9854      | .1197   | .0689      | .9311  | 16   | 4     |
| 47    | 45  | .45010                               | .54990     | 2.2217    | .50404   | 1.9840     | 1.1198  | .10702     | .89298 | 15   | 13    |
| 4     | 46  | .5036                                | .4964      | .2204     | .0441    | .9825      | .1200   | .0715      | .9285  | 14   | 56    |
| 8     | 47  | .5062                                | .4938      | .2192     | .0477    | .9811      | .1202   | .0728      | .9272  | 13   | 52    |
| 12    | 48  | .5088                                | .4912      | .2179     | .0514    | .9797      | .1203   | .0741      | .9258  | 12   | 48    |
| 16    | 49  | .5114                                | .4886      | .2166     | .0550    | .9782      | .1205   | .0754      | .9245  | 11   | 44    |
| 20    | 50  | .45140                               | .54860     | 2.2153    | .50587   | 1.9768     | 1.1207  | .10768     | .89232 | 10   | 40    |
| 24    | 51  | .5166                                | .4834      | .2141     | .0623    | .9754      | .1208   | .0781      | .9219  | 9    | 36    |
| 28    | 52  | .5191                                | .4808      | .2128     | .0660    | .9739      | .1210   | .0794      | .9206  | 8    | 32    |
| 32    | 53  | .5217                                | .4782      | .2115     | .0696    | .9725      | .1212   | .0807      | .9193  | 7    | 28    |
| 36    | 54  | .5243                                | .4756      | .2103     | .0733    | .9711      | .1213   | .0820      | .9180  | 6    | 24    |
| 40    | 55  | .45269                               | .54730     | 2.2090    | .50769   | 1.9697     | 1.1215  | .10833     | .89166 | 5    | 20    |
| 44    | 56  | .5295                                | .4705      | .2077     | .0806    | .9683      | .1217   | .0846      | .9153  | 4    | 16    |
| 48    | 57  | .5321                                | .4679      | .2065     | .0843    | .9668      | .1218   | .0860      | .9140  | 3    | 12    |
| 52    | 58  | .5347                                | .4653      | .2052     | .0879    | .9654      | .1220   | .0873      | .9127  | 2    | 8     |
| 56    | 59  | .5373                                | .4627      | .2039     | .0916    | .9640      | .1222   | .0886      | .9114  | 1    | 4     |
| 48    | 60  | .5399                                | .4601      | .2027     | .0952    | .9626      | .1223   | .0899      | .9101  | 0    | 12    |

| 1h    | 27o | Funciones naturales trigonométricas |            |           |          |            |         |        |        | 152o | 10h   |
|-------|-----|-------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|--------|--------|------|-------|
| M. S. | M.  | Sen                                 | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Sen    | Coseno | M.   | M. S. |
| 48    | 0   | .45399                              | .54601     | 2.2027    | .50952   | 1.9626     | 1.1223  | .10899 | .89101 | 60   | 12    |
| 4     | 1   | .5425                               | .4575      | .2014     | .0989    | .9612      | .1225   | .0912  | .9087  | 59   | 56    |
| 8     | 2   | .5451                               | .4549      | .2002     | .1026    | .9598      | .1226   | .0926  | .9074  | 58   | 52    |
| 12    | 3   | .5477                               | .4523      | .1989     | .1062    | .9584      | .1228   | .0939  | .9061  | 57   | 48    |
| 16    | 4   | .5503                               | .4497      | .1977     | .1099    | .9570      | .1230   | .0952  | .9048  | 56   | 44    |
| 20    | 5   | .45528                              | .54471     | 2.1964    | .51136   | 1.9556     | 1.1231  | .10965 | .89034 | 55   | 40    |
| 24    | 6   | .5554                               | .4445      | .1952     | .1172    | .9542      | .1233   | .0979  | .9021  | 54   | 36    |
| 28    | 7   | .5580                               | .4420      | .1939     | .1209    | .9528      | .1235   | .0992  | .9008  | 53   | 32    |
| 32    | 8   | .5606                               | .4394      | .1927     | .1245    | .9514      | .1237   | .1005  | .8995  | 52   | 28    |
| 36    | 9   | .5632                               | .4368      | .1914     | .1283    | .9500      | .1238   | .1018  | .8981  | 51   | 24    |
| 40    | 10  | .45658                              | .54342     | 2.1902    | .51319   | 1.9486     | 1.1240  | .11032 | .88968 | 50   | 20    |
| 44    | 11  | .5684                               | .4316      | .1889     | .1356    | .9472      | .1242   | .1045  | .8955  | 49   | 16    |
| 48    | 12  | .5710                               | .4290      | .1877     | .1393    | .9458      | .1243   | .1058  | .8942  | 48   | 12    |
| 52    | 13  | .5736                               | .4264      | .1865     | .1430    | .9444      | .1245   | .1072  | .8928  | 47   | 8     |
| 56    | 14  | .5761                               | .4238      | .1852     | .1466    | .9430      | .1247   | .1085  | .8915  | 46   | 4     |
| 49    | 15  | .45787                              | .54213     | 2.1840    | .51503   | 1.9416     | 1.1248  | .11098 | .88902 | 45   | 11    |
| 4     | 16  | .5813                               | .4187      | .1828     | .1540    | .9402      | .1250   | .1112  | .8888  | 44   | 56    |
| 8     | 17  | .5839                               | .4161      | .1815     | .1577    | .9388      | .1252   | .1125  | .8875  | 43   | 52    |
| 12    | 18  | .5865                               | .4135      | .1803     | .1614    | .9375      | .1253   | .1138  | .8862  | 42   | 48    |
| 16    | 19  | .5891                               | .4109      | .1791     | .1651    | .9361      | .1255   | .1152  | .8848  | 41   | 44    |
| 20    | 20  | .45917                              | .54083     | 2.1778    | .51687   | 1.9347     | 1.1257  | .11165 | .88835 | 40   | 40    |
| 24    | 21  | .5942                               | .4057      | .1766     | .1724    | .9333      | .1258   | .1178  | .8822  | 39   | 36    |
| 28    | 22  | .5968                               | .4032      | .1754     | .1761    | .9319      | .1260   | .1192  | .8808  | 38   | 32    |
| 32    | 23  | .5994                               | .4006      | .1742     | .1798    | .9306      | .1262   | .1205  | .8795  | 37   | 28    |
| 36    | 24  | .6020                               | .3980      | .1730     | .1835    | .9292      | .1264   | .1218  | .8781  | 36   | 24    |
| 40    | 25  | .46046                              | .53954     | 2.1717    | .51872   | 1.9278     | 1.1265  | .11232 | .88768 | 35   | 20    |
| 44    | 26  | .6072                               | .3928      | .1705     | .1909    | .9264      | .1267   | .1245  | .8755  | 34   | 16    |
| 48    | 27  | .6097                               | .3902      | .1693     | .1946    | .9251      | .1269   | .1259  | .8741  | 33   | 12    |
| 52    | 28  | .6123                               | .3877      | .1681     | .1983    | .9237      | .1270   | .1272  | .8728  | 32   | 8     |
| 56    | 29  | .6149                               | .3851      | .1669     | .2020    | .9223      | .1272   | .1285  | .8714  | 31   | 4     |
| 50    | 30  | .46175                              | .53825     | 2.1657    | .52057   | 1.9210     | 1.1274  | .11299 | .88701 | 30   | 10    |
| 4     | 31  | .6201                               | .3799      | .1645     | .2094    | .9196      | .1275   | .1312  | .8688  | 29   | 56    |
| 8     | 32  | .6226                               | .3773      | .1633     | .2131    | .9182      | .1277   | .1326  | .8674  | 28   | 52    |
| 12    | 33  | .6252                               | .3748      | .1620     | .2168    | .9169      | .1279   | .1339  | .8661  | 27   | 48    |
| 16    | 34  | .6278                               | .3722      | .1608     | .2205    | .9155      | .1281   | .1353  | .8647  | 26   | 44    |
| 20    | 35  | .46304                              | .53696     | 2.1596    | .52242   | 1.9142     | 1.1282  | .11366 | .88634 | 25   | 40    |
| 24    | 36  | .6330                               | .3670      | .1584     | .2279    | .9128      | .1284   | .1380  | .8620  | 24   | 36    |
| 28    | 37  | .6355                               | .3645      | .1572     | .2316    | .9115      | .1286   | .1393  | .8607  | 23   | 32    |
| 32    | 38  | .6381                               | .3619      | .1560     | .2353    | .9101      | .1287   | .1407  | .8593  | 22   | 28    |
| 36    | 39  | .6407                               | .3593      | .1548     | .2390    | .9088      | .1289   | .1420  | .8580  | 21   | 24    |
| 40    | 40  | .46433                              | .53567     | 2.1536    | .52427   | 1.9074     | 1.1291  | .11434 | .88566 | 20   | 20    |
| 44    | 41  | .6458                               | .3541      | .1525     | .2464    | .9061      | .1293   | .1447  | .8553  | 19   | 16    |
| 48    | 42  | .6484                               | .3516      | .1513     | .2501    | .9047      | .1294   | .1461  | .8539  | 18   | 12    |
| 52    | 43  | .6510                               | .3490      | .1501     | .2538    | .9034      | .1296   | .1474  | .8526  | 17   | 8     |
| 56    | 44  | .6536                               | .3464      | .1489     | .2575    | .9020      | .1298   | .1488  | .8512  | 16   | 4     |
| 51    | 45  | .46561                              | .53438     | 2.1477    | .52612   | 1.9007     | 1.1299  | .11501 | .88499 | 15   | 9     |
| 4     | 46  | .6587                               | .3413      | .1465     | .2650    | .8993      | .1301   | .1515  | .8485  | 14   | 56    |
| 8     | 47  | .6613                               | .3387      | .1453     | .2687    | .8980      | .1303   | .1528  | .8472  | 13   | 52    |
| 12    | 48  | .6639                               | .3361      | .1441     | .2724    | .8967      | .1305   | .1542  | .8458  | 12   | 48    |
| 16    | 49  | .6664                               | .3336      | .1430     | .2761    | .8953      | .1306   | .1555  | .8444  | 11   | 44    |
| 20    | 50  | .46690                              | .53310     | 2.1418    | .52798   | 1.8940     | 1.1308  | .11569 | .88431 | 10   | 40    |
| 24    | 51  | .6716                               | .3284      | .1406     | .2836    | .8927      | .1310   | .1583  | .8417  | 9    | 36    |
| 28    | 52  | .6741                               | .3258      | .1394     | .2873    | .8913      | .1312   | .1596  | .8404  | 8    | 32    |
| 32    | 53  | .6767                               | .3233      | .1382     | .2910    | .8900      | .1313   | .1610  | .8390  | 7    | 28    |
| 36    | 54  | .6793                               | .3207      | .1371     | .2947    | .8887      | .1315   | .1623  | .8376  | 6    | 24    |
| 40    | 55  | .46819                              | .53181     | 2.1359    | .52984   | 1.8873     | 1.1317  | .11637 | .88363 | 5    | 20    |
| 44    | 56  | .6844                               | .3156      | .1347     | .3022    | .8860      | .1319   | .1651  | .8349  | 4    | 16    |
| 48    | 57  | .6870                               | .3130      | .1335     | .3059    | .8847      | .1320   | .1664  | .8336  | 3    | 12    |
| 52    | 58  | .6896                               | .3104      | .1324     | .3096    | .8834      | .1322   | .1678  | .8322  | 2    | 8     |
| 56    | 59  | .6921                               | .3078      | .1312     | .3134    | .8820      | .1324   | .1691  | .8308  | 1    | 4     |
| 52    | 60  | .6947                               | .3053      | .1300     | .3171    | .8807      | .1326   | .1705  | .8295  | 0    | 8     |



| 1h    | 28° | Funciones naturales trigonométricas. |            |           |          |            |         |            |        | 151° | 10h   |
|-------|-----|--------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|------|-------|
| M. S. | M.  | Senó.                                | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Senó verso | Coseno | M.   | M. S. |
| 52    | 0   | .46947                               | .53053     | 2.1800    | .53171   | 1.8807     | 1.1326  | .11705     | .88295 | 60   | 8     |
|       | 4   | .6973                                | .3027      | .1289     | .3208    | .8794      | .1327   | .1719      | .8281  | 59   | 56    |
|       | 8   | .6998                                | .3001      | .1277     | .3245    | .8781      | .1329   | .1732      | .8267  | 58   | 52    |
|       | 12  | .7024                                | .2976      | .1266     | .3283    | .8768      | .1331   | .1746      | .8254  | 57   | 48    |
|       | 16  | .7050                                | .2950      | .1254     | .3320    | .8754      | .1333   | .1760      | .8240  | 56   | 44    |
|       | 20  | .47075                               | .52924     | 2.1242    | .53358   | 1.8741     | 1.1334  | .11774     | .88226 | 55   | 40    |
|       | 24  | .7101                                | .2899      | .1231     | .3395    | .8728      | .1336   | .1787      | .8213  | 54   | 36    |
|       | 28  | .7127                                | .2873      | .1219     | .3432    | .8715      | .1338   | .1801      | .8199  | 53   | 32    |
|       | 32  | .7152                                | .2847      | .1208     | .3470    | .8702      | .1340   | .1815      | .8185  | 52   | 28    |
|       | 36  | .7178                                | .2822      | .1196     | .3507    | .8689      | .1341   | .1828      | .8171  | 51   | 24    |
|       | 40  | .47204                               | .52796     | 2.1185    | .53545   | 1.8676     | 1.1343  | .11842     | .88158 | 50   | 20    |
|       | 44  | .7229                                | .2770      | .1173     | .3582    | .8663      | .1345   | .1856      | .8144  | 49   | 16    |
|       | 48  | .7255                                | .2745      | .1162     | .3619    | .8650      | .1347   | .1870      | .8130  | 48   | 12    |
|       | 52  | .7281                                | .2719      | .1150     | .3657    | .8637      | .1349   | .1883      | .8117  | 47   | 8     |
|       | 56  | .7306                                | .2694      | .1139     | .3694    | .8624      | .1350   | .1897      | .8103  | 46   | 4     |
|       | 53  | .47332                               | .52668     | 2.1127    | .53732   | 1.8611     | 1.1352  | .11911     | .88089 | 45   | 7     |
|       | 4   | .7357                                | .2642      | .1116     | .3769    | .8598      | .1354   | .1925      | .8075  | 44   | 56    |
|       | 8   | .7383                                | .2617      | .1104     | .3807    | .8585      | .1356   | .1938      | .8061  | 43   | 52    |
|       | 12  | .7409                                | .2591      | .1093     | .3844    | .8572      | .1357   | .1952      | .8048  | 42   | 48    |
|       | 16  | .7434                                | .2565      | .1082     | .3882    | .8559      | .1359   | .1966      | .8034  | 41   | 44    |
|       | 20  | .47460                               | .52540     | 2.1070    | .53919   | 1.8546     | 1.1361  | .11980     | .88020 | 40   | 40    |
|       | 24  | .7486                                | .2514      | .1059     | .3957    | .8533      | .1363   | .1994      | .8006  | 39   | 36    |
|       | 28  | .7511                                | .2489      | .1048     | .3995    | .8520      | .1365   | .2007      | .7992  | 38   | 32    |
|       | 32  | .7537                                | .2463      | .1036     | .4032    | .8507      | .1366   | .2021      | .7979  | 37   | 28    |
|       | 36  | .7562                                | .2437      | .1025     | .4070    | .8495      | .1368   | .2035      | .7965  | 36   | 24    |
|       | 40  | .47588                               | .52412     | 2.1014    | .54107   | 1.8482     | 1.1370  | .12049     | .87951 | 35   | 20    |
|       | 44  | .7613                                | .2386      | .1002     | .4145    | .8469      | .1372   | .2063      | .7937  | 34   | 16    |
|       | 48  | .7639                                | .2361      | .0991     | .4183    | .8456      | .1373   | .2077      | .7923  | 33   | 12    |
|       | 52  | .7665                                | .2335      | .0980     | .4220    | .8443      | .1375   | .2090      | .7909  | 32   | 8     |
|       | 56  | .7690                                | .2310      | .0969     | .4258    | .8430      | .1377   | .2104      | .7895  | 31   | 4     |
|       | 54  | .47716                               | .52284     | 2.0957    | .54295   | 1.8418     | 1.1379  | .12118     | .87882 | 30   | 6     |
|       | 4   | .7741                                | .2258      | .0946     | .4333    | .8405      | .1381   | .2132      | .7868  | 29   | 56    |
|       | 8   | .7767                                | .2233      | .0935     | .4371    | .8392      | .1382   | .2146      | .7854  | 28   | 52    |
|       | 12  | .7792                                | .2207      | .0924     | .4409    | .8379      | .1384   | .2160      | .7840  | 27   | 48    |
|       | 16  | .7818                                | .2182      | .0912     | .4446    | .8367      | .1386   | .2174      | .7826  | 26   | 44    |
|       | 20  | .47844                               | .52156     | 2.0901    | .54484   | 1.8354     | 1.1388  | .12188     | .87812 | 25   | 40    |
|       | 24  | .7869                                | .2131      | .0890     | .4522    | .8341      | .1390   | .2202      | .7798  | 24   | 36    |
|       | 28  | .7895                                | .2105      | .0879     | .4559    | .8329      | .1391   | .2216      | .7784  | 23   | 32    |
|       | 32  | .7920                                | .2080      | .0868     | .4597    | .8316      | .1393   | .2229      | .7770  | 22   | 28    |
|       | 36  | .7946                                | .2054      | .0857     | .4635    | .8303      | .1395   | .2243      | .7756  | 21   | 24    |
|       | 40  | .47971                               | .52029     | 2.0846    | .54673   | 1.8291     | 1.1397  | .12257     | .87742 | 20   | 20    |
|       | 44  | .7997                                | .2003      | .0835     | .4711    | .8278      | .1399   | .2271      | .7728  | 19   | 16    |
|       | 48  | .8022                                | .1978      | .0824     | .4748    | .8265      | .1401   | .2285      | .7715  | 18   | 12    |
|       | 52  | .8048                                | .1952      | .0812     | .4786    | .8253      | .1402   | .2299      | .7701  | 17   | 8     |
|       | 56  | .8073                                | .1927      | .0801     | .4824    | .8240      | .1404   | .2313      | .7687  | 16   | 4     |
|       | 55  | .48099                               | .51901     | 2.0790    | .54862   | 1.8227     | 1.1406  | .12327     | .87673 | 15   | 5     |
|       | 4   | .8124                                | .1876      | .0779     | .4900    | .8215      | .1408   | .2341      | .7659  | 14   | 56    |
|       | 8   | .8150                                | .1850      | .0768     | .4937    | .8202      | .1410   | .2355      | .7645  | 13   | 52    |
|       | 12  | .8175                                | .1825      | .0757     | .4975    | .8190      | .1411   | .2369      | .7631  | 12   | 48    |
|       | 16  | .8201                                | .1799      | .0746     | .5013    | .8177      | .1413   | .2383      | .7617  | 11   | 44    |
|       | 20  | .48226                               | .51774     | 2.0735    | .55051   | 1.8165     | 1.1415  | .12397     | .87603 | 10   | 40    |
|       | 24  | .8252                                | .1748      | .0725     | .5089    | .8152      | .1417   | .2411      | .7588  | 9    | 36    |
|       | 28  | .8277                                | .1723      | .0714     | .5127    | .8140      | .1419   | .2425      | .7574  | 8    | 32    |
|       | 32  | .8303                                | .1697      | .0703     | .5165    | .8127      | .1421   | .2439      | .7560  | 7    | 28    |
|       | 36  | .8328                                | .1672      | .0692     | .5203    | .8115      | .1422   | .2453      | .7546  | 6    | 24    |
|       | 40  | .48354                               | .51646     | 2.0681    | .55241   | 1.8102     | 1.1424  | .12468     | .87532 | 5    | 20    |
|       | 44  | .8379                                | .1621      | .0670     | .5279    | .8090      | .1426   | .2482      | .7518  | 4    | 16    |
|       | 48  | .8405                                | .1595      | .0659     | .5317    | .8078      | .1428   | .2496      | .7504  | 3    | 12    |
|       | 52  | .8430                                | .1570      | .0648     | .5355    | .8065      | .1430   | .2510      | .7490  | 2    | 8     |
|       | 56  | .8455                                | .1544      | .0637     | .5393    | .8053      | .1432   | .2524      | .7476  | 1    | 4     |
|       | 56  | .8481                                | .1519      | .0627     | .5431    | .8040      | .1433   | .2538      | .7462  | 0    | 4     |

| 1h    | 29o | Funciones naturales trigonométricas |            |           |          |            |         |            |        | 150o | 10h   |
|-------|-----|-------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|------|-------|
| M. S. | M.  | Seno                                | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Seno verso | Coseno | M    | M. S. |
| 56    | 0   | .48431                              | .51519     | 2.0627    | .55431   | 1.8040     | 1.1433  | .12533     | .87462 | 60   | 4     |
| 4     | 1   | .8506                               | .1493      | .0616     | .5469    | .8028      | .1435   | .2552      | .7448  | 59   | 56    |
| 8     | 2   | .8532                               | .1468      | .0605     | .5507    | .8016      | .1437   | .2566      | .7434  | 58   | 52    |
| 12    | 3   | .8557                               | .1443      | .0594     | .5545    | .8003      | .1439   | .2580      | .7420  | 57   | 48    |
| 16    | 4   | .8583                               | .1417      | .0583     | .5583    | .7991      | .1441   | .2594      | .7405  | 56   | 44    |
| 20    | 5   | .48603                              | .51392     | 2.0573    | .55621   | 1.7979     | 1.1443  | .12609     | .87391 | 55   | 40    |
| 24    | 6   | .8633                               | .1366      | .0562     | .5659    | .7966      | .1445   | .2623      | .7377  | 54   | 36    |
| 28    | 7   | .8659                               | .1341      | .0551     | .5697    | .7954      | .1446   | .2637      | .7363  | 53   | 32    |
| 32    | 8   | .8684                               | .1316      | .0540     | .5735    | .7942      | .1448   | .2651      | .7349  | 52   | 28    |
| 36    | 9   | .8710                               | .1290      | .0530     | .5774    | .7930      | .1450   | .2665      | .7335  | 51   | 24    |
| 40    | 10  | .48735                              | .51265     | 2.0519    | .55812   | 1.7917     | 1.1452  | .12679     | .87320 | 50   | 20    |
| 44    | 11  | .8760                               | .1239      | .0503     | .5850    | .7905      | .1454   | .2694      | .7306  | 49   | 16    |
| 48    | 12  | .8786                               | .1214      | .0498     | .5888    | .7893      | .1456   | .2708      | .7292  | 48   | 12    |
| 52    | 13  | .8811                               | .1189      | .0487     | .5926    | .7881      | .1458   | .2722      | .7278  | 47   | 8     |
| 56    | 14  | .8837                               | .1163      | .0476     | .5964    | .7868      | .1459   | .2736      | .7264  | 46   | 4     |
| 57    | 15  | .48862                              | .51138     | 2.0466    | .56003   | 1.7856     | 1.1461  | .12750     | .87250 | 45   | 3     |
| 4     | 16  | .8887                               | .1112      | .0455     | .6041    | .7844      | .1463   | .2765      | .7235  | 44   | 56    |
| 8     | 17  | .8913                               | .1087      | .0444     | .6079    | .7832      | .1465   | .2779      | .7221  | 43   | 52    |
| 12    | 18  | .8938                               | .1062      | .0434     | .6117    | .7820      | .1467   | .2793      | .7207  | 42   | 48    |
| 16    | 19  | .8964                               | .1036      | .0423     | .6156    | .7808      | .1469   | .2807      | .7193  | 41   | 44    |
| 20    | 20  | .48989                              | .51011     | 2.0413    | .56194   | 1.7795     | 1.1471  | .12821     | .87178 | 40   | 40    |
| 24    | 21  | .9014                               | .0936      | .0402     | .6232    | .7783      | .1473   | .2836      | .7164  | 39   | 36    |
| 28    | 22  | .9040                               | .0960      | .0392     | .6270    | .7771      | .1474   | .2850      | .7150  | 38   | 32    |
| 32    | 23  | .9065                               | .0935      | .0381     | .6309    | .7759      | .1476   | .2864      | .7136  | 37   | 28    |
| 36    | 24  | .9090                               | .0910      | .0370     | .6347    | .7747      | .1478   | .2879      | .7121  | 36   | 24    |
| 40    | 25  | .49116                              | .50834     | 2.0360    | .56385   | 1.7735     | 1.1480  | .12893     | .87107 | 35   | 20    |
| 44    | 26  | .9141                               | .0859      | .0349     | .6424    | .7723      | .1482   | .2907      | .7093  | 34   | 16    |
| 48    | 27  | .9166                               | .0834      | .0339     | .6462    | .7711      | .1484   | .2921      | .7078  | 33   | 12    |
| 52    | 28  | .9192                               | .0808      | .0329     | .6500    | .7699      | .1486   | .2936      | .7064  | 32   | 8     |
| 56    | 29  | .9217                               | .0783      | .0318     | .6539    | .7687      | .1488   | .2950      | .7050  | 31   | 4     |
| 58    | 30  | .49242                              | .50758     | 2.0308    | .56577   | 1.7675     | 1.1489  | .12964     | .87035 | 30   | 2     |
| 4     | 31  | .9268                               | .0732      | .0297     | .6616    | .7663      | .1491   | .2979      | .7021  | 29   | 56    |
| 8     | 32  | .9293                               | .0707      | .0287     | .6654    | .7651      | .1493   | .2993      | .7007  | 28   | 52    |
| 12    | 33  | .9318                               | .0682      | .0276     | .6692    | .7639      | .1495   | .3007      | .6992  | 27   | 48    |
| 16    | 34  | .9343                               | .0656      | .0266     | .6731    | .7627      | .1497   | .3022      | .6978  | 26   | 44    |
| 20    | 35  | .49369                              | .50631     | 2.0256    | .56769   | 1.7615     | 1.1499  | .13036     | .86964 | 25   | 40    |
| 24    | 36  | .9394                               | .0606      | .0245     | .6808    | .7603      | .1501   | .3050      | .6949  | 24   | 36    |
| 28    | 37  | .9419                               | .0580      | .0235     | .6846    | .7591      | .1503   | .3065      | .6935  | 23   | 32    |
| 32    | 38  | .9445                               | .0555      | .0224     | .6885    | .7579      | .1505   | .3079      | .6921  | 22   | 28    |
| 36    | 39  | .9470                               | .0530      | .0214     | .6923    | .7567      | .1507   | .3094      | .6906  | 21   | 24    |
| 40    | 40  | .49495                              | .50505     | 2.0204    | .56962   | 1.7555     | 1.1508  | .13108     | .86892 | 20   | 20    |
| 44    | 41  | .9521                               | .0479      | .0194     | .7000    | .7544      | .1510   | .3122      | .6877  | 19   | 16    |
| 48    | 42  | .9546                               | .0454      | .0183     | .7039    | .7532      | .1512   | .3137      | .6863  | 18   | 12    |
| 52    | 43  | .9571                               | .0429      | .0173     | .7077    | .7520      | .1514   | .3151      | .6849  | 17   | 8     |
| 56    | 44  | .9596                               | .0404      | .0163     | .7116    | .7508      | .1516   | .3166      | .6834  | 16   | 4     |
| 59    | 45  | .49622                              | .50378     | 2.0152    | .57155   | 1.7496     | 1.1518  | .13180     | .86820 | 15   | 1     |
| 4     | 46  | .9617                               | .0353      | .0142     | .7193    | .7484      | .1520   | .3194      | .6805  | 14   | 56    |
| 8     | 47  | .9672                               | .0328      | .0132     | .7232    | .7473      | .1522   | .3209      | .6791  | 13   | 52    |
| 12    | 48  | .9697                               | .0303      | .0122     | .7270    | .7461      | .1524   | .3223      | .6776  | 12   | 48    |
| 16    | 49  | .9723                               | .0277      | .0111     | .7309    | .7449      | .1526   | .3238      | .6762  | 11   | 44    |
| 20    | 50  | .49748                              | .50252     | 2.0101    | .57348   | 1.7437     | 1.1528  | .13252     | .86748 | 10   | 40    |
| 24    | 51  | .9773                               | .0227      | .0091     | .7386    | .7426      | .1530   | .3267      | .6733  | 9    | 36    |
| 28    | 52  | .9798                               | .0202      | .0081     | .7425    | .7414      | .1531   | .3281      | .6719  | 8    | 32    |
| 32    | 53  | .9823                               | .0176      | .0071     | .7464    | .7402      | .1533   | .3296      | .6704  | 7    | 28    |
| 36    | 54  | .9849                               | .0151      | .0061     | .7502    | .7390      | .1535   | .3310      | .6690  | 6    | 24    |
| 40    | 55  | .49874                              | .50126     | 2.0050    | .57541   | 1.7379     | 1.1537  | .13325     | .86675 | 5    | 20    |
| 44    | 56  | .9899                               | .0101      | .0040     | .7580    | .7367      | .1539   | .3339      | .6661  | 4    | 16    |
| 48    | 57  | .9924                               | .0076      | .0030     | .7619    | .7355      | .1541   | .3354      | .6646  | 3    | 12    |
| 52    | 58  | .9950                               | .0050      | .0020     | .7657    | .7344      | .1543   | .3368      | .6632  | 2    | 8     |
| 56    | 59  | .9975                               | .0025      | .0010     | .7696    | .7332      | .1545   | .3383      | .6617  | 1    | 4     |
| 60    | 60  | .50000                              | .0000      | .0000     | .7735    | .7320      | .1547   | .3397      | .6602  | 0    | 0     |

| 2h    | 30° | Funciones naturales trigonométricas |           |           |          |            |         |            |        | 149° | 9h    |
|-------|-----|-------------------------------------|-----------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|------|-------|
| M. S. | M.  | Senó                                | os. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Senó verso | Coseno | M.   | M. S. |
| 0     | 0   | .50000                              | .50000    | 2.0000    | .57735   | 1.7320     | 1.1547  | .13397     | .86602 | 60   | 60    |
| 4     | 1   | .0025                               | .49975    | 1.9990    | .7774    | .7309      | .1549   | .3412      | .6588  | 59   | 56    |
| 8     | 2   | .0050                               | .9950     | .9980     | .7813    | .7297      | .1551   | .3426      | .6573  | 58   | 52    |
| 12    | 3   | .0075                               | .9924     | .9970     | .7851    | .7286      | .1553   | .3441      | .6559  | 57   | 48    |
| 16    | 4   | .0101                               | .9899     | .9960     | .7890    | .7274      | .1555   | .3456      | .6544  | 56   | 44    |
| 20    | 5   | .50126                              | .49874    | 1.9950    | .57929   | 1.7262     | 1.1557  | .13470     | .86530 | 55   | 40    |
| 24    | 6   | .0151                               | .9849     | .9940     | .7963    | .7251      | .1559   | .3485      | .6515  | 54   | 36    |
| 28    | 7   | .0176                               | .9824     | .9930     | .8007    | .7239      | .1561   | .3499      | .6500  | 53   | 32    |
| 32    | 8   | .0201                               | .9799     | .9920     | .8046    | .7228      | .1562   | .3514      | .6486  | 52   | 28    |
| 36    | 9   | .0226                               | .9773     | .9910     | .8085    | .7216      | .1564   | .3529      | .6471  | 51   | 24    |
| 40    | 10  | .50252                              | .49748    | 1.9900    | .58123   | 1.7205     | 1.1566  | .13543     | .86457 | 50   | 20    |
| 44    | 11  | .0277                               | .9723     | .9890     | .8162    | .7193      | .1568   | .3558      | .6442  | 49   | 16    |
| 48    | 12  | .0302                               | .9698     | .9880     | .8201    | .7182      | .1570   | .3572      | .6427  | 48   | 12    |
| 52    | 13  | .0327                               | .9673     | .9870     | .8240    | .7170      | .1572   | .3587      | .6413  | 47   | 8     |
| 56    | 14  | .0352                               | .9648     | .9860     | .8279    | .7159      | .1574   | .3602      | .6398  | 46   | 4     |
| 1     | 15  | .50377                              | .49623    | 1.9850    | .58318   | 1.7147     | 1.1576  | .13616     | .86383 | 45   | 59    |
| 4     | 16  | .0402                               | .9597     | .9840     | .8357    | .7136      | .1578   | .3631      | .6369  | 44   | 56    |
| 8     | 17  | .0428                               | .9572     | .9830     | .8396    | .7124      | .1580   | .3646      | .6354  | 43   | 52    |
| 12    | 18  | .0453                               | .9547     | .9820     | .8435    | .7113      | .1582   | .3660      | .6339  | 42   | 48    |
| 16    | 19  | .0478                               | .9522     | .9811     | .8474    | .7101      | .1584   | .3675      | .6325  | 41   | 44    |
| 20    | 20  | .50503                              | .49497    | 1.9801    | .58513   | 1.7090     | 1.1586  | .13690     | .86310 | 40   | 40    |
| 24    | 21  | .0528                               | .9472     | .9791     | .8552    | .7079      | .1588   | .3704      | .6295  | 39   | 36    |
| 28    | 22  | .0553                               | .9447     | .9781     | .8591    | .7067      | .1590   | .3719      | .6281  | 38   | 32    |
| 32    | 23  | .0578                               | .9422     | .9771     | .8630    | .7056      | .1592   | .3734      | .6266  | 37   | 28    |
| 36    | 24  | .0603                               | .9397     | .9761     | .8670    | .7044      | .1594   | .3749      | .6251  | 36   | 24    |
| 40    | 25  | .50628                              | .49371    | 1.9752    | .58709   | 1.7033     | 1.1596  | .13763     | .86237 | 35   | 20    |
| 44    | 26  | .0653                               | .9346     | .9742     | .8748    | .7022      | .1598   | .3778      | .6222  | 34   | 16    |
| 48    | 27  | .0679                               | .9321     | .9732     | .8787    | .7010      | .1600   | .3793      | .6207  | 33   | 12    |
| 52    | 28  | .0704                               | .9296     | .9722     | .8826    | .6999      | .1602   | .3807      | .6192  | 32   | 8     |
| 56    | 29  | .0729                               | .9271     | .9713     | .8865    | .6988      | .1604   | .3822      | .6178  | 31   | 4     |
| 2     | 30  | .50754                              | .49246    | 1.9703    | .58904   | 1.6977     | 1.1606  | .13837     | .86163 | 30   | 58    |
| 4     | 31  | .0779                               | .9221     | .9693     | .8944    | .6965      | .1608   | .3852      | .6148  | 29   | 56    |
| 8     | 32  | .0804                               | .9196     | .9683     | .8983    | .6954      | .1610   | .3867      | .6133  | 28   | 52    |
| 12    | 33  | .0829                               | .9171     | .9674     | .9022    | .6943      | .1612   | .3881      | .6118  | 27   | 48    |
| 16    | 34  | .0854                               | .9146     | .9664     | .9061    | .6931      | .1614   | .3896      | .6104  | 26   | 44    |
| 20    | 35  | .50879                              | .49121    | 1.9654    | .59100   | 1.6920     | 1.1616  | .13911     | .86089 | 25   | 40    |
| 24    | 36  | .0904                               | .9096     | .9645     | .9140    | .6909      | .1618   | .3926      | .6074  | 24   | 36    |
| 28    | 37  | .0929                               | .9071     | .9635     | .9179    | .6898      | .1620   | .3941      | .6059  | 23   | 32    |
| 32    | 38  | .0954                               | .9046     | .9625     | .9218    | .6887      | .1622   | .3955      | .6044  | 22   | 28    |
| 36    | 39  | .0979                               | .9021     | .9616     | .9258    | .6875      | .1624   | .3970      | .6030  | 21   | 24    |
| 40    | 40  | .51004                              | .48996    | 1.9606    | .59297   | 1.6864     | 1.1626  | .13985     | .86015 | 20   | 20    |
| 44    | 41  | .1029                               | .8971     | .9596     | .9336    | .6853      | .1628   | .4000      | .6000  | 19   | 16    |
| 48    | 42  | .1054                               | .8946     | .9587     | .9376    | .6842      | .1630   | .4015      | .5985  | 18   | 12    |
| 52    | 43  | .1079                               | .8921     | .9577     | .9415    | .6831      | .1632   | .4030      | .5970  | 17   | 8     |
| 56    | 44  | .1104                               | .8896     | .9568     | .9454    | .6820      | .1634   | .4044      | .5955  | 16   | 4     |
| 3     | 45  | .51129                              | .48871    | 1.9558    | .59494   | 1.6808     | 1.1636  | .14059     | .85941 | 15   | 57    |
| 4     | 46  | .1154                               | .8846     | .9549     | .9533    | .6797      | .1638   | .4074      | .5926  | 14   | 56    |
| 8     | 47  | .1179                               | .8821     | .9539     | .9572    | .6786      | .1640   | .4089      | .5911  | 13   | 52    |
| 12    | 48  | .1204                               | .8796     | .9530     | .9612    | .6775      | .1642   | .4104      | .5896  | 12   | 48    |
| 16    | 49  | .1229                               | .8771     | .9520     | .9651    | .6764      | .1644   | .4119      | .5881  | 11   | 44    |
| 20    | 50  | .51254                              | .48746    | 1.9510    | .59691   | 1.6753     | 1.1646  | .14134     | .85866 | 10   | 40    |
| 24    | 51  | .1279                               | .8721     | .9501     | .9730    | .6742      | .1648   | .4149      | .5851  | 9    | 36    |
| 28    | 52  | .1304                               | .8696     | .9491     | .9770    | .6731      | .1650   | .4164      | .5836  | 8    | 32    |
| 32    | 53  | .1329                               | .8671     | .9482     | .9809    | .6720      | .1652   | .4178      | .5821  | 7    | 28    |
| 36    | 54  | .1254                               | .8646     | .9473     | .9849    | .6709      | .1654   | .4193      | .5806  | 6    | 24    |
| 40    | 55  | .51379                              | .48621    | 1.9463    | .59888   | 1.6698     | 1.1656  | .14208     | .85791 | 5    | 20    |
| 44    | 56  | .1404                               | .8596     | .9454     | .9928    | .6687      | .1658   | .4223      | .5777  | 4    | 16    |
| 48    | 57  | .1429                               | .8571     | .9444     | .9967    | .6676      | .1660   | .4238      | .5762  | 3    | 12    |
| 52    | 58  | .1454                               | .8546     | .9435     | .60007   | .6665      | .1662   | .4253      | .5747  | 2    | 8     |
| 56    | 59  | .1479                               | .8521     | .9425     | .0046    | .6654      | .1664   | .4268      | .5732  | 1    | 4     |
| 4     | 60  | .1504                               | .8496     | .9416     | .0086    | .6643      | .1666   | .4283      | .5717  | 0    | 56    |

| 2h    | 31° | Funciones naturales trigonométricas |            |           |          |            |         |            |        | 148o | 9h    |
|-------|-----|-------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|------|-------|
| M. S. | M.  | Seno                                | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Seno verso | Coseno | M.   | M. S. |
| 4     | 0   | .51504                              | .48496     | 1.9416    | .60086   | 1.6643     | 1.1666  | .14283     | .85717 | 60   | 56    |
|       | 4   | 1. 1529                             | .8471      | .9407     | .0126    | .6632      | .1668   | .4298      | .5702  | 59   | 56    |
|       | 8   | 2. 1554                             | .8446      | .9397     | .0165    | .6621      | .1670   | .4313      | .5687  | 58   | 52    |
|       | 12  | 3. 1578                             | .8421      | .9388     | .0205    | .6610      | .1672   | .4328      | .5672  | 57   | 48    |
|       | 16  | 4. 1603                             | .8396      | .9378     | .0244    | .6599      | .1674   | .4343      | .5657  | 56   | 44    |
|       | 20  | 5. 51628                            | .48371     | 1.9369    | .60284   | 1.6588     | 1.1676  | .14358     | .85642 | 55   | 40    |
|       | 24  | 6. 1653                             | .8347      | .9360     | .0324    | .6577      | .1678   | .4373      | .5627  | 54   | 36    |
|       | 28  | 7. 1678                             | .8322      | .9350     | .0363    | .6566      | .1681   | .4388      | .5612  | 53   | 32    |
|       | 32  | 8. 1703                             | .8297      | .9341     | .0403    | .6555      | .1683   | .4403      | .5597  | 52   | 28    |
|       | 36  | 9. 1728                             | .8272      | .9332     | .0443    | .6544      | .1685   | .4418      | .5582  | 51   | 24    |
|       | 40  | 10. 51753                           | .48247     | 1.9322    | .60483   | 1.6534     | 1.1687  | .14433     | .85566 | 50   | 20    |
|       | 44  | 11. 1778                            | .8222      | .9313     | .0522    | .6523      | .1689   | .4448      | .5551  | 49   | 16    |
|       | 48  | 12. 1803                            | .8197      | .9304     | .0562    | .6512      | .1691   | .4463      | .5536  | 48   | 12    |
|       | 52  | 13. 1827                            | .8172      | .9295     | .0602    | .6501      | .1693   | .4479      | .5521  | 47   | 8     |
|       | 56  | 14. 1852                            | .8147      | .9285     | .0642    | .6490      | .1695   | .4494      | .5506  | 46   | 4     |
|       | 5   | 15. 51877                           | .48123     | 1.9276    | .60681   | 1.6479     | 1.1697  | .14509     | .85491 | 45   | 55    |
|       | 4   | 16. 1902                            | .8098      | .9267     | .0721    | .6469      | .1699   | .4524      | .5476  | 44   | 56    |
|       | 8   | 17. 1927                            | .8073      | .9258     | .0761    | .6458      | .1701   | .4539      | .5461  | 43   | 52    |
|       | 12  | 18. 1952                            | .8048      | .9248     | .0801    | .6447      | .1703   | .4554      | .5446  | 42   | 48    |
|       | 16  | 19. 1977                            | .8023      | .9239     | .0841    | .6436      | .1705   | .4569      | .5431  | 41   | 44    |
|       | 20  | 20. 52002                           | .47998     | 1.9230    | .60881   | 1.6425     | 1.1707  | .14584     | .85416 | 40   | 40    |
|       | 24  | 21. 2026                            | .7973      | .9221     | .0920    | .6415      | .1709   | .4599      | .5400  | 39   | 36    |
|       | 28  | 22. 2051                            | .7949      | .9212     | .0960    | .6404      | .1712   | .4615      | .5385  | 38   | 32    |
|       | 32  | 23. 2076                            | .7924      | .9203     | .1000    | .6393      | .1714   | .4630      | .5370  | 37   | 28    |
|       | 36  | 24. 2101                            | .7899      | .9193     | .1040    | .6383      | .1716   | .4645      | .5355  | 36   | 24    |
|       | 40  | 25. 52126                           | .47874     | 1.9184    | .61080   | 1.6372     | 1.1718  | .14660     | .85340 | 35   | 20    |
|       | 44  | 26. 2151                            | .7849      | .9175     | .1120    | .6361      | .1720   | .4675      | .5325  | 34   | 16    |
|       | 48  | 27. 2175                            | .7824      | .9166     | .1160    | .6350      | .1722   | .4690      | .5309  | 33   | 12    |
|       | 52  | 28. 2200                            | .7800      | .9157     | .1200    | .6340      | .1724   | .4706      | .5294  | 32   | 8     |
|       | 56  | 29. 2225                            | .7775      | .9148     | .1240    | .6329      | .1726   | .4721      | .5279  | 31   | 4     |
|       | 6   | 30. 52250                           | .47750     | 1.9139    | .61280   | 1.6318     | 1.1728  | .14736     | .85264 | 30   | 54    |
|       | 4   | 31. 2275                            | .7725      | .9130     | .1320    | .6308      | .1730   | .4751      | .5249  | 29   | 56    |
|       | 8   | 32. 2299                            | .7700      | .9121     | .1360    | .6297      | .1732   | .4766      | .5234  | 28   | 52    |
|       | 12  | 33. 2324                            | .7676      | .9112     | .1400    | .6286      | .1734   | .4782      | .5218  | 27   | 48    |
|       | 16  | 34. 2349                            | .7651      | .9102     | .1440    | .6276      | .1737   | .4797      | .5203  | 26   | 44    |
|       | 20  | 35. 52374                           | .47626     | 1.9093    | .61480   | 1.6265     | 1.1739  | .14812     | .85188 | 25   | 40    |
|       | 24  | 36. 2393                            | .7601      | .9084     | .1520    | .6255      | .1741   | .4827      | .5173  | 24   | 36    |
|       | 28  | 37. 2423                            | .7577      | .9075     | .1560    | .6244      | .1743   | .4842      | .5157  | 23   | 32    |
|       | 32  | 38. 2448                            | .7552      | .9066     | .1601    | .6233      | .1745   | .4858      | .5142  | 22   | 28    |
|       | 36  | 39. 2473                            | .7527      | .9057     | .1641    | .6223      | .1747   | .4873      | .5127  | 21   | 24    |
|       | 40  | 40. 52498                           | .47502     | 1.9048    | .61681   | 1.6212     | 1.1749  | .14888     | .85112 | 20   | 20    |
|       | 44  | 41. 2522                            | .7477      | .9039     | .1721    | .6202      | .1751   | .4904      | .5096  | 19   | 16    |
|       | 48  | 42. 2547                            | .7453      | .9030     | .1761    | .6191      | .1753   | .4919      | .5081  | 18   | 12    |
|       | 52  | 43. 2572                            | .7428      | .9021     | .1801    | .6181      | .1756   | .4934      | .5066  | 17   | 8     |
|       | 56  | 44. 2597                            | .7403      | .9013     | .1842    | .6170      | .1758   | .4949      | .5050  | 16   | 4     |
|       | 7   | 45. 52621                           | .47379     | 1.9004    | .61882   | 1.6160     | 1.1760  | .14965     | .85035 | 15   | 53    |
|       | 4   | 46. 2616                            | .7354      | .8995     | .1922    | .6149      | .1762   | .4980      | .5020  | 14   | 56    |
|       | 8   | 47. 2671                            | .7329      | .8986     | .1962    | .6139      | .1764   | .4995      | .5004  | 13   | 52    |
|       | 12  | 48. 2695                            | .7304      | .8977     | .2003    | .6128      | .1766   | .5011      | .4989  | 12   | 48    |
|       | 16  | 49. 2720                            | .7280      | .8968     | .2043    | .6118      | .1768   | .5026      | .4974  | 11   | 44    |
|       | 20  | 50. 52745                           | .47255     | 1.8959    | .62083   | 1.6107     | 1.1770  | .15041     | .84959 | 10   | 40    |
|       | 24  | 51. 2770                            | .7230      | .8950     | .2123    | .6097      | .1772   | .5057      | .4943  | 9    | 36    |
|       | 28  | 52. 2794                            | .7205      | .8941     | .2164    | .6086      | .1775   | .5072      | .4928  | 8    | 32    |
|       | 32  | 53. 2819                            | .7181      | .8932     | .2204    | .6076      | .1777   | .5087      | .4912  | 7    | 28    |
|       | 36  | 54. 2844                            | .7156      | .8924     | .2244    | .6066      | .1779   | .5103      | .4897  | 6    | 24    |
|       | 40  | 55. 52868                           | .47131     | 1.8915    | .62285   | 1.6055     | 1.1781  | .15118     | .84882 | 5    | 20    |
|       | 44  | 56. 2893                            | .7107      | .8906     | .2325    | .6045      | .1783   | .5133      | .4866  | 4    | 16    |
|       | 48  | 57. 2918                            | .7082      | .8897     | .2366    | .6034      | .1785   | .5149      | .4851  | 3    | 12    |
|       | 52  | 58. 2942                            | .7057      | .8888     | .2406    | .6024      | .1787   | .5164      | .4836  | 2    | 8     |
|       | 56  | 59. 2967                            | .7033      | .8879     | .2446    | .6014      | .1790   | .5180      | .4820  | 1    | 4     |
|       | 8   | 60. 2992                            | .7008      | .8871     | .2487    | .6003      | .1792   | .5195      | .4805  | 0    | 52    |



| 23    | 320 | Funciones naturales trigonométricas |            |           |          |            |         |            |        | 1470 | 9h    |
|-------|-----|-------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|------|-------|
| M. S. | M.  | Seno                                | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Seno verso | Coseno | M.   | M. S. |
| 8     | 0   | .52992                              | .47008     | 1.8871    | .62487   | 1.6003     | 1.1792  | .15195     | .84805 | 60   | 52    |
| 4     | 1   | .3016                               | .6983      | .8862     | .2527    | .5993      | .1794   | .5211      | .4789  | 59   | 56    |
| 8     | 2   | .3041                               | .6959      | .8853     | .2568    | .5983      | .1796   | .5226      | .4774  | 58   | 52    |
| 12    | 3   | .3066                               | .6934      | .8844     | .2608    | .5972      | .1798   | .5241      | .4758  | 57   | 48    |
| 16    | 4   | .3090                               | .6909      | .8836     | .2649    | .5962      | .1800   | .5257      | .4743  | 56   | 44    |
| 20    | 5   | .53115                              | .46885     | 1.8827    | .62689   | 1.5952     | 1.1802  | .15272     | .84728 | 55   | 40    |
| 24    | 6   | .3140                               | .6860      | .8818     | .2730    | .5941      | .1805   | .5288      | .4712  | 54   | 36    |
| 28    | 7   | .3164                               | .6835      | .8809     | .2770    | .5931      | .1807   | .5303      | .4697  | 53   | 32    |
| 32    | 8   | .3189                               | .6811      | .8801     | .2811    | .5921      | .1809   | .5319      | .4681  | 52   | 28    |
| 36    | 9   | .3214                               | .6786      | .8792     | .2851    | .5910      | .1811   | .5334      | .4666  | 51   | 24    |
| 40    | 10  | .53238                              | .46762     | 1.8783    | .62892   | 1.5900     | 1.1813  | .15350     | .84650 | 50   | 20    |
| 44    | 11  | .3263                               | .6737      | .8775     | .2933    | .5890      | .1815   | .5365      | .4635  | 49   | 16    |
| 48    | 12  | .3288                               | .6712      | .8766     | .2973    | .5880      | .1818   | .5381      | .4619  | 48   | 12    |
| 52    | 13  | .3312                               | .6688      | .8757     | .3014    | .5869      | .1820   | .5396      | .4604  | 47   | 8     |
| 56    | 14  | .3337                               | .6663      | .8749     | .3055    | .5859      | .1822   | .5412      | .4588  | 46   | 4     |
| 8     | 15  | .53361                              | .46638     | 1.8740    | .63095   | 1.5849     | 1.1824  | .15427     | .84573 | 45   | 51    |
| 4     | 16  | .3386                               | .6614      | .8731     | .3136    | .5839      | .1826   | .5443      | .4557  | 44   | 56    |
| 8     | 17  | .3411                               | .6589      | .8723     | .3177    | .5829      | .1828   | .5458      | .4542  | 43   | 52    |
| 12    | 18  | .3435                               | .6565      | .8714     | .3217    | .5818      | .1831   | .5474      | .4526  | 42   | 48    |
| 16    | 19  | .3460                               | .6540      | .8706     | .3258    | .5808      | .1833   | .5489      | .4511  | 41   | 44    |
| 20    | 20  | .53484                              | .46516     | 1.8697    | .63299   | 1.5798     | 1.1835  | .15505     | .84495 | 40   | 40    |
| 24    | 21  | .3509                               | .6491      | .8688     | .3339    | .5788      | .1837   | .5520      | .4479  | 39   | 36    |
| 28    | 22  | .3533                               | .6466      | .8680     | .3380    | .5778      | .1839   | .5536      | .4464  | 38   | 32    |
| 32    | 23  | .3558                               | .6442      | .8671     | .3421    | .5768      | .1841   | .5552      | .4448  | 37   | 28    |
| 36    | 24  | .3583                               | .6417      | .8663     | .3462    | .5757      | .1844   | .5567      | .4433  | 36   | 24    |
| 40    | 25  | .53607                              | .46393     | 1.8654    | .63503   | 1.5747     | 1.1846  | .15583     | .84417 | 35   | 20    |
| 44    | 26  | .3632                               | .6368      | .8646     | .3543    | .5737      | .1848   | .5598      | .4402  | 34   | 16    |
| 48    | 27  | .3656                               | .6344      | .8637     | .3584    | .5727      | .1850   | .5614      | .4386  | 33   | 12    |
| 52    | 28  | .3681                               | .6319      | .8629     | .3625    | .5717      | .1852   | .5630      | .4370  | 32   | 8     |
| 56    | 29  | .3705                               | .6294      | .8620     | .3666    | .5707      | .1855   | .5645      | .4355  | 31   | 4     |
| 10    | 30  | .53730                              | .46270     | 1.8611    | .63707   | 1.5697     | 1.1857  | .15661     | .84339 | 30   | 50    |
| 4     | 31  | .3754                               | .6245      | .8603     | .3748    | .5687      | .1859   | .5676      | .4323  | 29   | 56    |
| 8     | 32  | .3779                               | .6221      | .8595     | .3789    | .5677      | .1861   | .5692      | .4308  | 28   | 52    |
| 12    | 33  | .3803                               | .6196      | .8586     | .3830    | .5667      | .1863   | .5708      | .4292  | 27   | 48    |
| 16    | 34  | .3828                               | .6172      | .8578     | .3871    | .5657      | .1866   | .5723      | .4276  | 26   | 44    |
| 20    | 35  | .53852                              | .46147     | 1.8569    | .63912   | 1.5646     | 1.1868  | .15739     | .84261 | 25   | 40    |
| 24    | 36  | .3877                               | .6123      | .8561     | .3953    | .5636      | .1870   | .5755      | .4245  | 24   | 36    |
| 28    | 37  | .3901                               | .6098      | .8552     | .3994    | .5626      | .1872   | .5770      | .4229  | 23   | 32    |
| 32    | 38  | .3926                               | .6074      | .8544     | .4035    | .5616      | .1874   | .5786      | .4214  | 22   | 28    |
| 36    | 39  | .3950                               | .6049      | .8535     | .4076    | .5606      | .1877   | .5802      | .4198  | 21   | 24    |
| 40    | 40  | .53975                              | .46025     | 1.8527    | .64117   | 1.5596     | 1.1879  | .15817     | .84182 | 20   | 20    |
| 44    | 41  | .3999                               | .6000      | .8519     | .4158    | .5586      | .1881   | .5833      | .4167  | 19   | 16    |
| 48    | 42  | .4024                               | .5976      | .8510     | .4199    | .5577      | .1883   | .5849      | .4151  | 18   | 12    |
| 52    | 43  | .4048                               | .5951      | .8502     | .4240    | .5567      | .1886   | .5865      | .4135  | 17   | 8     |
| 56    | 44  | .4073                               | .5927      | .8493     | .4281    | .5557      | .1888   | .5880      | .4120  | 16   | 4     |
| 11    | 45  | .54097                              | .45902     | 1.8485    | .64322   | 1.5547     | 1.1890  | .15896     | .84104 | 15   | 49    |
| 4     | 46  | .4122                               | .5878      | .8477     | .4363    | .5537      | .1892   | .5912      | .4088  | 14   | 56    |
| 8     | 47  | .4146                               | .5854      | .8468     | .4404    | .5527      | .1894   | .5927      | .4072  | 13   | 52    |
| 12    | 48  | .4171                               | .5829      | .8460     | .4446    | .5517      | .1897   | .5943      | .4057  | 12   | 48    |
| 16    | 49  | .4195                               | .5805      | .8452     | .4487    | .5507      | .1899   | .5959      | .4041  | 11   | 44    |
| 20    | 50  | .54220                              | .45780     | 1.8443    | .64528   | 1.5497     | 1.1901  | .15975     | .84025 | 10   | 40    |
| 24    | 51  | .4244                               | .5756      | .8435     | .4569    | .5487      | .1903   | .5991      | .4009  | 9    | 36    |
| 28    | 52  | .4268                               | .5731      | .8427     | .4610    | .5477      | .1906   | .6006      | .3993  | 8    | 32    |
| 32    | 53  | .4293                               | .5707      | .8418     | .4652    | .5467      | .1908   | .6022      | .3978  | 7    | 28    |
| 36    | 54  | .4317                               | .5682      | .8410     | .4693    | .5458      | .1910   | .6038      | .3962  | 6    | 24    |
| 40    | 55  | .54342                              | .45658     | 1.8402    | .64734   | 1.5448     | 1.1912  | .16054     | .83946 | 5    | 20    |
| 44    | 56  | .4366                               | .5634      | .8394     | .4775    | .5438      | .1915   | .6070      | .3930  | 4    | 16    |
| 48    | 57  | .4391                               | .5609      | .8385     | .4817    | .5428      | .1917   | .6085      | .3914  | 3    | 12    |
| 52    | 58  | .4415                               | .5585      | .8377     | .4858    | .5418      | .1919   | .6101      | .3899  | 2    | 8     |
| 56    | 59  | .4439                               | .5560      | .8369     | .4899    | .5408      | .1921   | .6117      | .3883  | 1    | 4     |
| 12    | 60  | .4464                               | .5536      | .8361     | .4941    | .5399      | .1922   | .6133      | .3867  | 0    | 48    |



| 2h    | 33° | Funciones naturales trigonométricas. |            |           |          |            |         |            |        | 146° | 9h    |
|-------|-----|--------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|------|-------|
| M. S. | M.  | Senó                                 | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Senó verso | Coseno | M.   | M. S. |
| 12    | 0   | .54464                               | .45536     | 1.8361    | .64941   | 1.5399     | 1.1924  | .16133     | .83867 | 60   | 48    |
| 4     | 1   | .4488                                | .5512      | .8352     | .4982    | .5389      | .1926   | .6149      | .3851  | 59   | 56    |
| 8     | 2   | .4513                                | .5487      | .8344     | .5023    | .5379      | .1928   | .6165      | .3835  | 58   | 52    |
| 12    | 3   | .4537                                | .5463      | .8336     | .5065    | .5369      | .1930   | .6180      | .3819  | 57   | 48    |
| 16    | 4   | .4561                                | .5438      | .8328     | .5106    | .5359      | .1933   | .6196      | .3804  | 56   | 44    |
| 20    | 5   | .4586                                | .5414      | 1.8320    | .65148   | 1.5350     | 1.1935  | .16212     | .83788 | 55   | 40    |
| 24    | 6   | .4610                                | .5390      | .8311     | .5189    | .5340      | .1937   | .6228      | .3772  | 54   | 36    |
| 28    | 7   | .4634                                | .5365      | .8303     | .5231    | .5330      | .1939   | .6244      | .3756  | 53   | 32    |
| 32    | 8   | .4659                                | .5341      | .8295     | .5272    | .5320      | .1942   | .6260      | .3740  | 52   | 28    |
| 36    | 9   | .4683                                | .5317      | .8287     | .5314    | .5311      | .1944   | .6276      | .3724  | 51   | 24    |
| 40    | 10  | .4708                                | .45292     | 1.8279    | .65355   | 1.5301     | 1.1946  | .16292     | .83708 | 50   | 20    |
| 44    | 11  | .4732                                | .5268      | .8271     | .5397    | .5291      | .1948   | .6308      | .3692  | 49   | 16    |
| 48    | 12  | .4756                                | .5244      | .8263     | .5438    | .5282      | .1951   | .6323      | .3676  | 48   | 12    |
| 52    | 13  | .4781                                | .5219      | .8255     | .5480    | .5272      | .1953   | .6339      | .3660  | 47   | 8     |
| 56    | 14  | .4805                                | .5195      | .8246     | .5521    | .5262      | .1955   | .6355      | .3644  | 46   | 4     |
| 18    | 15  | .4829                                | .45171     | 1.8238    | .65563   | 1.5252     | 1.1958  | .16371     | .83629 | 45   | 47    |
| 4     | 16  | .4854                                | .5146      | .8230     | .5604    | .5243      | .1960   | .6387      | .3613  | 44   | 56    |
| 8     | 17  | .4878                                | .5122      | .8222     | .5646    | .5233      | .1962   | .6403      | .3597  | 43   | 52    |
| 12    | 18  | .4902                                | .5098      | .8214     | .5688    | .5223      | .1964   | .6419      | .3581  | 42   | 48    |
| 16    | 19  | .4926                                | .5073      | .8206     | .5729    | .5214      | .1967   | .6435      | .3565  | 41   | 44    |
| 20    | 20  | .4951                                | .45049     | 1.8198    | .65771   | 1.5204     | 1.1969  | .16451     | .83549 | 40   | 40    |
| 24    | 21  | .4975                                | .5025      | .8190     | .5813    | .5195      | .1971   | .6467      | .3533  | 39   | 36    |
| 28    | 22  | .4999                                | .5000      | .8182     | .5854    | .5185      | .1974   | .6483      | .3517  | 38   | 32    |
| 32    | 23  | .5024                                | .4976      | .8174     | .5896    | .5175      | .1976   | .6499      | .3501  | 37   | 28    |
| 36    | 24  | .5049                                | .4952      | .8166     | .5938    | .5166      | .1978   | .6515      | .3485  | 36   | 24    |
| 40    | 25  | .5072                                | .44928     | 1.8158    | .63980   | 1.5156     | 1.1980  | .16531     | .83469 | 35   | 20    |
| 44    | 26  | .5097                                | .4903      | .8150     | .6021    | .5147      | .1983   | .6547      | .3453  | 34   | 16    |
| 48    | 27  | .5121                                | .4879      | .8142     | .6063    | .5137      | .1985   | .6563      | .3437  | 33   | 12    |
| 52    | 28  | .5145                                | .4855      | .8134     | .6105    | .5127      | .1987   | .6579      | .3421  | 32   | 8     |
| 56    | 29  | .5169                                | .4830      | .8126     | .6147    | .5118      | .1990   | .6595      | .3405  | 31   | 4     |
| 14    | 30  | .5194                                | .44906     | 1.8118    | .66188   | 1.5108     | 1.1992  | .16611     | .83388 | 30   | 46    |
| 4     | 31  | .5218                                | .4782      | .8110     | .6230    | .5099      | .1994   | .6627      | .3372  | 29   | 56    |
| 8     | 32  | .5242                                | .4758      | .8102     | .6272    | .5089      | .1997   | .6643      | .3356  | 28   | 52    |
| 12    | 33  | .5266                                | .4733      | .8094     | .6314    | .5080      | .1999   | .6660      | .3340  | 27   | 48    |
| 16    | 34  | .5291                                | .4709      | .8086     | .6356    | .5070      | .201    | .6676      | .3324  | 26   | 44    |
| 20    | 35  | .5315                                | .44685     | 1.8078    | .66398   | 1.5061     | 1.2004  | .16692     | .83308 | 25   | 40    |
| 24    | 36  | .5339                                | .4661      | .8070     | .6440    | .5051      | .2006   | .6708      | .3292  | 24   | 36    |
| 28    | 37  | .5363                                | .4637      | .8062     | .6482    | .5042      | .2008   | .6724      | .3276  | 23   | 32    |
| 32    | 38  | .5388                                | .4612      | .8054     | .6524    | .5032      | .2010   | .6740      | .3260  | 22   | 28    |
| 36    | 39  | .5412                                | .4588      | .8047     | .6566    | .5023      | .2013   | .6756      | .3244  | 21   | 24    |
| 40    | 40  | .55436                               | .44561     | 1.8039    | .66608   | 1.5013     | 1.2015  | .16772     | .83228 | 20   | 20    |
| 44    | 41  | .5460                                | .4540      | .8031     | .6650    | .5004      | .2017   | .6783      | .3211  | 19   | 16    |
| 48    | 42  | .5484                                | .4515      | .8023     | .6692    | .4994      | .2020   | .6804      | .3195  | 18   | 12    |
| 52    | 43  | .5509                                | .4491      | .8015     | .6734    | .4985      | .2022   | .6821      | .3179  | 17   | 8     |
| 56    | 44  | .5533                                | .4467      | .8007     | .6776    | .4975      | .2024   | .6837      | .3163  | 16   | 4     |
| 15    | 45  | .55557                               | .44443     | 1.7999    | .66818   | 1.4966     | 1.2027  | .16853     | .83147 | 15   | 45    |
| 4     | 46  | .5581                                | .4419      | .7992     | .6860    | .4957      | .2029   | .6869      | .3131  | 14   | 56    |
| 8     | 47  | .5605                                | .4395      | .7984     | .6902    | .4947      | .2031   | .6885      | .3115  | 13   | 52    |
| 12    | 48  | .5629                                | .4370      | .7976     | .6944    | .4938      | .2034   | .6901      | .3098  | 12   | 48    |
| 16    | 49  | .5654                                | .4346      | .7968     | .6986    | .4928      | .2036   | .6918      | .3082  | 11   | 44    |
| 20    | 50  | .55678                               | .44322     | 1.7960    | .67028   | 1.4919     | 1.2039  | .16934     | .83066 | 10   | 40    |
| 24    | 51  | .5702                                | .4298      | .7953     | .7071    | .4910      | .2041   | .6950      | .3050  | 9    | 36    |
| 28    | 52  | .5726                                | .4274      | .7945     | .7113    | .4900      | .2043   | .6966      | .3034  | 8    | 32    |
| 32    | 53  | .5750                                | .4250      | .7937     | .7155    | .4891      | .2046   | .6982      | .3017  | 7    | 28    |
| 36    | 54  | .5774                                | .4225      | .7929     | .7197    | .4881      | .2048   | .6999      | .3001  | 6    | 24    |
| 40    | 55  | .55799                               | .44201     | 1.7921    | .67239   | 1.4872     | 1.2050  | .17015     | .82985 | 5    | 20    |
| 44    | 56  | .5323                                | .4177      | .7914     | .7282    | .4863      | .2053   | .7031      | .2969  | 4    | 16    |
| 48    | 57  | .5847                                | .4153      | .7906     | .7324    | .4853      | .2055   | .7047      | .2952  | 3    | 12    |
| 52    | 58  | .5871                                | .4129      | .7898     | .7366    | .4844      | .2057   | .7064      | .2936  | 2    | 8     |
| 56    | 59  | .5895                                | .4105      | .7891     | .7408    | .4835      | .2060   | .7080      | .2920  | 1    | 4     |
| 16    | 60  | .5919                                | .4081      | .7883     | .7451    | .4826      | .2062   | .7096      | .2904  | 0    | 44    |

| 2h    | 34° | Funciones naturales trigonométricas. |            |           |          |            |         |            |        | 145° | 9h    |
|-------|-----|--------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|------|-------|
| M. S. | M.  | Senó                                 | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Senó verso | Coseno | M.   | M. S. |
| 16    | 0   | .55919                               | .44081     | 1.7883    | .67451   | 1.4826     | 1.2062  | .17096     | .82904 | 60   | 44    |
| 4     | 1   | .5943                                | .4057      | .7875     | .7493    | .4816      | .2064   | .7112      | .2887  | 59   | 56    |
| 8     | 2   | .5967                                | .4032      | .7867     | .7535    | .4807      | .2067   | .7129      | .2871  | 58   | 52    |
| 12    | 3   | .5992                                | .4008      | .7860     | .7578    | .4798      | .2069   | .7145      | .2855  | 57   | 48    |
| 16    | 4   | .6016                                | .3984      | .7852     | .7620    | .4788      | .2072   | .7161      | .2839  | 56   | 44    |
| 20    | 5   | .6040                                | .3960      | 1.7844    | .67663   | 1.4779     | 1.2074  | .17178     | .82822 | 55   | 40    |
| 24    | 6   | .6064                                | .3936      | .7837     | .7705    | .4770      | .2076   | .7194      | .2806  | 54   | 36    |
| 28    | 7   | .6088                                | .3912      | .7829     | .7747    | .4761      | .2079   | .7210      | .2790  | 53   | 32    |
| 32    | 8   | .6112                                | .3888      | .7821     | .7790    | .4751      | .2081   | .7227      | .2773  | 52   | 28    |
| 36    | 9   | .6136                                | .3864      | .7814     | .7832    | .4742      | .2083   | .7243      | .2757  | 51   | 24    |
| 40    | 10  | .6160                                | .3840      | 1.7806    | .67875   | 1.4733     | 1.2086  | .17259     | .82741 | 50   | 20    |
| 44    | 11  | .6184                                | .3816      | .7798     | .7917    | .4724      | .2088   | .7276      | .2724  | 49   | 16    |
| 48    | 12  | .6208                                | .3792      | .7791     | .7960    | .4714      | .2091   | .7292      | .2708  | 48   | 12    |
| 52    | 13  | .6232                                | .3768      | .7783     | .8002    | .4705      | .2093   | .7308      | .2692  | 47   | 8     |
| 56    | 14  | .6256                                | .3743      | .7776     | .8045    | .4696      | .2095   | .7325      | .2675  | 46   | 4     |
| 17    | 15  | .6280                                | .3719      | 1.7768    | .68087   | 1.4687     | 1.2098  | .17341     | .82659 | 45   | 43    |
| 4     | 16  | .6304                                | .3695      | .7760     | .8130    | .4678      | .2100   | .7357      | .2643  | 44   | 56    |
| 8     | 17  | .6328                                | .3671      | .7753     | .8173    | .4669      | .2103   | .7374      | .2626  | 43   | 52    |
| 12    | 18  | .6353                                | .3647      | .7745     | .8215    | .4659      | .2105   | .7390      | .2610  | 42   | 48    |
| 16    | 19  | .6377                                | .3623      | .7738     | .8258    | .4650      | .2107   | .7406      | .2593  | 41   | 44    |
| 20    | 20  | .6401                                | .3599      | 1.7730    | .68301   | 1.4641     | 1.2110  | .17423     | .82577 | 40   | 40    |
| 24    | 21  | .6425                                | .3575      | .7723     | .8343    | .4632      | .2112   | .7439      | .2561  | 39   | 36    |
| 28    | 22  | .6449                                | .3551      | .7715     | .8386    | .4623      | .2115   | .7456      | .2544  | 38   | 32    |
| 32    | 23  | .6473                                | .3527      | .7708     | .8429    | .4614      | .2117   | .7472      | .2528  | 37   | 28    |
| 36    | 24  | .6497                                | .3503      | .7700     | .8471    | .4605      | .2119   | .7489      | .2511  | 36   | 24    |
| 40    | 25  | .6521                                | .3479      | 1.7693    | .68514   | 1.4595     | 1.2122  | .17505     | .82495 | 35   | 20    |
| 44    | 26  | .6545                                | .3455      | .7685     | .8557    | .4586      | .2124   | .7521      | .2478  | 34   | 16    |
| 48    | 27  | .6569                                | .3431      | .7678     | .8600    | .4577      | .2127   | .7538      | .2462  | 33   | 12    |
| 52    | 28  | .6593                                | .3407      | .7670     | .8642    | .4568      | .2129   | .7554      | .2445  | 32   | 8     |
| 56    | 29  | .6617                                | .3383      | .7663     | .8685    | .4559      | .2132   | .7571      | .2429  | 31   | 4     |
| 18    | 30  | .6641                                | .3359      | 1.7655    | .68728   | 1.4550     | 1.2134  | .17587     | .82413 | 30   | 42    |
| 4     | 31  | .6664                                | .3335      | .7648     | .8771    | .4541      | .2136   | .7604      | .2396  | 29   | 56    |
| 8     | 32  | .6688                                | .3311      | .7640     | .8814    | .4532      | .2139   | .7620      | .2380  | 28   | 52    |
| 12    | 33  | .6712                                | .3287      | .7633     | .8857    | .4523      | .2141   | .7637      | .2363  | 27   | 48    |
| 16    | 34  | .6736                                | .3263      | .7625     | .8899    | .4514      | .2144   | .7653      | .2347  | 26   | 44    |
| 20    | 35  | .6760                                | .3239      | 1.7618    | .68942   | 1.4505     | 1.2146  | .17670     | .82330 | 25   | 40    |
| 24    | 36  | .6784                                | .3216      | .7610     | .8985    | .4496      | .2149   | .7686      | .2314  | 24   | 36    |
| 28    | 37  | .6808                                | .3192      | .8603     | .9028    | .4487      | .2151   | .7703      | .2297  | 23   | 32    |
| 32    | 38  | .6832                                | .3168      | .7596     | .9071    | .4478      | .2153   | .7719      | .2280  | 22   | 28    |
| 36    | 39  | .6856                                | .3144      | .7588     | .9114    | .4469      | .2156   | .7736      | .2264  | 21   | 24    |
| 40    | 40  | .6880                                | .3120      | 1.7581    | .69157   | 1.4460     | 1.2158  | .17752     | .82247 | 20   | 20    |
| 44    | 41  | .6904                                | .3096      | .7573     | .9200    | .4451      | .2161   | .7769      | .2231  | 19   | 16    |
| 48    | 42  | .6928                                | .3072      | .7566     | .9243    | .4442      | .2163   | .7786      | .2214  | 18   | 12    |
| 52    | 43  | .6952                                | .3048      | .7559     | .9286    | .4433      | .2166   | .7802      | .2198  | 17   | 8     |
| 56    | 44  | .6976                                | .3024      | .7551     | .9329    | .4424      | .2168   | .7819      | .2181  | 16   | 4     |
| 19    | 45  | .57000                               | .43000     | 1.7544    | .69372   | 1.4415     | 1.2171  | .17835     | .82165 | 15   | 41    |
| 4     | 46  | .7023                                | .2976      | .7537     | .9415    | .4406      | .2173   | .7852      | .2148  | 14   | 56    |
| 8     | 47  | .7047                                | .2952      | .7529     | .9459    | .4397      | .2175   | .7868      | .2131  | 13   | 52    |
| 12    | 48  | .7071                                | .2929      | .7522     | .9502    | .4388      | .2178   | .7885      | .2115  | 12   | 48    |
| 16    | 49  | .7095                                | .2905      | .7514     | .9545    | .4379      | .2180   | .7902      | .2098  | 11   | 44    |
| 20    | 50  | .57119                               | .42881     | 1.7507    | .69588   | 1.4370     | 1.2183  | .17918     | .82082 | 10   | 40    |
| 24    | 51  | .7143                                | .2857      | .7500     | .9631    | .4361      | .2185   | .7935      | .2065  | 9    | 36    |
| 28    | 52  | .7167                                | .2833      | .7493     | .9674    | .4352      | .2188   | .7951      | .2048  | 8    | 32    |
| 32    | 53  | .7191                                | .2809      | .7485     | .9718    | .4343      | .2190   | .7968      | .2032  | 7    | 28    |
| 36    | 54  | .7214                                | .2785      | .7478     | .9761    | .4335      | .2193   | .7985      | .2015  | 6    | 24    |
| 40    | 55  | .57238                               | .42761     | 1.7471    | .69804   | 1.4326     | 1.2195  | .18001     | .81998 | 5    | 20    |
| 44    | 56  | .7262                                | .2738      | .7463     | .9847    | .4317      | .2198   | .8018      | .1982  | 4    | 16    |
| 48    | 57  | .7286                                | .2714      | .7456     | .9891    | .4308      | .2200   | .8035      | .1965  | 3    | 12    |
| 52    | 58  | .7310                                | .2690      | .7449     | .9934    | .4299      | .2203   | .8051      | .1948  | 2    | 8     |
| 56    | 59  | .7334                                | .2666      | .7442     | .9977    | .4290      | .2205   | .8068      | .1932  | 1    | 4     |
| 20    | 60  | .7358                                | .2642      | .7434     | .70021   | .4281      | .2208   | .8085      | .1915  | 0    | 40    |

| 2h    | 35° | Funciones naturales trigonométricas. |            |           |          |            |         |            |        | 144° | 9h    |
|-------|-----|--------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|------|-------|
| M. S. | M.  | Senó                                 | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Senó verso | Coseno | M.   | M. S. |
| 20    | 0   | .57358                               | .42642     | 1.7434    | .70021   | 1.4281     | 1.2208  | 1.8085     | .81915 | 60   | 40    |
| 4     | 1   | .7381                                | .2618      | .7427     | .0064    | .4273      | .2210   | .8101      | .1898  | 59   | 56    |
| 8     | 2   | .7405                                | .2595      | .7420     | .0107    | .4264      | .2213   | .8118      | .1882  | 58   | 52    |
| 12    | 3   | .7429                                | .2571      | .7413     | .0151    | .4255      | .2215   | .8135      | .1865  | 57   | 48    |
| 16    | 4   | .7453                                | .2547      | .7405     | .0194    | .4246      | .2218   | .8151      | .1848  | 56   | 44    |
| 20    | 5   | .57477                               | .42523     | 1.7398    | .70238   | 1.4237     | 1.2220  | .18168     | .81832 | 55   | 40    |
| 24    | 6   | .7500                                | .2499      | .7391     | .0281    | .4228      | .2223   | .8185      | .1815  | 54   | 36    |
| 28    | 7   | .7524                                | .2476      | .7384     | .0325    | .4220      | .2225   | .8202      | .1798  | 53   | 32    |
| 32    | 8   | .7548                                | .2452      | .7377     | .0368    | .4211      | .2228   | .8218      | .1781  | 52   | 28    |
| 36    | 9   | .7572                                | .2428      | .7369     | .0412    | .4202      | .2230   | .8235      | .1765  | 51   | 24    |
| 40    | 10  | .57596                               | .42404     | 1.7362    | .70455   | 1.4193     | 1.2233  | .18252     | .81748 | 50   | 20    |
| 44    | 11  | .7619                                | .2380      | .7355     | .0499    | .4185      | .2235   | .8269      | .1731  | 49   | 16    |
| 48    | 12  | .7643                                | .2357      | .7348     | .0542    | .4176      | .2238   | .8285      | .1714  | 48   | 12    |
| 52    | 13  | .7667                                | .2333      | .7341     | .0586    | .4167      | .2240   | .8302      | .1698  | 47   | 8     |
| 56    | 14  | .7691                                | .2309      | .7334     | .0629    | .4158      | .2243   | .8319      | .1681  | 46   | 4     |
| 21    | 15  | .57714                               | .42285     | 1.7327    | .70673   | 1.4150     | 1.2245  | .18336     | .81664 | 45   | 39    |
| 4     | 16  | .7738                                | .2262      | .7319     | .0717    | .4141      | .2248   | .8353      | .1647  | 44   | 56    |
| 8     | 17  | .7762                                | .2238      | .7312     | .0760    | .4132      | .2250   | .8369      | .1630  | 43   | 52    |
| 12    | 18  | .7786                                | .2214      | .7305     | .0804    | .4123      | .2253   | .8386      | .1614  | 42   | 48    |
| 16    | 19  | .7809                                | .2190      | .7298     | .0848    | .4115      | .2255   | .8403      | .1597  | 41   | 44    |
| 20    | 20  | .57833                               | .42167     | 1.7291    | .70891   | 1.4106     | 1.2258  | .18420     | .81580 | 40   | 40    |
| 24    | 21  | .7857                                | .2143      | .7284     | .0935    | .4097      | .2260   | .8437      | .1563  | 39   | 36    |
| 28    | 22  | .7881                                | .2119      | .7277     | .0979    | .4089      | .2263   | .8453      | .1546  | 38   | 32    |
| 32    | 23  | .7904                                | .2096      | .7270     | .1022    | .4080      | .2265   | .8470      | .1530  | 37   | 28    |
| 36    | 24  | .7928                                | .2072      | .7263     | .1066    | .4071      | .2268   | .8487      | .1513  | 36   | 24    |
| 40    | 25  | .57952                               | .42048     | 1.7256    | .71110   | 1.4063     | 1.2270  | .18504     | .81496 | 35   | 20    |
| 44    | 26  | .7975                                | .2024      | .7249     | .1154    | .4054      | .2273   | .8521      | .1479  | 34   | 16    |
| 48    | 27  | .7999                                | .2001      | .7242     | .1198    | .4045      | .2276   | .8538      | .1462  | 33   | 12    |
| 52    | 28  | .8023                                | .1977      | .7234     | .1241    | .4037      | .2278   | .8555      | .1445  | 32   | 8     |
| 56    | 29  | .8047                                | .1953      | .7227     | .1285    | .4028      | .2281   | .8571      | .1428  | 31   | 4     |
| 22    | 30  | .58070                               | .41930     | 1.7220    | .71329   | 1.4019     | 1.2283  | .18588     | .81411 | 30   | 38    |
| 4     | 31  | .8094                                | .1906      | .7213     | .1373    | .4011      | .2286   | .8605      | .1395  | 29   | 56    |
| 8     | 32  | .8118                                | .1882      | .7206     | .1417    | .4002      | .2288   | .8622      | .1378  | 28   | 52    |
| 12    | 33  | .8141                                | .1859      | .7199     | .1461    | .3994      | .2291   | .8639      | .1361  | 27   | 48    |
| 16    | 34  | .8165                                | .1835      | .7192     | .1505    | .3985      | .2293   | .8656      | .1344  | 26   | 44    |
| 20    | 35  | .58189                               | .41811     | 1.7185    | .71549   | 1.3976     | 1.2296  | .18673     | .81327 | 25   | 40    |
| 24    | 36  | .8212                                | .1788      | .7178     | .1593    | .3968      | .2298   | .8690      | .1310  | 24   | 36    |
| 28    | 37  | .8236                                | .1764      | .7171     | .1637    | .3959      | .2301   | .8707      | .1293  | 23   | 32    |
| 32    | 38  | .8259                                | .1740      | .7164     | .1681    | .3951      | .2304   | .8724      | .1276  | 22   | 28    |
| 36    | 39  | .8283                                | .1717      | .7157     | .1725    | .3942      | .2306   | .8741      | .1259  | 21   | 24    |
| 40    | 40  | .58307                               | .41693     | 1.7151    | .71769   | 1.3933     | 1.2309  | .18758     | .81242 | 20   | 20    |
| 44    | 41  | .8330                                | .1669      | .7144     | .1813    | .3925      | .2311   | .8775      | .1225  | 19   | 16    |
| 48    | 42  | .8354                                | .1646      | .7137     | .1857    | .3916      | .2314   | .8792      | .1208  | 18   | 12    |
| 52    | 43  | .8378                                | .1622      | .7130     | .1901    | .3908      | .2316   | .8809      | .1191  | 17   | 8     |
| 56    | 44  | .8401                                | .1599      | .7123     | .1945    | .3899      | .2319   | .8826      | .1174  | 16   | 4     |
| 23    | 45  | .58425                               | .41575     | 1.7116    | .71990   | 1.3891     | 1.2322  | .18843     | .81157 | 15   | 37    |
| 4     | 46  | .8448                                | .1551      | .7109     | .2034    | .3882      | .2324   | .8860      | .1140  | 14   | 56    |
| 8     | 47  | .8472                                | .1528      | .7102     | .2078    | .3874      | .2327   | .8877      | .1123  | 13   | 52    |
| 12    | 48  | .8496                                | .1504      | .7095     | .2122    | .3865      | .2329   | .8894      | .1106  | 12   | 48    |
| 16    | 49  | .8519                                | .1481      | .7088     | .2166    | .3857      | .2332   | .8911      | .1089  | 11   | 44    |
| 20    | 50  | .58543                               | .41457     | 1.7081    | .72211   | 1.3848     | 1.2335  | .18928     | .81072 | 10   | 40    |
| 24    | 51  | .8566                                | .1433      | .7075     | .2255    | .3840      | .2337   | .8945      | .1055  | 9    | 36    |
| 28    | 52  | .8590                                | .1410      | .7068     | .2299    | .3831      | .2340   | .8962      | .1038  | 8    | 32    |
| 32    | 53  | .8614                                | .1386      | .7061     | .2344    | .3823      | .2342   | .8979      | .1021  | 7    | 28    |
| 36    | 54  | .8637                                | .1363      | .7054     | .2388    | .3814      | .2345   | .8996      | .1004  | 6    | 24    |
| 40    | 55  | .58661                               | .41339     | 1.7047    | .72432   | 1.3806     | 1.2348  | .19013     | .80987 | 5    | 20    |
| 44    | 56  | .8684                                | .1316      | .7040     | .2477    | .3797      | .2350   | .9030      | .0970  | 4    | 16    |
| 48    | 57  | .8708                                | .1292      | .7033     | .2521    | .3789      | .2353   | .9047      | .0953  | 3    | 12    |
| 52    | 58  | .8731                                | .1268      | .7027     | .2565    | .3781      | .2355   | .9064      | .0936  | 2    | 8     |
| 56    | 59  | .8755                                | .1245      | .7020     | .2610    | .3772      | .2358   | .9081      | .0919  | 1    | 4     |
| 24    | 60  | .8778                                | .1221      | .7013     | .2654    | .3764      | .2361   | .9098      | .0902  | 0    | 36    |

| 2h    | 36° | Funciones naturales trigonométricas. |            |           |          |            |         |            |        |    |       | 142° | 9h |
|-------|-----|--------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|----|-------|------|----|
| M. S. | M.  | Senó.                                | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Senó verso | Coseno | M. | M. S. |      |    |
| 24    | 0   | .58778                               | .41221     | 1.7013    | .72654   | 1.3764     | 1.2361  | .19098     | .80902 | 60 | 36    |      |    |
| 4     | 1   | .8802                                | .1198      | .7006     | .2699    | .3755      | .2363   | .9115      | .0885  | 59 | 56    |      |    |
| 8     | 2   | .8825                                | .1174      | .6999     | .2743    | .3747      | .2366   | .9132      | .0867  | 58 | 52    |      |    |
| 12    | 3   | .8849                                | .1151      | .6993     | .2788    | .3738      | .2368   | .9150      | .0850  | 57 | 48    |      |    |
| 16    | 4   | .8873                                | .1127      | .6986     | .2832    | .3730      | .2371   | .9167      | .0833  | 56 | 44    |      |    |
| 20    | 5   | .58896                               | .41104     | 1.6979    | .72877   | 1.3722     | 1.2374  | .19184     | .80816 | 55 | 40    |      |    |
| 24    | 6   | .8920                                | .1080      | .6972     | .2921    | .3713      | .2376   | .9201      | .0799  | 54 | 36    |      |    |
| 28    | 7   | .8943                                | .1057      | .6965     | .2966    | .3705      | .2379   | .9218      | .0782  | 53 | 32    |      |    |
| 32    | 8   | .8967                                | .1033      | .6959     | .3010    | .3697      | .2382   | .9235      | .0765  | 52 | 28    |      |    |
| 36    | 9   | .8990                                | .1010      | .6952     | .3055    | .3683      | .2384   | .9252      | .0747  | 51 | 24    |      |    |
| 40    | 10  | .59014                               | .40986     | 1.6945    | .73100   | 1.3680     | 1.2387  | .19270     | .80730 | 50 | 20    |      |    |
| 44    | 11  | .9037                                | .0963      | .6938     | .3144    | .3672      | .2389   | .9287      | .0713  | 49 | 16    |      |    |
| 48    | 12  | .9060                                | .0939      | .6932     | .3189    | .3663      | .2392   | .9304      | .0696  | 48 | 12    |      |    |
| 52    | 13  | .9084                                | .0916      | .6925     | .3234    | .3655      | .2395   | .9321      | .0679  | 47 | 8     |      |    |
| 56    | 14  | .9107                                | .0892      | .6918     | .3278    | .3647      | .2397   | .9338      | .0662  | 46 | 4     |      |    |
| 25    | 15  | .59131                               | .40869     | 1.6912    | .73323   | 1.3638     | 1.2400  | .19355     | .80644 | 45 | 35    |      |    |
| 4     | 16  | .9154                                | .0845      | .6905     | .3368    | .3630      | .2403   | .9373      | .0627  | 44 | 56    |      |    |
| 8     | 17  | .9178                                | .0822      | .6898     | .3412    | .3622      | .2405   | .9390      | .0610  | 43 | 52    |      |    |
| 12    | 18  | .9201                                | .0799      | .6891     | .3457    | .3613      | .2408   | .9407      | .0593  | 42 | 48    |      |    |
| 16    | 19  | .9225                                | .0775      | .6885     | .3502    | .3605      | .2411   | .9424      | .0576  | 41 | 44    |      |    |
| 20    | 20  | .59248                               | .40752     | 1.6878    | .73547   | 1.3597     | 1.2413  | .19442     | .80558 | 40 | 40    |      |    |
| 24    | 21  | .9272                                | .0728      | .6871     | .3592    | .3588      | .2416   | .9459      | .0541  | 39 | 36    |      |    |
| 28    | 22  | .9295                                | .0705      | .6865     | .3637    | .3580      | .2419   | .9476      | .0524  | 38 | 32    |      |    |
| 32    | 23  | .9318                                | .0681      | .6858     | .3681    | .3572      | .2421   | .9493      | .0507  | 37 | 28    |      |    |
| 36    | 24  | .9342                                | .0658      | .6851     | .3726    | .3564      | .2424   | .9511      | .0489  | 36 | 24    |      |    |
| 40    | 25  | .59365                               | .40635     | 1.6845    | .73771   | 1.3555     | 1.2427  | .19528     | .80472 | 35 | 20    |      |    |
| 44    | 26  | .9389                                | .0611      | .6838     | .3816    | .3547      | .2429   | .9545      | .0455  | 34 | 16    |      |    |
| 48    | 27  | .9412                                | .0588      | .6831     | .3861    | .3539      | .2432   | .9562      | .0437  | 33 | 12    |      |    |
| 52    | 28  | .9435                                | .0564      | .6825     | .3906    | .3531      | .2435   | .9580      | .0420  | 32 | 8     |      |    |
| 56    | 29  | .9459                                | .0541      | .6818     | .3951    | .3522      | .2437   | .9597      | .0403  | 31 | 4     |      |    |
| 26    | 30  | .59482                               | .40518     | 1.6812    | .73996   | 1.3514     | 1.2440  | .19614     | .80386 | 30 | 34    |      |    |
| 4     | 31  | .9506                                | .0494      | .6805     | .4041    | .3506      | .2443   | .9632      | .0363  | 29 | 56    |      |    |
| 8     | 32  | .9529                                | .0471      | .6798     | .4086    | .3498      | .2445   | .9649      | .0351  | 28 | 52    |      |    |
| 12    | 33  | .9552                                | .0447      | .6792     | .4131    | .3489      | .2448   | .9666      | .0334  | 27 | 48    |      |    |
| 16    | 34  | .9576                                | .0424      | .6785     | .4176    | .3481      | .2451   | .9683      | .0316  | 26 | 44    |      |    |
| 20    | 35  | .59599                               | .40401     | 1.6779    | .74221   | 1.3473     | 1.2453  | .19701     | .80299 | 25 | 40    |      |    |
| 24    | 36  | .9622                                | .0377      | .6772     | .4266    | .3465      | .2456   | .9718      | .0282  | 24 | 36    |      |    |
| 28    | 37  | .9646                                | .0354      | .6766     | .4312    | .3457      | .2459   | .9736      | .0264  | 23 | 32    |      |    |
| 32    | 38  | .9669                                | .0331      | .6759     | .4357    | .3449      | .2461   | .9753      | .0247  | 22 | 28    |      |    |
| 36    | 39  | .9692                                | .0307      | .6752     | .4402    | .3440      | .2464   | .9770      | .0230  | 21 | 24    |      |    |
| 40    | 40  | .59716                               | .40234     | 1.6746    | .74447   | 1.3432     | 1.2467  | .19788     | .80212 | 20 | 20    |      |    |
| 44    | 41  | .9739                                | .0261      | .6739     | .4492    | .3424      | .2470   | .9805      | .0195  | 19 | 16    |      |    |
| 48    | 42  | .9762                                | .0237      | .6733     | .4538    | .3416      | .2472   | .9822      | .0177  | 18 | 12    |      |    |
| 52    | 43  | .9786                                | .0214      | .6726     | .4583    | .3408      | .2475   | .9840      | .0160  | 17 | 8     |      |    |
| 56    | 44  | .9809                                | .0191      | .6720     | .4628    | .3400      | .2478   | .9857      | .0143  | 16 | 4     |      |    |
| 27    | 45  | .59832                               | .40167     | 1.6713    | .74673   | 1.3392     | 1.2480  | .19875     | .80125 | 15 | 33    |      |    |
| 4     | 46  | .9856                                | .0144      | .6707     | .4719    | .3383      | .2483   | .9892      | .0108  | 14 | 56    |      |    |
| 8     | 47  | .9879                                | .0121      | .6700     | .4764    | .3375      | .2486   | .9909      | .0090  | 13 | 52    |      |    |
| 12    | 48  | .9902                                | .0098      | .6694     | .4809    | .3367      | .2488   | .9927      | .0073  | 12 | 48    |      |    |
| 16    | 49  | .9926                                | .0074      | .6687     | .4855    | .3359      | .2491   | .9944      | .0056  | 11 | 44    |      |    |
| 20    | 50  | .59949                               | .40051     | 1.6681    | .74900   | 1.3351     | 1.2494  | .19962     | .80038 | 10 | 40    |      |    |
| 24    | 51  | .9972                                | .0028      | .6674     | .4946    | .3343      | .2497   | .9979      | .0021  | 9  | 36    |      |    |
| 28    | 52  | .9995                                | .0004      | .6668     | .4991    | .3335      | .2499   | .9997      | .0003  | 8  | 32    |      |    |
| 32    | 53  | .60019                               | .39981     | .6661     | .5037    | .3327      | .2502   | .20014     | .79986 | 7  | 28    |      |    |
| 36    | 54  | .0042                                | .9958      | .6655     | .5082    | .3319      | .2505   | .0031      | .9968  | 6  | 24    |      |    |
| 40    | 55  | .60065                               | .39935     | 1.6648    | .75128   | 1.3311     | 1.2508  | .20049     | .79951 | 5  | 20    |      |    |
| 44    | 56  | .0083                                | .9911      | .6642     | .5173    | .3303      | .2510   | .0066      | .9933  | 4  | 16    |      |    |
| 48    | 57  | .0112                                | .9888      | .6636     | .5219    | .3294      | .2513   | .0084      | .9916  | 3  | 12    |      |    |
| 52    | 58  | .0135                                | .9865      | .6629     | .5264    | .3286      | .2516   | .0101      | .9898  | 2  | 8     |      |    |
| 56    | 59  | .0158                                | .9842      | .6623     | .5310    | .3278      | .2519   | .0119      | .9881  | 1  | 4     |      |    |
| 28    | 60  | .0181                                | .9818      | .6616     | .5355    | .3270      | .2521   | .0136      | .9863  | 0  | 32    |      |    |



| 2h    | 37° | Funciones naturales trigonométricas |            |           |          |            |         |            |        | 142o | 9h    |
|-------|-----|-------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|------|-------|
| M. S. | M.  | Senó                                | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Senó verso | Coseno | M.   | M. S. |
| 28    | 0   | .60181                              | .39818     | 1.6616    | .75355   | 1.3270     | 1.2521  | .20136     | .79863 | 60   | 32    |
| 4     | 1   | .0205                               | .9795      | .6610     | .5401    | .3262      | .2524   | .0154      | .9846  | 59   | 56    |
| 8     | 2   | .0228                               | .9772      | .6603     | .5447    | .3254      | .2527   | .0171      | .9828  | 58   | 52    |
| 12    | 3   | .0251                               | .9749      | .6597     | .5492    | .3246      | .2530   | .0189      | .9811  | 57   | 48    |
| 16    | 4   | .0274                               | .9726      | .6591     | .5538    | .3238      | .2532   | .0206      | .9793  | 56   | 44    |
| 20    | 5   | .60298                              | .39702     | 1.6584    | .75584   | 1.3230     | 1.2535  | .20224     | .79776 | 55   | 40    |
| 24    | 6   | .0320                               | .9679      | .6578     | .5629    | .3222      | .2538   | .0242      | .9758  | 54   | 36    |
| 28    | 7   | .0344                               | .9656      | .6572     | .5675    | .3214      | .2541   | .0259      | .9741  | 53   | 32    |
| 32    | 8   | .0367                               | .9633      | .6565     | .5721    | .3206      | .2543   | .0277      | .9723  | 52   | 28    |
| 36    | 9   | .0390                               | .9610      | .6559     | .5767    | .3198      | .2546   | .0294      | .9706  | 51   | 24    |
| 40    | 10  | .60413                              | .39586     | 1.6552    | .75812   | 1.3190     | 1.2549  | .20312     | .79688 | 50   | 20    |
| 44    | 11  | .0437                               | .9563      | .6546     | .5858    | .3182      | .2552   | .0329      | .9670  | 49   | 16    |
| 48    | 12  | .0460                               | .9540      | .6540     | .5904    | .3174      | .2554   | .0347      | .9653  | 48   | 12    |
| 52    | 13  | .0483                               | .9517      | .6533     | .5950    | .3166      | .2557   | .0365      | .9635  | 47   | 8     |
| 56    | 14  | .0506                               | .9494      | .6527     | .5996    | .3159      | .2560   | .0382      | .9618  | 46   | 4     |
| 29    | 15  | .60529                              | .39471     | 1.6521    | .76042   | 1.3151     | 1.2563  | .20400     | .79600 | 45   | 31    |
| 4     | 16  | .0552                               | .9447      | .6514     | .6083    | .3143      | .2565   | .0417      | .9582  | 44   | 56    |
| 8     | 17  | .0576                               | .9424      | .6508     | .6134    | .3135      | .2568   | .0435      | .9565  | 43   | 52    |
| 12    | 18  | .0599                               | .9401      | .6502     | .6179    | .3127      | .2571   | .0453      | .9547  | 42   | 48    |
| 16    | 19  | .0622                               | .9378      | .6496     | .6225    | .3119      | .2574   | .0470      | .9530  | 41   | 44    |
| 20    | 20  | .60645                              | .39355     | 1.6489    | .76271   | 1.3111     | 1.2577  | .20488     | .79512 | 40   | 40    |
| 24    | 21  | .0668                               | .9332      | .6483     | .6317    | .3103      | .2579   | .0505      | .9494  | 39   | 36    |
| 28    | 22  | .0691                               | .9309      | .6477     | .6361    | .3095      | .2582   | .0523      | .9477  | 38   | 32    |
| 32    | 23  | .0714                               | .9285      | .6470     | .6410    | .3087      | .2585   | .0541      | .9459  | 37   | 28    |
| 36    | 24  | .0737                               | .9262      | .6464     | .6456    | .3079      | .2588   | .0558      | .9441  | 36   | 24    |
| 40    | 25  | .60761                              | .39239     | 1.6458    | .76502   | 1.3071     | 1.2591  | .20576     | .79424 | 35   | 20    |
| 44    | 26  | .0784                               | .9216      | .6452     | .6548    | .3064      | .2593   | .0594      | .9406  | 34   | 16    |
| 48    | 27  | .0807                               | .9193      | .6445     | .6594    | .3056      | .2596   | .0611      | .9388  | 33   | 12    |
| 52    | 28  | .0830                               | .9170      | .6439     | .6640    | .3048      | .2599   | .0629      | .9371  | 32   | 8     |
| 56    | 29  | .0853                               | .9147      | .6433     | .6686    | .3040      | .2602   | .0647      | .9353  | 31   | 4     |
| 30    | 30  | .60876                              | .39124     | 1.6427    | .76733   | 1.3032     | 1.2605  | .20665     | .79335 | 30   | 30    |
| 4     | 31  | .0899                               | .9101      | .6420     | .6779    | .3024      | .2607   | .0682      | .9318  | 29   | 56    |
| 8     | 32  | .0922                               | .9078      | .6414     | .6825    | .3016      | .2610   | .0700      | .9300  | 28   | 52    |
| 12    | 33  | .0945                               | .9055      | .6408     | .6871    | .3009      | .2613   | .0718      | .9282  | 27   | 48    |
| 16    | 34  | .0963                               | .9031      | .6402     | .6918    | .3001      | .2616   | .0735      | .9264  | 26   | 44    |
| 20    | 35  | .60991                              | .39008     | 1.6396    | .76964   | 1.2993     | 1.2619  | .20753     | .79247 | 25   | 40    |
| 24    | 36  | .1014                               | .8985      | .6389     | .7010    | .2985      | .2622   | .0771      | .9229  | 24   | 36    |
| 28    | 37  | .1037                               | .8962      | .6383     | .7057    | .2977      | .2624   | .0789      | .9211  | 23   | 32    |
| 32    | 38  | .1061                               | .8939      | .6377     | .7103    | .2970      | .2627   | .0806      | .9193  | 22   | 28    |
| 36    | 39  | .1084                               | .8916      | .6371     | .7149    | .2962      | .2630   | .0824      | .9176  | 21   | 24    |
| 40    | 40  | .61107                              | .38893     | 1.6365    | .77196   | 1.2954     | 1.2633  | .20842     | .79158 | 20   | 20    |
| 44    | 41  | .1130                               | .8870      | .6359     | .7242    | .2946      | .2636   | .0860      | .9140  | 19   | 16    |
| 48    | 42  | .1153                               | .8847      | .6352     | .7289    | .2938      | .2639   | .0878      | .9122  | 18   | 12    |
| 52    | 43  | .1176                               | .8824      | .6346     | .7335    | .2931      | .2641   | .0895      | .9104  | 17   | 8     |
| 56    | 44  | .1199                               | .8801      | .6340     | .7382    | .2923      | .2644   | .0913      | .9087  | 16   | 4     |
| 31    | 45  | .61222                              | .38778     | 1.6334    | .77428   | 1.2915     | 1.2647  | .20931     | .79069 | 15   | 29    |
| 4     | 46  | .1245                               | .8755      | .6328     | .7475    | .2907      | .2650   | .0949      | .9051  | 14   | 56    |
| 8     | 47  | .1268                               | .8732      | .6322     | .7521    | .2900      | .2653   | .0967      | .9033  | 13   | 52    |
| 12    | 48  | .1290                               | .8709      | .6316     | .7568    | .2892      | .2656   | .0984      | .9015  | 12   | 48    |
| 16    | 49  | .1314                               | .8686      | .6309     | .7614    | .2884      | .2659   | .1002      | .8998  | 11   | 44    |
| 20    | 50  | .61337                              | .38663     | 1.6303    | .77661   | 1.2876     | 1.2661  | .21020     | .78980 | 10   | 40    |
| 24    | 51  | .1360                               | .8640      | .6297     | .7708    | .2869      | .2664   | .1035      | .8962  | 9    | 36    |
| 28    | 52  | .1383                               | .8617      | .6291     | .7754    | .2861      | .2667   | .1056      | .8944  | 8    | 32    |
| 32    | 53  | .1405                               | .8594      | .6285     | .7801    | .2853      | .2670   | .1074      | .8926  | 7    | 28    |
| 36    | 54  | .1428                               | .8571      | .6279     | .7848    | .2845      | .2673   | .1091      | .8908  | 6    | 24    |
| 40    | 55  | .61451                              | .38548     | 1.6273    | .77895   | 1.2838     | 1.2676  | .21109     | .78890 | 5    | 20    |
| 44    | 56  | .1474                               | .8525      | .6267     | .7941    | .2830      | .2679   | .1127      | .8873  | 4    | 16    |
| 48    | 57  | .1497                               | .8503      | .6261     | .7988    | .2822      | .2681   | .1145      | .8855  | 3    | 12    |
| 52    | 58  | .1520                               | .8480      | .6255     | .8035    | .2815      | .2684   | .1163      | .8837  | 2    | 8     |
| 56    | 59  | .1543                               | .8457      | .6249     | .8082    | .2807      | .2687   | .1181      | .8819  | 1    | 4     |
| 32    | 60  | .1566                               | .8434      | .6243     | .8128    | .2799      | .2690   | .1199      | .8801  | 0    | 28    |



| 2h    | 38° | Funciones naturales trigonométricas |            |           |          |            |         |            |        | 141° | 9h    |
|-------|-----|-------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|------|-------|
| M. S. | M.  | Senó                                | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Senó verso | Coseno | M.   | M. S. |
| 32    | 0   | .61566                              | .38434     | 1.6243    | .78128   | 1.2799     | 1.2690  | .21199     | .78801 | 60   | 28    |
| 4     | 1   | .1589                               | .8411      | .6237     | .8175    | .2792      | .2693   | .1217      | .8783  | 59   | 56    |
| 8     | 2   | .1612                               | .8388      | .6231     | .8222    | .2784      | .2696   | .1235      | .8765  | 58   | 52    |
| 12    | 3   | .1635                               | .8365      | .6224     | .8269    | .2776      | .2699   | .1253      | .8747  | 57   | 48    |
| 16    | 4   | .1658                               | .8342      | .6218     | .8316    | .2769      | .2702   | .1271      | .8729  | 56   | 44    |
| 20    | 5   | .1681                               | .8319      | 1.6212    | .78363   | 1.2761     | 1.2705  | .21288     | .78711 | 55   | 40    |
| 24    | 6   | .1703                               | .8296      | .6206     | .8410    | .2753      | .2707   | .1306      | .8693  | 54   | 36    |
| 28    | 7   | .1726                               | .8273      | .6200     | .8457    | .2746      | .2710   | .1324      | .8675  | 53   | 32    |
| 32    | 8   | .1749                               | .8251      | .6194     | .8504    | .2738      | .2713   | .1342      | .8657  | 52   | 28    |
| 36    | 9   | .1772                               | .8228      | .6188     | .8551    | .2730      | .2716   | .1360      | .8640  | 51   | 24    |
| 40    | 10  | .1795                               | .8205      | 1.6182    | .78598   | 1.2723     | 1.2719  | .21378     | .78622 | 50   | 20    |
| 44    | 11  | .1818                               | .8182      | .6176     | .8645    | .2715      | .2722   | .1396      | .8604  | 49   | 16    |
| 48    | 12  | .1841                               | .8159      | .6170     | .8692    | .2708      | .2725   | .1414      | .8586  | 48   | 12    |
| 52    | 13  | .1864                               | .8136      | .6164     | .8739    | .2700      | .2728   | .1432      | .8568  | 47   | 8     |
| 56    | 14  | .1886                               | .8113      | .6159     | .8786    | .2692      | .2731   | .1450      | .8550  | 46   | 4     |
| 33    | 15  | .1909                               | .8091      | 1.6153    | .78834   | 1.2685     | 1.2734  | .21468     | .78532 | 45   | 27    |
| 4     | 16  | .1932                               | .8068      | .6147     | .8881    | .2677      | .2737   | .1486      | .8514  | 44   | 56    |
| 8     | 17  | .1955                               | .8045      | .6141     | .8928    | .2670      | .2739   | .1504      | .8496  | 43   | 52    |
| 12    | 18  | .1978                               | .8022      | .6135     | .8975    | .2662      | .2742   | .1522      | .8478  | 42   | 48    |
| 16    | 19  | .2001                               | .7999      | .6129     | .9022    | .2655      | .2745   | .1540      | .8460  | 41   | 44    |
| 20    | 20  | .62023                              | .37976     | 1.6123    | .79070   | 1.2647     | 1.2748  | .21558     | .78441 | 40   | 40    |
| 24    | 21  | .2046                               | .7954      | .6117     | .9117    | .2639      | .2751   | .1576      | .8423  | 39   | 36    |
| 28    | 22  | .2069                               | .7931      | .6111     | .9164    | .2632      | .2754   | .1594      | .8405  | 38   | 32    |
| 32    | 23  | .2092                               | .7908      | .6105     | .9212    | .2624      | .2757   | .1612      | .8387  | 37   | 28    |
| 36    | 24  | .2115                               | .7885      | .6099     | .9259    | .2617      | .2760   | .1631      | .8369  | 36   | 24    |
| 40    | 25  | .62137                              | .37862     | 1.6093    | .79306   | 1.2609     | 1.2763  | .21649     | .78351 | 35   | 20    |
| 44    | 26  | .2160                               | .7840      | .6087     | .9354    | .2602      | .2766   | .1667      | .8333  | 34   | 16    |
| 48    | 27  | .2183                               | .7817      | .6081     | .9401    | .2594      | .2769   | .1685      | .8315  | 33   | 12    |
| 52    | 28  | .2206                               | .7794      | .6077     | .9449    | .2587      | .2772   | .1703      | .8297  | 32   | 8     |
| 56    | 29  | .2229                               | .7771      | .6070     | .9496    | .2579      | .2775   | .1721      | .8279  | 31   | 4     |
| 34    | 30  | .62251                              | .37748     | 1.6064    | .79543   | 1.2572     | 1.2778  | .21739     | .78261 | 30   | 26    |
| 4     | 31  | .2274                               | .7726      | .6058     | .9591    | .2564      | .2781   | .1757      | .8243  | 29   | 56    |
| 8     | 32  | .2297                               | .7703      | .6052     | .9639    | .2557      | .2784   | .1775      | .8224  | 28   | 52    |
| 12    | 33  | .2320                               | .7680      | .6046     | .9686    | .2549      | .2787   | .1793      | .8206  | 27   | 48    |
| 16    | 34  | .2342                               | .7657      | .6040     | .9734    | .2542      | .2790   | .1812      | .8188  | 26   | 44    |
| 20    | 35  | .62365                              | .37635     | 1.6034    | .79781   | 1.2534     | 1.2793  | .21830     | .78170 | 25   | 40    |
| 24    | 36  | .2388                               | .7612      | .6029     | .9829    | .2527      | .2795   | .1848      | .8152  | 24   | 36    |
| 28    | 37  | .2411                               | .7589      | .6023     | .9876    | .2519      | .2798   | .1866      | .8134  | 23   | 32    |
| 32    | 38  | .2433                               | .7566      | .6017     | .9924    | .2512      | .2801   | .1884      | .8116  | 22   | 28    |
| 36    | 39  | .2456                               | .7544      | .6011     | .9972    | .2504      | .2804   | .1902      | .8097  | 21   | 24    |
| 40    | 40  | .62479                              | .37521     | 1.6005    | .80020   | 1.2497     | 1.2807  | .21921     | .78079 | 20   | 20    |
| 44    | 41  | .2501                               | .7498      | .6000     | .0067    | .2489      | .2810   | .1939      | .8061  | 19   | 16    |
| 48    | 42  | .2524                               | .7476      | .5994     | .0115    | .2482      | .2813   | .1957      | .8043  | 18   | 12    |
| 52    | 43  | .2547                               | .7453      | .5988     | .0163    | .2475      | .2816   | .1975      | .8025  | 17   | 8     |
| 56    | 44  | .2570                               | .7430      | .5982     | .0211    | .2467      | .2819   | .1993      | .8007  | 16   | 4     |
| 35    | 45  | .62592                              | .37408     | 1.5976    | .80258   | 1.2460     | 1.2822  | .22011     | .77988 | 15   | 25    |
| 4     | 46  | .2615                               | .7385      | .5971     | .0306    | .2452      | .2825   | .2030      | .7970  | 14   | 56    |
| 8     | 47  | .2638                               | .7362      | .5965     | .0354    | .2445      | .2828   | .2048      | .7952  | 13   | 52    |
| 12    | 48  | .2660                               | .7340      | .5959     | .0402    | .2437      | .2831   | .2066      | .7934  | 12   | 48    |
| 16    | 49  | .2683                               | .7317      | .5953     | .0450    | .2430      | .2834   | .2084      | .7915  | 11   | 44    |
| 20    | 50  | .62706                              | .37294     | 1.5947    | .80498   | 1.2423     | 1.2837  | .22103     | .77897 | 10   | 40    |
| 24    | 51  | .2728                               | .7272      | .5942     | .0546    | .2415      | .2840   | .2121      | .7879  | 9    | 36    |
| 28    | 52  | .2751                               | .7249      | .5936     | .0594    | .2408      | .2843   | .2139      | .7861  | 8    | 32    |
| 32    | 53  | .2774                               | .7226      | .5930     | .0642    | .2400      | .2846   | .2157      | .7842  | 7    | 28    |
| 36    | 54  | .2796                               | .7204      | .5924     | .0690    | .2393      | .2849   | .2176      | .7824  | 6    | 24    |
| 40    | 55  | .62819                              | .37181     | 1.5919    | .80738   | 1.2386     | 1.2852  | .22194     | .77806 | 5    | 20    |
| 44    | 56  | .2841                               | .7158      | .5913     | .0786    | .2378      | .2855   | .2212      | .7788  | 4    | 16    |
| 48    | 57  | .2864                               | .7136      | .5907     | .0834    | .2371      | .2858   | .2230      | .7769  | 3    | 12    |
| 52    | 58  | .2887                               | .7113      | .5901     | .0882    | .2364      | .2861   | .2249      | .7751  | 2    | 8     |
| 56    | 59  | .2909                               | .7090      | .5896     | .0930    | .2356      | .2864   | .2267      | .7733  | 1    | 4     |
| 36    | 60  | .2932                               | .7068      | .5890     | .0978    | .2349      | .2867   | .2285      | .7715  | 0    | 24    |

| 2h    | 39o | Funciones naturales trigonométricas |            |           |          |            |         |            |        | 140o | 9h    |
|-------|-----|-------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|------|-------|
| M. S. | M.  | Senó                                | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Senó verso | Coseno | M    | M. S. |
| 36    | 0   | .62932                              | .37068     | 1.5890    | .80978   | 1.2349     | 1.2867  | .22285     | .77715 | 60   | 24    |
| 4     | 1   | .2955                               | .7045      | .5884     | .1026    | .2342      | .2871   | .2304      | .7696  | 59   | 56    |
| 8     | 2   | .2977                               | .7023      | .5879     | .1075    | .2334      | .2874   | .2322      | .7678  | 58   | 52    |
| 12    | 3   | .3000                               | .7000      | .5873     | .1123    | .2327      | .2877   | .2340      | .7660  | 57   | 48    |
| 16    | 4   | .3022                               | .6977      | .5867     | .1171    | .2320      | .2880   | .2359      | .7641  | 56   | 44    |
| 20    | 5   | .3045                               | .6955      | 1.5862    | .81219   | 1.2312     | 1.2883  | .22377     | .77623 | 55   | 40    |
| 24    | 6   | .3067                               | .6932      | .5856     | .1268    | .2305      | .2886   | .2395      | .7605  | 54   | 36    |
| 28    | 7   | .3090                               | .6910      | .5850     | .1316    | .2297      | .2889   | .2414      | .7586  | 53   | 32    |
| 32    | 8   | .3113                               | .6887      | .5845     | .1364    | .2290      | .2892   | .2432      | .7568  | 52   | 28    |
| 36    | 9   | .3135                               | .6865      | .5839     | .1413    | .2283      | .2895   | .2450      | .7549  | 51   | 24    |
| 40    | 10  | .3158                               | .6842      | 1.5833    | .81461   | 1.2276     | 1.2898  | .22469     | .77531 | 50   | 20    |
| 44    | 11  | .3180                               | .6820      | .5828     | .1509    | .2268      | .2901   | .2487      | .7513  | 49   | 16    |
| 48    | 12  | .3203                               | .6797      | .5822     | .1558    | .2261      | .2904   | .2505      | .7494  | 48   | 12    |
| 52    | 13  | .3225                               | .6774      | .5816     | .1606    | .2254      | .2907   | .2524      | .7476  | 47   | 8     |
| 56    | 14  | .3248                               | .6752      | .5811     | .1655    | .2247      | .2910   | .2542      | .7458  | 46   | 4     |
| 37    | 15  | .3270                               | .6729      | 1.5805    | .81703   | 1.2239     | 1.2913  | .22561     | .77439 | 45   | 23    |
| 4     | 16  | .3293                               | .6707      | .5799     | .1752    | .2232      | .2916   | .2579      | .7421  | 44   | 56    |
| 8     | 17  | .3315                               | .6684      | .5794     | .1800    | .2225      | .2919   | .2597      | .7402  | 43   | 52    |
| 12    | 18  | .3338                               | .6662      | .5788     | .1849    | .2218      | .2922   | .2616      | .7384  | 42   | 48    |
| 16    | 19  | .3360                               | .6639      | .5783     | .1898    | .2210      | .2926   | .2634      | .7365  | 41   | 44    |
| 20    | 20  | .3383                               | .6617      | 1.5777    | .81946   | 1.2203     | 1.2929  | .22653     | .77347 | 40   | 40    |
| 24    | 21  | .3405                               | .6594      | .5771     | .1995    | .2196      | .2932   | .2671      | .7329  | 39   | 36    |
| 28    | 22  | .3428                               | .6572      | .5766     | .2043    | .2189      | .2935   | .2690      | .7310  | 38   | 32    |
| 32    | 23  | .3450                               | .6549      | .5760     | .2092    | .2181      | .2938   | .2708      | .7292  | 37   | 28    |
| 36    | 24  | .3473                               | .6527      | .5755     | .2141    | .2174      | .2941   | .2727      | .7273  | 36   | 24    |
| 40    | 25  | .3495                               | .6504      | 1.5749    | .82190   | 1.2167     | 1.2944  | .22745     | .77255 | 35   | 20    |
| 44    | 26  | .3518                               | .6482      | .5743     | .2238    | .2160      | .2947   | .2763      | .7236  | 34   | 16    |
| 48    | 27  | .3540                               | .6459      | .5738     | .2287    | .2152      | .2950   | .2782      | .7218  | 33   | 12    |
| 52    | 28  | .3563                               | .6437      | .5732     | .2336    | .2145      | .2953   | .2800      | .7199  | 32   | 8     |
| 56    | 29  | .3585                               | .6415      | .5727     | .2385    | .2138      | .2956   | .2819      | .7181  | 31   | 4     |
| 38    | 30  | .3608                               | .6392      | 1.5721    | .82434   | 1.2131     | 1.2960  | .22837     | .77162 | 30   | 22    |
| 4     | 31  | .3630                               | .6370      | .5716     | .2482    | .2124      | .2963   | .2856      | .7144  | 29   | 56    |
| 8     | 32  | .3653                               | .6347      | .5710     | .2531    | .2117      | .2966   | .2874      | .7125  | 28   | 52    |
| 12    | 33  | .3675                               | .6325      | .5705     | .2580    | .2109      | .2969   | .2893      | .7107  | 27   | 48    |
| 16    | 34  | .3697                               | .6302      | .5699     | .2629    | .2102      | .2972   | .2912      | .7088  | 26   | 44    |
| 20    | 35  | .3720                               | .6280      | 1.5694    | .82678   | 1.2095     | 1.2975  | .22930     | .77070 | 25   | 40    |
| 24    | 36  | .3742                               | .6258      | .5688     | .2727    | .2088      | .2978   | .2949      | .7051  | 24   | 36    |
| 28    | 37  | .3765                               | .6235      | .5683     | .2776    | .2081      | .2981   | .2967      | .7033  | 23   | 32    |
| 32    | 38  | .3787                               | .6213      | .5677     | .2825    | .2074      | .2985   | .2986      | .7014  | 22   | 28    |
| 36    | 39  | .3810                               | .6190      | .5672     | .2874    | .2066      | .2988   | .3004      | .6996  | 21   | 24    |
| 40    | 40  | .3832                               | .6168      | 1.5666    | .82923   | 1.2059     | 1.2991  | .23023     | .76977 | 20   | 20    |
| 44    | 41  | .3854                               | .6146      | .5661     | .2972    | .2052      | .2994   | .3041      | .6958  | 19   | 16    |
| 48    | 42  | .3877                               | .6123      | .5655     | .3022    | .2045      | .2997   | .3060      | .6940  | 18   | 12    |
| 52    | 43  | .3899                               | .6101      | .5650     | .3071    | .2038      | .3000   | .3079      | .6921  | 17   | 8     |
| 56    | 44  | .3921                               | .6078      | .5644     | .3120    | .2031      | .3003   | .3097      | .6903  | 16   | 4     |
| 39    | 45  | .3944                               | .6056      | 1.5639    | .83169   | 1.2024     | 1.3006  | .23116     | .76884 | 15   | 21    |
| 4     | 46  | .3966                               | .6034      | .5633     | .3218    | .2016      | .3010   | .3134      | .6865  | 14   | 56    |
| 8     | 47  | .3989                               | .6011      | .5628     | .3267    | .2009      | .3013   | .3153      | .6847  | 13   | 52    |
| 12    | 48  | .4011                               | .5989      | .5622     | .3317    | .2002      | .3016   | .3172      | .6828  | 12   | 48    |
| 16    | 49  | .4033                               | .5967      | .5617     | .3366    | .1995      | .3019   | .3190      | .6810  | 11   | 44    |
| 20    | 50  | .4056                               | .5944      | 1.5611    | .83415   | 1.1983     | 1.3022  | .23209     | .76791 | 10   | 40    |
| 24    | 51  | .4078                               | .5922      | .5606     | .3465    | .1981      | .3025   | .3227      | .6772  | 9    | 36    |
| 28    | 52  | .4100                               | .5900      | .5600     | .3514    | .1974      | .3029   | .3246      | .6754  | 8    | 32    |
| 32    | 53  | .4123                               | .5877      | .5595     | .3563    | .1967      | .3032   | .3265      | .6735  | 7    | 28    |
| 36    | 54  | .4145                               | .5855      | .5590     | .3613    | .1960      | .3035   | .3283      | .6716  | 6    | 24    |
| 40    | 55  | .4167                               | .5833      | 1.5584    | .83662   | 1.1953     | 1.3038  | .23302     | .76698 | 5    | 20    |
| 44    | 56  | .4189                               | .5810      | .5579     | .3712    | .1946      | .3041   | .3321      | .6679  | 4    | 16    |
| 48    | 57  | .4212                               | .5788      | .5573     | .3761    | .1939      | .3044   | .3339      | .6660  | 3    | 12    |
| 52    | 58  | .4234                               | .5766      | .5568     | .3811    | .1932      | .3048   | .3358      | .6642  | 2    | 8     |
| 56    | 59  | .4256                               | .5743      | .5563     | .3860    | .1924      | .3051   | .3377      | .6623  | 1    | 4     |
| 40    | 60  | .4279                               | .5721      | .5557     | .3910    | .1917      | .3054   | .3395      | .6604  | 0    | 20    |

| 2h    | 40° | Funciones naturales trigonométricas. |            |           |          |            |         |           |        | 139° | 9h    |
|-------|-----|--------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|-----------|--------|------|-------|
| M. S. | M.  | Senó                                 | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Senoverso | Coseno | M.   | M. S. |
| 40    | 0   | .64279                               | .35721     | 1.5557    | .83910   | 1.1917     | 1.3054  | .23395    | .76604 | 60   | 20    |
| 4     | 1   | .4301                                | .5699      | .5552     | .3959    | .1910      | .3057   | .3414     | .6586  | 59   | 56    |
| 8     | 2   | .4323                                | .5677      | .5546     | .4009    | .1903      | .3060   | .3433     | .6567  | 58   | 52    |
| 12    | 3   | .4345                                | .5654      | .5541     | .4059    | .1896      | .3064   | .3452     | .6548  | 57   | 48    |
| 16    | 4   | .4368                                | .5632      | .5536     | .4108    | .1889      | .3067   | .3470     | .6530  | 56   | 44    |
| 20    | 5   | .64390                               | .35610     | 1.5530    | .84158   | 1.1882     | 1.3070  | .23489    | .76511 | 55   | 40    |
| 24    | 6   | .4412                                | .5588      | .5525     | .4208    | .1875      | .3073   | .3508     | .6492  | 54   | 36    |
| 28    | 7   | .4435                                | .5565      | .5520     | .4257    | .1868      | .3076   | .3527     | .6473  | 53   | 32    |
| 32    | 8   | .4457                                | .5543      | .5514     | .4307    | .1861      | .3080   | .3545     | .6455  | 52   | 28    |
| 36    | 9   | .4479                                | .5521      | .5509     | .4357    | .1854      | .3083   | .3564     | .6436  | 51   | 24    |
| 40    | 10  | .64501                               | .35499     | 1.5503    | .84407   | 1.1847     | 1.3086  | .23583    | .76417 | 50   | 20    |
| 44    | 11  | .4523                                | .5476      | .5498     | .4457    | .1840      | .3089   | .3602     | .6398  | 49   | 16    |
| 48    | 12  | .4546                                | .5454      | .5493     | .4506    | .1833      | .3092   | .3620     | .6380  | 48   | 12    |
| 52    | 13  | .4568                                | .5432      | .5487     | .4556    | .1826      | .3096   | .3639     | .6361  | 47   | 8     |
| 56    | 14  | .4590                                | .5410      | .5482     | .4606    | .1819      | .3099   | .3658     | .6342  | 46   | 4     |
| 41    | 15  | .64612                               | .35388     | 1.5477    | .84656   | 1.1812     | 1.3102  | .23677    | .76323 | 45   | 19    |
| 4     | 16  | .4635                                | .5365      | .5471     | .4706    | .1805      | .3105   | .3695     | .6304  | 44   | 56    |
| 8     | 17  | .4657                                | .5343      | .5466     | .4756    | .1798      | .3109   | .3714     | .6286  | 43   | 52    |
| 12    | 18  | .4679                                | .5321      | .5461     | .4806    | .1791      | .3112   | .3733     | .6267  | 42   | 48    |
| 16    | 19  | .4701                                | .5299      | .5456     | .4856    | .1785      | .3115   | .3752     | .6248  | 41   | 44    |
| 20    | 20  | .64723                               | .35277     | 1.5450    | .84906   | 1.1778     | 1.3118  | .23771    | .76229 | 40   | 40    |
| 24    | 21  | .4745                                | .5254      | .5445     | .4956    | .1771      | .3121   | .3790     | .6210  | 39   | 36    |
| 28    | 22  | .4768                                | .5232      | .5440     | .5006    | .1764      | .3125   | .3808     | .6191  | 38   | 32    |
| 32    | 23  | .4790                                | .5210      | .5434     | .5056    | .1757      | .3128   | .3827     | .6173  | 37   | 28    |
| 36    | 24  | .4812                                | .5188      | .5429     | .5107    | .1750      | .3131   | .3846     | .6154  | 36   | 24    |
| 40    | 25  | .64834                               | .35166     | 1.5424    | .85157   | 1.1743     | 1.3134  | .23865    | .76135 | 35   | 20    |
| 44    | 26  | .4856                                | .5144      | .5419     | .5207    | .1736      | .3138   | .3884     | .6116  | 34   | 16    |
| 48    | 27  | .4878                                | .5121      | .5413     | .5257    | .1729      | .3141   | .3903     | .6097  | 33   | 12    |
| 52    | 28  | .4900                                | .5099      | .5408     | .5307    | .1722      | .3144   | .3922     | .6078  | 32   | 8     |
| 56    | 29  | .4923                                | .5077      | .5403     | .5358    | .1715      | .3148   | .3940     | .6059  | 31   | 4     |
| 42    | 30  | .64945                               | .35055     | 1.5398    | .85408   | 1.1708     | 1.3151  | .23959    | .76041 | 30   | 18    |
| 4     | 31  | .4967                                | .5033      | .5392     | .5458    | .1702      | .3154   | .3978     | .6022  | 29   | 56    |
| 8     | 32  | .4989                                | .5011      | .5387     | .5509    | .1695      | .3157   | .3997     | .6003  | 28   | 52    |
| 12    | 33  | .5011                                | .4989      | .5382     | .5559    | .1688      | .3161   | .4016     | .5984  | 27   | 48    |
| 16    | 34  | .5033                                | .4967      | .5377     | .5609    | .1681      | .3164   | .4035     | .5965  | 26   | 44    |
| 20    | 35  | .65055                               | .34945     | 1.5371    | .85660   | 1.1674     | 1.3167  | .24054    | .75946 | 25   | 40    |
| 24    | 36  | .5077                                | .4922      | .5366     | .5710    | .1667      | .3170   | .4073     | .5927  | 24   | 36    |
| 28    | 37  | .5099                                | .4900      | .5361     | .5761    | .1660      | .3174   | .4092     | .5908  | 23   | 32    |
| 32    | 38  | .5121                                | .4878      | .5356     | .5811    | .1653      | .3177   | .4111     | .5889  | 22   | 28    |
| 36    | 39  | .5144                                | .4856      | .5351     | .5862    | .1647      | .3180   | .4130     | .5870  | 21   | 24    |
| 40    | 40  | .65166                               | .34834     | 1.5345    | .85912   | 1.1640     | 1.3184  | .24149    | .75851 | 20   | 20    |
| 44    | 41  | .5188                                | .4812      | .5340     | .5963    | .1633      | .3187   | .4168     | .5832  | 19   | 16    |
| 48    | 42  | .5210                                | .4790      | .5335     | .6013    | .1626      | .3190   | .4186     | .5813  | 18   | 12    |
| 52    | 43  | .5232                                | .4768      | .5330     | .6064    | .1619      | .3193   | .4205     | .5794  | 17   | 8     |
| 56    | 44  | .5254                                | .4746      | .5325     | .6115    | .1612      | .3197   | .4224     | .5775  | 16   | 4     |
| 43    | 45  | .65276                               | .34724     | 1.5319    | .86165   | 1.1605     | 1.3200  | .24243    | .75756 | 15   | 17    |
| 4     | 46  | .5298                                | .4702      | .5314     | .6216    | .1599      | .3203   | .4262     | .5737  | 14   | 56    |
| 8     | 47  | .5320                                | .4680      | .5309     | .6267    | .1592      | .3207   | .4281     | .5718  | 13   | 52    |
| 12    | 48  | .5342                                | .4658      | .5304     | .6318    | .1585      | .3210   | .4300     | .5699  | 12   | 48    |
| 16    | 49  | .5364                                | .4636      | .5299     | .6368    | .1578      | .3213   | .4319     | .5680  | 11   | 44    |
| 20    | 50  | .65386                               | .34614     | 1.5294    | .86419   | 1.1571     | 1.3217  | .24338    | .75661 | 10   | 40    |
| 24    | 51  | .5408                                | .4592      | .5289     | .6470    | .1565      | .3220   | .4357     | .5642  | 9    | 36    |
| 28    | 52  | .5430                                | .4570      | .5283     | .6521    | .1558      | .3223   | .4376     | .5623  | 8    | 32    |
| 32    | 53  | .5452                                | .4548      | .5278     | .6572    | .1551      | .3227   | .4396     | .5604  | 7    | 28    |
| 36    | 54  | .5474                                | .4526      | .5273     | .6623    | .1544      | .3220   | .4415     | .5585  | 6    | 24    |
| 40    | 55  | .65496                               | .34504     | 1.5268    | .86674   | 1.1537     | 1.3233  | .24434    | .75566 | 5    | 20    |
| 44    | 56  | .5518                                | .4482      | .5263     | .6725    | .1531      | .3237   | .4453     | .5547  | 4    | 16    |
| 48    | 57  | .5540                                | .4460      | .5258     | .6775    | .1524      | .3240   | .4472     | .5528  | 3    | 12    |
| 52    | 58  | .5562                                | .4438      | .5253     | .6826    | .1517      | .3243   | .4491     | .5509  | 2    | 8     |
| 56    | 59  | .5584                                | .4416      | .5248     | .6878    | .1510      | .3247   | .4510     | .5490  | 1    | 4     |
|       | 60  | .5606                                | .4394      | .5242     | .6929    | .1504      | .3250   | .4529     | .5471  | 0    | 16    |

| 2 <sup>a</sup> | 41 <sup>o</sup> | Funciones naturales trigonométricas. |            |           |          |            |         |             |        | 138 <sup>o</sup> | 9 <sup>a</sup> |
|----------------|-----------------|--------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|-------------|--------|------------------|----------------|
| M. S.          | M.              | Senos                                | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Senos verso | Coseno | M.               | M. S.          |
| 44             | 0               | .65606                               | .34394     | 1.5242    | .86929   | 1.1504     | 1.3250  | .24529      | .75471 | 60               | 16             |
| 4              | 1               | .5628                                | .4372      | .5237     | .6980    | .1497      | .3253   | .4548       | .5452  | 59               | 56             |
| 8              | 2               | .5650                                | .4350      | .5232     | .7031    | .1490      | .3257   | .4567       | .5433  | 58               | 52             |
| 12             | 3               | .5672                                | .4328      | .5227     | .7082    | .1483      | .3260   | .4586       | .5414  | 57               | 48             |
| 16             | 4               | .5694                                | .4306      | .5222     | .7133    | .1477      | .3263   | .4605       | .5394  | 56               | 44             |
| 20             | 5               | .56716                               | .34284     | 1.5217    | .87184   | 1.1470     | 1.3267  | .24624      | .75375 | 55               | 40             |
| 24             | 6               | .5737                                | .4262      | .5212     | .7235    | .1463      | .3270   | .4644       | .5356  | 54               | 36             |
| 28             | 7               | .5759                                | .4240      | .5207     | .7287    | .1456      | .3274   | .4663       | .5337  | 53               | 32             |
| 32             | 8               | .5781                                | .4219      | .5202     | .7338    | .1450      | .3277   | .4682       | .5318  | 52               | 28             |
| 36             | 9               | .5803                                | .4197      | .5197     | .7389    | .1443      | .3280   | .4701       | .5299  | 51               | 24             |
| 40             | 10              | .65825                               | .34175     | 1.5192    | .87441   | 1.1436     | 1.3284  | .24720      | .75280 | 50               | 20             |
| 44             | 11              | .5847                                | .4153      | .5187     | .7492    | .1430      | .3287   | .4739       | .5261  | 49               | 16             |
| 48             | 12              | .5869                                | .4131      | .5182     | .7543    | .1423      | .3290   | .4758       | .5241  | 48               | 12             |
| 52             | 13              | .5891                                | .4109      | .5177     | .7595    | .1416      | .3294   | .4778       | .5222  | 47               | 8              |
| 56             | 14              | .5913                                | .4087      | .5171     | .7646    | .1409      | .3297   | .4797       | .5203  | 46               | 4              |
| 45             | 15              | .65934                               | .34065     | 1.5166    | .87698   | 1.1403     | 1.3301  | .24816      | .75184 | 45               | 15             |
| 4              | 16              | .5956                                | .4043      | .5161     | .7749    | .1396      | .3304   | .4835       | .5165  | 44               | 56             |
| 8              | 17              | .5978                                | .4022      | .5156     | .7801    | .1389      | .3307   | .4854       | .5146  | 43               | 52             |
| 12             | 18              | .6000                                | .4000      | .5151     | .7852    | .1383      | .3311   | .4873       | .5126  | 42               | 48             |
| 16             | 19              | .6022                                | .3978      | .5146     | .7904    | .1376      | .3314   | .4893       | .5107  | 41               | 44             |
| 20             | 20              | .66044                               | .33956     | 1.5141    | .87955   | 1.1369     | 1.3318  | .24912      | .75088 | 40               | 40             |
| 24             | 21              | .6066                                | .3934      | .5136     | .8007    | .1363      | .3321   | .4931       | .5069  | 39               | 36             |
| 28             | 22              | .6087                                | .3912      | .5131     | .8058    | .1356      | .3324   | .4950       | .5049  | 38               | 32             |
| 32             | 23              | .6109                                | .3891      | .5126     | .8110    | .1349      | .3328   | .4970       | .5030  | 37               | 28             |
| 36             | 24              | .6131                                | .3869      | .5121     | .8162    | .1343      | .3331   | .4989       | .5011  | 36               | 24             |
| 40             | 25              | .66153                               | .33847     | 1.5116    | .88213   | 1.1336     | 1.3335  | .25008      | .74992 | 35               | 20             |
| 44             | 26              | .6175                                | .3825      | .5111     | .8265    | .1329      | .3338   | .5027       | .4973  | 34               | 16             |
| 48             | 27              | .6197                                | .3803      | .5106     | .8317    | .1323      | .3342   | .5047       | .4953  | 33               | 12             |
| 52             | 28              | .6218                                | .3781      | .5101     | .8369    | .1316      | .3345   | .5066       | .4934  | 32               | 8              |
| 56             | 29              | .6240                                | .3760      | .5096     | .8421    | .1309      | .3348   | .5085       | .4915  | 31               | 4              |
| 46             | 30              | .66262                               | .33738     | 1.5092    | .88472   | 1.1303     | 1.3352  | .25104      | .74895 | 30               | 14             |
| 4              | 31              | .6284                                | .3716      | .5087     | .8524    | .1296      | .3355   | .5124       | .4876  | 29               | 56             |
| 8              | 32              | .6305                                | .3694      | .5082     | .8576    | .1290      | .3359   | .5143       | .4857  | 28               | 52             |
| 12             | 33              | .6327                                | .3673      | .5077     | .8628    | .1283      | .3362   | .5162       | .4838  | 27               | 48             |
| 16             | 34              | .6349                                | .3651      | .5072     | .8680    | .1276      | .3366   | .5181       | .4818  | 26               | 44             |
| 20             | 35              | .66371                               | .33629     | 1.5067    | .88732   | 1.1270     | 1.3369  | .25201      | .74799 | 25               | 40             |
| 24             | 36              | .6393                                | .3607      | .5062     | .8784    | .1263      | .3372   | .5220       | .4780  | 24               | 36             |
| 28             | 37              | .6414                                | .3586      | .5057     | .8836    | .1257      | .3376   | .5239       | .4760  | 23               | 32             |
| 32             | 38              | .6436                                | .3564      | .5052     | .8888    | .1250      | .3379   | .5259       | .4741  | 22               | 28             |
| 36             | 39              | .6458                                | .3542      | .5047     | .8940    | .1243      | .3383   | .5278       | .4722  | 21               | 24             |
| 40             | 40              | .66479                               | .33520     | 1.5042    | .88992   | 1.1237     | 1.3386  | .25297      | .74702 | 20               | 20             |
| 44             | 41              | .6501                                | .3499      | .5037     | .9044    | .1230      | .3390   | .5317       | .4683  | 19               | 16             |
| 48             | 42              | .6523                                | .3477      | .5032     | .9097    | .1224      | .3393   | .5336       | .4664  | 18               | 12             |
| 52             | 43              | .6545                                | .3455      | .5027     | .9149    | .1217      | .3397   | .5355       | .4644  | 17               | 8              |
| 56             | 44              | .6566                                | .3433      | .5022     | .9201    | .1211      | .3400   | .5375       | .4625  | 16               | 4              |
| 47             | 45              | .66538                               | .33412     | 1.5018    | .89253   | 1.1204     | 1.3404  | .25394      | .74606 | 15               | 13             |
| 4              | 46              | .6610                                | .3390      | .5013     | .9306    | .1197      | .3407   | .5414       | .4586  | 14               | 56             |
| 8              | 47              | .6631                                | .3368      | .5008     | .9358    | .1191      | .3411   | .5433       | .4567  | 13               | 52             |
| 12             | 48              | .6653                                | .3347      | .5003     | .9410    | .1184      | .3414   | .5452       | .4548  | 12               | 48             |
| 16             | 49              | .6675                                | .3325      | .4998     | .9463    | .1178      | .3418   | .5472       | .4528  | 11               | 44             |
| 20             | 50              | .66697                               | .33303     | 1.4993    | .89515   | 1.1171     | 1.3421  | .25491      | .74509 | 10               | 40             |
| 24             | 51              | .6718                                | .3282      | .4988     | .9567    | .1165      | .3425   | .5510       | .4489  | 9                | 36             |
| 28             | 52              | .6740                                | .3260      | .4983     | .9620    | .1158      | .3428   | .5530       | .4470  | 8                | 32             |
| 32             | 53              | .6762                                | .3238      | .4979     | .9672    | .1152      | .3432   | .5549       | .4450  | 7                | 28             |
| 36             | 54              | .6783                                | .3217      | .4974     | .9725    | .1145      | .3435   | .5569       | .4431  | 6                | 24             |
| 40             | 55              | .66805                               | .33195     | 1.4969    | .89777   | 1.1139     | 1.3439  | .25588      | .74412 | 5                | 20             |
| 44             | 56              | .6826                                | .3173      | .4964     | .9830    | .1132      | .3442   | .5608       | .4392  | 4                | 16             |
| 48             | 57              | .6848                                | .3152      | .4959     | .9882    | .1126      | .3446   | .5627       | .4373  | 3                | 12             |
| 52             | 58              | .6870                                | .3130      | .4954     | .9935    | .1119      | .3449   | .5647       | .4353  | 2                | 8              |
| 56             | 59              | .6891                                | .3108      | .4949     | .9988    | .1113      | .3453   | .5666       | .4334  | 1                | 4              |
| 48             | 60              | .6913                                | .3087      | .4945     | .90040   | .1106      | .3456   | .5685       | .4314  | 0                | 12             |



| 2a    | 42o | Funciones naturales trigonométricas |            |           |          |            |         |            |        | 137o | 9h    |
|-------|-----|-------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|------|-------|
| M. S. | M.  | Senó                                | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Senó verso | Coseno | M.   | M. S. |
| 48    | 0   | .66913                              | .33087     | 1.4945    | .90040   | 1.1106     | 1.3456  | .25685     | .74314 | 60   | 12    |
| 4     | 1   | .6935                               | .3065      | .4940     | .0093    | .1100      | .3460   | .5705      | .4295  | 59   | 56    |
|       | 2   | .6956                               | .3044      | .4935     | .0146    | .1093      | .3463   | .5724      | .4275  | 58   | 52    |
| 12    | 3   | .6978                               | .3022      | .4930     | .0198    | .1086      | .3467   | .5744      | .4256  | 57   | 48    |
| 16    | 4   | .6999                               | .3000      | .4925     | .0251    | .1080      | .3470   | .5763      | .4236  | 56   | 44    |
| 20    | 5   | .7021                               | .32979     | 1.4921    | .90304   | 1.1074     | 1.3474  | .25783     | .74217 | 55   | 40    |
| 24    | 6   | .7043                               | .2957      | .4916     | .0357    | .1067      | .3477   | .5802      | .4197  | 54   | 36    |
| 28    | 7   | .7064                               | .2936      | .4911     | .0410    | .1061      | .3481   | .5822      | .4178  | 53   | 32    |
| 32    | 8   | .7086                               | .2914      | .4906     | .0463    | .1054      | .3485   | .5841      | .4158  | 52   | 28    |
| 36    | 9   | .7107                               | .2893      | .4901     | .0515    | .1048      | .3488   | .5861      | .4139  | 51   | 24    |
| 40    | 10  | .7129                               | .32871     | 1.4897    | .90568   | 1.1041     | 1.3492  | .25880     | .74119 | 50   | 20    |
| 44    | 11  | .7150                               | .2849      | .4892     | .0621    | .1035      | .3495   | .5900      | .4100  | 49   | 16    |
| 48    | 12  | .7172                               | .2828      | .4887     | .0674    | .1028      | .3499   | .5919      | .4080  | 48   | 12    |
| 52    | 13  | .7194                               | .2806      | .4882     | .0727    | .1022      | .3502   | .5939      | .4061  | 47   | 8     |
| 56    | 14  | .7215                               | .2785      | .4877     | .0780    | .1015      | .3506   | .5959      | .4041  | 46   | 4     |
| 49    | 15  | .7237                               | .32763     | 1.4873    | .90834   | 1.1009     | 1.3509  | .25978     | .74022 | 45   | 11    |
| 4     | 16  | .7258                               | .2742      | .4868     | .0887    | .1003      | .3513   | .5998      | .4002  | 44   | 56    |
|       | 8   | .7280                               | .2720      | .4863     | .0940    | .0996      | .3517   | .6017      | .3983  | 43   | 52    |
| 12    | 18  | .7301                               | .2699      | .4858     | .0993    | .0990      | .3520   | .6037      | .3963  | 42   | 48    |
| 16    | 19  | .7323                               | .2677      | .4854     | .1046    | .0983      | .3524   | .6056      | .3943  | 41   | 44    |
| 20    | 20  | .7344                               | .32656     | 1.4849    | .91099   | 1.0977     | 1.3527  | .26076     | .73924 | 40   | 40    |
| 24    | 21  | .7366                               | .2634      | .4844     | .1153    | .0971      | .3531   | .6096      | .3904  | 39   | 36    |
| 28    | 22  | .7387                               | .2613      | .4839     | .1206    | .0964      | .3534   | .6115      | .3885  | 38   | 32    |
| 32    | 23  | .7409                               | .2591      | .4835     | .1259    | .0958      | .3538   | .6135      | .3865  | 37   | 28    |
| 36    | 24  | .7430                               | .2570      | .4830     | .1312    | .0951      | .3542   | .6154      | .3845  | 36   | 24    |
| 40    | 25  | .7452                               | .32548     | 1.4825    | .91366   | 1.0945     | 1.3545  | .26174     | .73826 | 35   | 20    |
| 44    | 26  | .7473                               | .2527      | .4821     | .1419    | .0939      | .3549   | .6194      | .3806  | 34   | 16    |
| 48    | 27  | .7495                               | .2505      | .4816     | .1473    | .0932      | .3552   | .6213      | .3787  | 33   | 12    |
| 52    | 28  | .7516                               | .2484      | .4811     | .1526    | .0926      | .3556   | .6233      | .3767  | 32   | 8     |
| 56    | 29  | .7537                               | .2462      | .4806     | .1580    | .0919      | .3560   | .6253      | .3747  | 31   | 4     |
| 50    | 30  | .7559                               | .32441     | 1.4802    | .91633   | 1.0913     | 1.3563  | .26272     | .73728 | 30   | 10    |
| 4     | 31  | .7580                               | .2419      | .4797     | .1687    | .0907      | .3567   | .6292      | .3708  | 29   | 56    |
|       | 8   | .7602                               | .2398      | .4792     | .1740    | .0900      | .3571   | .6311      | .3688  | 28   | 52    |
| 12    | 33  | .7623                               | .2377      | .4788     | .1794    | .0894      | .3574   | .6331      | .3669  | 27   | 48    |
| 16    | 34  | .7645                               | .2355      | .4783     | .1847    | .0888      | .3578   | .6351      | .3649  | 26   | 44    |
| 20    | 35  | .7666                               | .32334     | 1.4778    | .91901   | 1.0881     | 1.3581  | .26371     | .73629 | 25   | 40    |
| 24    | 36  | .7688                               | .2312      | .4774     | .1955    | .0875      | .3585   | .6390      | .3610  | 24   | 36    |
| 28    | 37  | .7709                               | .2291      | .4769     | .2008    | .0868      | .3589   | .6410      | .3590  | 23   | 32    |
| 32    | 38  | .7730                               | .2269      | .4764     | .2062    | .0862      | .3592   | .6430      | .3570  | 22   | 28    |
| 36    | 39  | .7752                               | .2248      | .4760     | .2116    | .0856      | .3596   | .6449      | .3551  | 21   | 24    |
| 40    | 40  | .7773                               | .32227     | 1.4755    | .92170   | 1.0849     | 1.3600  | .26469     | .73531 | 20   | 20    |
| 44    | 41  | .7794                               | .2205      | .4750     | .2223    | .0843      | .3603   | .6489      | .3511  | 19   | 16    |
| 48    | 42  | .7816                               | .2184      | .4746     | .2277    | .0837      | .3607   | .6508      | .3491  | 18   | 12    |
| 52    | 43  | .7837                               | .2163      | .4741     | .2331    | .0830      | .3611   | .6528      | .3472  | 17   | 8     |
| 56    | 44  | .7859                               | .2141      | .4736     | .2385    | .0824      | .3614   | .6548      | .3452  | 16   | 4     |
| 51    | 45  | .7880                               | .32120     | 1.4732    | .92439   | 1.0818     | 1.3618  | .26568     | .73432 | 15   | 9     |
| 4     | 46  | .7901                               | .2098      | .4727     | .2493    | .0812      | .3622   | .6587      | .3412  | 14   | 56    |
|       | 8   | .7923                               | .2077      | .4723     | .2547    | .0805      | .3625   | .6607      | .3393  | 13   | 52    |
| 12    | 48  | .7944                               | .2056      | .4718     | .2601    | .0799      | .3629   | .6627      | .3373  | 12   | 48    |
| 16    | 49  | .7965                               | .2034      | .4713     | .2655    | .0793      | .3633   | .6647      | .3353  | 11   | 44    |
| 20    | 50  | .7987                               | .32013     | 1.4709    | .92709   | 1.0786     | 1.3636  | .26666     | .73333 | 10   | 40    |
| 24    | 51  | .8008                               | .1992      | .4704     | .2763    | .0780      | .3640   | .6686      | .3314  | 9    | 36    |
| 28    | 52  | .8029                               | .1970      | .4699     | .2817    | .0774      | .3644   | .6706      | .3294  | 8    | 32    |
| 32    | 53  | .8051                               | .1949      | .4695     | .2871    | .0767      | .3647   | .6726      | .3274  | 7    | 28    |
| 36    | 54  | .8072                               | .1928      | .4690     | .2926    | .0761      | .3651   | .6746      | .3254  | 6    | 24    |
| 40    | 55  | .8093                               | .31907     | 1.4686    | .92980   | 1.0755     | 1.3655  | .26765     | .73234 | 5    | 20    |
| 44    | 56  | .8115                               | .1885      | .4681     | .3034    | .0749      | .3658   | .6785      | .3215  | 4    | 16    |
| 48    | 57  | .8136                               | .1864      | .4676     | .3088    | .0742      | .3662   | .6805      | .3195  | 3    | 12    |
| 52    | 58  | .8157                               | .1843      | .4672     | .3143    | .0736      | .3666   | .6825      | .3175  | 2    | 8     |
| 56    | 59  | .8178                               | .1821      | .4667     | .3197    | .0730      | .3669   | .6845      | .3155  | 1    | 4     |
| 52    | 60  | .8200                               | .1800      | .4663     | .3251    | .0724      | .3673   | .6865      | .3135  | 0    | 8     |



| 2h    | 43° | Funciones naturales trigonométricas. |            |           |          |            |         |            |        |    |       | 136° | 9h |
|-------|-----|--------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|----|-------|------|----|
| M. S. | M.  | Seno                                 | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Seno verso | Coseno | M. | M. S. |      |    |
| 52    | 0   | .68200                               | .31800     | 1.4663    | .93251   | 1.0724     | 1.3673  | .26865     | .73135 | 60 | 8     |      |    |
| 4     | 1   | .8221                                | .1779      | .4658     | .3306    | .0717      | .3677   | .6884      | .3115  | 59 | 56    |      |    |
| 8     | 2   | .8242                                | .1758      | .4654     | .3360    | .0711      | .3681   | .6904      | .3096  | 58 | 52    |      |    |
| 12    | 3   | .8264                                | .1736      | .4649     | .3415    | .0705      | .3684   | .6924      | .3076  | 57 | 48    |      |    |
| 16    | 4   | .8285                                | .1715      | .4644     | .3469    | .0699      | .3688   | .6944      | .3056  | 56 | 44    |      |    |
| 20    | 5   | .68306                               | .31694     | 1.4640    | .93524   | 1.0692     | 1.3692  | .26964     | .73036 | 55 | 40    |      |    |
| 24    | 6   | .8327                                | .1673      | .4635     | .3578    | .0686      | .3695   | .6984      | .3016  | 54 | 36    |      |    |
| 28    | 7   | .8349                                | .1651      | .4631     | .3633    | .0680      | .3699   | .7004      | .2996  | 53 | 32    |      |    |
| 32    | 8   | .8370                                | .1630      | .4626     | .3687    | .0674      | .3703   | .7023      | .2976  | 52 | 28    |      |    |
| 36    | 9   | .8391                                | .1609      | .4622     | .3742    | .0667      | .3707   | .7043      | .2956  | 51 | 24    |      |    |
| 40    | 10  | .68412                               | .31588     | 1.4617    | .93797   | 1.0661     | 1.3710  | .27063     | .72937 | 50 | 20    |      |    |
| 44    | 11  | .8433                                | .1566      | .4613     | .3851    | .0655      | .3714   | .7083      | .2917  | 49 | 16    |      |    |
| 48    | 12  | .8455                                | .1545      | .4608     | .3906    | .0649      | .3718   | .7103      | .2897  | 48 | 12    |      |    |
| 52    | 13  | .8476                                | .1524      | .4604     | .3961    | .0643      | .3722   | .7123      | .2877  | 47 | 8     |      |    |
| 56    | 14  | .8497                                | .1503      | .4599     | .4016    | .0636      | .3725   | .7143      | .2857  | 46 | 4     |      |    |
| 58    | 15  | .68518                               | .31482     | 1.4595    | .94071   | 1.0630     | 1.3729  | .27163     | .72837 | 45 | 7     |      |    |
| 4     | 16  | .8539                                | .1460      | .4590     | .4125    | .0624      | .3733   | .7183      | .2817  | 44 | 56    |      |    |
| 8     | 17  | .8561                                | .1439      | .4586     | .4180    | .0618      | .3737   | .7203      | .2797  | 43 | 52    |      |    |
| 12    | 18  | .8582                                | .1418      | .4581     | .4235    | .0612      | .3740   | .7223      | .2777  | 42 | 48    |      |    |
| 16    | 19  | .8603                                | .1397      | .4577     | .4290    | .0605      | .3744   | .7243      | .2757  | 41 | 44    |      |    |
| 20    | 20  | .68624                               | .31376     | 1.4572    | .94345   | 1.0599     | 1.3748  | .27263     | .72737 | 40 | 40    |      |    |
| 24    | 21  | .8645                                | .1355      | .4568     | .4400    | .0593      | .3752   | .7283      | .2717  | 39 | 36    |      |    |
| 28    | 22  | .8666                                | .1333      | .4563     | .4455    | .0587      | .3756   | .7302      | .2697  | 38 | 32    |      |    |
| 32    | 23  | .8688                                | .1312      | .4559     | .4510    | .0581      | .3759   | .7322      | .2677  | 37 | 28    |      |    |
| 36    | 24  | .8709                                | .1291      | .4554     | .4565    | .0575      | .3763   | .7342      | .2657  | 36 | 24    |      |    |
| 40    | 25  | .68730                               | .31270     | 1.4550    | .94620   | 1.0568     | 1.3767  | .27362     | .72637 | 35 | 20    |      |    |
| 44    | 26  | .8751                                | .1249      | .4545     | .4675    | .0562      | .3771   | .7382      | .2617  | 34 | 16    |      |    |
| 48    | 27  | .8772                                | .1228      | .4541     | .4731    | .0556      | .3774   | .7402      | .2597  | 33 | 12    |      |    |
| 52    | 28  | .8793                                | .1207      | .4536     | .4786    | .0550      | .3778   | .7422      | .2577  | 32 | 8     |      |    |
| 56    | 29  | .8814                                | .1186      | .4532     | .4841    | .0544      | .3782   | .7442      | .2557  | 31 | 4     |      |    |
| 54    | 30  | .68835                               | .31164     | 1.4527    | .94896   | 1.0538     | 1.3786  | .27462     | .72537 | 30 | 6     |      |    |
| 4     | 31  | .8856                                | .1143      | .4523     | .4952    | .0532      | .3790   | .7482      | .2517  | 29 | 56    |      |    |
| 8     | 32  | .8878                                | .1122      | .4518     | .5007    | .0525      | .3794   | .7503      | .2497  | 28 | 52    |      |    |
| 12    | 33  | .8899                                | .1101      | .4514     | .5062    | .0519      | .3797   | .7523      | .2477  | 27 | 48    |      |    |
| 16    | 34  | .8920                                | .1080      | .4510     | .5118    | .0513      | .3801   | .7543      | .2457  | 26 | 44    |      |    |
| 20    | 35  | .68941                               | .31059     | 1.4505    | .95173   | 1.0507     | 1.3805  | .27563     | .72437 | 25 | 40    |      |    |
| 24    | 36  | .8962                                | .1038      | .4501     | .5229    | .0501      | .3809   | .7583      | .2417  | 24 | 36    |      |    |
| 28    | 37  | .8983                                | .1017      | .4496     | .5284    | .0495      | .3813   | .7603      | .2397  | 23 | 32    |      |    |
| 32    | 38  | .9004                                | .0996      | .4492     | .5340    | .0489      | .3816   | .7623      | .2377  | 22 | 28    |      |    |
| 36    | 39  | .9025                                | .0975      | .4487     | .5395    | .0483      | .3820   | .7643      | .2357  | 21 | 24    |      |    |
| 40    | 40  | .69046                               | .30954     | 1.4483    | .95451   | 1.0476     | 1.3824  | .27663     | .72337 | 20 | 20    |      |    |
| 44    | 41  | .9067                                | .0933      | .4479     | .5506    | .0470      | .3828   | .7683      | .2317  | 19 | 16    |      |    |
| 48    | 42  | .9088                                | .0912      | .4474     | .5562    | .0464      | .3832   | .7703      | .2297  | 18 | 12    |      |    |
| 52    | 43  | .9109                                | .0891      | .4470     | .5618    | .0458      | .3836   | .7723      | .2277  | 17 | 8     |      |    |
| 56    | 44  | .9130                                | .0870      | .4465     | .5673    | .0452      | .3839   | .7743      | .2256  | 16 | 4     |      |    |
| 55    | 45  | .69151                               | .30849     | 1.4461    | .95729   | 1.0446     | 1.3843  | .27764     | .72236 | 15 | 5     |      |    |
| 4     | 46  | .9172                                | .0828      | .4457     | .5785    | .0440      | .3847   | .7784      | .2216  | 14 | 56    |      |    |
| 8     | 47  | .9193                                | .0807      | .4452     | .5841    | .0434      | .3851   | .7804      | .2196  | 13 | 52    |      |    |
| 12    | 48  | .9214                                | .0786      | .4448     | .5896    | .0428      | .3855   | .7824      | .2176  | 12 | 48    |      |    |
| 16    | 49  | .9235                                | .0765      | .4443     | .5952    | .0422      | .3859   | .7844      | .2156  | 11 | 44    |      |    |
| 20    | 50  | .69256                               | .30744     | 1.4439    | .96008   | 1.0416     | 1.3863  | .27864     | .72136 | 10 | 40    |      |    |
| 24    | 51  | .9277                                | .0723      | .4435     | .6064    | .0410      | .3867   | .7884      | .2115  | 9  | 36    |      |    |
| 28    | 52  | .9298                                | .0702      | .4430     | .6120    | .0404      | .3870   | .7904      | .2095  | 8  | 32    |      |    |
| 32    | 53  | .9319                                | .0681      | .4426     | .6176    | .0397      | .3874   | .7925      | .2075  | 7  | 28    |      |    |
| 36    | 54  | .9340                                | .0660      | .4422     | .6232    | .0391      | .3878   | .7945      | .2055  | 6  | 24    |      |    |
| 40    | 55  | .69361                               | .30639     | 1.4417    | .96288   | 1.0385     | 1.3882  | .27965     | .72035 | 5  | 20    |      |    |
| 44    | 56  | .9382                                | .0618      | .4413     | .6344    | .0379      | .3886   | .7985      | .2015  | 4  | 16    |      |    |
| 48    | 57  | .9403                                | .0597      | .4408     | .6400    | .0373      | .3890   | .8005      | .1994  | 3  | 12    |      |    |
| 52    | 58  | .9424                                | .0576      | .4404     | .6456    | .0367      | .3894   | .8026      | .1974  | 2  | 8     |      |    |
| 56    | 59  | .9445                                | .0555      | .4400     | .6513    | .0361      | .3898   | .8046      | .1954  | 1  | 4     |      |    |
| 56    | 60  | .9466                                | .0534      | .4395     | .6569    | .0355      | .3902   | .8066      | .1934  | 0  | 0     |      |    |

| 2h    | 44o | Funciones naturales trigonométricas |            |           |          |            |         |            |        | 135o | 9h    |
|-------|-----|-------------------------------------|------------|-----------|----------|------------|---------|------------|--------|------|-------|
| M. S. | M.  | Senó                                | Cos. verso | Cosecante | Tangente | Cotangente | Secante | Senó verso | Coseno | M.   | M. S. |
| 56    | 0   | .69466                              | .30534     | 1.4395    | .96569   | 1.0355     | 1.3902  | .28066     | .71934 | 60   | 4     |
| 4     | 1   | .9487                               | .0513      | .4391     | .6625    | .0349      | .3905   | .8086      | .1914  | 59   | 56    |
| 8     | 2   | .9508                               | .0492      | .4387     | .6681    | .0343      | .3909   | .8106      | .1893  | 58   | 52    |
| 12    | 3   | .9528                               | .0471      | .4382     | .6738    | .0337      | .3913   | .8127      | .1873  | 57   | 48    |
| 16    | 4   | .9549                               | .0450      | .4378     | .6794    | .0331      | .3917   | .8147      | .1853  | 56   | 44    |
| 20    | 5   | .69570                              | .30430     | 1.4374    | .96850   | 1.0325     | 1.3921  | .28167     | .71833 | 55   | 40    |
| 24    | 6   | .9591                               | .0409      | .4370     | .6907    | .0319      | .3925   | .8187      | .1813  | 54   | 36    |
| 28    | 7   | .9612                               | .0388      | .4365     | .6963    | .0313      | .3929   | .8208      | .1792  | 53   | 32    |
| 32    | 8   | .9633                               | .0367      | .4361     | .7020    | .0307      | .3933   | .8228      | .1772  | 52   | 28    |
| 36    | 9   | .9654                               | .0346      | .4357     | .7076    | .0301      | .3937   | .8248      | .1752  | 51   | 24    |
| 40    | 10  | .69675                              | .30325     | 1.4352    | .97133   | 1.0295     | 1.3941  | .28268     | .71732 | 50   | 20    |
| 44    | 11  | .9696                               | .0304      | .4348     | .7189    | .0289      | .3945   | .8289      | .1711  | 49   | 16    |
| 48    | 12  | .9716                               | .0283      | .4344     | .7246    | .0283      | .3949   | .8309      | .1691  | 48   | 12    |
| 52    | 13  | .9737                               | .0263      | .4339     | .7302    | .0277      | .3953   | .8329      | .1671  | 47   | 8     |
| 56    | 14  | .9758                               | .0242      | .4335     | .7359    | .0271      | .3957   | .8349      | .1650  | 46   | 4     |
| 57    | 15  | .69779                              | .30221     | 1.4331    | .97416   | 1.0265     | 1.3960  | .28370     | .71630 | 45   | 3     |
| 4     | 16  | .9800                               | .0200      | .4327     | .7472    | .0259      | .3964   | .8390      | .1610  | 44   | 56    |
| 8     | 17  | .9821                               | .0179      | .4322     | .7529    | .0253      | .3968   | .8410      | .1589  | 43   | 52    |
| 12    | 18  | .9841                               | .0158      | .4318     | .7586    | .0247      | .3972   | .8431      | .1569  | 42   | 48    |
| 16    | 19  | .9862                               | .0138      | .4314     | .7643    | .0241      | .3976   | .8451      | .1549  | 41   | 44    |
| 20    | 20  | .69883                              | .30117     | 1.4310    | .97699   | 1.0235     | 1.3980  | .28471     | .71529 | 40   | 40    |
| 24    | 21  | .9904                               | .0096      | .4305     | .7756    | .0229      | .3984   | .8492      | .1508  | 39   | 36    |
| 28    | 22  | .9925                               | .0075      | .4301     | .7813    | .0223      | .3988   | .8512      | .1488  | 38   | 32    |
| 32    | 23  | .9945                               | .0054      | .4297     | .7870    | .0218      | .3992   | .8532      | .1468  | 37   | 28    |
| 36    | 24  | .9966                               | .0034      | .4292     | .7927    | .0212      | .3996   | .8553      | .1447  | 36   | 24    |
| 40    | 25  | .69987                              | .30013     | 1.4288    | .97984   | 1.0206     | 1.4000  | .28573     | .71427 | 35   | 20    |
| 44    | 26  | .70008                              | .29992     | .4284     | .8041    | .0200      | .4004   | .8593      | .1406  | 34   | 16    |
| 48    | 27  | .0029                               | .9971      | .4280     | .8098    | .0194      | .4008   | .8614      | .1386  | 33   | 12    |
| 52    | 28  | .0049                               | .9950      | .4276     | .8155    | .0188      | .4012   | .8634      | .1366  | 32   | 8     |
| 56    | 29  | .0070                               | .9930      | .4271     | .8212    | .0182      | .4016   | .8654      | .1345  | 31   | 4     |
| 58    | 30  | .70091                              | .29909     | 1.4267    | .98270   | 1.0176     | 1.4020  | .28675     | .71325 | 30   | 2     |
| 4     | 31  | .0112                               | .9888      | .4263     | .8327    | .0170      | .4024   | .8695      | .1305  | 29   | 56    |
| 8     | 32  | .0132                               | .9867      | .4259     | .8384    | .0164      | .4028   | .8716      | .1284  | 28   | 52    |
| 12    | 33  | .0153                               | .9847      | .4254     | .8441    | .0158      | .4032   | .8736      | .1264  | 27   | 48    |
| 16    | 34  | .0174                               | .9826      | .4250     | .8499    | .0152      | .4036   | .8756      | .1243  | 26   | 44    |
| 20    | 35  | .70194                              | .29805     | 1.4246    | .98556   | 1.0146     | 1.4040  | .28777     | .71223 | 25   | 40    |
| 24    | 36  | .0215                               | .9785      | .4242     | .8613    | .0141      | .4044   | .8797      | .1203  | 24   | 36    |
| 28    | 37  | .0236                               | .9764      | .4238     | .8671    | .0135      | .4048   | .8818      | .1182  | 23   | 32    |
| 32    | 38  | .0257                               | .9743      | .4233     | .8728    | .0129      | .4052   | .8838      | .1162  | 22   | 28    |
| 36    | 39  | .0277                               | .9722      | .4229     | .8786    | .0123      | .4056   | .8859      | .1141  | 21   | 24    |
| 40    | 40  | .70298                              | .29702     | 1.4225    | .98843   | 1.0117     | 1.4060  | .28879     | .71121 | 20   | 20    |
| 44    | 41  | .0319                               | .9681      | .4221     | .8901    | .0111      | .4065   | .8899      | .1100  | 19   | 16    |
| 48    | 42  | .0339                               | .9660      | .4217     | .8958    | .0105      | .4069   | .8920      | .1080  | 18   | 12    |
| 52    | 43  | .0360                               | .9640      | .4212     | .9016    | .0099      | .4073   | .8940      | .1059  | 17   | 8     |
| 56    | 44  | .0381                               | .9619      | .4208     | .9073    | .0093      | .4077   | .8961      | .1039  | 16   | 4     |
| 59    | 45  | .70401                              | .29598     | 1.4204    | .99131   | 1.0088     | 1.4081  | .28981     | .71018 | 15   | 1     |
| 4     | 46  | .0422                               | .9578      | .4200     | .9189    | .0082      | .4085   | .9002      | .0998  | 14   | 56    |
| 8     | 47  | .0443                               | .9557      | .4196     | .9246    | .0076      | .4089   | .9022      | .0977  | 13   | 52    |
| 12    | 48  | .0463                               | .9536      | .4192     | .9304    | .0070      | .4093   | .9043      | .0957  | 12   | 48    |
| 16    | 49  | .0484                               | .9516      | .4188     | .9362    | .0064      | .4097   | .9063      | .0936  | 11   | 44    |
| 20    | 50  | .70505                              | .29495     | 1.4183    | .99420   | 1.0058     | 1.4101  | .29034     | .70916 | 10   | 40    |
| 24    | 51  | .0525                               | .9475      | .4179     | .9478    | .0052      | .4105   | .9104      | .0895  | 9    | 36    |
| 28    | 52  | .0546                               | .9454      | .4175     | .9536    | .0047      | .4109   | .9125      | .0875  | 8    | 32    |
| 32    | 53  | .0566                               | .9433      | .4171     | .9593    | .0041      | .4113   | .9145      | .0854  | 7    | 28    |
| 36    | 54  | .0587                               | .9413      | .4167     | .9651    | .0035      | .4117   | .9166      | .0834  | 6    | 24    |
| 40    | 55  | .70608                              | .29392     | 1.4163    | .99709   | 1.0029     | 1.4122  | .29186     | .70813 | 5    | 20    |
| 44    | 56  | .0628                               | .9372      | .4159     | .9767    | .0023      | .4126   | .9207      | .0793  | 4    | 16    |
| 48    | 57  | .0649                               | .9351      | .4154     | .9826    | .0017      | .4130   | .9228      | .0772  | 3    | 12    |
| 52    | 58  | .0669                               | .9330      | .4150     | .9884    | .0012      | .4134   | .9248      | .0752  | 2    | 8     |
| 56    | 59  | .0690                               | .9310      | .4146     | .9942    | .0006      | .4138   | .9269      | .0731  | 1    | 4     |
| 60    | 60  | .0711                               | .9289      | .4142     | .10000   | 1.0000     | .4142   | .9289      | .0711  | 0    | 0     |



SECCIÓN V

---

LAS CONSTANTES NATURALES





# LAS CONSTANTES NATURALES

---

## I

La ciencia antigua se contentaba con conocer las cualidades de las cosas. La ciencia moderna no puede existir sin el conocimiento cuantitativo. La humanidad ha pasado ya del período meramente descriptivo del conocimiento; y hoy nuestras discusiones versan todas sobre mediciones exactas del tiempo, del espacio y de las fuerzas; sobre la posición y el movimiento determinados en números, sobre la cantidad sujeta al cálculo matemático. No basta saber que el péndulo más largo oscila más despacio que el más corto: no basta conocer la ley de los cuadrados: es preciso saber medir el péndulo de segundos de tal manera que no sea posible un error de 1 milésimo de segundo en todo un día... Contar, medir, pesar y determinar cuantitativamente es hoy el objeto principal del estudio en las ciencias naturales.

El hombre civilizado domina á los salvajes y á las fieras, no por superioridad muscular ni astucia sanguinaria, sino por la potencia intelectual que ha puesto bajo su mano las fuerzas materiales de la naturaleza. Y ¿cómo nos hemos enseñoreado de las fuerzas del Cosmos? Observando sus leyes;—midiendo y pesando.

Así es que no existe, ni ha existido jamás, pueblo medianamente adelantado de civilización sin módulos de medida. Los revelan los monumentos de la India, las pirámides del portentoso Egipto, las ruínas de pueblos y de imperios cuya existencia sólo consta por la Historia, ó bien por los restos y vestigios de razas de que la Historia nada sabe. ¿Quiénes

fueron los hombres que construían en el extenso valle del Misisipí, campos atrincherados y obras de defensa, provistos de vastos receptáculos para el agua, y grupos de figuras geométricas colosales, como cuadrados con ángulos perfectos, octógonos y círculos verdaderos, á veces de 1 milla de diámetro, enteramente iguales á otros situados á 70 millas de distancia? (1)

## II

Claro es que las medidas primitivas no podían aspirar á la exactitud de las actuales. Los miembros del cuerpo humano difieren poco de un individuo á otro de estatura regular (2), y, así, en todas partes el dígito, el palmo, el jeme, el codo, el pie, el paso,... han servido al hombre para sus primeras mediciones rudimentarias.

Pero no todos los hombres son iguales, y las escasas diferencias de uno á otro—despreciables tal vez cuando se trata de medir una reducida longitud—se acumulan considerablemente en una serie de largas dimensiones. De aquí el que en todas partes—y en época ahora imposible de determinar—se convirtieran en una convencional longitud arbitraria las varias *medidas-medias*, deducidas de las proporciones del cuerpo humano (3).

Pero las necesidades de la civilización son hoy otras que en lo antiguo.

Hoy, sin duda, necesitamos módulos de medir para fines comerciales, como los pueblos primitivos; pero nos son, además, imprescindibles, prototipos exactísimos para fines científicos, propios y exclusivos de la época moderna.

(1) Mac Gill, *American Journal of Science*.

Merrifield, 46 meeting of the. British Association, pág. 115.

(2) El ancho de la mano de un hombre bien formado es  $= \frac{1}{34}$  de su altura; el largo del pie  $= \frac{1}{6}$ ; el del codo, los dedos extendidos  $= \frac{1}{4}$ . En Ezequiel, cap. XLIII.13 se dice que el codo será de á codo y palmo; y la caña de medir  $= 6$  codos de á codo y palmo, cap. 40.5.

(3) Pero todavía se siguió midiendo con las longitudes naturales, cuando no había abundancia de medidas auténticas, como ahora, que en poder del más desvalido artesano se halla alguna. A principios del siglo XVI medían aún el pie los trabajadores franceses extendiendo los pulgares, cuyas uñas se tocaban, y cerrando los demás dedos de cada mano.

Vulgo *pedem metiuntur opifices manibus in pugnos contractis, et porrectis pollicibus altrinsecusque obversis*. AGRÍCOLA, *De ponderibus et mensuris*, París, 1533; Venecia, 1535; Basilea, 1550.

Las operaciones del comprar y del vender exigen poco. Basta con escoger un módulo, conservarlo con cuidado y sacar con regular esmero copias de él.

### III

Pero, como el mundo ha sido siempre de la guerra, que ha hecho desaparecer imperios tras imperios florecientes—Babilonia, Egipto, Tiro, Cartago, Atenas, Alejandría, Roma,...—el hecho de la conservación de los prototipos de longitud ha resultado prácticamente un imposible. Los sistemas métricos de los hebreos, de los griegos y de los romanos se han conservado en los libros, con todas sus relaciones; pero las longitudes absolutas se han perdido (1).

Creyóse durante mucho tiempo que sería fácilmente restaurable un módulo perdido, con tal de que hubiese estado en uso durante largo período; pero los trabajos de muchos sabios eminentes han patentizado que semejante restauración es muy difícil, aunque posible, dentro de muy extensos límites de error; pues diligentes mediciones no dejan duda de que el pie romano de los sepulcros, difiere del de los obeliscos, del de las piedras miliarias, del de las reglas encontradas en las ruínas, y del de las dimensiones conocidas ó estudiadas de edificios perfectamente conservados. Y la razón es evidente. ¿Quién puede suponer que los arquitectos de tan distantes obras aspirasen á medidas de precisión, ni que sus varas de medir estuviesen contrastadas con esmero por el prototipo depositado en el Capitolio, que se quemó en tiempos de Vitelio?

#### PIE SEPULCRAL

Líneas  
de  
París.

|                                                                                            |          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| El de la tumba de Statilius hallada el siglo XVI en el jardín del Vaticano.....            | = 131,17 |
| El de la de Cneius Consutius, en el jardín de Angelo Colozzi, hacia 1516.....              | = 130,59 |
| El de la de Æbutius.....                                                                   | = 131,14 |
| El de la de un monumento regalado al Museo Capitolino (Roma) por el Marqués de Caponi..... | = 130,80 |

(1) A veces sólo se tiene de ellos un vaguísimo concepto. ¿Qué era el peso del Santuario, patrón de las pesas hebreas, que se guardaba en el templo de Jerusalén?

## PIE CAPITALINO

Líneas  
de  
París.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Lucas Pætus (De mensuris et Ponderibus romanis et græcis, Venecia, 1573) encontró tres reglas de la longitud de un pie, según él, tan iguales, que no ofrecían discrepancia. Grabó una copia en piedra, y la regaló al Museo Capitolino, por lo cual se conoce esta dimensión con el nombre de <i>Pie Capitolino</i> ..... | = 128,70                                                 |
| Otras dos reglas halladas después dan.....                                                                                                                                                                                                                                                                                 | = 128,75<br>= 130,03<br>= 130,50<br>= 130,93<br>= 132,89 |
| Otras reglas de 4 pie han resultado.....                                                                                                                                                                                                                                                                                   | = 130,56<br>= 129,24<br>= 131,16<br>= 130,66             |

## PIE MILIARIO

|                                                                               |                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| De varias mediciones de confianza hechas entre piedras miliarias resulta..... | = 130,60<br>= 130,29<br>= 130,51 |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|

## PIE PÓRFIDO

|                                                                                                          |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Había en Roma una columna de pórfido (hoy perdida) de 9 pies. Pætus dedujo de ella.....                  | = 130,03 |
| Pero un editor de Vitrubio (en 1552) la halló.....                                                       | = 131,63 |
| Tal discrepancia sólo puede explicarse por haberse medido la misma columna con distintas varas de medir. |          |

## PIE DE LOS OBELISCOS

|                                                                                                                                                  |          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Existen en Roma dos obeliscos traídos de Heliópolis por Augusto. De la diferencia entre ambos, consignada por Plinio, resulta el pie romano..... | = 137,19 |
| Tanta diferencia con las demás medidas, acusa en Plinio una mala medición de estos cuerpos, indudablemente, difíciles de medir entonces.         |          |

## PIE DEL CONGIO

|                                                                                                                                                                         |          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Vespasiano colocó en el Capitolio un congio, cuya capacidad era = $\frac{1}{8}$ del ánfora ó pie cúbico romano. La longitud del pie está grabada en el congio y es..... | = 132,80 |
| Pero de la capacidad del agua que el congio puede contener resulta el pie.....                                                                                          | = 133,21 |
| De otro congio, existente en París, dedujo Auzout.....                                                                                                                  | = 134,18 |

## PIE MONUMENTAL

Para el cómputo de éste se supone:

Que los arquitectos romanos no usaban sin motivo especial en sus monumentos fracciones de pie;

Que sabemos bastante de esta longitud para no creer que una dimensión probable de 10 pies pueda ser de 9 ni de 11.

|                                                                        | Líneas<br>de<br>París                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| De este modo Greaves computa el pie romano de los monu-<br>mentos..... | = 131,50                                                                                                                                                                                                                        |
| La Hire.....                                                           | = 131                                                                                                                                                                                                                           |
| La Condamine.....                                                      | = 132,40                                                                                                                                                                                                                        |
| La Hire.....                                                           | = 130,90                                                                                                                                                                                                                        |
| Jacquier.....                                                          | = 131,08                                                                                                                                                                                                                        |
| Jacquier.....                                                          | = 131,14                                                                                                                                                                                                                        |
| Raper.....                                                             | $\left\{ \begin{array}{l} 131,14 \\ 131,60 \\ 131,62 \\ 131,11 \\ 131,16 \\ 131,05 \\ 131,16 \\ 131,05 \end{array} \right\} \text{ término medio. } \left\{ \begin{array}{l} \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \end{array} \right. = 131,15$ |

|                                                                                                                                                                                                                                     |          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Raper creyó observar que el pie romano resultaba menor en<br>los edificios posteriores á Tito, y atribuyó el cambio á la<br>destrucción del Capitolio del tiempo de Vitelio. El térmi-<br>no medio del pie en estos edificios ..... | = 130,34 |
| Wurm dedujo de mediciones en el anfiteatro de Verona el pie.                                                                                                                                                                        | = 131,12 |
| Y de la discusión general de todos los datos que juzgó más<br>autorizados (1).....                                                                                                                                                  | = 131,15 |

Bien cabe, pues, afirmar que al estimar nosotros los modernos en 131,15 líneas de París la longitud del pie romano, tenemos de esa magnitud nociones tan aproximadas acaso como los mismos arquitectos de la señora del mundo.

De las medidas griegas, hebreas y fenicias, así como de las de Egipto, no poseemos más que nociones muy incompletas, á pesar de haber construído esos pueblos muchos y grandiosos monumentos (2).

(1) Consúltense las siguientes autoridades, además de las ya citadas:

RAPER, *Phil. Trans.* 1750.

YOUNG'S lectures, II, pág. 153.

AUGUST BOECKH, *Metrologische Untersuchungen*, Berlín, 1838.

J. F. WURM, *De ponderibus et Rationibus apud Romanos et Græcos*, Stuttgart, 1821.

(2) De las medidas hebreas, aunque bien establecidas en sus proporciones, no conocemos las dimensiones absolutas. Véanse entre otros pasajes notables las medidas del Libro del profeta Ezequiel, cap. XL á XLVIII.

Aunque en grado algo menor, lo mismo nos pasa con respecto á las griegas, si bien parece haber algún motivo para creer que el pie griego era mayor que el romano  $\frac{1}{24}$  de la longitud de éste y que el  $\mu\epsilon\tau\rho\eta\tau\acute{\iota}\varsigma$  era igual á ánfora y media. (En algunos léxicos se afirma que el *metretes* contenía dos ánforas...)



## IV

La pérdida de los tipos romanos hizo suceder á la edad antigua una de confusión y discrepancias, que pudiera muy bien calificarse de edad media de los pesos y medidas; en la cual, aunque perdidos los tipos de Roma, se conservó su antigua clasificación; y, por haberse conservado la nomenclatura, vino á creerse que el pie romano de la antigüedad era justamente la longitud arbitraria á que cada localidad seguía dando el nombre de pie, diferente, en la mayor parte de los casos, no sólo del módulo antiguo, sino también del módulo usado en los pueblos circunvecinos y comarcanos.

En general, el pie se hizo en casi todas partes más corto que el romano (todo lo más, igual á 110,09 líneas de París en vez de 131,15) si bien esta reducción no pudo evidenciarse hasta pasado mucho tiempo de estudios é investigaciones (1).

## V

Sin embargo, la discrepancia se había evidenciado tanto y sus perjuicios eran tan conocidos, que en época remota, como la de la Magna Charta (Junio 5.1215) ya se dispone que para aliviar tales penalidades no debe haber más que 1 peso y 1 medida en Inglaterra.

Los antiguos metrólogos, para unificar los módulos de longitud, solían imprimir al frente de sus obras una raya que llamaban *figuratio pedis*, la cual representaba, según su leal entender, el largo del pie romano; pero que, por la con-

(1) BUDÆUS, *De asse* (1515) declara que el pie romano es igual al de París. Pero LUCAS PÆRUS (1573) empleó gran diligencia en advertir que la aserción de BUDÆUS era generalmente reprobada. Y ya hemos visto que, teniendo el pie de París 144 líneas, el romano tenía poco más de 131.

ROGERIO BACÓN, cuando habla del pie ó de la milla de su tiempo, la equipara á los datos de PLINIO y TOLOMEO. ANTONIO DE NEBRIJA, *Cosmographia, Introductio* (París 1533), dice que su pie y su paso no diferían del romano.

Y esta ilusión de la identidad entre las medidas antiguas y las de hace tres siglos estaba tan arraigada, que hombres eminentes como PICARD, CASSINI, MONTUCLA y hasta LALANDE, creyeron que FERNEL entendía por pie el de París, cuando por su *figuratio pedis* no queda duda de que daba tal nombre á una longitud = 10 pulgadas inglesas. FERNEL, por tanto, se equivocó en 15 millas al medir su arco de meridiano.

tracción natural del papel, después de impreso, venía á resultar menor que la dibujada :: 41 : 42, según cálculo más bien exagerado por largo que por corto (1).

Y, para evitar los inconvenientes de la divergencia de medidas y subdivisiones locales, los geómetras tenían para su uso particular un sistema, al cual ajustaban sus cálculos y computaciones (2).

(1) Citase á LUCAS PÆTUS como al primero que quiso restaurar las medidas romanas, *De Mensuris et Ponderibus Romanis et Græcis* (Venecia, 1573). Pero LEONARDUS PORTUS (cuya obra debe ser de 1527 por hallarse impresa en Basilea por FROBENIUS), y FERNEL en su *Monalosphaerium* (París, 1526) y en su *Cosmo theoria* (1528), habían ya dado su *Figuratio pedis geometrici*.

Debe consultarse sobre este particular la citada obra de JORGE AGRICOLA *De Ponderibus et mensuris*;

APIANO (PEDRO) *Cosmographia; Pathway to knowledge* (traducción del alemán, 1596);

DE MORGÁN, *Arithmetical Books*;

STOFFLER, *Elucidatio fabricæ ususque astrolabii* (Oppenheim, 1524), (trae la figuración del dígito, el palmo y el pie: éste resulta igual á  $9\frac{3}{4}$  pulgadas inglesas que, con el aumento en la razón de 42 á 41, da 9,98 pulgadas).

El pie medio, examinadas muchas *figurationes pedis*, = 9,7 pulgadas inglesas; aumentada la contracción del papel = 9,8; y según otros = 9,85; longitud que se supuso igual al pie romano, el cual, como hemos visto era, según WÜRME, = 11,648 de pie inglés = 131,15 líneas de París.

(2) No deja duda de la existencia de este sistema el siguiente pasaje de CLAVIUS en su comentario á SACROBOSCO.

*Enumerande sunt mensurae quibus mathematici, maxime geometra, utuntur. Mathematici, enim, ne confusio oriatur ob diversitatem mensurarum in variis regionibus (qualibet namque regio proprias habet propemodum mensuras) utiliter excogitarunt quasdam mensuras quæ certe ac rate apud omnes nationes haberetur.*

El sistema era como sigue:

|                                                |                      |
|------------------------------------------------|----------------------|
| El ancho de 4 granos de cebada.....            | = 1 dígito.          |
| 4 dígitos = 16 granos.....                     | = 1 mano.            |
| 4 manos = 16 dígitos = 64 granos....           | = 1 pie.             |
| 1 $\frac{1}{2}$ pies ó 24 dígitos.....         | = 1 codo.            |
| 10 anchos de manos ó 2 $\frac{1}{2}$ pies..... | = 1 gressus.         |
| 2 gressus, ó bien 5 pies.....                  | = 1 passus.          |
| 10 pies.....                                   | = 1 pértiga.         |
| 125 passus.....                                | = 1 estadio itálico. |
| 8 estadios = 1 000 passus.....                 | = 1 milla itálica.   |
| 4 millas itálicas.....                         | = 1 legua alemana.   |
| 5 millas itálicas.....                         | = 1 legua suiza.     |

El dígito fué una novedad en el sistema de los geómetras del siglo xvi; pero, en la actualidad, 64 granos medios de cebada no darían más que  $\frac{10}{12}$  de la longitud que los libros señalan al pie.

## VI

Tal vez por toda esta clase de evidentes dificultades cuente tanta antigüedad la aspiración á buscar en la naturaleza dimensiones fácilmente (?) recuperables, si llegaban á perderse los tipos adoptados (1); y, verdaderamente, si sólo del comercio se tratara, el Estatuto de Eduardo II de Inglaterra (que hoy hace reír), ordenando que la longitud de 3 granos de cebada constituyesen la pulgada inglesa, dejaría de ser una longitud completamente indeterminada, si á la idea del siglo xiv se agregase otra más moderna: la del término medio de muchas mediciones: pues, si en vez de 3 granos cualesquiera, se adoptase para pulgada legal el término medio de la longitud de 3 000, ó 30 000, ó 3 millones de granos de la misma clase y del mismo terreno, claro es que no sería muy difícil rescatar en cualquier tiempo otra pulgada legal que difiriese de la perdida una cantidad insignificante para las necesidades prácticas del comprar y del vender.

Y, como éste, podrían proponerse para módulos comerciales los términos medios del pie de muchos hombres, la altura barométrica media de muchos años en una cierta localidad, la de las mareas en un puerto, la de un gnomon ú obelisco en los solsticios, como se hizo en Babilonia, etc.

## VII

Sin embargo, las necesidades científicas no pueden quedar satisfechas con esta grosera clase de unidades. La ciencia requiere mediciones de suma precisión, y, por tanto, módulos permanentes exactísimos.

En general, el público no se ha hecho cargo jamás, como es debido, de las inmensas dificultades de la determinación

---

(1) El Estatuto 51 de ENRIQUE III DE INGLATERRA (año 1266) ordena que el penny fuese el peso de 32 granos de trigo bien secos y extraídos del centro de la espiga (20 peniques = 1 onza; 12 onzas = 1 libra.)

El Estatuto 17 de EDUARDO II (año 1324) ordenó que 3 granos de cebada bien redondos y secos constituyesen una pulgada, y 12 pulgadas 1 pie. Pero ¿qué cantidad había que quitar de la parte puntiaguda para considerar bien redondo á cada grano?

de módulos exactos, ni el común de las gentes, no ya ignorantes, sino ilustradas, concibe todavía cómo es que los esfuerzos permanentes de tantos sabios de todas las naciones no han conseguido determinar en absoluto la longitud del metro.

No por amor á la ciencia pura (á la cual, y no á las prácticas, debe la Humanidad todos sus progresos), sino por limitadas aspiraciones de interés inmediato, utilísimas relativamente, los gobiernos han consentido en los grandes gastos que irroga la obtención de pesos y medidas verdaderamente científicos. La navegación exige instrumentos de precisión y planisferios y mapas que señalen los escollos y los puertos, y almanaques náuticos laboriosos para que los cargamentos no se pierdan y las vidas no peligren; todo lo cual, á su vez requiere aparatos perfectos astronómicos y geodésicos imposibles sin exactos medios de medir.

Pero, aunque los gobernantes jamás se han mezclado en las operaciones de los sabios, no por eso han faltado jamás casos risibles en que se ha manifestado candorosa extrañeza de que sea tan difícil proporcionar una buena vara de medir á los honrados tenderos de todas las generaciones.

Y es que, generalmente, quienes desconocen las ciencias naturales no pueden concebir siquiera que de nuestra ciencia de la cantidad, basada sobre exactas mediciones, depende toda la arquitectura naval, sin la cual es imposible el comercio del mundo; toda la industria moderna, que ha redimido de la esclavitud al proletariado, y ha hecho inútil el trabajo servil de los negros, poniendo á disposición de los pobres lo que antes no lograban ni aun los reyes ó los ricos; todo el arte militar que imposibilita á los pueblos salvajes la destrucción de los civilizados; y, en una palabra, todo este orden moderno que ha hecho de nuestra edad la más grande de la Historia.

Es que, descendiendo de estas grandiosas generalidades á las dificultades técnicas del arte de medir, pocos, por desgracia del inmediato porvenir del mundo, se hacen cargo todavía de lo que importa un pequeñísimo error en una dimensión mal estimada y en muchas mediciones acumulado; por ejemplo, el error de la inconcebible longitud causa de que se adelante ó se retrase el péndulo una fracción de segundo al día: es que muy pocos saben que semejante clase de indeterminación produce



confusiones é imposibilidades en la ciencia de la figura de la tierra y en la ciencia de las distancias de los cielos; que un error de un centímetro por kilómetro en la medición de una base geodésica hace imposible la determinación exacta del achatamiento de los polos; que el largo de una regla se modifica variando los soportes, ó moviéndola sobre las imperceptibles irregularidades de la superficie lisa en que descansa; que  $\frac{1}{2}$  milésimo de grado del termómetro centígrado produce efecto considerable en la oscilación de un péndulo, y que, por tanto, la temperatura del observador resulta causa de perturbaciones en la observación: es que muchos ni aun imaginan siquiera que no existe medio absoluto de evitar los errores, por no haber dos observadores que midan igualmente una misma dimensión, y que, por esto, se hace ineludible emplear estimaciones necesariamente erróneas, tomar el término medio de muchas observaciones diferentes de la verdad en poco, ya por más, ya por menos, y calcularles *su peso de probabilidad* (1): es, en fin, que mientras no ha habido buenas máquinas de dividir, buenos microscopios y buenas reglas, no se han podido obtener patrones exactos, ó, por lo menos, próximos á la perfección, y que, para tan grande resultado, ha sido necesario el concurso de los grandes artistas y de los sabios eminentes que nos han dado los tornillos micrométricos, las lentes acromáticas, los cronógrafos eléctricos, y todo este asombroso progreso acumulativo que ha permitido dividir las longitudes lineales en partes tan diminutas como la longitud de las ondas luminosas, las duraciones en diezmilésimas de segundo de tiempo y los ángulos en décimos de segundo de arco.

## VIII

A la edad media de los pesos y medidas siguió otra relativamente moderna (puesto que ha terminado á mediados de este siglo): edad que se distingue por el empeño en buscar

---

(1) 2 000 000 mediciones micrométricas hizo SHEEPSHANKS para determinar la longitud de la nueva yarda inglesa legal de 1855.

AIRY *Phil. Trans.* 1857, pág. 684.



en la naturaleza tipos constantes y permanentes de longitud (1).

El péndulo cautivó la atención de los holandeses y de los ingleses: el meridiano terrestre fijó la atención de los franceses. Y, sin embargo, ni uno ni otro han correspondido á las esperanzas que hicieron concebir.

Séame lícito entrar en pormenores, empezando por el péndulo.

## IX

A las propiedades del péndulo se hallan asociados los nombres de tres genios: GALILEO halló el isocronismo: HUYGHENS lo aplicó á la medida del tiempo (2), estableciendo el medio moderno de determinar su longitud mediante la admirable demostración de la reversabilidad de los centros de suspensión y oscilación: NEWTON lo destinó á medir la intensidad de la fuerza de la gravedad, y, como consecuencia, á la determinación de la forma de la tierra (3).

No bien fueron conocidas las propiedades del péndulo, ya se pensó en buscar por su medio una longitud universal é in-

(1) A fines del siglo pasado fué una verdadera manía la idea de que las medidas de todos los pueblos han tenido conexión, no sólo con longitudes naturales comunes, sino con el diámetro de la tierra (conocido de la SABIA ANTIGÜEDAD en virtud de un cuerpo de doctrina ahora perdido y cuya existencia nadie ha podido demostrar). Esa preocupación vicia profundamente obras, bajo otros puntos de vista, muy apreciables: tales como las *Metrologías*, de PAUCON (París, 1780) y de ROMÉ DE L'ISLE (1789), así como *Les métrologies constitutionnelles primitives*, de autor anónimo. La manía de conexionar hizo que GREAVES dedujese todos los pesos y medidas inglesas de las dimensiones de la gran Pirámide de Egipto.

(2) La igualdad de las oscilaciones de un peso suspendido de un hilo, se dice utilizada por IBON JUNIS (en 1100) y por otros astrónomos árabes. YOUNG, *Nat. Phil.*, vol. I, pág. 595.

Esta clase de péndulo fué bastante usado por los astrónomos, antes que Huyghens lo aplicase á los relojes: llamábanlo *perpendicular*. MOUTON, *Observationes Diametrorum Solis et Lunæ* (Lugd, 1670).

(3) NEWTON en sus *Principia* (Lib. III, s. 19) determina la figura de la tierra suponiéndola fluida, esferóidea, con diámetros polar y ecuatorial : : 220 : 229, y de densidad uniforme. En la proposición 20, refiriéndose á las longitudes de los péndulos de segundo, y de los grados del meridiano, dice: *quod inequalitas diametrorum terræ facilius et certius per experimenta pendulorum deprehendi possit, quam per arcus geographice mensuratos in meridiano*.

La hipótesis newtoniana no es exclusiva ni única: JACOBI ha demostrado que un elipsoide fluido rotante con 3 ejes desiguales, puede presentar una superficie de equilibrio.

variable, y hasta un sistema decimal de pesas y medidas, la prelación de cuya idea parece corresponder á MOUTON (1).

## X

Los ingleses consideraron al péndulo durante mucho tiempo como un instrumento de suma perfección. Pero sus trabajos hicieron descubrir nuevas y no sospechadas dificultades. La elección de la materia que constituye la varilla de suspensión es de tal importancia, que los errores de dilatación pueden resultar :: 1 : 3 : 5 según que esté formada de madera, de acero ó de latón (2).

El péndulo compensador de rejilla, constituido por alambres de metales diferentes—inención de HARRISON, que data de 1725—después de haber salido de las manos del relojero con cuanta perfección es dada al artista, necesita por lo menos un año de experimento por parte del astrónomo ó del geodesta para conocer las variaciones de su marcha; y para corregir estas irregularidades, se requiere un observador de gran habilidad manual. El péndulo de cubeta de mercurio—inventado por GRAHAM en 1722—tiene la ventaja de no exigir para su corrección manos tan diestras en el observador, pero el final ajuste de la compensación sólo se logra cuando el reloj ha andado muchos meses, entre los cuales han de contarse, por lo menos, dos de máximo calor en el verano, y dos de máximo frío en el invierno.

(1) En el Apéndice, pág. 427, de la citada obra *Diametrorum Solis et Lunæ* (1670), está propuesta la *nova mensurarum geometricarum idea*; la cual es un sistema de pesas y medidas basado en la longitud de 1 minuto del grado de meridiano computado por RICCIOLI, longitud á la cual dió MOUTON el nombre de *miliaria*, y cuya milésima parte era la virga, ó sea la longitud del péndulo simple que da 1 252 oscilaciones en media hora. MOUTON, pues, fué el primero que enlazó las determinaciones meridianas con las pendulares.

HUYGHENS (prop. 25, pág. 151, *Horologium oscillatorium*, 1673), habla del modo de fijar una medida universal y perpetua =  $\frac{1}{5}$  del péndulo de segundos, y á la cual da el nombre de *pie horario*. HATTON, *Transactions of the Society of arts*, pág. 238, se propone el problema del *permanent Standard of length*. HATTON utiliza el principio de medir la diferencia entre las longitudes conocidas de 2 péndulos, después adoptado por Bessel. JOHN WHITEHURST, *An attempt towards obtaining invariable measures of length*, 1787.

(2) Un cambio de temperatura de 50° no altera la marcha de un péndulo de varilla blanca, impermeable á la humedad por medio de un barniz, más que en 5'' al día.

Si, desde luego, se observó el influjo de la temperatura, nadie, durante mucho tiempo, se curó del de la presión atmosférica; y, si siempre se creyó indispensable el termómetro, sólo hasta DU BUAT y BESSEL no se echó de ver la ineludible necesidad de consultar las indicaciones del barómetro (1).

La latitud geográfica influye en el número de las oscilaciones de un día; y precisamente en esta propiedad está fundado el uso propuesto por NEWTON para determinar la figura de la tierra. Las observaciones de RICHER, en Cayena (2), que encontró al péndulo de segundos  $1\frac{1}{4}$  líneas menor que en París, habrían sido una brillante confirmación de la teoría newtoniana, á no haber aparecido en contradicción con las medidas *erróneas* hechas del arco de meridiano de París por CASSINI, y á no haber intervenido en el debate los celos nacionales. ¡Como si la ciencia no fuese de la humanidad!

Las dificultades de la medición de la longitud del péndulo simple son tantas, que para vencerlas (y no á entera satisfacción del exigente espíritu moderno) se ha necesitado el concurso de los más hábiles experimentadores (3).

Pero, á pesar de tanta destreza y perspicacia, al fin ha sido necesario recurrir al precioso teorema de HUYGHENS so-

(1) Una mayor densidad del aire actúa como una disminución de la fuerza de la gravedad; es decir, hace andar el reloj más despacio, produciendo un efecto mucho mayor de lo que en un principio pudo sospecharse; porque, como observó DU BUAT y demostró BESSEL, el péndulo incluye en su inercia la atmósfera de aire adherido á él y que lo acompaña constantemente en sus oscilaciones.

BAILY. *On the correction of a pendulum for the reduction to a vacuum*. *Phil. Trans.* 1832, pág. 399.

La forma del péndulo y el pulido de la superficie tienen también influencia en la reducción al vacío. Así, pues, la densidad es directamente proporcional á la presión barométrica é inversamente á la temperatura.

(2) *Récueil des observations faites en plusieurs voyages par ordre de Sa Majesté*, pág. 66, París, 1693. Este volumen contiene también las observaciones de PICARD.

(3) *Acad. Roy. des Sciences*, 1753, pág. 507, sobre las mediciones de MAIRAN.

*Journal du voyage de La Condamine*, pág. 143.

Astron. de LALANDE, 3.<sup>o</sup> edit. sec., 2710. *Base du Système métrique decimal*, vol. III, pág. 337, donde empieza la memoria original de BORDA y vol. IV (?), pág. 441 *Observaciones de Formentera á Unts*.

En 1671 PICARD determinó la posición del Observatorio de TYCHO-BRAHE en Uraniburgo, y, equivocadamente, creyó allí hallar la longitud del péndulo de segundos igual á la del de París. Como PICARD era tenido por el mejor observador de su tiempo, su error fué un argumento formidable contra la teoría de la gravitación universal.

bre la reciprocidad de los centros de suspensión y de oscilación en un mismo cuerpo; trabajo en el cual se está ocupando el mundo científico hace tantos años, sin haber llegado aún á solución completamente satisfactoria. Y, sin embargo, nada más fácil que imaginar una barra en que, perpendicularmente á su longitud, estén implantados dos cuchillos de suspensión paralelos entre sí: nada al parecer más obvio que hacer iguales los períodos de la oscilación, ya sea que suspendamos la barra por un cuchillo, ya sea que la suspendamos por otro, limando materia ó agregándola convenientemente; y, no obstante, nada hay que haya desafiado hasta ahora más porfiadamente la habilidad de los geodestas que la medición de la longitud entre cuchillo y cuchillo; la cual es, según el precioso teorema de HUYGHENS, la longitud del péndulo teórico que vibra en el vacío durante el mismo tiempo (1). Pero el paralelismo perfecto de los cuchillos no se ha alcanzado todavía; los planos de ágata ó de acero en que los cuchillos descansan no son los planos teóricos que el teorema exige; las determinaciones de la duración son muy difíciles, á pesar de los cronógrafos; no existe aún ningún prototipo de longitud bastante autorizado á que referir tan delicadas, delicadísimas mediciones; y, además, después de tomar exquisitas precauciones, aparecen, sin embargo, anomalías (más bien que irregularidades), no entendidas ni explicadas aún; por manera, que la longitud del péndulo de segundos no es todavía conocida con la seguridad y certeza que tan importante problema exige de la ciencia del siglo XIX.

---

(1) KATER, *Phil. Trans.* (1818); Memoria que debe ser leída por cuantos sientan interés hacia esta clase de investigaciones.

KATER, *Invariable Pendulum*, *Phil. Trans.*, 1819, pág. 337.

SABINE, *Experiments to determine the figure of the Earth*, Londres, 1825.

SABINE, *Comparison of the length of the Pendulum at London and Greenwich*, *Phil. Trans.*, 1829, pág. 83.

SABINE, *On the reduction to a vacuum*, *Phil. Trans.*, 1829, pág. 207.

BAILY, *On the reduction to a vacuum*, *Phil. Trans.*, 1832, pág. 399.

FOSTER, *Pendulum Experiments*, *Mem. Astr. Soc.*, vol. VII, pág. 96.

BESSEL, *Untersuchungen über die Länge des einfachen Secundenpendels*, Berlin, 1828. Esta es una determinación admirable. BESSEL se procuró en París una copia que juzgó irreprochable de la famosa toesa del Perú; y computó, en partes de esta toesa, la longitud del péndulo de segundos al nivel del mar á la altura de Königsberg, 54° 43' N., como igual á 440,8179 líneas. Por muchos se estima que esta es la determinación de la longitud del péndulo de segundos más merecedora de confianza.



## XI

Pero llegamos á la mayor de las dificultades.

El péndulo indicaría fácilmente la forma de la tierra si ésta fuese un cuerpo regular de revolución, y si su masa fuese sensiblemente homogénea; pues el factor más necesario para resolver el problema de la intensidad de la gravedad es seguramente el conocimiento de la densidad media de la tierra; y, aunque bastante tenemos adelantado, nuestras determinaciones distan todavía mucho, mucho de la coincidencia que el geodesta y el astrónomo deben apetecer.

## XII

Quizá para un profano no hay pregunta más absurda que la de «¿Cuánto pesa la tierra?» No parece sino que es hasta locura el proponerla.

Las masas relativas de 2 planetas se computan fácilmente por sus efectos atractivos sobre un tercero. MASKELYNE, astrónomo real de Greenwich, autor de los almanaques náuticos, aplicó felizmente esta doctrina suponiendo que la tierra misma es uno de esos planetas: que una montaña, la Schehallien, de Escocia, era el otro planeta, y que el tercero era una plomada. MASKELYNE hizo gran número de observaciones al N. y al S. de la Schehallien, para doblar el desvío de la línea á plomo; y encontró que la dirección de la plomada al N. formaba con la dirección de la plomada al S. un ángulo de  $11\frac{1}{2}$  segundos mayor que el correspondiente á la diferencia de latitud de las estaciones de observación. HUTTON, con los datos de MASKELYNE, calculó la densidad media de la tierra = 5 veces la del agua. (1)

---

(1) *Phil. Trans. Hutton's Tracts*; vol. II.

En 1810 el Barón de Zach situó 3 observatorios junto á Monte Minet. (al N. de Marsella) y encontró una diferencia de  $2''$  entre las latitudes geodésicas de sus observatorios y las astronómicas. Los resultados de ZACH convienen con los de MASKELYNE. ZACH, *Atracción des Montagnes*, Avignon, 1814.

Sin embargo, se cree que la determinación resultante de las observa-



## XIII

En vez de montañas como la Schehallien, empleó CAVENDISH dos grandes bolas de plomo; y en lugar de plomada una balanza de torsión (1) consistente en un astil horizontal suspendido por un hilo: en cada extremo del astil había una pequeña bola, y, cuando se hallaban inmóviles, CAVENDISH las hacía salir de su posición de equilibrio presentándoles las dos mayores una á cada una. CAVENDISH observaba las oscilaciones del astil de las bolas chicas, las comparaba con las de un péndulo, y, teniendo en cuenta su peso específico, dedujo la densidad media de la tierra = 5,48 veces la del agua (2).

BAILY, por excitación de la Astronomical Society, y, á expensas del gobierno inglés, hizo numerosos y delicados experimentos que le dieron un resultado algo diferente del de CAVENDISH. Su balanza de torsión era bifilar, unas veces de hilo de seda y otras de alambre de hierro, cobre ó latón. Tomó toda clase de precauciones contra las influencias del calor, la electricidad, etc., y el promedio de más de 2 000 observaciones hechas con bolas pequeñas, unas veces de marfil, y otras de vidrio, zinc, plomo, platino ó latón, colocadas por turno

---

ciones de MASKELYNE =  $11''{,}2$  pudiera muy bien contener un error, ya en más, ya en menos, de  $2''$ , y acaso de  $3''$ .

Ya BOUGUER, en el Perú, había sospechado que la proximidad del Chimborazo afectaba la plomada en cierto número de segundos, que no determinó.

Mas recientes experimentos se han hecho para determinar el desvío de la plomada, y por ella la densidad media de la tierra; los cuales son debidos al Coronel JAMES, superintendente de la Ordenance SURVEY. JAMES hizo ejecutar en 1855 grandes series de observaciones celestes al N. y al S. de ARTHUR'S SEAT, cerca de Edimburgo, para determinar la atracción de la montaña.

Del cálculo apareció la densidad de la tierra:

$$= 5,316 \text{ con un error probable de } 0,054.$$

CLARKE, *on the deflection of the plumline at ARTHUR'S SEAT and the mean specific gravity of the Earth. Phil. Trans.* vol. CXLVI, 18. 6.

(1) *Phil. Trans.*, 1195.

HUTTON volvió á calcular los datos de CAVENDISH y creyó hallar motivos para estimar la densidad media de la tierra = 5,3.

(2) REICH DE FREIBERG, repitió los experimentos de CAVENDISH y llegó al mismo resultado. Sus experimentos se publicaron en 1838.

en los extremos de un astil horizontal resultó  $= 5,6604$ , con un error probable de  $0,04$  (1).

#### XIV

La discrepancia entre los resultados de MASKELYNE y de CAVENDISH (5 y 5, 48) indujeron á AIRY desde 1826 á emprender series de experimentos simultáneos en la boca y en el fondo de profundas minas. En el verano de 1854, después de tentativas no satisfactorias, AIRY, auxiliado de excelentes observadores, y utilizando la electricidad, llevó á cabo, durante ciento cuatro horas seguidas, observaciones con un péndulo A en lo alto de la mina de carbón de Harton, cerca de South Shields, simultáneas con otras hechas con un segundo péndulo B en el fondo, á la profundidad de 1 260 pies. Durante otras ciento cuatro horas, el péndulo A, experimentado en lo alto, fué observado en lo bajo, y el B, que durante la 1.<sup>a</sup> serie había estado en lo bajo, fué objeto de experimentación en lo alto. Por fin, A fué observado nuevamente arriba, y B abajo durante otras sesenta horas. De las observaciones resultó que el péndulo inferior se aceleraba  $2''25$  al día, lo cual supone que la fuerza de la gravedad era  $\frac{1}{19190}$  más intensa en lo alto que en lo bajo, y que la densidad media de la tierra es  $= 6,623$  veces la del agua, resultado considerablemente superior á todos los demás (2).

(1) Los experimentos individualmente ó aislados dieron resultados bastante diferentes entre los límites 6,154 y 5,500; pero, como nada indica que las diversas clases de materia se atraigan de distinto modo (antes bien los experimentos con el péndulo demuestran lo contrario), se ha creído haber razón bastante para atribuir las discrepancias á errores de observación. BAILY, *Experiments with the torsion rod for determining the mean density of the Earth*. (Mem. Astr. Soc., vol. XIV.)

(2) AIRY, *Account of Pendulum Experiments undertaken in the Harton Colliery for the purpose of determining the mean density of the Earth*. Phil. Trans., 1856, vol. CXLVI. AIRY cree no haber llevado bien en cuenta el hueco de la cuenca del Tyne, ni del Jarrow Slake, ni el talud del mar, ni la gravedad específica de las rocas que cubren las mismas de Harton.

Ya en 1826 se había emprendido esta clase de experimentos por AIRY y WHEWELL con péndulos invariables de KATER en la mina de Dalcoath, una de las más profundas de Cornualles. Los resultados presentaron anomalías, de las cuales se dedujo que el péndulo invariable de KATER no era instrumento digno de confianza; desengaño nunca sospechado hasta entonces, toda vez que la exactitud atribuída á los experimentos del péndulo era casi artículo de fe entre los ingleses de la época. Hay que exceptuar al Dr. KELLY, que no creía en la invariabilidad de las llamadas constantes naturales.

Aparece, pues, que la tierra es densísima; tanto, por lo menos, como las gangas argentíferas de los minerales de plata, y mucho más que las rocas de la superficie, cuya densidad, en general, no llega á 3 veces la del agua; por manera que, si la tierra fuese como una inmensa bomba hueca, el macizo de cuya costra cesase á 500 millas de distancia de la superficie, era preciso que la densidad de esta costra fuese nada menos que igual á la del mercurio. Pero, como se acaba de ver, datos que oscilan entre 5 y  $6 \frac{2}{3}$  sólo son propios para una solución aventurada, si por medio del péndulo hemos de llegar á obtener un módulo de longitud y una determinación exacta de la figura de la tierra. La no homogeneidad de las capas terrestres es un hecho innegable, pero cuya influencia no está aún estudiada, á pesar de ser un factor tan decisivo en la longitud pendular.

Tenemos, pues, datos cualitativos, pero ni con mucho los cuantitativos que la importancia del problema exige.

## XV

Mientras los ingleses se empeñaban en encontrar en el péndulo un prototipo permanente de longitud, los franceses lo buscaron en la dimensión del meridiano terrestre. Y, aun cuando los resultados han dado una solución negativa á la idea de las constantes naturales, sin embargo, pasma de admiración el prodigioso conjunto de trabajos monumentales llevados á efecto para llegar á las ideas que hoy tenemos sobre la figura del globo, no solamente comparadas con las absurdas de la antigüedad, sino analizadas en absoluto y en sí.

## XVI

La geografía empieza por una época de tinieblas y de error que ahora ni comprendemos siquiera.

HOMERO (ó quien quiera que fuese el admirable autor, ó autores, del más antiguo poema de los griegos) consideraba al mundo como un disco, chato, rodeado, como el borde rodea al escudo, por el río Océano, padre de todas las aguas, aunque de todas ellas diferente. La bóveda de los cielos se

apoyaba en los bordes del gran disco; la parte superior de la tierra era la morada de los hombres, y la inferior el Tártaro, mansión de los castigados.

Y aún no está claro que para HOMERO fuese la tierra un disco circular. Quizá para él era más bien oblonga; ó acaso rectangular con los ángulos redondeados, como el escudo de la época, con un diámetro más corto que otro; pero no el de E. á O., sino el de N. á S. Los Etiopes se hallaban á Oriente y Occidente; y, aunque se habla de la tierra de Egipto, el Nilo no se menciona (1).

Hellas, por supuesto, era el centro del Universo.

Ya en tiempos de HESÍODO (800 antes de C. y como 400 después de la destrucción de Troya), los conocimientos geográficos se habían ensanchado: el Nilo se conoce por su nombre, y el sur de Libia es ya la mansión de los Etiopes. Pero todavía para ESQUILO (525-456) (?) que, á los lauros militares ganados de joven en Maratón y Salamina, agregó de adulto (á los 41 años) los del primer triunfo en la escena, seguido de otros doce que le constituyeron en el padre de la tragedia griega, todavía para ESQUILO el mundo está rodeado por el Océano, no ya río, sino mar. Hay 3 continentes: el río Phasis separa á Asia de Europa, y el estrecho de HÉRCULES se interpone entre ésta y Libia. El N. y el S., el E. y el O. se distinguen; pero el mundo es todavía un disco, cuyo centro se halla en Delfos.

Epoca entonces de tinieblas en geografia, no hay que extrañar ninguna clase de suposiciones.

No falta quien cuente que ANAXIMANDRO (610-547) enseñaba que la tierra era un cilindro 3 veces más alto que su diámetro, y otros dicen que él fué quien primero construyó un mapa geográfico y enseñó que la tierra era redonda y que del sol recibía la luna su luz (2). Pero, sea de ello lo que quiera, parece que ANAXIMENES, su discípulo (todavía en 550

---

(1) W. E. GLADSTONE, *Thalasca, the outer Geography of the Odissey*, 1858, *Studies on Homer and the Homeric age*.

BEVAN, *Manual of Geographical Science*.

MALTE BRUN, *Géographie*, I.

(2) *Biographical Dictionary of the Society for the Diffusion of useful Knowledge*.

*English Cyclopædia*, vol. V, 201.



antes de J. C.), enseñaba que la tierra era plana lo mismo que el sol (1).

## XVII

No se crea por este error respecto de lo general, que ni aun en los primitivos tiempos de nuestra civilización era escaso el caudal de los conocimientos geográficos concretos. HOMERO estaba muy bien informado de la geografía de Grecia y del Norte del archipiélago helénico; lo que no es de extrañar, si el autor de la *Iliada*, de la *Odisea*, y los de los antiguos himnos que se les atribuyen en honor de los dioses, llevaron una vida errante, como la de los trovadores de la Edad Media, que hasta fines del siglo XIV recorrían los castillos y dominios feudales, cantando las proezas de los héroes, las hazañas de las antiguas tradiciones, y á veces hasta sus propios amores y peligrosas aventuras.

La navegación había hecho grandes y notables progresos. Tarsis, que se supone existente junto á la antigua Car-teia en Algeciras y al fondo de la bahía de Gibraltar (donde se han encontrado monedas con la cabeza del Hércules Tirio), se halla citada con frecuencia en los libros del Antiguo Testamento, como íntimamente ligada con el comercio de los hebreos y fenicios (2). Ofir (1700 antes de Jesucristo) era ya conocido de los hebreos desde los mismos tiempos de Job (3).

SALOMÓN (1033-975) en unión con HIRAM, rey de Tiro, envió á Ofir una armada desde Ezion-geber en el mar Rojo, la cual volvió, según el Libro *De los Reyes*, con 420 talentos en oro para SALOMÓN, además de sándalo y piedras preciosas, y con 450 según el *De las Crónicas* (4).

(1) Verdaderamente sólo se sabe de ANAXIMENES que escribió en dialecto jónico y que TEOFRASTO compiló sus opiniones. Sus doctrinas se han deducido de pasajes de varios escritores, que acaso tenían de ella imperfecta noción; pero aun esto probaría lo extendido de la antigua creencia acerca de la planicidad de nuestro globo, y no sería objeción en modo alguno.

(2) El nombre ocurre ya en el Génesis, cap. X, 4. *Filii autem Javan: Elisa et Tharsis, Cethim et Dodanim.*—Jonas, por no ir á Ninive á profetizar su destrucción, se embarcó para Tarsis, cap. I, 3. *Et surrexit Jonas, ut fugeret in Tharsis,.... et invenit navem euntem in Tharsis... et descendit in cam ut iret cum eis in Tharsis.*

(3) Si el libro de Job fuese de Moisés, ó de su tiempo, el comercio con Ofir tendría una autoridad histórica de quince siglos anterior á nuestra era.

(4) I *Reyes*, IX, 26-28 y X, 11. II *Crónicas*, VIII, 17-18 y IX, 10.



SALOMÓN tenía también otra flota que cada tres años iba á Tarsis, y volvía con oro y plata, marfil, símios y pavos reales (1).

El bronce es conocido desde la antigüedad más remota, pues no parece sino que desde la edad de la piedra pulimentada se pasase sin transición á la del bronce. Pero el estaño, que no se encuentra tan repartido como el cobre, supone un comercio antiquísimo y una navegación regular, sostenida y muy adelantada, hace de 4000 á 5000 años por lo menos.

El comercio de los fenicios y cartagineses parece que debió extenderse desde la India hasta el Níger y las islas Casitérides, cuya situación ocultaban los últimos como un secreto nacional, y que con toda probabilidad eran las (?) Sorlingas, ó pequeñas islas Scilly al S. de Cornualles, y acaso el Cornualles mismo (2).

(1) I *Reyes*, X, 22.

Los textos bíblicos han dado lugar á la presunción de que las flotas de HIRAM y SALOMÓN, costeano el mar Rojo, doblaban el Cabo de Buena Esperanza y entraban por las Columnas de Hércules en el mar Mediterráneo. Pero la dificultad de admitir tan notables circunnavegaciones desaparece si, con los críticos modernos, se da á las palabras *barcos-de-Tarsis* la significación de buques propios para largas navegaciones; pues entonces basta admitir que SALOMÓN tenía una flota que iba á Ofir por el mar Rojo, y otra en el Mediterráneo, que iba á Tarsis cada tres años desde los puertos de Fenicia. Así, en inglés, se llama *Indiamen* á los grandes buques de carga, vayan ó no á la India.

El comercio de los hebreos con Ofir continuaba aún, después del cisma de Samaria, en los tiempos de JOSAFAT, y con Tarsis en los tiempos de JONÁS. I *Reyes*, XXII, 49-50; II *Crónicas*, XX, 35-37.

La circunnavegación del Africa parece que se efectuó en tiempos de NEKO II (611 á 595) uno de los Faraones de la dinastía XXVI. HERÓDOTO dice expresamente que «el mar rodea al Africa por todas partes, excepto por el istmo que la une al Asia»... «En el otoño los circunnavegantes sembraron tierras en la Libia, esperaron á la cosecha, y, recogida, continuaron su navegación hasta que al cabo de dos años llegaron á las Columnas de Hércules, de donde pasaron á Egipto, en el que desembarcaron al año III de la partida. A su regreso contaron—lo que se me ha hecho difícil de creer, dice HERÓDOTO,—que al dar la vuelta al Africa habían tenido el sol á la derecha hacia el Norte.» Y, sin embargo, la dificultad de HERÓDOTO es precisamente para HÆREN la garantía y la prueba de la realidad de la circunnavegación, circunstancia imposible de imaginar por quien no hubiese pasado verdaderamente la línea equinoccial.

(2) El nombre viene indudablemente del griego *Kασσιτερος*; pero el griego es probable que lo tomase de Kastira, voz oriental, introducida en Europa por los fenicios, quienes seguramente traían el estaño del archipiélago Malayo, antes que se descubriera el del Loira y el de Inglaterra.

Sin embargo, en HOMERO *Kασσιτερος* no significa estaño, sino una liga de plata y plomo con la cual se hacían armaduras. *Dictionnaire Grec-Français*, París, 1857.

El comercio de Tiro y de Cartago era inmenso. Tiro cambiaba sus mercancías por perlas, bordados, lanas y sedería, marfil, ébano, resinas, aceites, vinos, hierro labrado, oro, plata, cobre, estaño, plomo, caballos, carneros, cabras, y cuanto exigía el lujo más bien que las necesidades de la vida oriental (1): Cartago sacaba del interior del Africa oro, piedras preciosas, esclavos negros y elefantes; de Sicilia, aceite y vinos; de Malta, lienzos y paños; hierro del Elba; de Inglaterra, estaño (2); del Báltico, ámbar... *Hasta hay quienes crean* que los cartagineses visitaron las Azores.

Navegantes tan intrépidos que desde el Oriente del Mediterráneo atravesaban las Columnas de Hércules para ir por el Atlántico hacia el Norte hasta las Cassitérides y la lejana Tule (las islas Shetland ó tal vez el Iutland) y hacia el Sur quizá hasta el Senegal (3); y que por el mar Rojo bajaban hasta el golfo Pérsico y la India, no podían tener el concepto de que la tierra fuese PLANA, según las nociones que en el mundo griego vemos todavía en los tiempos relativamente modernos del trágico ESQUILO.

## XVIII

Pero era necesario, para elevarse á la noción de la redondez de la tierra, el pueblo de eminentes pensadores que dotó á la humanidad con la ciencia de la extensión.

La Geometría es esencialmente griega. Que Babilonia y Egipto poseían conocimientos geométricos, lo evidencian sus pirámides, obeliscos y templos, hoy en ruínas. Pero los conocimientos aislados no son ciencia, y de los unos á la otra va un abismo. Tanto valdría decir que los egipcios de la dinastía XVIII, hace treinta y seis siglos, profesaban nuestra química actual, porque usaban colores capaces de resistir indefinidamente á la acción deteriorante de la atmósfera, ó que

(1) Véase la magnífica enumeración de EZEQUIEL, cap. XXVII.

(2) HERÓDOTO, STRABON.

(3) Cartago hizo que su rey Hannon (500?) fuese hasta las costas atlánticas de Marruecos con una colonia de 30 000 hombres. Después de fundar la colonia avanzó Hannon hasta un río donde había cocodrilos é hipopótamos... Del viaje de Hannon, escrito en lengua púnica, sólo queda una traducción griega, que puede verse en HUDSON, *Collection of the minor Greek Geographers*... Créese que los cartagineses visitaran las Azores...

los actuales japoneses la conocen, cual los europeos, porque logran preparar barnices permanentes; ó que saben astronomía las caravanas árabes que atraviesan el desierto, guiándose por la situación de las estrellas.

Los misioneros han encontrado que los chinos conocen la propiedad del cuadrado de la hipotenusa en el caso particular de ser los lados respectivamente 3, 4 y 5; y, sin embargo, no tienen apenas conocimientos de Geometría, por más que les sean familiares algunas reglas útiles de Agrimensura...

Las obras de geometría de la India atribuidas á BRAHMEGUPTA y BASCARA son de los siglos VII y XII de la era Cristiana, y en ellas se encuentra ya la célebre razón de la circunferencia al diámetro  $= \frac{3927}{1250} =$  exactamente á 3,1416!!! Evidente es que antes de BRAHMEGUPTA y BASCARA debió haber habido geómetras en la India; pero no es de presumir que los griegos sacasen de allí su vasta ciencia; pues habría sido muy extraño que no hubieran igualmente traído la notación decimal y las nociones de Algebra en la India ya existentes.

Muchos de los geómetras griegos habían sido grandes viajeros; y buen número de ellos había residido en Egipto, de donde se quiere que tomaran sus primeras nociones geométricas; pero error sería pensar que de allí sacaran su vasta ciencia de la extensión, puesto que los más profundos principios eran reconocidos por ellos mismos como de invención helénica; lo que en aquella época de polémica y emulación científica, no habría podido reconocerse, si hubiesen sido importados de Egipto, donde tantos de aquellos sabios residieran.

La geografía astronómica es, por consiguiente, esencialmente helénica, por lo mismo que lo fué la Geometría. Sin ERATÓSTENES y sin HIPARCO habría sido imposible la geografía real.

ERATÓSTENES de Cirene (276 antes de Jesucristo), geómetra, astrónomo, geógrafo, filósofo, gramático y poeta, contemporáneo del prodigioso ARQUÍMEDES y Superintendente de la Biblioteca de Alejandría, donde se archivaba el saber de la Fenicia, la Caldea, el Egipto y la Grecia; ERATÓSTENES que, habiendo perdido la vista, se dejó morir de hambre, según cuentan, por no poder seguir dedicándose al estudio, fué el

primero que determinó la distancia entre trópicos (1), y que se atrevió, no sólo á demostrar la redondez de la tierra, sino á intentar su medición por un método excelente.

De los datos de su evaluación del arco entre Alejandría y Siena (hoy Asuan), que él creía situados en el mismo meridiano, dió á la total circunferencia la longitud de 25 000 estadios. Eratóstenes halló el arco de meridiano entre trópicos  $= \frac{11}{83}$  de la circunferencia  $= 47^{\circ} 42' 39''$  (!!!) La Academia francesa, veinte siglos después, lo encontró  $= 47^{\circ} 40'$ . ERATÓSTENES también fué quien primero determinó la oblicuidad de la eclíptica, inventó la esfera armilar, fundó un observatorio, construyó una carta general geográfica y fijó el lugar de muchas ciudades importantes, en gran parte desconocidas á los europeos; y, aunque muchos de sus datos sean conjeturales, su mapa fué un prodigio para la época.

HIPARCO dió medios de medir todos los triángulos planos y esféricos, descubrió la precesión de los equinoccios, confirmó el movimiento del polo, descubierto por PITÉAS, marcó la posición de las poblaciones y de los puntos notables del globo por círculos trazados desde los polos perpendicularmente al Ecuador, esto es, por longitudes y latitudes, como ahora, determinó la longitud geográfica por la observación de los eclipses, único recurso científico que podía utilizarse en aquel tiempo; y, por medio de la proyección de que HIPARCO es autor, formamos todavía nuestros mapas.

PROLOMEO, en fin, completó los trabajos de estos grandes maestros, y de sus tablas geográficas se deduce que el conocimiento del mundo antiguo era ya bastante extenso para la Escuela de Alejandría (2).

(1) Siendo tan imperfectos los instrumentos de los griegos y no sospechada siquiera la necesidad de correcciones por mayor refracción en el solsticio de invierno, ni por aumento en el diámetro solar, etc., pasma la exactitud del quebrado  $\frac{11}{83}$  hallado por ERATÓSTENES para el arco de meridiano entre trópicos; por más que muchos quieran amenguar su mérito incomparable, insinuando que aprovechó las observaciones solsticiales de TIMÓCARES y ARISTILO, alejandrinos, hechas con gnomones y círculos armilares. Por ese sistema de amenguar méritos, ningún sabio sería digno de estima, pues que todos trabajan sobre los datos de sus predecesores, ni el progreso sería acumulativo.

(2) Por las tablas de PROLOMEO se ve que conocía las islas Afortunadas (Canarias), pues desde ellas cuenta las longitudes orientales; y que las costas O. de Africa eran conocidas hasta el grado 11 de latitud N. Ya hemos visto que para HERÓDOTO, Libia estaba rodeada del mar, excepto por



Pero tanto ERATÓSTENES como HIPARCO, habrían sido á su vez imposibles sin los grandes geómetras que los precedieron:—sin PITÁGORAS (584 según unos, 608 según otros), el feliz demostrador de la igualdad de los cuadrados construidos sobre los catetos con el construido sobre la hipotenusa:—sin TALES de Mileto (639 ó 640 antes de Jesucristo), descendiente de fenicios, uno de los siete sabios, autor del célebre *Conócete á ti mismo*, de salud tan vigorosa que á los noventa años pudo asistir á la batalla de Pterio entre CRESO y CIRO (547 ó 546) y vivir todavía hasta contar un siglo (lo mismo que sus colegas SOLÓN y PITACO, según cuenta LUCIANO), el primero en prever un eclipse (el ocurrido en 585, cuando los dos ejércitos de CIAXARES, rey de Media, y de ALYATTES, rey de Lidia, estaban empeñados en dudosa batalla), el primero también de los griegos que descubrió el paso de trópico á trópico, y midió la altura de la gran pirámide de Egipto (por la sombra de un gnomón cuando era igual á su altura):—sin ANAXÁGORAS (500), maestro de PERICLES, EURÍPIDES, y acaso SÓCRATES, condenado, según MONTUCLA, por haber intentado explicar la causa de los eclipses, aunque más probablemente por enseñar que no había generación ni aniquilación, sino simplemente unión temporal de las cosas, ó bien por enseñar que la luna no era una diosa, sino un cuerpo que reflejaba luz del sol, y por afirmar que Iris era la luz solar reflejada por las nubes:—sin HIPÓCRATES de Chío, que inventó la cuadratura de las lúnulas:—sin ARCHYTAS, filósofo, diplomático y general, que acometía problemas como el de la duplicación del cubo, disponía palomas de madera que podían volar algunos instantes, y logró inventar (?) la polea y hasta el tornillo (?):—sin EUDOXIO de Cnido (Caria, Asia menor), que introdujo la esfera en Grecia, fijó el año solar en  $365 \frac{1}{4}$  días,

---

el Istmo de Suez. La compilación conocida por el *Periplo del Mar Erythreo*, que corre bajo el nombre de ARRIANO (tiempos de PLINIO el viejo, (?)) contiene muchas noticias del mar Rojo, y las costas de Arabia, Persia, India Occidental, y Africa Oriental hasta Rhapta (Quiloa, (?)).

HERÓDOTO refiere que algunos jóvenes Nasamones cruzaron el desierto en dirección O. y llegaron á un gran río que corría hacia el sol saliente, donde había cocodrilos y á cuyas orillas vivían hombres negros (Níger, (?)).

PLINIO cita á SUTONIO PAULINO que cruzó el Atlas; y PTOLOMEO á MATURNUS, oficial romano, que desde Trípoli anduvo cuatro meses hacia el S., lo que lo habría llevado á la latitud de Timbuctu.



construyó un observatorio en Cnido en lo alto de un monte, suscitó contra sí los celos de PLATÓN, con quien había estado trece años en Egipto, y dejó obras numerosas, de las cuales tomó largamente el inmortal EUCLIDES:—sin PLATÓN, el gran generalizador de los estudios geométricos, y cuyo nombre solamente basta á su historia:—sin EUCLIDES, nuestro maestro aún, de nosotros los geómetras del siglo XIX, maestro de ERATÓSTENES y del gran ARQUÍMEDES, de APOLONIO y de los más eminentes de la escuela de Alejandría:—sin la legión, en fin, de pensadores que se dió al estudio de las secciones cónicas, á la invención de curvas de doble curvatura, á la cuadratura de los espacios circulares, la trisección del ángulo y la duplicación del cubo... ¡Oh! Sin tales hombres y sin tales estudios no habría podido caer en ruínas la noción de la planicidad de la tierra, ni siquiera demostrarse, como una primera aproximación, su redondez, ya vislumbrada por los Pitagóricos y admitida como cosa corriente en los tiempos de PLATÓN.

El gusto por los viajes se extendió, y, aunque muchos viajeros no eran geómetras, sin embargo, sus descripciones contribuyeron á aumentar el caudal común.

HERÓDOTO (484-406) el ALEJANDRO HUMBOLDT de la antigüedad, viajó inmensamente; pues los países por él recorridos abarcan  $31^{\circ}$  de longitud y  $24^{\circ}$  de latitud. Lo que describe fué sin duda examinado personalmente, ó recogido de buenos orígenes: visitó á Babilonia y Ardérica, los países entre el mar Caspio y los golfos de Persia y Arabia, residió en Egipto, estuvo en Escitia y en Tracia, y recorrió la Magna Grecia.

POLIBIO y POSIDONIO, modelos todavía, emularon los viajes y escritos de HERÓDOTO.

La escuela de Alejandría continuó reuniendo materiales para completar el sistema de geografía matemática instaurado por ERATÓSTENES é HIPARCO; pero poco se agregó á las compilaciones y sistema de PTOLOMEO.

---

La geografía de la Edad Media estaba llena de inexactitudes y de errores. Se creía que la zona ecuatorial era una región abrasada y consumida por el tremendo calor de los rayos solares en esas regiones.

Se aseguraba que jamás barco alguno pasaría del hemisferio Norte al hemisferio Sur, porque al acercarse á la zona tórrida se incendiaría y los tripulantes perecerían todos abrasados. Se daba por cierto que allí había golfos de betún ardiendo. Se creía también en islas fantásticas, y se ignoraba que existiesen la América y la Australia. Del interior del África nada se conocía. Del Asia Central había sólo escasas noticias confusas é inexactas, y era ignorada la existencia de las remotas tierras del Oriente, la China y el Japón.

Tal era el estado de los conocimientos geográficos en el siglo XIII, cuando un acontecimiento de carácter casi personal vino á influir poderosamente en la historia de la geografía y en el descubrimiento de tierras ignoradas.

## XIX

En 1250 dos mercaderes venecianos, MATEO POLO y NICOLÁS POLO, hermanos carnales, compraron joyas en Constantinopla y las llevaron á vender, á orillas del Volga, al Khan de los tártaros occidentales, quien se las pagó muy bien. De allí, por el Norte del mar Caspio, fueron á Bokhara, donde estuvieron tres años aprendiendo el mongol, y en 1264 se unieron á una embajada que de Persia mandaba un nieto de Gengis á KUBLAI, el gran Khan de los mongoles, que gobernaba en Tartaria y en China.

KUBLAI recibió á los dos venecianos con la mayor consideración, trabó amistad con ellos, y se complacía en pedirles informes acerca de los pueblos de Europa, de su organización militar y civil, de sus usos y costumbres, y sobre todo prestaba el mayor interés á las noticias que los venecianos le daban acerca de la religión de los pueblos de Occidente. Y tanto llegaron á interesarle estas noticias, que pidió á los dos venecianos que regresasen á Europa con el carácter de embajadores suyos para que llevasen al Papa cartas en que le pedía que le mandase un poco de aceite de la lámpara que arde delante del Santo Sepulcro en Jerusalén, y le enviase cien hombres entendidos en las artes y ciencias de Occidente, para que comunicasen sus conocimientos á los sabios de la Tartaria y de la China. Por esta razón regresaron los dos

hermanos POLO á Europa el año 1269, á los diecinueve años de ausencia.

Cuando llegaron á Venecia se encontraron con una grata novedad. La mujer de NICOLÁS POLO, que había quedado embarazada cuando los dos hermanos habían salido para Oriente, dió á luz pocos días después de la partida un niño, MARCO POLO, que, al regreso de su padre, era ya un gallardo mozo de gran despejo y mucha inteligencia. Los dos hermanos resolvieron que los acompañase cuando volviesen á Tartaria á dar cuenta al Khan KUBLAI del resultado de su embajada.

Después de muchas vicisitudes y de muchas dificultades, recibieron cartas del Papa y una ampolla con aceite de la lámpara del Santo Sepulcro de Jerusalén, y los tres venecianos emprendieron su viaje á Oriente, acompañados de dos dominicos que de miedo al viaje no siguieron.

KUBLAI los recibió en 1275 con el mayor regocijo; estimó el aceite como una dádiva de inapreciable valor, encomendó á los tres venecianos muchas comisiones de importancia, y los colmó de honores y consideración, especialmente al joven MARCO POLO, quien por su gran despejo consiguió granjearse la benevolencia del gran Khan. MARCO POLO estuvo de gobernador en Ian-Chu durante tres años, que empleó en informarse de los usos y costumbres de los lugares que no había podido visitar personalmente, y admitió como ciertas exageraciones y patrañas que en su buen juicio habría debido desechar.

Así transcurrieron más de veinte años, al cabo de los cuales, colmados los tres europeos de riqueza inestimable en joyas y piedras preciosas, debidas á las liberalidades del gran Khan, formaron parte de la comitiva de una princesa de la familia de KUBLAI que iba á casarse con el rey de Persia. La comitiva atravesó la China y se embarcó en una escuadrilla de once embarcaciones frente á la isla *Formosa*; de modo que los tres venecianos fueron los primeros europeos que atravesaron la China. Después de una larguísima navegación llegaron á Ceilán por el estrecho de Malaca, y de allí por Ormuz en el golfo pérsico á Teherán, corte de Persia, de donde regresaron á Venecia en 1295.

La fama de sus viajes y riquezas se esparció pronto por la ciudad, donde todos se apresuraron á distinguir á los via-

jeros con muestras de consideración. En consecuencia, recibió MARCO POLO el mando de una galera de combate; pero entonces le abandonó su buena suerte para elevarle á la inmortalidad. La galera fué apresada por los genoveses, que estaban entonces en guerra con los venecianos, y MARCO POLO, cargado de cadenas, fué llevado á Génova y custodiado en una prisión. Pronto la noticia de sus viajes cundió por la ciudad, y muchos caballeros genoveses venían á visitarlo para que les relatase sus maravillosas aventuras. Rogáronle muchos que las pusiese por escrito, y tanto pudieron los ruegos que lo consiguieron al fin. ¡Obsérvese cuánto fué necesario para que saliese á luz el libro más influyente en el descubrimiento del Nuevo Mundo! Y también en el conocimiento de la forma de la Tierra.

Los viajes de MARCO POLO fueron traducidos á todas las lenguas; se sacaron de él centenares de copias (pues todavía no estaba inventada la imprenta), y el asombro se hizo general. Y ¿cómo no?

¿Cómo no había de sorprender y admirar el relato de tanta maravilla y de tanto prodigio, referentes á regiones ignoradas? ¿A quién no había de sorprender la descripción de la provincia del Catai, que, entre otros portentos, encerraba una ciudad de 24 millas cuadradas, Cambalú, donde estaba el palacio del emperador, con salones de columnas de cobre y oro,— ciudad de un comercio portentoso, en la cual entraban diariamente mil carros cargados de seda, y donde abundaban hasta la profusión el oro, los diamantes, las perlas y todos los aromas del Oriente? ¿Cómo no había de maravillarse la descripción de la gran provincia de Man-Gui, que contaba 12 000 ciudades, entre las cuales se distinguía la población de Kinsai, la Ciudad del Cielo, de cien millas de circuito, fundada, como Venecia, sobre un número considerable de islas contiguas, que se comunicaban entre sí por 12 000 puentes de piedra, tan altos y tan anchos que pasaban cómodamente por debajo de ellos las más grandes embarcaciones? ¿Cómo no había de asombrarse el gran palacio del rey de la isla de Cipango, portentoso edificio cuyas tejas eran de oro, cuyas ventanas tenían marcos de oro y cuyos suelos estaban embaldosados con ladrillos de oro? ¿Cómo, en una época de supersticiones, no había de leerse con espanto que los soldados de esta misma



isla de Cipango eran invulnerables, por llevar rodeados los brazos de piedras encantadas?... Y como éstos, otros mil relatos prodigiosos.

MARCO POLO hizo testamento en 1323.

La fama de las obras de MARCO POLO llegó á la ciudad de Nuremberga, centro de los geógrafos más distinguidos de la época. Estos geógrafos, no bien recibieron los escritos de MARCO, se pusieron á estudiarlos con el mayor empeño, y á calcular, contando los días empleados en los viajes, las distancias recorridas por el viajero veneciano; pero las computaron tan desatinadamente que en los mapas nurembergueses el Asia cubre todo el Océano Pacífico, hasta el punto de estar situadas las playas orientales asiáticas en el mar de las Antillas.

Muchos son los errores, muchas las consejas y patrañas admitidas por la credulidad de MARCO POLO, muchas las inexactitudes que la crítica encuentra en el famoso libro del gran veneciano, donde sólo son dignas de fe las descripciones de los monumentos que él vió con sus propios ojos y las de los parajes que visitó personalmente; pero de ninguna manera le es imputable el error que situó en las Antillas las costas orientales de Asia, pues la responsabilidad de tan enorme equivocación carga exclusivamente sobre los geógrafos de Nuremberga. Y sobre ellos pesa también la insigne equivocación que privó al Genovés inmortal de los honores del gran descubrimiento del Nuevo Mundo; porque las noticias del colosal acontecimiento llegaron á los geógrafos alemanes juntamente con los nombres de COLÓN y AMÉRICO VESPUICIO tan indecisas y confusas, que los alemanes tomaron á AMÉRICO por el verdadero descubridor (1).

Y, sin embargo, COLÓN prohibió este error, creyó en él como si fuera artículo de fe y lo hizo el eje principal de su famosa argumentación, pues COLÓN raciocinaba de este modo:

La tierra es redonda;

MARCO POLO, caminando siempre hacia el Oriente, necesitó, para ir desde Venecia hasta el Catai, recorrer un arco terrestre de 300 grados;

---

(1) Véase HUMBOLDT: *Exámen crítico de la Geografía del Nuevo Mundo y Progresos de la Astronomía en los siglos xv y xvi*.



Luego yo, caminando hacia Occidente, llegaré también al Catai, sin necesidad de recorrer más que un arco de 60 (1).

Tributemos al genio toda clase de honores, pero no le hagamos el agravio de atribuirle lo imposible. Malos amigos son del gran navegante genovés los que repiten una vez y otra vez que su genio le hizo *adivinar* la existencia del continente americano.

Lejos de haber una *adivinación* en el descubrimiento del Nuevo Mundo, hubo un error considerable: el cometido por los geógrafos de Nuremberga, que decidió á COLÓN á dirigir su rumbo hacia Occidente.

COLÓN, pues, no descubrió lo que buscaba, porque, cuando iba en busca del Catai, cuando iba en busca del Asia, encontró el continente americano, que se le interpuso en el camino.

Y, como América está en el sitio donde los mapas nurembergueses colocaban las playas asiáticas, COLÓN creyó siempre en su ceguera que costeaba las tierras del Oriente, y se murió sin saber que había descubierto un nuevo mundo, sino que había tomado tierra en el Oriente asiático: el descubrimiento de América fué debido á una verdad y un error.

El libro de MARCO POLO era para COLÓN lo mismo que el Evangelio, y por eso el gran navegante genovés esperaba llegar primero á Cipango, la isla de las tejas y de los ladrillos de oro; de allí se proponía pasar á la provincia de Mangui, la de las 12 000 ciudades, entre las cuales se encontraba la Ciudad del Cielo con sus 12 000 puentes de piedra; y, por último, pensaba trasladarse al Catai, para visitar al gran Khan de Tartaria, en su corte de Cambalú, aquella ciudad magnífica donde había columnas de cobre y oro, donde entraban diariamente los mil carros de sedas, y donde abundaban de un modo prodigioso el oro, las perlas y todos los perfumes del Oriente.

Nada de esto encontró COLÓN, ni era posible que lo encontrase, por más que se creyera costeando el Oriente del Asia; pero encontró algo mejor, inmensamente mejor: la bendita tierra de América, donde existe más oro y más plata y más

---

(1) Estos números sólo son números redondos.

productos útiles y preciosos que pudo soñar nunca la ardiente fantasía de COLÓN: país del progreso y de lo porvenir.

¡Oh felicísimo error que nos ha valido un nuevo mundo!

## XX

¡Qué lento es el progreso!

¡Cómo lo evidencia el Asia de COLÓN!

Así, en veinticinco siglos, desde las ideas de la planicidad de la tierra sólo había conseguido adelantar la humanidad hasta llegar á las ideas de la redondez del globo, y tener un concepto del Asia tan distante de la verdad como del radio de la esfera.

COLÓN todavía (además de las preocupaciones del vulgo sobre la zona tórrida y los golfos de betún ardiendo), halló en contra de sus proyectos las arraigadas opiniones de LACTANCIO y SAN AGUSTÍN sobre la imposibilidad de la existencia de los antípodas; si bien COLÓN tenía á favor de sus opiniones, no solamente la autoridad del Cardenal ALIACO, que en 1416 asistió al Concilio de Costanza, y cuyo tratado de cosmografía era tan familiar á COLÓN cuanto que lo tenía lleno de anotaciones de su puño y letra, sino también la autoridad de su contemporáneo TOSCANELLI, físico y geógrafo de Florencia, cuya interesante correspondencia con COLÓN nos ha conservado el filántropo dominico, honor de España y bienhechor de los indios, fray BARTOLOMÉ DE LAS CASAS (1).

---

¿Por qué tanta lentitud? Porque la ciencia de la geografía no realiza sus pasmosos adelantos sin medios exactos y seguros de medir. ¿Qué cómputo serio puede hacerse fundado en días de marcha, sin llevar siquiera en cuenta si los días son largos ó cortos? ¿O calculando el paso de los camellos, como en tiempos de ALMAMUN? ¿O por el número de las vueltas de la rueda de un carruaje, como hizo FERNEL al principio del siglo xvi?

---

(1) *Historia de las Indias*, lib. I, cap. XII, colección de los viajes y descubrimientos que hicieron los españoles, etc., MARTÍN FERNÁNDEZ DE NAVARRETE. Tomo II, núm. 1, Colec. Diplom.

Los antiguos no tuvieron nunca medios adecuados de medir las distancias angulares. COLÓN fué de los primeros en aplicar el astrolabio á la navegación. Hasta que RAMSDEN, en 1766, inventó la máquina de dividir—(perfeccionada luego en 1776)—las indicaciones de los sextantes no merecían confianza dentro de cinco minutos de grado, lo que podía dejar una duda de 50 leguas náuticas (1). El error de los grandes instrumentos de RAMSDEN no llegaba á  $2'' \frac{1}{2}$ , aproximación entonces admirable.

Ni hubo medios de medir aproximadamente siquiera el segundo de tiempo hasta que el péndulo (semejante á una plomada) se usó como perpendicular. Faltaban reglas auténticas y fidedignas. Ni aun siquiera existían prototipos de medir... ¿Qué mucho que el estado general de la ignorancia fuese una petrificación? ¿Cómo esperar medir la tierra sin medidas? Y, sin embargo, la medición de los arcos de meridiano era un *desideratum* general en geografía.

## XXI

En la medición de los arcos de meridiano hay que distinguir una primera época de determinaciones hoy inaceptables, y otra segunda época de determinaciones dignas de tenerse en cuenta aun en la actualidad.

### PRIMERA ÉPOCA DE MEDICIONES MERIDIANAS

El primer arco (2), medido según el método adoptado después generalmente, determinando primero una base, y, desde ella, haciendo una conveniente triangulación, conforme á las mediciones de los ángulos por medio de instrumen-

---

(1) LALANDE: *Vida y trabajos de Ramsden en el Journal des Savants*. Nov. 1788, pág. 744.

(2) No hay para qué hablar de las mediciones antiguas. La de ERATÓSTENES, excelente por la teoría, peca por la deficiencia de los datos.

Lo mismo pasa con la ordenada por AL-MAMUN, de la dinastía de los Abásidas, descendientes de ABBAS-BEN ABD-AL-METALLEB, tío de Mahoma. AL-MAMUN llegó al sólio en 813, fundó colegios en Bagdad, Bassora, Kufa y Nishabur: hizo traducir obras del sánscrito y del griego; edificó observatorios, hizo construir instrumentos y mandó medir un arco de meridiano en Mesopotamia entre Palmira y Raca, junto al Eufrates.

tos circulares, fué el de Alkmaar y Bergen-op-zoom, computado por el amigo de KEPLERO y matemático holandés SNELL, quien le dió 55 100 toesas;—resultado unas 3 millas menor de lo que debe ser (1).

RICARDO NORWOOD midió, en la primera parte del siglo XVII un grado entre Londres y York. Computando las posiciones del camino que seguía, y reduciéndolas á la dirección del meridiano y al plano horizontal, halló el

$$\text{Grado} = 57\,800 \text{ toesas,}$$

inexactitud que no debe sorprender, porque muchas veces midió por pasos las distancias (2).

Entre Bolonia y Módena, el jesuita RICCIOLI, ayudado de GRIMALDI, midió una base, y usó para tomar los ángulos las reglas paralácticas de PTOLOMEO. Su arco resultó (?) = 66 777 *english fathoms*, y es mayor que el verdadero en más de 6 000 *fathoms* (3).

PICARD, en 1669, empezó la medición del arco entre París y Amiens; y, por una feliz compensación de errores, halló

(1) SNELL midió su base con varas de madera y tomó los ángulos con un cuadrante. Ya en 1621 había descubierto la ley que liga los ángulos de incidencia y refracción, que DESCARTES en 1637 publicó en su *Dióptrica* como resultado de propias observaciones.

MUSSCHENBROECK, un siglo después, revisó los trabajos de SNELL y halló el grado = 57 003 toesas.

En Holanda se ha hecho otra medición.

De 1801 á 1809 el general KRAYENHOFF tomó por base uno de los lados de un triángulo de la red geodésica de Francia, por DELAMBRE, de modo que esta medición es una ampliación de la francesa.

SNELLIUS, *Eratosthenes Batavus, de Terræ ambitus vera quantitate*. Lugduni Bat, 1617.

MUSSCHENBROECK: *Disertationes Physicæ*. Lugduni Bat, 1729.

KRAYENHOFF: *Précis historique des opérations Géodésiques et Astronomiques faites en Hollande pour servir de base á la topographie de cet Etat*. La Haye, 1815.

(2) *Sometimes I measured, sometimes I paced, and I believe I am within a scantling of the truth.*

Véase *The seaman's practice containing the mensuration of a degree of the Earth*. 1637, 1655, 1667, 1668, 1678.

Este matemático, de cuya vida tan poca cosa se sabe, es autor de muchas obras de matemáticas y de náutica, muy estimadas en su tiempo.

(3) RICCIOLI: *Geographiæ et Hydrographiæ reformata*, libri XII. Bononiæ, 1661.

RICCIOLI: *Almagestum Novum*, 1653.

RICCIOLI creía que las medidas de su tiempo eran enteramente las de los antiguos. El Almagesto deja ver gran simpatía hacia la teoría Copernicana, y hace conjeturar que los teólogos se oponían á ella sólo por el temor de hacer concesiones.



el grado (1) = 57 060 toesas, resultado felicísimo que proporcionó á NEWTON los datos que necesitaba sobre el diámetro de la tierra y la órbita de la luna, para poder anunciar al mundo su inmortal descubrimiento de la ley de la gravitación universal (2).

En 1683 emprendió DIONISIO CASSINI el mapa geométrico de Francia, partiendo de la base de PICARD; pero comprobándola con otras dos, medidas en las extremidades del arco de meridiano. Este se dividió en dos secciones (3).

La de Callioure á París, de la que resultó el grado igual á 57097 toesas

Y la de París á Dunquerque, de la que apareció = 56956.

## XXII

### SEGUNDA ÉPOCA DE MEDICIONES MERIDIANAS.

De esta equivocación de CASSINI I data no sólo la segunda época de mediciones geodésicas dignas de aprecio, sino también la gran estimación del péndulo como demostrador de la figura de la tierra.

Si los arcos decreciesen con la latitud, la tierra en vez de aproximarse á ser un esferoide achatado hacia los polos, semejante á una naranja, sería semejante á un limón prolongado por los polos. El achatamiento polar es consecuencia de la ley newtoniana, y visible en los grandes planetas Júpiter y Saturno: los experimentos de RICHER en Cayena, donde el

(1) PICARD: *Mesure de la Terre*, 1671.

*Degré du Méridien entre Paris et Amiens, avec les observations de MM. de Maupertuis, Clairaut, Camus, Lemonnier....* 1740.

PICARD midió una base = 5663 toesas, tomó los ángulos con un cuadrante; y, por primera vez, empleó anteojos con cruces filares de alambre, novedad de alta importancia.

(2) Cuando NEWTON empezó sus investigaciones sobre la atracción universal se estimaba un grado de latitud en 60 millas en vez de  $69\frac{1}{2}$ : su teoría estuvo, pues, durmiendo dieciséis años, hasta que en 1682 oyó casualmente hablar de la medición de PICARD, hecha trece años antes. Á consecuencia, en 1686 presentó á la *Royal Society* el manuscrito inmortal *Philosophiæ Naturalis Principia mathematica*, acusados de impíos por Leibnitz, y desdénados en el continente, donde tuvieron que luchar con las doctrinas de DESCARTES.

(3) CASSINI: *Traité de la Grandeur et de la figure de la Terre*. París, 1720; Amsterdam, 1723.

La parte Norte de París á Dunquerque fué completada por JACOBO COSSINI en 1718.



péndulo de segundos era menor que en París, daba también razón á NEWTON; las rivalidades nacionales y los celos científicos sostenían con brillantes paralogismos y sutiles argucias los resultados de CASSINI;... y, para zanjar la cuestión, después de un verdadero escándalo científico, la Academia francesa acordó enviar las dos famosas expediciones al Perú y á la Laponia, para que cada una midiese un arco de meridiano; la primera formada por los académicos franceses BOUGUER, LA CONDAMINE y GODIN, y los oficiales españoles JORGE JUAN y ANTONIO DE ULLOA; y la segunda compuesta de MAUPERTUIS, CLAIRAUT, CAMUS, LEMONNIER y OUTHIER.

La comisión del Perú, desde 1735 empezó á medir una base de 6 274 toesas, en la planicie de Quito, por BOUGUER y GODIN separadamente, y otra de comprobación de 5 259 por los españoles, que resultó diferir en menos de una toesa: la medición se hizo con pértigas de madera, las cuales se comparaban cuidadosamente con una toesa de hierro llevada de París, famosa por esta medición, y conocida en el mundo científico con el nombre de toesa del Perú.

A ella se han referido todas las mediciones europeas del continente, y en términos de la misma se han expresado todas las evaluaciones de grados del meridiano, pues de esa toesa salió la determinación del metro.

La amplitud del arco del Perú se extendía desde 2'31" N. á 3°4'32" S.

Hecha la reducción al nivel del mar y á la temperatura de 13° REAUMUR resultó el grado

|                          |                 |
|--------------------------|-----------------|
| Según BOUGUER.....       | = 56735 toesas. |
| Según LA CONDAMINE.....  | = 56749         |
| Según los españoles..... | = 56768 (1).    |

La comisión de Laponia midió una base sobre el hielo en Tornea, extremidad del Golfo de Botnia en 1736 á los

66° 48' 22" N.

y halló

1° = 57 422 toesas,

(1) BOUGUER: *La figure de la Terre*, 1749.

LA CONDAMINE: *Mesure des trois premiers degrés du Meridiens dans l'hémisphere Australe*, 1751.

JORGE JUAN  
ANTONIO DE ULLOA } sus obras.

resultado que hoy se estima excesivo, comparado con otras determinaciones, y tanto más cuanto que el arco de MAUPERTUIS fué remedido en 1801-1803 por SVANBERG y hallado

$$= 57\,196 \text{ toesas (1)}$$

más en armonía con otras computaciones.

¡La teoría de NEWTON triunfaba!

¡El péndulo tenía razón contra CASSINI!

¡Los ingleses se fijaron más en el instrumento debido á GALILEO, HUYGHENS y NEWTON! Pero los franceses volvieron con más amor los ojos á sus mediciones meridianas.

Después de la vuelta de MAUPERTUIS y su colega se midieron en Francia seis bases: la cercana á París cinco veces. El arco meridiano se remidió por MECHAIN y DELAMBRE con exquisita precisión, y las longitudes se observaron por la ignición de pólvora en estaciones intermedias (2).

### XXIII

Tan exactas y dignas de confianza se estimaron ya estas mediciones, que cual nunca revivió la idea de obtener por la longitud natural del arco del meridiano un sistema permanente y universal de pesas y medidas. Preparados así los ánimos, la Convención francesa, en 1791, resolvió establecer el sistema métrico decimal; y esto ocasionó la remedición del arco del meridiano parisién desde Dunquerque á Barcelona (3).

De resultas de estos trabajos y de los hechos en el Perú,

(1) MAUPERTUIS: *La figure de la terre déterminée par les observations au cercle polaire*, 1738.

SVANBERG: *Exposition des opérations faites en Laponie pour la détermination d'un arc du Méridien*, Stockholm, 1815.

(2) LA MÉRIDIENNE *del Observatoire Royal de Paris vérifiée*, 1744.

(3) Se introdujeron grandes mejoras: la parte Norte de Dunquerque á Rhodéz fué encargada á Delambre; la parte Sur de Rhodéz á Barcelona á Mechain. Los ángulos se midieron con círculos repetidores. Las latitudes y azimudes se determinaron en las estaciones de Dunquerque, París, Evaux, Carcassonne y Monjuí.

Muerto MECHAIN conexionaron BIOT y ARAGO (1807-1809) por medio de un triángulo, uno de cuyos lados tenía más de 100 millas, la costa de Valencia con Ibiza, y después con Formentera: con lo cual la amplitud llegó á  $12\frac{1}{2}$  grados.

los comisionados franceses dedujeron la elipticidad de la tierra y la longitud del metro. La tierra fué considerada como un esferoide de revolución: la elipticidad estimada como

$$= \frac{1}{334}$$

y el metro como la diezmillonésima del cuadrante del meridiano á la temperatura del agua á cero grados é igual á

443,296 líneas

de la toesa del Perú, cuando la temperatura de la toesa es = 13° R.

De esta longitud se sacaron tres copias: una que se guardó en el Observatorio de París y se ha perdido, otra que también desapareció y otra que se conservó en Madrid y resultó ser el único prototipo existente (1).

Francia creyó que ninguna futura operación hallaría error ni aun microscópico en el metro francés, derivado de una constante natural; y, por tanto, siempre recobrable si llegaba á perderse. Pero, al estimar la distancia entre los paralelos de Monjuí y Mola (Formentera), no se aplicó la corrección debida por la convergencia de meridianos estimada sin ella por BIOT y ARAGO en 153 605 toesas  $\frac{77}{100}$ ; y por BESSEL, teniendo en cuenta la corrección, en 153 673,61. Y, tanto por esta clase de error, como por los datos deducidos de la medición de otros arcos, resultó que el metro debió ser la 10 000 855,76 ava parte del cuadrante del meridiano de París; ó bien, que el metro legal en uso debía ser alargado á 0,00000856 de su propia longitud, para convenir con el metro ideal que quiso establecer el Decreto de la Convención. De todo lo cual aparece que el actual metro francés no es más que una parte arbitraria de la toesa del Perú, en términos de la cual se midieron las bases del Perú y de Francia (2).

(1) Del prototipo madrileño se sacó una copia por ISMAIL EFFENDI para la triangulación de Egipto.

ISMAIL EFFENDI-MUSTAFA, *Recherche des coefficients de dilatation et étalonnage de l'appareil à mesurer les bases géodésiques appartenant au Gouvernement égyptien*.

(2) *Base du Système Métrique décimale*, 3 vol. París, 1805, 1807, 1810.

BIOT y ARAGO: *Recueil d'observations géodésiques*, 1821.

BESSEL: *Astronomische Nachrichten*.

## XXIV

La idea de la planicidad de la tierra necesitó siglos para convertirse en la de redondez. La de redondez no se transformó en la de esfericidad sino al cabo de un espacio de tiempo mucho más considerable, y, para ello, se necesitó el número inmenso de mediciones hechas, y de las preciosas confirmaciones del péndulo que nos revelan esta forma con sin igual persuasión.

Pero no ha transcurrido medio siglo para demostrar que la tierra no es un esferóide regular de revolución, sino un esferóide IRREGULARÍSIMO, cuyos meridianos no son comparables entre sí.

Progreso tan maravilloso ¿á qué se debe? ¿Cómo este siglo ha podido llegar en tan breve tiempo á la nueva noción? ¿Por qué tal rapidez?

Porque sólo la ciencia cuantitativa tiene las alas de la electricidad. Porque solamente este siglo siente la poesía intelectual del medir y el computar. Porque únicamente la edad moderna sabe trabajar por número y medida.

El ejemplo de Francia, las necesidades de saber la topografía de cada país, las exigencias militares, y, más que nada, el ánsia de conocer el planeta que habitamos, determinaron la medición de arcos de meridiano en los Estados del Papa (1), en el Cabo de Buena Esperanza (2), en el reino Lom-

(1) En 1751 BOSCOVICH y LEMAIRE determinaron la distancia meridiana entre los paralelos de Roma y Rímini.

$$1^{\circ} = 56976 \text{ toesas.}$$

Después se ha visto que este resultado contiene errores de consideración.

BOSCOVICH: *De Litteraria Expeditione per Pontificam Ditionem ad dimittendos duos Meridiani Gradus*, Romæ, 1755.

DE ZACH, *Correspondance Astronomique*, vol. IV.

(2) La Caille en 1762 midió el arco del Cabo y halló

$$1^{\circ} = 57037 \text{ toesas.}$$

Lo anómalo de este resultado ha sido bastante bien explicado por la influencia de la masa considerable de la meseta del Bushnan, elevada más de 3000 pies sobre el nivel del mar.

LA CAILLE: *Mémoires de l'Acad. Royale des Sciences*, 1751.

LA CAILLE: *Fundamenta Astronomie*, 1759.



bardo (1) y en Austria-Hungría (2), de cuyas triangulaciones no apareció el grado de meridiano francés tan exactamente medido como se había llegado á esperar. Además, en las del Cabo y Lombardía, se hicieron notar sobre las plomadas de los instrumentos los efectos de la atracción de las montañas. El péndulo, pues, volvía á presentarse como instrumento de mayor confianza que la medición de una base para la determinación de una constante natural de longitud.

Un suceso político—la rebelión de los Highlanders, sofocada en 1745—hizo que los datos geodésicos se engrosaran con observaciones de gran autoridad. Inglaterra sintió la precisión de triangular el Reino Unido, con el fin de establecer posiciones estratégicas y medios militares de comunicación. Ya entonces CASSINI, MECHAIN y LEGENDRE habían llevado la triangulación francesa hasta Calais; y sólo se necesitaba para unir científicamente los observatorios de Greenwich y de París que los ingleses triangulasen hasta Dover. Después de varias dificultades se midió al fin de 1784 por el general ROY y por DALBY la famosa base inglesa de Hunslow-Heath (3). En 1824 se midió la base irlandesa de Lough

(1) BECCARIA halló

$$1^{\circ} = 57\,468 \text{ toesas,}$$

resultado mucho mayor del que era de esperar, y explicado por la atracción de las montañas sobre las plomadas de los instrumentos en los extremos del arco.

PLANA y CARLINI volvieron á medir este arco en 1822, y encontraron

$$1^{\circ} = 57\,625 \text{ toesas,}$$

resultado más anómalo aún.

BECCARIA: *Gradus Taurinensis*, 1774.

(2) LIESGANIG: *Dimensio Graduum Meridiani Viennensis et Hungarici*, Viennæ, 1770.

DE ZACH: *Correspondance Astronomique*, vol. VII.

Los resultados de LIESGANIG no merecen fe. El BARÓN DE ZACH, que examinó los manuscritos de LIESGANIG, afirma que las observaciones astronómicas y geodésicas son, no sólo erróneas, y están mal calculadas, sino deliberadamente alteradas para hacerlas coincidir con los resultados conocidos.

(3) Se midió con tubos de cristal: tenía 27 404 pies: se comprobó la medición con una cadena de 100 (?) pies construida con acero (?) por RAMSDEN. Para las medidas de los ángulos se hizo uso del famoso teodolito de RAMSDEN, por el que los geodestas ingleses han tenido—y conservan—un supersticioso respeto. La base de verificación, de 28 535 pies, en Rommey-Marsh, acusó un error menor que 28 pulgadas, pasable entonces.

En 1791 WILLIAMS, MUDGE y DALBY midieron de nuevo la base y la ha-



Foyle, en Londonderry (1), y en 1858 la triangulación abarcaba un arco meridiano desde Dunnose en la isla de Wight á Saxavord la más boreal de las islas Shetland, entre las latitudes de

$$50^{\circ} 37' 3'' 748 \text{ y } 60^{\circ} 49' 41'' 992 \\ \text{amplitud} = 10^{\circ} 12' 38'' 224$$

## XXV

Las mismas necesidades estratégicas y militares que el gobierno inglés, tuvo la Compañía de las Indias para disponer la triangulación de aquel vasto país: y el arco de meridiano en él medido excede en otro tanto al de Inglaterra.

Los trabajos empezaron en 1801 bajo la superintendencia del coronel LAMBTON. La base se midió cerca de Madrás; y la triangulación se extendió hacia el Sur hasta Punnae, lati-

llaron  $2\frac{1}{2}$  pulgadas mayor que en 1784. En los años 1821 y siguientes se volvió todo á medir por el coronel COLBY y el capitán KATER, y se halló una diferencia entre las señales de Dover y Calais =  $12\frac{1}{2}$  pies en una distancia de 137472. A pesar de estar muy orgullosos, y con razón, los ingleses, por haber hecho sus observaciones con todo el esmero que la época permitía, son tales los adelantos actuales de la geodesia, que semejantes discrepancias hoy no serían admisibles.

(1) Las reglas eran combinaciones de barras de diferentes metales para compensar las diferencias de dilatación.

ROY: *Phil. Trans.*, 1790.

Captain MUDGE, R. A. DALBY y Captain COLBY: *An account of the operation carried on for accomplishing a Trigonometrical Survey of England and Wales*, 3 vol., 1799-1811.

KATER: *Trigonometrical Survey of England and Wales*; *Phil. Trans.* 1828.

Captain WILLIAM YOLLAND: *An account of the Lough-Foyle Base*, 1847.

*Astronomical observations with Ramsden's Zenith sector*, 1842.

Este instrumento pareció en el incendio de la Torre de Londres en 1841, y había servido hasta entonces para determinar las latitudes astronómicas en Inglaterra.

Captain WILLIAM YOLLAND: *Astronomical observations with Airy's Zenith sector, from 1842 to 1850*.

Este sector sustituyó al quemado de RAMSDEN.

*Ordnance Trigonometrical Survey of Great Britain and Ireland. Account of the observations and calculations of the principal Triangulation, and of the Figure, Dimensions and mean specific gravity of the Earth, drawn up by Captain Alexander Ross Clarke, under the direction of Lieut.—Colonel H. James, Superintendent of the Ordnance Survey*, Londón, 1858.

AIRY: *Encycl. Mtr. art. Fig. of the Earth*, dice: En éste, como en otros grandes experimentos, aunque los ingleses han empezado más tarde que sus vecinos del Continente, han sabido, en compensación, conducir sus operaciones con un grado de exactitud de que hasta entonces nadie se atrevía á formar idea.

Y, sin embargo; ¡á cuánto no han llegado después las exigencias científicas! y ¡cuánto no han logrado!

tud  $8^{\circ} 9' 35''$ , cerca del Cabo Comorin; y después se prolongó hacia el N. hasta Damargida, latitud  $18^{\circ} 3' 15''$ , de manera que alcanzó una

$$\text{Amplitud} = 9^{\circ} 53' 40''.$$

Muerto LAMBTON, en 1823, el coronel EVEREST continuó hacia el Norte de Damargida hasta Kaliampur, á los  $24^{\circ} 7' 11''$ , 8. En 1830 EVEREST midió una nueva base en Dhera Dun, cerca de Kalia, á los  $29^{\circ} 30' 48''$ , y á 70 millas del pie de los Himalayas, y desde Kalia procedió hacia el S. hasta empalmar con Kaliampur, en 1837. Hechas las necesarias mediciones de corrección y comprobación, el resultado fué

|                                                                                              |                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Arco Norte, de Kalia á Kaliampur...                                                          | = $5^{\circ} 23' 37''$ , 051  |
| Arco Sur, de Kaliampur á Damargida..                                                         | = $6^{\circ} 3' 55''$ , 973   |
| Resulta la amplitud del arco medido por el coronel EVEREST.....                              | = $11^{\circ} 27' 33''$ , 024 |
| Agregando la amplitud del arco medido por el coronel LAMBTON de Damargida á Punæ.....        | = $9^{\circ} 53' 40''$        |
| Resulta la amplitud del arco inglés de la India desde los Himalayas al Cabo Comorin (1)..... | = $21^{\circ} 21' 13''$ , 024 |

## XXVI

Todavía de mayor amplitud es el arco escandinavo-ruso.

En 1819 STRUVE empezó sus gestiones para medir el arco meridiano comprendido entre la Isla Hogland, en el Golfo de Finlandia, y Jacobstadt, en Curlandia; trabajo que acabó en 1827: los ángulos se midieron con el instrumento universal de REICHENBACH, y las latitudes con un instrumento de tránsito ajustado al primer vertical.

$$\text{Amplitud} = 3^{\circ} 35' 5''$$

El arco pasa muy cerca del meridiano de Dorpat.

(1) LAMBTON: *Asiatic Researches*, vol. VIII, X, XII, XIII, *Phil. Trans*, 1818.

EVEREST: *Account of the measurements of an arc of the meridian between the parallel of  $18^{\circ} 3'$  and  $24^{\circ} 7'$* , 1830.

EVEREST: *Account of the measurements of two sections of the meridional arc of India bounded by the parallels of  $18^{\circ} 3' 15''$ ,  $24^{\circ} 7' 11''$  and  $29^{\circ} 30' 48''$*  Londres, 1847.

Los métodos, los instrumentos, las observaciones geodésicas y celestes, y los resultados finales de las bases de comprobación son todos notables en los trabajos del coronel EVEREST.

En el mismo año de 1827 completó el general TENNER la medición del arco entre Bristen, en Curlandia, y Belin, en Grodno, al N.

$$\text{Amplitud} = 4^{\circ} 32''.$$

En 1828 quedaron unidos geodésicamente los dos arcos de STRUVE y TENNER, llenándose así el espacio de  $4' 47''$  que los separaba. Los resultados, trabajados y obtenidos con perfecta independencia, se transmitieron á BESSEL en pliegos lacrados y sellados.

$$\text{Amplitud de los dos arcos entre Hogland y Belin} = 8^{\circ} 2' 28''.$$

En 1848 el arco ruso fué medido al N. hasta Tornea, extremidad S. del arco de Laponia, aumentado así en  $5^{\circ} 26''$ : á STRUVE ayudaba WOLSTEDT, después Director del Observatorio de Helsingfors.

Mientras tanto, el general TENNER lo adelantaba hacia el S. hasta llegar al N. de Bessarabia, y así se acrecentó en  $3^{\circ} 17' 47''$ .

Amplitud, pues, desde Tornea á los  $65^{\circ} 50' 34''$  hasta Souproukontsi en latitud  $48^{\circ} 45' 1'' = 17^{\circ} 5' 33''$ .

En 1849 se extendió al S. por toda Bessarabia hasta Ismail, en el Danubio:

$$\text{Amplitud entonces} = 20^{\circ} 31'.$$

El gobierno sueco extendió el arco ruso hasta el Océano Artico. La parte noruega del arco fué ejecutada por HANSTEEN, y la sueca por SELANDER, Director del Observatorio de Stockholmo.

El arco sueco va desde Tornea, en latitud  $65^{\circ} 51'$ , á Atjick, en latitud  $68^{\circ} 54'$ .

$$\text{Amplitud} = 3^{\circ} 3'.$$

El arco noruego va desde Atjick á Fuglenaes, en latitud  $70^{\circ} 41'$

$$\text{Amplitud} = 1^{\circ} 46'.$$

Por consiguiente, el arco noruego-sueco  $= 4^{\circ} 49'$ .

Así, el arco ruso-escandinavo abarca desde Ismail, en el

Danubio, latitud  $45^{\circ} 20' 20''$ . 8; á Fuglenaes, en el Océano Artico, en  $70^{\circ} 40' 11''$ . 3, con una

$$\text{Amplitud total} = 25^{\circ} 20' 8'', 5. (1).$$

## XXVII

Mayor será el arco que resultará medido cuando se unan las triangulaciones inglesa, francesa, española y argelina.

Al efecto ha sido necesario medir los lados más largos de que hay ejemplo, etc., etc., (2) entre Africa y España.

## XXVIII

Sería injusto no mencionar los arcos de Hannover y Dinamarca empezados por GAUSS, en 1820, y el de Prusia, medidos por BESSEL, de 1831 á 1833; los cuales, aunque no notables por su amplitud, son extraordinariamente apreciables por la gran exactitud de sus resultados (3).

(1) STRUVE: *Beschreibung der Breitengradmessung in den Ostseeprovinzen Russlands*, Dorpat, 1831.

STRUVE: *Exposé historique des travaux exécutés jusqu'à la fin de l'année 1851 pour la mesure de l'arc du Méridien entre Fuglenaes  $70^{\circ} 40'$  et Ismail  $45^{\circ} 20'$* , St. Petersbourg, 1852.

(2) En la triangulación inglesa hay 29 lados de más de 90 millas y menos de 111.

Cuando BIOT y ARAGO unieron á Valencia con Formentera, un lado tenía más de 100 millas.

(3) El arco de Hannover conexas los Observatorios de Gotinga y Altona. De la base medida por GAUSS para este arco, se ha deducido la distancia entre los paralelos de Lauenburgo, en Hannover, y Lyssabel, en la isla de Alsen. El arco celeste fué determinado por SCHUMACHER con el sector zenital de BRADLEY, prestado al efecto por el Observatorio de Greenwich.

GAUSS: *Bestimmung des Breitenunterschiedes zwischen den Sternwarten von Göttingen und Altona*.

BESSEL: *Astr. Nachrichten*, núm. 333. En los trabajos hechos por BESSEL para unir la triangulación rusa con el Occidente de Prusia, incluyó la medida de un arco del meridiano de Königsberg. Esta medición se extiende por Hesse, Turingia, Brandenburgo, Silesia, y se conexas así, por medio de la red holandesa, con la de Francia é Inglaterra, y las de Baviera y Austria.

BESSEL: *Gradmessung in Ost-Preussen und ihre Verbindung mit Preussischen und Russischen Dreiecksketten*, Berlin, 1838. ¡Obra admirable que está en manos de todos los geodestas!

También deben tenerse en consideración las siguientes:

GAUSS: *Supplementum theoriæ combinationis*, Gotinga, 1828.

## XXIX

Era necesario que la mayor parte de Europa se cubriese así de autorizadas triangulaciones para que, comparados sus resultados con los de la India y el Perú, pudiera llegarse á las doctrinas que ahora se profesa en esta edad moderna de la geografía respecto al achatamiento de los polos y á la forma de la tierra (1).

*Astron. Nachrichten*, números 121, 122, 438, es preciso consultar estas obras para la aplicación de las correcciones.

BUZENGEIGER, in *Lindner's Zeitschrift für Astronomie*, vol. VI, Tubinga.

Y como antecedentes históricos pueden verse:

DÉLAMBRE: *Méthodes analytiques pour la détermination d'un arc du Méridien*.

PUISSANT: *Traité de géodesie*, 3.<sup>e</sup> ed., 1842. *Connaissance des Temps*, 1827.

PUISSANT: *Mémoires de l'Académie*, t. XIV, 1833, donde el autor sostiene que la curvatura oriental de Francia difiere mucho de la Occidental.

(1) Discutidos por AIRY los resultados de 14 arcos de meridiano y 4 arcos de paralelo, dedujo que el

$$\begin{array}{ll} \text{semi-eje mayor del esferoide} & a = 20\,923\,713 \text{ pies ingleses} \\ \text{semi-eje menor } b & = 20\,853\,810 \end{array}$$

de donde resulta

$$E = \text{al achatamiento} = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{299,33}$$

En 1841 BESSEL dedujo de 10 arcos de meridiano

$$\begin{array}{l} a = 20\,923\,600 \\ b = 20\,853\,656 \\ E = \frac{1}{299,15} \end{array}$$

El coronel EVEREST dedujo de 12 arcos

$$\begin{array}{l} a = 20\,920\,902 \\ b = 20\,853\,646 \\ E = \frac{1}{311,04} \end{array}$$

El capitán CLARKE, de la triangulación de Inglaterra ha deducido

$$\begin{array}{l} a = 20\,927\,005 \\ b = 20\,852\,372 \\ E = \frac{1}{280,4} \end{array}$$

Y de la discusión de todos los arcos fidedignos, excepto el de MACLEAR

$$\begin{array}{l} a = 20\,926\,348 \\ b = 20\,855\,233 \\ E = \frac{1}{291,26} \end{array}$$



El general SCHUBERT, de la medición de 8 arcos, combinados de 2 en 2, obtuvo 28 clases de elementos, que presentan grandes discrepancias. De aquí la sospecha de que la tierra no sea un sólido de revolución. En tal caso los arcos de meridiano correspondientes á distintas longitudes no pueden ser comparables entre sí.

Pero, como todos ellos se aproximan á una forma elíptica, se podrá computar el eje menor comparando 2 secciones de un mismo meridiano. Tratados así el arco ruso y el índico, SCHUBERT obtuvo para eje menor de cada uno valores muy aproximados.

Por tanto,

eje menor de la tierra 3 261 468 toesas

y, suponiendo constante este eje menor para todos los meridianos, resulta el eje mayor

|                    |                  |
|--------------------|------------------|
| del arco peruano = | 3 272 383 toesas |
| del arco ruso =    | 3 272 650        |
| del arco índico =  | 3 272 581        |

Miradas estas dimensiones como radios vectores suponiendo que el ecuador sea una elipse, y que las longitudes se cuenten orientalmente desde un meridiano imaginario, situado á los 20° al O. de París, el semi-eje mayor de la elipse ecuatorial en la longitud de 58° 44" será

= 3 272 671

y el semi-eje menor á la de 148° 44' será

= 3 272 303

lo que dará por el achatamiento de la tierra combinado con el radio polar respectivamente

$$\frac{1}{292} \text{ y } \frac{1}{302} (1).$$

(1) AIRY: *Encyclopædia metropolitana* (art. *figure of the Earth*).

BESSEL: *Astronomische Nachrichten*, núms. 333 y 433, 1841.

CLARKE: *Monthly Notices of the Royal astronomical Society*, vol. XIX, página 36.

SCHUBERT: *Essai d'une détermination de la véritable figure de la terre. Mém. de l'Acad. Imper. de St. Petersbourg*; VII serie, tomo I, núm. 6.

*Monthly Notices of the Roy. Astron. Society*, vol. XX, pág. 104.

## XXX

Pues, no obstante, tanto y tanto trabajar, ni aun sabemos tampoco en absoluto cuál es la longitud del radio de la tierra: sólo nos consta que, mientras mejor se la mide, y con más exactas triangulaciones se hace el cómputo, más y más aumenta la longitud del radio, y mayor también resulta el achatamiento. Al empezar el siglo, el radio de una esfera de igual volumen que el esferoide terrestre, se estimaba = 6 369 284 metros: hoy se computa = 6 370 000 (1).

El achatamiento se consideraba

$$\text{entonces} = \frac{1}{334} : \text{hoy} = \frac{1}{288,48}.$$

(1) *Ueber unsere jetzige Kenntniss der Gestalt und Grösse der Erde*, por JOHANN BENEDICT LISTING; Gotinga, 1872.

*Neue geometrische and dynamische Constanten des Erdkörpers*, por el mismo; Gotinga, 1878.

Es sumamente interesante el siguiente cuadro en que LISTING compara los

## RESULTADOS OBTENIDOS EN ESTE SIGLO

| AÑOS. | AUTORES.      | Semi-eje<br>mayor<br>meridiano.<br>—<br>Metros. | Semi-eje<br>polar.<br>—<br>Metros. | Achatamiento<br>polar. | Radio de una esfera de igual volumen que el correspondiente elipsoide de rotación.<br>—<br>Metros. |
|-------|---------------|-------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1800. | DELABRE.....  | 6375653                                         | 6356564                            | 1 : 334                | 6369284                                                                                            |
| 1819. | WALBECK.....  | 6376896                                         | 6355833                            | 1 : 302,781            | 6369868                                                                                            |
| 1830. | SCHMIDT.....  | 6376945,4                                       | 6355520,9                          | 1 : 297,648            | 6369796                                                                                            |
| 1830. | AIRY.....     | 6377490,5                                       | 6356184,3                          | 1 : 299,33             | 6370380                                                                                            |
| 1841. | BESSEL.....   | 6377397,16                                      | 6356078,96                         | 1 : 299,153            | 6370283                                                                                            |
| 1856. | CLARKE.....   | 6377935,8                                       | 6356521                            | 1 : 297,72             | 6370790                                                                                            |
| 1858. | CLARKE.....   | 6378293,7                                       | 6356618                            | 1 : 294,26             | 6371060                                                                                            |
| 1861. | CLARKE.....   | 6378253,6                                       | 6356614,4                          | 1 : 294,754            | 6371032                                                                                            |
| 1863. | CLARKE.....   | 6378288,2                                       | 6356620,1                          | 1 : 294,36             | 6371057                                                                                            |
| 1863. | PRATT.....    | 6378245,2                                       | 6356643,3                          | 1 : 295,26             | 6371036                                                                                            |
| 1866. | CLARKE.....   | 6378206,4                                       | 6356583,8                          | 1 : 294,989            | 6370990                                                                                            |
| 1868. | FISCHER... .. | 6378338,3                                       | 6356229,6                          | 1 : 287,5              | 6370960                                                                                            |
| 1872. | LISTING.....  | 6377365                                         | 6355298                            | 1 : 289                | 6370000                                                                                            |

En la segunda de las citadas obras, fundándose LISTING en las mediciones pendulares, estima el achatamiento

$$= \frac{1}{288,48}.$$

En lo que va de siglo ha resultado el radio-medio de la tierra aumentado casi en  $1\frac{2}{3}$  kilómetros, lo que corresponde á un aumento de volumen de más de 5 000 millones de kilómetros cúbicos, que, si fueran repentinamente agregados á la tierra en forma líquida, la inundarían de tal modo, que dejarían sumergidas montañas como el Rigi, de 1 800 metros (1). ¿Qué cantidad, pues, se pone en los cálculos puramente teóricos de la marea, como constante del radio terrestre? ¿Cuál para la constante de la gravedad?

Sabemos aún muy poco.

### XXXI

¡Cuán despacio se deja conocer la verdad! ¡Cuántos esfuerzos y cuántos siglos se han necesitado para llegar á la idea actual de que la tierra no es un disco situado en el centro del mundo (2), y rodeado por el río Océano, como lo pintaba HOMERO, ni redonda como la creyó ERATÓSTENES, ni un esferoide oblongado hacia los polos como la imaginaron los geómetras franceses del tiempo de CASSINI I, ni un esferoide regular de revolución como lo supusieron los diputados de la *Convention française*, promovedores del sistema métrico-decimal; sino un esferoide irregularísimo, cuyo eje polar es más corto que los radios vectores de la elipse ecuatorial, cuyos dos hemisferios N. y S. no son similares, y cuya superficie no coincidiría con la superficie osculante de un verdadero sólido regular de revolución, por variar los puntos de contacto, tanto con la latitud como con la longitud!!!

---

(1) *Die Wassermasse, welche durch Ebbe und Fluth binnen 24 Stunden von Ost nach West um die Erde durch alle Meridiane bewegt wird, kann auf 350 Cubik-Meilen veranschlagt werden, ein Volumen, welches man überraschend gross finden mag in Betracht der Kleinheit der Ursache welche die Bewegung hervorbringt.*

*Eine Wassermenge von diesem Volumen als gleichförmig bedeckende Schicht zur Erde hinzugefügt, würde Berge von der Höhe etwa des Rigi unter Wasser setzen.*

(2) Esta idea del centro del mundo ha llegado hasta nosotros. El *medium mundi* para COPÉRNICO era el Sol: para los astrónomos posteriores fué una de las Pléyades. La noción estaba tan arraigada entre los antiguos, que, aun suponiendo aniquilada á la tierra, el centro seguiría subsistente con todas sus propiedades.

## XXXII

Vano, pues, resulta el empeño de construir un módulo recobrabable, sacándolo de la longitud del péndulo de segundos en una latitud geográfica determinada, ni de una parte alícuota de un meridiano terrestre.

Si los meridianos no son iguales, ¿cuál se escoge? ¿Es realmente una elipse el Ecuador, según SCHUBERT la ha imaginado? ¿Conocemos la densidad media de la Tierra con suficiente aproximación para deducir la intensidad de la gravedad y fiarnos de las prodigiosas indicaciones del péndulo en una latitud ¡qué digo, latitud!, en un punto cualquiera del globo?

Verdaderamente hemos tenido que volver al antiguo sistema: el medio de tener una medida universal consiste en construir una de aceptables condiciones y de materia resistente á la acción de los agentes naturales, conservarla con el mayor esmero, y distribuir á los gobiernos civilizados copias auténticas de ella.

Inglaterra, tan insistente en querer sacar del péndulo sus módulos de medir, aleccionada al fin con el escarmiento de los franceses que, pretendiendo poseer en su módulo la diezmillonésima parte del cuadrante meridiano, sólo tienen en el metro una parte arbitraria de la toesa del Perú; Inglaterra, después de un siglo de trabajos infructuosos, al establecer en 1855 (30 de Julio) su actual sistema de pesos y medidas, promulgó que su yarda no se funda en ninguna constante natural.

Y cuenta que Inglaterra, como nadie, sabía que en las organizaciones humanas no cabe fiar.

El prototipo de las medidas de Inglaterra, el del *Exchequer* ó ministerio de Hacienda, había llegado á un estado que nadie creería, á no certificarlo un testigo tan de excepción como BAILY, quien dice terminantemente lo que sigue: (*Report to the Royal Astronomical Society*, vol. IX, pág. 146.) Después de impreso lo anterior, he tenido oportunidad de ver este curioso tipo, del cual no es posible hablar con suficiente burla ni desprecio. UN HURGÓN ORDINARIO DE COCINA (*á common kitchen poker*) LIMADO EN LOS EXTREMOS DEL MODO MÁS BASTO, POR EL MÁS CHAPUCERO DE LOS ARTESANOS (*by the*



*most bungling workman*), HARÍA EL MISMO PAPEL QUE EL PROTOTIPO. ESTE SE ENCUENTRA HOY PARTIDO HACIA LA MITAD, Y LOS DOS PEDAZOS ESTÁN UNIDOS Á COLA DE PATO, PERO TAN GROSERAMENTE, QUE LAS JUNTURAS TIENEN TANTO JUEGO COMO UN PAR DE TENAZAS. Cuándo fué la rotura, no he podido averiguar, pues el hecho debió ocurrir en tiempo que no ha llegado á la noticia de ninguno de los actuales empleados del *Exchequer*. Y, sin embargo, hasta hace diez años, para vergüenza de este país, copias de tal medida han estado circulando por Europa y América con un Certificado en pergamino, que las acompañaba, cuyos derechos, *exclusive* los personales de los contrastadores, ascendían á 3 libras y 3 chelines, y en el cual se aseguraba hallarse contrastadas conforme al prototipo inglés (*the English Standard*).

Los primeros ensayos á fin de obtener en Inglaterra un *Standard* científico, datan de principios del siglo XVII. El siglo entero se pasó en tentativas para averiguar cuántas pulgadas cúbicas contenía el galón, con el error ó tolerancia siquiera de una; pues era tal la confusión, que un cargamento de vinos de Alicante, aforado con la medida legal, fué multado por la administración inglesa, caso hoy apenas concebible. Antes en Inglaterra se creía que el pie inglés era el romano; y, para desvanecer semejante error, fueron necesarios los esfuerzos de matemáticos políglotas, como GREAVES y BERNARD, EDWARD...

En 1742 *l'Academie de Sciences*, de París, y la *Royal Society*, de Londres, quisieron comparar los prototipos ingleses y franceses; y entonces Inglaterra, por la primera vez, hizo construir un *Standard* oficial ó prototipo—que se mandó custodiar en la Torre de Londres, y que desapareció sin saberse cómo ni cuándo.

Pero es lo curioso que el prototipo legal no era esta regla desaparecida, sino otra que se custodiaba en el *Exchequer* (y es la misma que BAILY vió empalmada á cola de pato). Además había otra en la Casa de los Gremios (*Guildhall*), y otra en poder de la Compañía de los relojeros. GRAHAM las comparó entre sí, las halló muy desiguales, y, entre la mayor y la menor comprobó una diferencia ¡que hoy pasma! de  $\frac{7}{100}$  de pulgada; y luego sacó una copia de la del *Exchequer*, en latón, para la *Royal Society*.



En 1758 y 1759 una Comisión de la Cámara de los Comunes fué nombrada para entender del asunto, y ésta hizo sacar á BIRD una copia de la copia que GRAHAM había hecho para la *Royal Society*. Ambas quedaron luego bajo la custodia oficial del *Speaker*—ó Presidente de la Cámara de los Comunes—y á las dos se les dió el nombre de «tipos parlamentarios de BIRD de 1758 y 1760.»

En 1814, seducidos los ingleses por las ideas de constancia é invariabilidad de las determinaciones del péndulo, propuso otra Comisión que se adoptase como módulo de longitud la del péndulo de segundos en la latitud de Lóndres = 39,13047 pulgadas; siendo igual el prototipo BIRD de 1758 á 36 pulgadas; pero no se expresó ni la temperatura ni la presión atmosférica.

En 1819 otra Comisión propuso que se adoptase como tipo la yarda usada por el general ROY en la medición de la base de Hunslow-Heath (la cual era una copia de las parlamentarias de BIRD), y entonces, según la Comisión, el péndulo de segundos en Lóndres, al nivel del mar, y á 62° Fahr. era = 39,1372 pulgadas de la yarda de 36 pulgadas de ROY.

En 1820 la misma Comisión declaró haber descubierto una equivocación en el cómputo anterior, y propuso la longitud del péndulo = 39,13929 pulgadas del tipo parlamentario de 1760.

En 1821, 23, 24, 25, 34 y 35 las Cámaras se ocuparon en orillar estos asuntos; y, á pesar de que ya en 1823 hubo testimonios, como el del doctor KELLY, ante la Cámara de los Lores, sosteniendo que la naturaleza parece rehusar invariables *Standards*, pasó como ley que el péndulo de segundos era = 39,1393 de la yarda de 1760.

La Casa del Parlamento se quemó en 1834, y con ella los tipos parlamentarios de 1758 y 1760. Entonces se pensó en reemplazar la pérdida; y en verdad que los trabajos ejecutados para la nueva determinación de los prototipos han sido inmensos y dignos de todo encomio: sólo el famoso SHEEPSHANKS ejecutó más de 200 000 mediciones micrométricas.

En 1838 se nombró una nueva Comisión que propusiera el modo de reemplazar los prototipos quemados; y ya esta Comisión en el dictamen que emitió en 1841 propuso abordar

de novo el problema y que no se dedujese la nueva yarda de la longitud del péndulo vibrante segundos de tiempo en la latitud de Londres, al nivel del mar, y en el vacío; porque la reducción al nivel del mar era dudosa, según los trabajos de YOUNG; porque BESSEL y BAILY habían probado que la reducción dependiente del peso del aire era errónea; porque BAILY había demostrado que la gravedad específica del péndulo se estimaba con error, y los defectos de los planos de ágata introducían dudas; y, últimamente, porque en la medición misma de la longitud, como había evidenciado KATER, existían errores de mucha consideración; por todo lo cual concluía la Comisión manifestando que, caso de perderse, siempre sería posible recobrar el nuevo *Standard*, más seguramente, si se adoptaban exquisitas precauciones al reproducirlo, que por series de experimentos referentes á constantes naturales.

En consecuencia, el 30 de Julio de 1855 ¡AL SIGLO DE HABERSE EMPEZADO LOS TRABAJOS!!, quedó sancionado el actual sistema de pesos y medidas vigente hoy en Inglaterra; en cuyo art. 40 se repite expresamente que los tipos no están relacionados con ningún elemento natural (1).

(1) *Phil. Trans*, 1857, págs. 646-648.

MILLER: *On the construction of the new imperial Standard Pound and its copies of Platinum. Transactions of the Royal Society*, 1856.

AIRY: *Account of the constructions of the new National Standard of Length and of its principal copies. Philosophical Transactions of the Royal Society for 1857.*

*On the comparison of the imperial Standard Pound with the kilogramme des Archives. Phil Trans*, vol. CXLVI, págs. 753-946.

Para la historia de las medidas inglesas debe consultarse:

BISHOP TONSTAL: *Arithmetic*, 1522.

OUGHTRED: *Circles of Proportion*.

GREAVES: *Discourse on the Roman Foot and Denarius, from whence and from two principles the measures and weights used by the ancients may be deduced*, 1617. GREAVES fué el primero de los modernos que midió la gran Pirámide de Egipto: era poliglota y escribió sobre el persa.

BERNARD EDWARD: *Of the ancient weights and measures*, 1685, Oxford.

Esta obra fué reimpresa con el título *De mensuris et ponderibus antiquis libri tres*, 1688. Es obra de mucho mérito: al final hay un Apéndice sobre los pesos y medidas de los chinos, cuyo autor es HYDE.

Jeakes's *Arithmetic*, 1696.

LUISIUS AB ALCAZAR: *Vestigatio veritatis in sacris Ponderibus ac mensuris*. Antuerpie, 1614.

Esta obra tiene importancia como compilación de las de su clase; y la página 8 contiene, de tamaño natural (según el autor), el largo del pie español ó tercera parte de la vara castellana, divisible en cuatro palmos cada uno. En la misma página se encuentra el pie romano antiguo, según VILLALPANDO, tomo III, folio 501.

Y el resto de la obra está consagrado á las medidas hebreas.

Y, como Inglaterra, la Comisión internacional del metro, tiene también acordado, no referirse á ninguna longitud natural.

Y, sin embargo, la idea de las constantes naturales tiene tan inconcebible atractivo, que á ella aspiran todavía hombres muy eminentes.

El P. SECCHI propuso las ondas luminosas para sacar de ellas prototipos de las medidas de longitud, y decía:

«La longitud de la onda del sodio, ó la del hidrógeno, ó la de cualquier otro cuerpo simple, es siempre idéntica á sí misma, mientras el metal conserva su naturaleza. Semejante clase de longitudes es, pues, un tipo de medida lineal tan invariable como la naturaleza de las cosas; y no debe ser rechazado por pequeño, puesto que su relación con el metro es mayor que la supuesta entre el metro y el meridiano:

$$\begin{aligned}\text{Onda del sodio} &= 0\text{m},0000006 \\ \text{Metro respecto de } \frac{1}{4} \text{ de meridiano} &= 0\text{m},0000001.\end{aligned}$$

Las ondas luminosas se han calculado últimamente por medio de las franjas obtenidas en las retículas; de suerte que se tiene seguridad de obtener resultados idénticos.» (1)

### XXXIII

A pesar de la autoridad científica del P. SECCHI, y de los que como él opinan, hoy todas las ideas modernas concurren en considerar vano el empeño de buscar el módulo de las longitudes en alguna dimensión natural. Y esto, independientemente de los resultados geodésicos y pendulares, por consideraciones telúricas y de carácter astronómico.

La forma esférica y el aplanamiento de nuestros polos, como aparece en los planetas que mejor podemos observar, acusa una época de plasticidad de la masa terrestre, en que, obedeciendo á la acción de la fuerza centrífuga, pudo adquirir esa esferoididad y ese achatamiento. Pero semejante plasticidad no es concebible sino admitiendo una época de temperatura elevadísima, cuyo calor ha ido perdiéndose por irradiación en serie portentosa de siglos, hasta llegar al estado

(1) SECCHI: *La Unidad de las fuerzas físicas*, cap. III.

de rigidez que hoy presenta la costra de nuestro globo. Y, como todo cuerpo caliente ocupa más espacio que cuando se enfría, de aquí que por causa de su primordial elevadísima temperatura (y prescindiendo del aumento debido á la materia de los meteoritos de que ahora se hablará), el volumen de nuestro globo ha sido enormemente mayor que lo es en la actualidad.

Pero todo nuestro globo no ha podido contraerse uniformemente. La costra terráquea recibía inmensas cantidades de calor, así del interior de nuestro globo, procedentes de la inmensa masa colocada en el centro del planeta, como del exterior, procedentes del Sol, centro de nuestro sistema astronómico. La Tierra, mientras tanto, irradiaba calor por las frías regiones interplanetarias; de modo que el proceso del enfriamiento de la corteza terrestre tenía que ser necesariamente diferencial.

Por una parte, pérdida de calor por irradiación en los espacios interplanetarios; por otra, adquisición de calor procedente del interior, esto es, del núcleo interno, y, por último, también del Sol.

Este proceso llegó alguna vez á su equilibrio en época geológica bien distante de nosotros; pues la vida comenzó en la Tierra durante el período que los geólogos denominan cambriano; y bien sabido es que la vida no es posible sino entre límites de temperatura muy cercanos. De donde resulta impuesta la necesidad de creer que la temperatura de la corteza terrestre no ha variado sensiblemente desde hace mucho tiempo.

Y he aquí cómo se llega á una gran inducción, fatal y necesaria. La corteza de la Tierra gasta, por irradiación en el espacio, cantidades inmensas de energía, recibidas del Sol y del centro mismo del Planeta. Consume todo lo que recibe, puesto que el saldo da el equilibrio de temperatura; pero el capital de calor interior tiene que ir disminuyendo rápidamente, toda vez que para él no existe calor de compensación.

De aquí que el centro de nuestro globo se enfríe y se contraiga considerablemente; mientras que la corteza terrestre, formada de rocas mal conductoras del calor y siempre á la misma temperatura, permanezca invariable en sus dimen-



siones: de aquí la necesaria é ineludible formación bajo la corteza terrestre de inmensas oquedades; y de aquí el arrugamiento, deformaciones y dislocación en valles y montañas de los materiales constitutivos de la superficie terráquea, cuando, habiéndose quedado en hueco y formado inmensas bóvedas, no tienen esos materiales de la corteza la fuerza necesaria para resistir la inmensa compresión de los unos contra los otros, y, cediendo y plegándose por las líneas de menor resistencia, caen á llenar las cavidades originadas por la contracción del enfriamiento.

He aquí el origen de los movimientos constantes del suelo, y la causa de las continuas transformaciones de la superficie del Planeta.

He aquí la causa secular é ineludible de los constantes temblores de tierra y de los tremendos cataclismos de los grandes terremotos...

¿Cómo buscar en los meridianos terrestres un módulo constante de medir? ¿Cómo confiar en un péndulo que puede tener inmensas oquedades bajo sí? ¿Ó contracciones de que ni aun concepto cabe formar?

Ni aun siquiera puede considerarse á nuestro planeta como un buen cronómetro.

Las mareas son una causa constante de retardación de la rotación terrestre.

Son un freno constituido de dos mitades de agua, dentro de las cuales gira la tierra, siendo el amordazamiento efecto de la gravedad. Y, como ningún freno funciona sin desgastar, raer ó desintegrar la superficie á que amordaza, de aquí que el erosivo poder de las aguas ecuatoriales haya de ser colosal, como efectivamente se le supone desde antiguo (1).

Sábase que los movimientos de la luna están sujetos á una ligera aceleración, apenas perceptible en el transcurso de un siglo: HALLEY descubrió esta aceleración secular, igual á

(1) J. CROLL dice: «El nivel del mar debe estar deprimiéndose lentamente en el ecuador y elevándose en los polos, á consecuencia de la pérdida de fuerza centrífuga resultante de la retardación que produce la marea en la rotación terrestre.»

«It follows as a consequence from the loss of centrifugal force resulting from the retardation of the Earth's rotation occasioned by the friction of the tidal wave, that the sea level must be slowly sinking at the equator and rising at the poles.»—(*Brit. Assoc.*, 46 meeting.)





11" en longitud, computando varios eclipses observados por los antiguos astrónomos caldeos: LAPLACE explicó dinámicamente este fenómeno: ADAMS, en 1853, descubrió que era necesario aplicar una corrección á los cálculos de LAPLACE, pero que, aplicada, sólo se daba cuenta de  $\frac{1}{2}$  de dicha aceleración; y DELAUNAY, en 1866, sugirió la idea de que el fenómeno quedaría completamente explicado suponiendo un retardo en la rotación terrestre por causa del rozamiento de la gran onda fluxial de la marea.

El 19 de Marzo (721 antes de Jesucristo) fué visible en Babilonia un eclipse de luna, que comenzó una hora después de su salida, dato que no puede conciliarse con las modernas teorías sino suponiendo que la Tierra ha perdido más de  $\frac{1}{3000000}$  de su velocidad rotatoria; ó, en otros términos, que, considerada como un cronómetro, anda ahora más despacio que entonces; de modo que, al cabo de un siglo, resultaría atrasada 22 segundos respecto de un reloj que fuese la misma perfección (1).

La Tierra es, pues, un mal cronómetro, y hubo un tiempo en que su velocidad de rotación era mayor que en la actualidad.

#### XXXIV

Pero ¿quién será capaz de presuponer lo que nos tiene reservado lo porvenir? ¿Por qué se ha de retardar tanto la rotación? ¿Por qué no hemos de vislumbrar íntegras ó parciales compensaciones? (2)

(1) NEWCOMB no cree que la tierra puede mirarse como un cronómetro, porque la nutación de la luna, la precesión de los equinoccios, la influencia retardatriz de las mareas y de los monzones, y el cambio del centro de gravedad por la erosión de las montañas, los acarreo de los ríos, las corrientes marinas, la fusión de los hielos polares, y la desigual contracción de la corteza terrestre, son causas permanentes de irregularidad.

«It is well known that owing to the «tidal retardation» the rate of the Earth's rotation is slowly diminishing, and it is therefore evident that, if we go back for many millions of years, we reach a period when the Earth must have been rotating much faster than now.»—(J. CROLL, 46 *meeting Brit. Ass.*, p. 88.)

«Since the 19 march 721 B. C., a day on which an eclipse of the moon was seen in Bablyon, «commencing when one hour after her rising was fully passed» the Earth has lost more than  $\frac{1}{3000000}$  of her rotational velocity.»—(THOMPSON, 46 *meeting B. Ass.*, p. 12.)

(2) Hay de cierto causas de compensación. Cálculase que las influencias atmosféricas, y sobre todo las lluvias, desnudan las montañas de

¿Cómo, pues, en un planeta sujeto, además de las variaciones enormísimas que produce la contracción por efecto del enfriamiento, á las retardaciones originadas por la fricción del amordazamiento de las mareas, va á buscarse un tipo de invariabilidad?

Y ¡si fuera eso solamente!!!

Cada año encuentra la Tierra en su marcha orbital 400 millones de aerolitos, como un mínimo nada exagerado (1).

nuestro globo á razón de 1 pie cada 6000 años. Por de contado que en las regiones ecuatoriales la erosión es mucho mayor, por ser allí las lluvias más intensas y frecuentes: la cuenca del Ganges desciende á razón de 1 pie por 2300 años. Así, las erosiones pluviales rebajan el ecuador tan rápidamente como el nivel del mar desciende por disminución de la rotación, efecto del decrecimiento de la fuerza centrífuga. Pero las corrientes transfieren los materiales del ecuador á más altas latitudes, lo cual tiende á acelerar la rotación.

«The lowering of the equator by the transference of the materials from the equator to higher latitudes must tend to increase the rate of rotation, or, more properly, it must tend to lessen the rate of tidal retardation.» — (J. CROLL, 46 meeting of the British Association.)

(1) HERRICK, astrónomo americano, estima que el número total de estrellas fugaces, visibles en toda la atmósfera en un día, es, sin duda, superior á 2000 000. Pero, como valiéndose de un pequeño anteojito, pudo distinguir 250 veces más uranolitos que los perceptibles á la simple vista, resulta que hay que contar por millones los meteoros que cada hora entran en nuestra atmósfera, y por miles de millones los correspondientes al curso de un año. — (ARCIMIS, *Telescopio moderno*.)

PROCTOR no va tan lejos; pero en una conferencia aseguró en Londres á principios de 1877, que la Tierra, mientras forme parte de nuestro sistema cósmico, no cesará en *acreecer su magnitud* por los centenares de miles de cuerpos extraterrestres que anualmente se incorpora, y que en un año no bajarán de 400 000 000, desde el peso de un gramo al de una tonelada, sin contar los de mayor tamaño, como uno de 15 toneladas caído en la América del Sur.

JOHN HAMMES, de Oskaloosa, Iowa, vió la noche del 12 de Noviembre de 1878, en la región de la Luna denominada Baco, Barocio y Nicolai, una como erupción gaseosa de un volcán, la cual duró cosa de media hora; fenómeno que SAMUEL GARY explica manifestando que, si un uranolito de los grandes que han caído en la Tierra, atraído por la Luna, se precipita sobre ella con toda su tremenda velocidad cósmica, no retardada allí por una atmósfera densa como la que rodea á la Tierra, el sólo calor del golpe convertirá en vapor al meteoro; vapor que, para un astrónomo terrestre testigo casual del hecho, presentará todas las apariencias de una erupción volcánica; y esto, naturalmente, y sin necesidad de acudir á la hipótesis de que aún viven grandes energías en el seno de nuestro satélite—considerado como muerto por los más de nuestros astrónomos, á pesar de los esfuerzos de otros en propagar lo contrario.

La verdad es que algunos fenómenos parecen demostrar la existencia de fuerzas interiores en la Luna. ¿Cómo, si no, explicar, por ejemplo, el hecho siguiente? El 27 de Mayo de 1877 HERMANN J. KLEIN observó una modificación en la Luna (en el lugar de su centro, conocido por el *Marc Vaporum*, punto perfectamente explorado y conocido, como apenas sensible á las libraciones del astro). La observación ha sido confirmada por otros muchos astrónomos de nota, especialmente por el veterano *selenógrafo*.

Cálculos fundados sobre su aparente magnitud les dan un diámetro de 24 á 36 metros; y, suponiéndoles—lo que sería evidentemente mucho suponer—una densidad igual á la del hidrógeno (sustancia la más ligera que conocemos), la Tierra, durante los últimos 100 millones de años, se habría asimilado una masa de origen cósmico igual á  $\frac{1}{12134}$  de su mole. La enorme cantidad de materia cósmica que este no exagerado cálculo supone, implicaría resistencia bastante á cambiar la órbita terrestre desde un óvalo exagerado á su curva elíptica actual. Y, en efecto, de observaciones á distantes períodos se ha inferido que la excentricidad de la Tierra se halla sujeta á una lenta pero constante disminución (1).

### XXXV

Esta materia uranolítica parece de una copiosísima abundancia; porque no solamente acude al llamamiento de la Tierra desde 600 á 700 puntos diferentes del espacio, sino que, además de los de órbitas cerradas ó elípticas, existen meteoros cuyas trayectorias son parabólicas é hiperbólicas, lo que supondría constantes inmigraciones de uranolitos procedentes de remotas regiones, situadas en las profundidades siderreas (2); uranolitos que, por el sentido inmediato del tacto,

---

fo SCHMIDT. La primera explicación del fenómeno sugirió la idea de un volcán nuevamente abierto por las fuerzas interiores del satélite, no muertas todavía.

(1) La disminución de la máxima ecuación del centro se estima por siglo en 17",6.

Cantidad considerable de materia cósmica indica también la existencia de la luz zodiacal que durante centenares de años se verá en el cielo occidental por Marzo y Abril, y en el cielo oriental por Septiembre y Octubre; explicada por CASSINI I como el reflejo de la luz solar desde innumerables cuerpos diminutos que giran alrededor del Sol; por HERSCHELL como las más densas partes del medio resistente que retarda la marcha de los cometas, cargado acaso con residuos robados á las colas de millones de estos cuerpos al pasar por su perihelio; por EULER como un anillo alrededor del Sol, semejante al que rodea á Saturno; y por JONES como un anillo nebuloso cuyo centro es la Tierra, y se halla circunscrito dentro de la órbita lunar. La mayor parte de los astrónomos modernos consideran la luz zodiacal como una continuación de la atmósfera del Sol.

(2) Las grandes lluvias aisladas, cuyo regreso se desconoce, y que quizás no vuelvan á repetirse, se explican por el paso de una nube cósmica introducida recientemente en nuestro sistema, y que procede de los abismos del infinito.—(ARCIMUS, *Telescopio moderno*.)

De la discusión de las curvas de 247 cometas, deduce el astrónomo americano H. A. NEWTON, que el origen de estos cuerpos debe colocarse

nos hacen conocer la distante materia de los espacios celestes, con la que, como dice HUMBOLDT, sólo estamos en comunicación por la óptica, el cálculo y el raciocinio, y la misteriosa fuerza de la gravitación universal.

La historia recuerda muchos anormales oscurecimientos del sol, algunas veces tan considerables que las estrellas eran visibles en medio del día durante períodos de semanas, meses, y aun años. ERMAN, HUMBOLDT y SCHNURRER mencionan los más notables, y el primero explica el fenómeno por la interposición de nubes cósmicas de apiñados uranolitos entre nosotros y el Sol (1).

De los muchos elementos que constituyen los aerolitos, no hay ninguno que no se halle en la Tierra. Por manera que, en términos generales, podemos llegar á la grandiosa conclusión de que la inmensidad está poblada de los mismos materiales que constituyen el muy humilde globo que habitamos:—razón de más para creer que los más recónditos movimientos de los mundos invisibles se ajustan á las leyes conocidas de los movimientos visibles.

Examinadas al microscopio las materias pulverulentas del aire procedentes de los sedimentos de la nieve de los Alpes, han descubierto TISSANDIER y MEUNIER, entre los objetos atraídos por el imán, numerosas esférulas, notables por la re-

---

en los espacios interstelares, confirmando así la hipótesis de LAPLACE, contra la del filósofo KANT, que suponía á los cometas formados de la materia de la nébula solar.—(*American Journal of Sc. and Arts.*)

(1) PLUTARCO y DION CASSIO dicen que el Sol estuvo más pálido que de costumbre durante un año, cuando la muerte de Julio César (cuarenta y cuatro años antes de Jesucristo). Una oscuridad de dos horas precedió al terremoto de Nicomedia (22 de Agosto de 358). Dos años después en todas las provincias orientales del imperio romano hubo *caligo à primo aurore exortu usque ad meridiem*.

Cuando Alarico apareció ante Roma, la oscuridad era tal, que se veían las estrellas durante el día. Se mencionan largos períodos de palidez del Sol en 536, 567 y 626. En 934 el Sol perdió su ordinaria luz durante muchos meses. En 29 de Agosto de 1091 el Sol estuvo oscurecido tres horas: *Fuit e lipsis solis 11 kal. octob. fere tres horas: Sol circa meridiem dire nigrescebat*. El 12 de Febrero de 1106 el Sol se ennegreció y se vieron muchos meteoros, y el 5 de Febrero anterior se vió una estrella desde la tercera á la novena hora del día, que distaba del Sol sólo pie y medio (quizá el cometa observado en China bajo el signo Piscis (?). En 1206 hubo completa oscuridad durante seis horas. En 1547, de Abril 23 á 25, según dice KEPLERO con referencia á GEMMA, el Sol apareció como de sangre, y las estrellas fueron visibles á medio día.

Ninguna de estas ofuscaciones del Sol pudieron ser efecto de un eclipse. (Véase J. R. HIND en *Nature*.)



gularidad de su forma, enteramente iguales á las esférulas que se obtienen cuando quemamos hierro metálico en el aire; de donde han deducido que, al penetrar en nuestra atmósfera el hierro meteórico, se producen multitudes de estos minúsculos corpúsculos. La costra de los meteoritos contiene granos redondos iguales á esas esférulas sedimentarias. Estas, además, contienen níquel, solemne testimonio de su origen meteórico.

La sonda saca de los abismos del Océano, y más particularmente del Pacífico, numerosos nódulos, muy irregulares en forma, consistentes en peróxido de hierro y peróxido de manganeso, depositados en capas concéntricas alrededor de una matriz arcillosa. Si la arcilla roja del fondo de los mares se diluye en gran cantidad de agua, y en la dilución paseamos un imán, éste sale con una porción de esférulas de hierro metálico, y algunas veces de níquel. Semejante polvo magnético se tiene por polvo cósmico, compuesto de impalpables meteoritos.

El examen espectral del Sol demuestra que el vapor de hierro es el más abundante en la atmósfera solar, al cual siguen el níquel y el magnesio, luego el calcio, después el aluminio, el sodio y el hidrógeno, y, por último, el manganeso, el cobalto, el titanio, el cromo y el estaño. Dejando á un lado las inducciones hechas últimamente por LOCKYER sobre la unidad de la materia, CORNU, habiendo observado que el hierro, el níquel y el magnesio abundan tanto, insinúa (con todas las reservas propias de la verdadera inducción científica) que los aerolitos, en su mayor parte, están formados de hierro combinado con  $\frac{1}{10}$  de níquel; que en el hierro meteórico la liga es casi pura; que en los lito-meteoros el hierro y el níquel están mezclados con silicatos de magnesio de composición varia; y que tales hechos pudieran aducirse en apoyo de que la capa absorbente del Sol está principalmente constituida por la volatilización de la lluvia de uranolitos atraídos por la gran masa solar.

Las esférulas de polvo magnético se han encontrado, no solamente en los sedimentos de la nieve de los Alpes, sino en arenas varias y en estratos muy anteriores á la aparición del hombre en la tierra; por manera que, conforme á datos puramente geológicos, parece que nuestro globo ha estado



recibiendo materiales de origen cósmico durante un pasado incalculable.

### XXXVI

Ahora bien: DOOLITTLE estima que la Tierra—tipo de la inestabilidad, por más que todos la llamamos tierra firme (1)—lejos de haber nacido con su masa actual, la ha más que doblado desde que comenzó su carrera.

DOOLITTLE además estima que cae en la Tierra mayor número de aerolitos á vanguardia que á retaguardia de la marcha orbital, y es, por tanto, presumible que el encuentro de estos cuerpos sea origen de resistencia bastante para acortar los radios orbitales y acelerar las velocidades de translación.

Pero, por otra parte, engrosada con los uranolitos la masa de los planetas y de sus lunas, debe acrecentarse su mutua fuerza de atracción.

Y, por insignificante que pueda concebirse el efecto de la lluvia anual de las estrellas fugaces, preciso es conceder que, siendo real y perenne, como lo es esa caída, alguna disminución asignable del radio orbital de las lunas, y algún aumento de su velocidad de translación habrá de concebirse como admisible en suficiente número de siglos (2).

Y ¿terminan con esto las razones que hay para no buscar en la Tierra un prototipo invariable de medir?

¿No hay motivos para creer que el nivel de los Océanos es

---

(1) En 1879 se cumplieron 1800 de la ruína de Pompeya y Herculano. Lo que llamamos tierra firme es realmente el tipo de la inestabilidad, porque bajo los constantes esfuerzos en actividad de la contracción, la costra terrestre se mueve constantemente, y se pliega y deforma sin cesar.

Unas partes se hunden y otras se elevan, todo irregularmente; y, cuando una se hunde, el mar deposita en ella los sedimentos que hallamos en las series de las rocas. Sedimentos se están formando todavía por las conchas y los esqueletos de los animales que viven en el mar, y cuyos restos se van al fondo.—(*Sc. Am.*)

No es imposible que la temperatura del espacio sea variable en la extensión del sistema solar (*Engl. Cycl.*), y que las condiciones del enfriamiento terrestre sean distintas al Norte que al Sur, y, por tanto, diversa necesariamente la contracción de la corteza del globo en ambos hemisferios, boreal y austral.

La erosión de las regiones ecuatoriales y el transporte de los detritos por las corrientes marinas, están constantemente variando el centro de gravedad de nuestro planeta.

(2) El profesor WINCHELL ha sostenido antes que DOOLITTLE la doctrina de que las estrellas fugaces han representado un papel muy importante en la determinación de las velocidades planetarias.

en el Norte más alto en nuestro invierno que en nuestro verano? ¿No es de esperar que el casquete de nieves del hemisferio austral vaya, con cada corriente de aire relativamente caliente que hacia él se dirija y se condense, aumentando de un modo considerable durante el largo ciclo de 10 000 años, resultante de las relaciones encontradas del eje de la Tierra por la precesión de los equinoccios y de la línea de los ápsides? ¿Sabemos lo que la denudación de los continentes y los acarreo de los mares contribuirá, unida á la mayor fusión de los hielos boreales (por ser ahora el verano ocho días mayor para el Norte que para el Sur) á variar la posición del centro de gravedad de nuestro globo? ¿No ignoramos por completo lo que cede la corteza terrestre, bajo las atracciones del Sol y de la Luna, así esté el interior lleno de un líquido en fusión, ó se conciba enteramente sólido, ó bien sean sólidos, tanto el centro por la enorme presión interna, como la costra exterior por el mayor enfriamiento, y líquido el intermedio? ¿No se ha calculado, puesto que no hay material infinitamente rígido, que una envoltura de la rigidez del acero, y 500 kilómetros de espesor, cedería como si fuese caucho á las agencias de la fuerza centrífuga y de la atracción luni-solar? ¿Qué influye en las mareas esta deformación del globo? ¿Cuál es su absoluta rigidez? La subida y bajada de las aguas ¿es una diferencia entre las oscilaciones ácueas y las terrestres? O ¿es enteramente sólida la Tierra, y tan rígida que la atracción luni-solar no la deforma en nada á cada instante?

### XXXVII

Grandes, pues, han sido los desengaños de cuantos creyeron hallar en el péndulo, ó en los arcos meridianos, términos fijos de comparación para los tipos de medir; pero, como todo trabajo encuentra siempre su premio, de las laboriosas investigaciones llevadas á cabo por físicos y geodestas ha resultado una accesión inmensa de conocimientos en los dominios de la geografía y de la ciencia pura.

Y ¡cosa que parecía no de esperar! La metrología misma se ha asentado sobre bases firmísimas; y de aquí el haberse tomado todo género de precauciones por la Comisión internacional del metro para obtener un módulo invariable de longi-

tud y de masa. De aquí también el sistema métrico de las unidades llamadas absolutas denominado C. G. S.

Y todas estas precauciones son indispensables, porque jamás, como ahora, ha necesitado la humanidad someter el universo á número y medida, á fin de dominar las fuerzas naturales y sustituirlas á las fuerzas inteligentes de las razas inferiores, ó ignorantes siempre, para nuestra desdicha y vergüenza, esclavizadas por las razas superiores, obligadas á su vez á librarse de los trabajos materiales por ser incompatibles con la cultura intelectual y la dirección del mundo.

Hoy, el hombre no versado en las sublimes ciencias del número, de la extensión y de las fuerzas, no es el hombre completo á quien deba la civilización fiar los destinos de la edad presente.

Ahora los conocimientos necesarios para el desarrollo humano son mucho mayores que en las primitivas épocas de la Historia; y necesitan ser aprendidos, consagrando el neófito su vida entera á la ciencia; ser enseñados, no por una individualidad aislada y atendida á sus solos recursos, sino por vastas y poderosas asociaciones científicas; y ser llevados á la práctica por las fuerzas reunidas de la sociedad.

De aquí el carácter especial y enteramente nuevo de la enseñanza moderna: pues para conocer el mundo físico no basta el libro, como antes, ni basta el profesor: se necesita, además, el gabinete, el laboratorio, el arsenal... pues ningún individuo, á no ser por excepción muy extraordinaria, tiene medios para tanto: ningún maestro particular posee la riqueza de las bibliotecas públicas, de los museos, de los observatorios, de las colecciones oficiales, de las clínicas generales... etc.: de aquí que la enseñanza tenga que ser social, é internacional la ciencia. Ya lo son muchas ramas: la geodesia, la meteorología, la astronomía, los sistemas métricos... y dentro de muy poco todas lo serán.

Pasó el tiempo en que un ERATÓSTENES, un FERNEL, un SNELL, un NORWOOD... solos y aislados, y atendidos á sus exiguos recursos personales, se pongan á hacer mediciones independientes, para hallar la magnitud de un arco de meridiano y un módulo de medir. Ya no es admisible que ni aun siguiera un genio como el de HUYGHENS, ó una habilidad excepcional para observar como la de PICARD ó la de RICHER, se con-

sagren á la medición del péndulo que vibra segundos. Hoy, la invención, como siempre, se hace por un hombre solo, por un GENIO; pero hoy el genio necesita legiones de observadores para atesorar sus datos.

Cuando se creyó que era regular la forma de la Tierra, una determinación meridiana en cualquiera longitud, habría bastado para evaluar la forma del planeta: cuando se creía uniforme la intensidad de la gravedad, la determinación de un solo péndulo habría sido bastante para toda una latitud: cuando se juzgaron irreprochables las mediciones meridianas, sobraba ciertamente el estudio del péndulo, útil, si acaso, como lujo científico de comprobación: cuando se estimó al péndulo cual modelo de sencillez y de perfección en absoluto, la geodesia venía á ser innecesaria, ó, cuando más, fastuosísimo medio de comprobación de la forma de la Tierra.

Pero ahora, cuando ya sabemos que no hay regularidad ni puede haberla, cuando nos consta que no nos queda más recurso para conocer bien la intensidad de la gravedad que hacer oscilar el péndulo en todas las latitudes y tomar el promedio de miles y miles de observaciones hechas por la legión sagrada de los más hábiles observadores; cuando estamos convencidos de que hay que triangular geodésicamente todo el globo para poder determinar su forma; y, cuando, en fin, nos hemos hecho cargo de las inmensas dificultades de dotar á la humanidad entera con un módulo permanente de longitud, y con copias auténticas del mismo; cuando sabemos que el resultado final de tanto y tanto esfuerzo habrá de variar con el transcurso de los tiempos por el hundimiento de los terremotos, el aumento del planeta por las lluvias meteóricas, la disminución de la velocidad de rotación por causa de las mareas... el ánimo más confiado adquiere la convicción de que, hoy por hoy, y en mucho tiempo todavía, no habrá fuerzas bastantes en el mundo de la inteligencia para empresa tan árdua; de que las rivalidades nacionales no deben restar esfuerzos; y de que el amor puro de la ciencia debe sumar sistemáticamente todos los trabajos y confundir en una generosa confraternidad á todos los sabios de todos los países; vínculo precursor del que debe unir, por medio de las artes de la paz, á todos los individuos de la gran familia humana!

Además, el siglo que termina tiene que pagar al venidero



la ciencia que recibió del pasado; y, para que nuestro saber llegue á nuestros descendientes y nos hagamos dignos de las bendiciones de la historia, es preciso que nuestras mediciones de todo lo cuantitativo sean tan minuciosamente exactas, que ni aun los microscopios de mayor amplificación puedan descubrir los errores cometidos, y únicamente al cálculo y á los cronógrafos eléctricos quede reservado el determinarlos; y aun eso cuando se acumulen en experimentos repetidos ó tiempo prolongado. Solamente dejando muy atrás las tareas de la edad pasada, podremos hacer una verdad la ley del progreso, á fin de que, acrecentándose más y más los conocimientos, se eleve en razón geométrica el bienestar de la familia humana, y apresuremos decididamente la llegada de lo porvenir.

Observar los fenómenos, medir exactísimamente su intensidad, computar las leyes que los rigen, esclavizar por su conocimiento las fuerzas inanimadas del Cosmos, y trabajar sin descanso por el bien de la humanidad, son los difíciles deberes que la ciencia impone al geómetra del siglo xx; porque los formidables problemas de las fuerzas y del movimiento han de tener solución sólo por número y medida, en las elaboraciones prodigiosas de la ciencia de la cantidad.

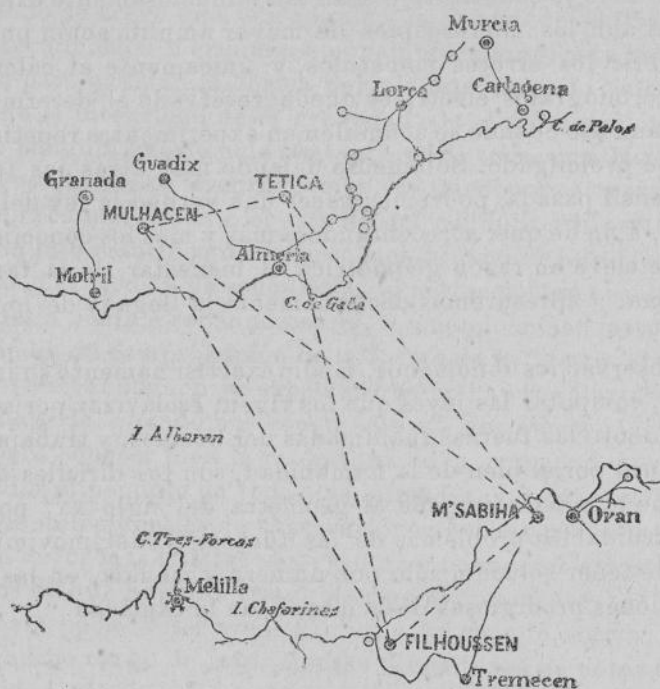
## APÉNDICE.

En la pág. 280 de CONSTANTES NATURALES sólo se hizo una indicación brevísima referente al enlace geodésico de la triangulación española con la triangulación argelina. Justo es, pues, para compensar aquella brevedad, dar noticia con cierta amplitud de las dificultades que ha presentado esta empresa, que proporcionará al mundo científico el medio de medir el mayor de los arcos de meridiano trazados hasta ahora sobre el globo terráqueo; pues abarca desde las islas Shetland al Norte de Escocia, en Europa, y el límite Septentrional del desierto de Sahara, en Africa.

Este enlace geodésico y astronómico de Europa y Africa, se ha verificado por medio de un cuadrilátero de 270 kilómetros de diagonal (véase la figura 20) lanzado sobre el Mediterráneo entre las redes española y argelina, empleando la noche para observar y haciendo uso de la luz eléctrica como señal ó punto de mira, único posible en caso tan excepcional.



Obtenida la aquiescencia de los Gobiernos de España y Francia, se llevó el enlace á término feliz por los geodestas y astrónomos del Instituto Geográfico y Estadístico de España



*Enlace geodésico y astronómico  
de  
Europa y Africa.*

Escala -1: 4000000

Figura 20.

y por los del Ministerio de la Guerra francés, en fraternal colaboración, desde Septiembre á mediados de Noviembre de 1879 (1).

De estas colosales operaciones dieron cuenta á la Real

(1) *Memorias del Instituto Geográfico y Estadístico*, tomo III, año 1881.  
*Jonction Géodésique et Astronomique de l'Algérie avec l'Espagne*, por el general IBÁÑEZ y el coronel PERRIER.

Academia de Ciencias exactas, físicas y naturales de Madrid, sus individuos D. Carlos Ibáñez y D. Miguel Merino, y de sus respectivas Memorias (1) siguen á continuación, copiados literalmente, los trozos que mejor pueden dar idea acabada las dificultades del enlace geodésico y astronómico de Europa y Africa.

PRIMERA OPERACIÓN.—ENLACE GEODÉSICO

.....Por excitación del ilustre general prusiano BAEYER, creóse hacia el año 1860 una modesta *Asociación* científica, con el objeto exclusivo, por de pronto al menos, de fomentar la mensuración de un arco de meridiano en la Europa Central, desde Cristianía á Palermo. Comisionado yo por nuestro Gobierno, asistí por entonces á una de las sesiones de la naciente Asociación; y, autorizado para ello, ofrecí el concurso de nuestra patria, no para la medición del arco comprendido entre aquellas dos distantes poblaciones, sino para contribuir á la rectificación y prolongación del otro arco occidental, más amplio todavía, y de justa celebridad histórica, limitado al N. por las islas Shetland, y al S. por el desierto de Sahara: á condición, bien entendido, de que el Gobierno francés cooperase por su parte en la obra común, imposible de realizar de lo contrario.

El entusiasmo que mis palabras produjeron en aquella docta Asamblea no es para descrito. Aceptáronse con júbilo las ofertas inesperadas del Gobierno español. Y, como el ejemplo por nosotros dado se hiciese contagioso, y, á continuación de España, se brindasen también Rusia, Francia y Portugal á contribuir eficazmente á la medición y estudio geodésico de la superficie de la Tierra, en la parte que legítimamente y sin violencia pudiera corresponderles, la primitiva Asociación de geodestas, principalmente suecos, alemanes é italianos, cambió muy pronto de carácter, y aun de título ó nombre, y se convirtió en la actual *Asociación Geodésica Internacional para la medición de arcos de meridiano y de paralelo en Europa*. Si de esta Asociación recibí yo más tarde pruebas de afecto inolvidables, y la honrosa distinción de presidirla, entiéndase bien, como yo siempre lo he creído, que no á la persona en quien recaían eran tributadas en realidad, sino á la nación á quien primitivamente había representado, y continuaba representando luego, sin verdaderos merecimientos científicos para ello.

Las buenas relaciones, entabladas por el que suscribe, como Presidente de la Asociación Internacional mencionada, con

(1) Publicadas en 1880.

el teniente coronel de Estado Mayor, Sr. PERRIER, delegado del Gobierno francés en la misma asamblea científica, contribuyeron eficazmente á la realización del proyecto de empalme de las triangulaciones española y argelina: ¡proyecto generoso, como adormecido y abandonado por tantos años!—El Sr. PERRIER, durante sus campañas geodésicas en la Argelia, había repetidas veces columbrado las cimas de nuestras cordilleras y serranías; aunque, con perfecta distinción, sólo tenía, antes del año 1878, completa seguridad de haber enfilado el picacho de MULHACEN, el más erguido y soberbio de toda la Península ibérica. Y si este vértice se descubría desde las humildes derivaciones del Atlas, por imposible juzgué yo que, con paciencia, no se lograra descubrir desde allí el otro vértice español, y pico notabilísimo por su elevación y figura, situado en la provincia de Almería, á 82 kilómetros de Mulhacen, y denominado la TETICA DE BACÁRES. Uniendo estos dos vértices entre sí, y con los de la triangulación argelina, denominados de M'SABIHA, cerca de Orán, y de FILHAOUSSEN, inmediato á la frontera marroquí, propuestos por el Sr. PERRIER, y, aunque mucho menos elevados, de situación excelente, se formaba el cuadrilátero, que la figura adjunta representa, y una con otra quedaban afianzadas ambas triangulaciones: la europea, de los tiempos pasados, con la africana, del porvenir.

Pero ¿no sería insensatez lanzarse á la obra, sin adquirir antes prueba plena de que no era sueño irrealizable el proyecto en los precedentes compendiosos términos formulado?—Así lo pensamos el Sr. PERRIER y yo. Y, para saber á qué atenernos, en el verano de 1878 dispusimos un reconocimiento del terreno, sin más aparatos auxiliares que buenos anteojos de campo, los heliotropos ordinarios para la reflexión y emisión de la luz solar, y pequeños goniómetros para la medición aproximada de los ángulos insistentes en los cuatro vértices mencionados, si desde cualquiera de ellos se lograba descubrir ó vislumbrar dos cualesquiera de los otros, ó los tres simultáneamente, por inesperada fortuna.

De este penoso y deslucido trabajo se encargó en España el coronel de Estado Mayor D. FERNANDO MONET, curtido en tan honrosas lides; y en la Argelia los capitanes franceses, Sres. DERRIEN y KOSZUTSKI: y en dos meses de ruda faena adquirieron, y nos transmitieron, la seguridad de que la operación proyectada era factible, aunque no, sin imprudencia ó temeridad, con los demasiado pobres elementos de observación, de que ellos habían dispuesto. Los reflejos heliotrópicos se vieron, sí, recíprocamente, desde España y Africa; pero se vieron como relámpagos fugaces, trémulos é indecisos, que apenas daban tiempo para fijar las direcciones de donde procedían, sin error de apreciación bastante considerable.—Mu-

cho se había conseguido con lo hecho; pero faltaba todavía madurar muy despacio y con tino lo que faltaba por hacer.

Nada definitivo, sin embargo, podía emprenderse mientras los dos Gobiernos de Francia y de España no se pusieran entre sí de acuerdo, y entablasen las relaciones amistosas, de carácter científico y administrativo, que la ejecución de la obra demandaba. Con este objeto me dirigí yo al Sr. Ministro de Fomento; le expuse el estado de la cuestión, y sus antecedentes y consecuencias honrosas para nuestro país; y respetuosamente le supliqué interpusiese su influencia y valimiento para que no se malograra en ciernes la empresa mencionada, y ya con proligidad en las anteriores líneas definida. Y, á excitación entusiasta suya, el Gobierno de S. M. invitó al de la vecina República, por conducto de nuestro Embajador en París, con fecha 6 de Febrero de 1879, á cooperar en aquella obra: invitación á que el segundo Gobierno contestó, el 17 de Marzo, aceptando como bueno el pensamiento que se le había propuesto, y designando al Sr. PERRIER para que se concertase conmigo, decidiésemos juntos el programa detallado de la operación, y preparásemos cuanto nos pareciera necesario, en personal y material, para emprenderla y llevarla á cabo, á la mayor brevedad posible.

Laboriosos por extremo fueron los estudios y planes hechos, y discusiones habidas con el Sr. PERRIER por el que suscribe: primero, por escrito, en activa correspondencia científica, sostenida durante los meses de Abril y Mayo; y de palabra, luego, en París, á donde creí necesario trasladarme, para dar mayor impulso á los trabajos preparatorios, acompañado de los Sres. MERINO, BARRAQUER, LÓPEZ PUIGSERVER y ESTEBAN; astrónomo aquél, y geodestas los demás, del Instituto Geográfico y Estadístico. Los principales acuerdos adoptados, durante mi breve estancia en París, á mediados del mes de Junio, fueron, en suma, los siguientes:

- 1.º Las observaciones geodésicas y astronómicas se harían en España por los españoles, y por los franceses en la Argelia, sin cambio recíproco de unos por otros: y esto, no sólo por cuestión de dignidad, y por merecerse todos mutuamente ilimitada confianza, sino porque, de lo contrario, no podría terminar la operación en una sola campaña, ni tal vez nunca.

- 2.º Por el mismo poderoso y último motivo, los observadores deberían distribuirse desde luego en los cuatro vértices, y trabajar simultánea, y no sucesivamente, desde ellos: disponiendo las cosas de manera que así fuera factible proceder, sin daño ó error en los resultados.

- 3.º Con las señales heliotrópicas, durante el día, de muy difícil y muy cuestionable visibilidad, según el reconocimiento del terreno en el verano anterior había demostrado, se



combinarían, por la noche, otras señales luminosas, producidas por lamparas de petróleo y lámparas eléctricas, establecidas en los focos de grandes reflectores, y convenientemente dirigidas de unos vértices á otros.—Para la producción de la electricidad se convino, después de largas discusiones y de pensarlo muy despacio, en emplear los generadores electromagnéticos de Gramme, movidos por pequeñas máquinas de vapor, de tres caballos de fuerza.

4.º Asimismo se decidió que los goniómetros de precisión fuesen iguales en los cuatro vértices, y construídos, con la habilidad y conciencia artística que tanto los distingue, por los hermanos Brunner, de París. É iguales también debían ser los aparatos de producción y emisión de las luces de petróleo y eléctricas; y, en lo posible, hasta los demás aparatos accesorios que, en combinación con los goniómetros, se empleasen.

Y 5.º Terminadas las operaciones geodésicas, si á tanto llegaba nuestra buena suerte, se intentaría también realizar el enlace astronómico de las dos triangulaciones, pospuesto, por de pronto, para no complicar demasiado la primera operación, y por no comprometer el éxito de la jornada con la acumulación excesiva de material y personal en los mismos vértices. La operación astronómica, por estas varias consideraciones diferida, debía comprender la determinación de la diferencia de longitudes geográficas entre M'Sabiha y Tetica; de las latitudes de ambos vértices; y de dos azimutes en las triangulaciones á que corresponden.—En la nota, cuya redacción le ha encomendado la Academia, cuidará el Sr. Merino de referirnos lo hecho por él, y por el personal á sus órdenes, en consecuencia del último acuerdo. La Academia nada perderá porque prescindá yo de tratar por completo de este asunto.

Adoptadas las disposiciones preparatorias que dejo enumeradas, procedióse sin pérdida de tiempo á la adquisición del material de campaña, y designación del personal, que debía encargarse de su manejo y buen empleo.

Para los trabajos geodésicos pusieron, por parte de España, á las inmediatas órdenes del Sr. BARRAQUER, el comandante de E. M. D. VICENTE LÓPEZ PUIGSERVER, el capitán de Ingenieros D. JUAN BORRES, y los tenientes de Artillería don PRIAMO CEBRIÁN y D. CLODOALDO PIÑAL, agregados todos al Instituto Geográfico y Estadístico. Y, en representación de Francia, se encargaron de observar en la Argelia, á las órdenes ó bajo la dirección del Sr. PERRIER, los capitanos de Estado M., Sres. BASSOT, DEFFORGES y DERRIEN, y el de Ingenieros, Sr. SEVER, geodestas de su ministerio de la Guerra.

A cada uno de los cuatro vértices que debían relacionarse



trigonométricamente se destinaron: una máquina de vapor de tres caballos de fuerza, susceptible de armarse y desmontarse con facilidad relativa, procedente de los talleres de los Sres. Weyler y Richmond, de París; dos máquinas del sistema Gramme, construídas, una, por el Sr. Breguet, y otra por el Sr. Lemonnier, de la misma localidad citada; un gran reflector, de 0<sup>m</sup>,50 de diámetro, ideado por el teniente coronel de Ingenieros, Sr. Mangín, y destinado á reflejar la luz que se produjese en su foco; dos aparatos portátiles del mismo autor, provistos de lentes plano-convexas, de 0<sup>m</sup>,20 de diámetro, para sustituir, en caso de necesidad, al reflector precedente, y emitir por refracción, hacia los vértices fronterizos, las señales luminosas, producidas en el de su instalación; dos reguladores Serrin, para la producción, y entretenimiento constante, en los focos de los reflectores ó refractores mencionados, de la luz eléctrica dimanada de las máquinas Gramme; y un gran círculo azimutal reiterador, provisto de cuatro microscopios micrométricos y de un anteojo recto, de considerable fuerza óptica, y provisto de ocular micrométrico también, apropiado á la medición de los ángulos: obra maestra de los artistas ya citados, hermanos Emilio y León Brunner.

Dos meses antes de salir de París el material referido, con los demás accesorios que es fácil suponer, y que por brevedad no se mencionan, despaché desde Madrid al capitán de Ingenieros D. JUAN BORRES, con los auxiliares necesarios, para que en Tetica y en Mulhacen proyectase y construyese las barracas y abrigos indispensables para albergar, con seguridad y cierta comodidad, el personal numeroso que en aquellos puntos debía estacionarse, y cobijar los instrumentos y cargas destinados al servicio de las estaciones. Y al mismo inteligente explorador del terreno le confié el difícil encargo de estudiar el modo mejor de subir á lo alto de las Sierras Nevada y de los Filabres, el voluminoso, pesado y delicadísimo material de observación.

Previos reconocimientos minuciosos, y dando pruebas de gran energía de espíritu y de actividad inquebrantable, el capitán BORRES concluyó por trazar y construir caminos practicables de montaña, por los cuales, aunque luchando siempre con tropiezos inesperados y dificultades de gran monta, se consiguió más tarde conducir, y como izar, hasta la cumbre de Tetica, y á la mucho más agreste y levantada de Mulhacen, el bagaje científico enorme, que en ambos vértices era menester tratar de utilizar. Cuántas y de qué especie serían estas dificultades, indícalo sobradamente el hecho de haber sido necesarios dieciocho días de marcha, para elevarse á lo alto de Mulhacen desde la inmediata ciudad de Granada, utilizando en tan terrible jornada todas las horas de sol, y acampando por la noche entre las breñas, en el sitio donde

la oscuridad sorprendía á los conductores de aquel extraño convoy, compuesto de larga fila de carretas, arrastradas por bueyes.

Los rústicos albergues de tosca mampostería, mal trabada con barro, cal y arena, con puertas y ventanas de madera, y techos de pizarra, contruidos bajo la dirección del capitán BORRES, en ambos picos, y destinados á servir de precioso refugio á los observadores y auxiliares suyos, reunían todas las condiciones de resistencia y comodidad asequibles en aquellas altitudes, respectivamente de 2 080 y 3 481 metros.—En punto á comodidad, sin embargo, los geodestas franceses llevaban á los españoles gran ventaja: como que los cerros argelinos donde acampaban, de Filhaoussen y de M'Sabiha, se elevan por junto, respectivamenre, 1 146 y 585 metros sobre el nivel del mar.

A pesar de los obstáculos que entorpecieron la conducción del material desde París á Madrid, su distribución aquí en dos partes iguales, remisión á Mulhacen y Tetica, é instalación en estos vértices, á fines del mes de Agosto todo estaba pronto para comenzar las operaciones, y los observadores en sus puestos: BARRAQUER, BORRES y CEBRIAN, en el primero; y, en el segundo, LÓPEZ PUIGSERVER y PIÑAL. Los aparatos habian llegado sin detrimento; las máquinas de vapor funcionaban sin dificultad; y las de Gramme, después de sometidas á escrupuloso reconocimiento, y de remediadas en ellas algunos pequeños desperfectos, producían verdaderos torrentes de electricidad y focos de luz intensísima. En los últimos días de aquel mes, poseídos jefes y auxiliares de actividad febril, y penetrados profundamente del sentimiento de su deber, hicieron lo que, á sangre fría y en circunstancias ordinarias, no es posible hacer, y necesité yo ver, para convencerme de que hubieran podido realizarlo.

Y á verlo fuí á Mulhacen, como punto de mayor peligro, por si mi presencia allí hubiera sido en cualquier concepto necesaria, é impulsado además por la ambición científica de escribir, en los cuadernos de campaña tan memorable, algunas observaciones propias, hechas desde la cumbre altísima de la Alpujarra: mas ni mi cooperación personal y auxilio moral se necesitaban, ni pude satisfacer tampoco el disculpable deseo, que constituía el segundo objeto de mi viaje. Tan pronto como llegué á la cima de la cordillera, el 1 de Septiembre, desatóse un temporal furioso de aguas, vientos y nieves; oscurecióse por completo el horizonte; descendió á 10 bajo cero el termómetro centígrado; y todo quedó paralizado. Con algunos ratos de bonanza, tres días permanecemos así, sin poder hacer más que rectificar la situación de los aparatos, poner en movimiento las máquinas, producir la luz eléc-

trica, y simular y ensayar el trabajo futuro de observación, en la previsión de cuantas contingencias pudieran, por diversidad de motivos, presentarse.

A los tres días de estancia en aquellos lugares, tuve con harta dolor que abandonarlos, para trasladarme á la ciudad de Ginebra, donde muy en breve debía reunirse bajo mi presidencia la Asociación Internacional Geodésica. Pero al ausentarme de la Sierra Nevada y de la vecina cordillera de los Filabres, donde iba á ensayarse la solución del problema que mayor interés excitaba por entonces en el seno de aquella Asociación, en las condiciones más angustiosas y comprometedoras que imaginarse podían, me alentaba un gran consuelo, dimanado de la convicción adquirida sobre el terreno, de que, si la operación era de suyo realizable, la llevaría seguramente á buen término el experimentado é intrépido personal que la tenía á su cargo.

Y así, por fortuna, sucedió. Las observaciones, simultáneamente casi, principiadas en los vértices españoles y africanos el 9 de Septiembre, podían darse por terminadas el último día del mismo mes. Desde el 17 hallábame yo en París, retenido, mal de mi grado, por las atenciones y cuidados de la Presidencia de la *Comisión Internacional de Pesas y Medidas*; y allí recibía los telegramas directos de Mulhacen, de Tetica, de M'Sabiha y de Filhaoussen, que por momentos se me dirigían, y me enteraban de los progresos y de las dificultades de la vasta operación, por franceses y españoles con entusiasmo inusitado acometida. Desde París tuve, al fin, la honra de telegrafiar al Gobierno español la noticia de la terminación de las observaciones geodésicas, que cuidé también de poner en inmediato conocimiento del Gobierno francés: y desde allí trasmití por telégrafo las felicitaciones de los señores Presidente de nuestro Consejo de Ministros y Ministro de Fomento, y del Ministro de la Guerra de Francia, á los geodestas de ambas naciones, estacionados en los cuatro memorables vértices. Era la única recompensa que esperaban como premio de sus afanes, ó la que más podía lisonjearlos, por de pronto: la aprobación de los sabios y corporaciones científicas debía completarla muy en breve.

Pero ¿se logró dar cima á la obra con facilidad, ó sin experimentar frecuentes sobresaltos, y saborear terribles amarguras, mientras duraron los trabajos de campo?—No, ciertamente.

Por de pronto los observadores experimentaron, en los cuatro vértices, la extraña decepción de no columbrar, durante el día, de un lado á otro del Mediterráneo, las señales que incesante y recíprocamente se trasmitían, y anhelaban enfilar para abreviar el término de su faena: ni una sola vez,

ni por azar siquiera, divisaron desde un continente cualquiera los reflejos de la luz solar que con los heliotropos se les mandaban del otro; y si, fiados exclusivamente en el resultado del reconocimiento preliminar, verificado en el verano anterior, hubiéramos decidido que la operación se intentase por los procedimientos y con los recursos ordinarios, el fracaso hubiera sido completo, el desaliento se habría apoderado de nosotros, y lo que ahora es un hecho consumado, tal vez se habría calificado de generosa aspiración, irrealizable en absoluto. El buen éxito de la empresa, y lisonjero coronamiento de tantos esfuerzos desplegados, y sacrificios hechos para llevarla á cabo, se deben, en primer término, á la resolución adoptada en las conferencias preliminares de París, de apelar con todo y arrostrar animosamente las consecuencias risibles de un descalabro, transportando y subiendo á la región de las nubes, las máquinas, aparatos y enseres indispensables para la producción y entretenimiento de la luz eléctrica. Sin los destellos de este nuevo Sol, creado por la ciencia moderna, á oscuras hubiéramos quedado, y estábamos perdidos.

Aun así, los geodestas de Tetica comenzaron su trabajo sin percibir más luces que la de petróleo, procedente de Mulhacen, y la eléctrica de M'Sabiha: sin que de la eléctrica también, emitada desde Filhaoussen, columbrasen el más leve vestigio, durante 14 días consecutivos, de cruel y desesperadora ansiedad: desde el 9 de Septiembre, en que principió la faena, hasta la noche del 23, durante la cual pudieron utilizar los mortecinos destellos de aquella luz, por término escaso de cinco cuartos de hora. En diez días salteados, comprendidos entre la primera fecha citada y el 30 de Septiembre, y distintos para cada vértice, se hicieron en los dos españoles cuantas observaciones se juzgaron necesarias para dar por ultimado el trabajo de campo: resultando otros once días intermedios, de inacción forzosa y desaliento consiguiente: los más fatigosos y más difícilmente soportables de todos.

En Tetica no fué el temporal reinante, durante el mes de Septiembre, por demás extremado y riguroso. Pero en la nevada cima de Mulhacen, las penalidades que hubo de aguantar el personal allí acampado, casi no tienen nombre. La presión barométrica fluctuaba alrededor de solos 500 milímetros; y en el ansia de la respiración y laxitud muscular de los á ellos sometidos, se advertían, á la simple vista, sus perjudiciales efectos. La temperatura oscilaba enormemente; y, tras la postura del sol, comenzaba á descender, y no paraba hasta señalar el termómetro 8, 10 y 12 grados *bajo cero*. A 69 milímetros llegó el espesor de la lluvia en un sólo día. Y, sobre la nieve congelada en los alrededores del vértice, por cuatro veces volvió á nevar en el transcurso del mes, copiosamente alguna. Cómo los geodestas, auxiliares, maquinistas y escolta



de soldados, que componían la expedición, resistieron sin cesar tan pavorosos rigores de la intemperie, casi no se concibe ahora; y menos se concibe sabiendo que los jornaleros del país, en número considerable, agregados al servicio de la brigada científica, se desbandaron asustados más de una vez, prefiriendo contemporar con su miseria, á ganar el sustento en tan dura y desigual contienda con los furores de aquella estación excepcional y aquella brava naturaleza. Por si algo faltaba todavía para probar la paciencia y resistencia de nuestros expedicionarios, en la mañana del 19 de Septiembre, cuando, ni con mucho, podía considerarse logrado aún el premio de nuestros afanes, nublóse el cielo, zumbó la tempestad por cima de Mulhacen, desprendióse el rayo sobre nuestro mismo vértice, y la confusión y desconcierto llegaron, aunque por un momento no más, á su colmo. De lo ocurrido el 19 recibí yo en París el 20 noticia, por telegrama suscrito por el coronel Sr. BARRAQUER, cuya lectura me dejó aterrado. Decía así aquel tan breve como desconsolador despacho telegráfico: «Ha caído hoy, á las 11  $\frac{1}{2}$  h.<sup>s</sup> de la mañana, un rayo en los aparatos eléctricos, cuyos desperfectos ignoro todavía. Gran nevada. Personal sin novedad; pero es peligroso prolongar la estancia. Preparo la retirada.»—Amplias facultades tenía el Sr. BARRAQUER para retirarse, en caso tan apurado como el que me describía; y aun el deber de hacerlo, tratándose de poner en salvo las vidas de cuantos estaban á sus órdenes. Mas, por fortuna y honra nuestra, la retirada no se verificó. Y allí permanecieron, hasta los primeros días de Octubre, cuantos tenían precisión de permanecer, no sólo para rematar el trabajo comenzado, sino para recoger el material de campaña, y volverle á Madrid sin considerable deterioro.

Terminado el penoso período de observación en las montañas, la ansiedad de cuantos nos interesábamos por el éxito feliz de la operación, en las circunstancias expuestas acomedidas, ni se disipó por completo, ni aun disminuyó, ó se aplacó, en grado perceptible.

¿Cuál sería el resultado final de los trabajos de gabinete, y de combinación de nuestras observaciones con las hechas por los geodestas franceses? Los errores inevitables de unas y otras, ¿serían sin escrúpulo admisibles, y estarían comprendidos dentro de los límites de magnitud que la ciencia, cada día más exigente, tolera en la actualidad? ¿No sería causa de confusión y origen de equivocaciones graves la circunstancia desfavorable, consecuencia forzosa de la simultaneidad de trabajo en los cuatro vértices, de haber enfilado siempre las luces fuera de los centros de estación, y de ser, por lo tanto, indispensable aplicar algunas correcciones á todas las direcciones observadas? Y la precipitación con que el trabajo se



había efectuado, lo estemporáneo é incómodo de las horas de observación, la crudeza de los temporales, y aun la falta de salud de los observadores, ¿no habrían trascendido también á los resultados, en términos imposibles de prever por de pronto, y de remediar más tarde?

Más de mes y medio tardamos en ver desvanecidas tan insoportables dudas; mientras el Sr. Perrier reunió y ordenó las observaciones hechas en M'Sabiha y en Filhaoussen, con sus respectivos elementos de reducción, y las remitió á Madrid, donde los geodestas del Instituto Geográfico y Estadístico, compañeros suyos de campaña, las redujeron y combinaron con las españolas, ya previamente discutidas también y analizadas. El cálculo provisional, cuyos resultados discreparán seguramente muy poco del definitivo, mucho más penoso y prolijo, se terminó, por fin, el 16 de Noviembre; y en aquel mismo día transmití, por telégrafo, la síntesis y conclusiones del cálculo referido, no sólo al Ministerio de la Guerra de Francia, sino á la Academia de Ciencias de París.

Con alguna mayor extensión, y con otros detalles meramente aproximados á la verdad, á continuación se insertan los resultados á que acabo de aludir, deducidos hasta la fecha de las observaciones geodésicas hechas en España y Africa, y los cuales superan en exactitud, ó grado de precisión, á cuanto podía esperarse de tan azarosa campaña, y era lícito imaginar, aun considerado el asunto por su aspecto más favorable (1).

---

(1) *Memorias del Instituto Geográfico y Estadístico*, tomo III, correspondiente al año de 1881.

*Jonction Géodésique et Astronomique de l'Algérie avec l'Espagne*, por el general IBÁÑEZ y el coronel PERRIER.

*Algunas consideraciones sobre el enlace Geodésico y Astronómico de Argelia con España*, por el Conde de CAÑETE DEL PINAR, capitán de fragata retirado.

APÉNDICE á la obra anterior.

## DIRECCIONES

| VÉRTICES.        | OBSERVADAS Á LAS LUCES. |                |  | CORRECCIONES. |
|------------------|-------------------------|----------------|--|---------------|
| Filhaoussen..... | M'Sabiha                | 0° 0' 0",000   |  | + 4",24       |
|                  | Tetica                  | 60 51 17 ,49   |  | — 1 ,094      |
|                  | Mulhacen                | 78 43 43 ,18   |  | + 0 ,130      |
| M'Sabiha.....    | Tetica                  | 0 0 0 ,000     |  | — 0 ,787      |
|                  | Mulhacen                | 16 19 51 ,25   |  | + 0 ,091      |
|                  | Filhaoussen             | 95 8 43 ,77    |  | — 6 ,58       |
| Mulhacen.....    | Tetica                  | 0 0 0 ,000     |  | — 9 ,334      |
|                  | Filhaoussen             | 287 30 31 ,315 |  | + 8 ,15       |
|                  | M'Sabiha                | 309 59 22 ,894 |  | + 1 ,84       |
| Tetica.....      | Mulhacen                | 0 0 0 ,000     |  | — 10 ,219     |
|                  | Filhaoussen             | 89 39 9 ,803   |  | — 3 ,81       |
|                  | M'Sabiha                | 113 40 18 ,966 |  | — 1 ,91       |

## TRIÁNGULOS

| VÉRTICES.          | ÁNGULOS.         | SUPERFICIES.        |            |
|--------------------|------------------|---------------------|------------|
|                    |                  |                     | Hectáreas. |
| Filhaoussen.....   | 17° 52' 26", 914 |                     |            |
| Tetica.....        | 89 39 16 , 212   | Esférica.....       | 1066180    |
| Mulhacen.....      | 72 29 11 , 201   | Plana.....          | 1066020    |
| <i>Suma.....</i>   | 180 0 54 , 327   |                     |            |
| <i>Exceso.....</i> | 54 , 162         |                     |            |
| <i>Error.....</i>  | + 0 , 165        | <i>Diferencia..</i> | 160        |
| M'Sabiha.....      | 78 48 45 , 849   |                     |            |
| Mulhacen.....      | 22 28 45 , 269   |                     |            |
| Filhaoussen.....   | 78 43 39 , 070   | Esférica.....       | 1392336    |
| <i>Suma.....</i>   | 180 0 70 , 188   | Plana.....          | 1392112    |
| <i>Exceso.....</i> | 70 , 730         |                     |            |
| <i>Error.....</i>  | — 0 , 542        | <i>Diferencia..</i> | 224        |
| M'Sabiha.....      | 16 19 52 , 128   |                     |            |
| Tetica.....        | 113 40 27 , 275  |                     |            |
| Mulhacen.....      | 50 0 25 , 932    | Esférica.....       | 856236     |
| <i>Suma.....</i>   | 180 0 45 , 335   | Plana.....          | 856121     |
| <i>Exceso.....</i> | 43 , 498         |                     |            |
| <i>Error.....</i>  | + 1 , 837        | <i>Diferencia..</i> | 115        |
| Filhaoussen.....   | 60 51 12 , 156   |                     |            |
| M'Sabiha.....      | 95 8 37 , 977    |                     |            |
| Tetica.....        | 24 1 11 , 063    | Esférica.....       | 1182393    |
| <i>Suma.....</i>   | 180 0 61 , 196   | Plana.....          | 1182237    |
| <i>Exceso.....</i> | 60 , 068         |                     |            |
| <i>Error.....</i>  | + 1 , 128        | <i>Diferencia..</i> | 156        |

## LONGITUD DE LOS LADOS

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| Mulhacen—Tetica.....      | 82827m ,6 |
| Mulhacen—M'Sabiha.....    | 269847 ,8 |
| Mulhacen—Filhaoussen..... | 269927 ,2 |
| Tetica—M'Sabiha.....      | 225713 ,6 |
| Tetica—Filhaoussen.....   | 257413 ,0 |
| Filhaoussen—M'Sabiha..... | 105178 ,4 |

## COORDENADAS GEOGRÁFICAS

| VÉRTICES.        | LATITUD.   | LONGITUD E. | ALTITUD. |
|------------------|------------|-------------|----------|
| Mulhacen.....    | 37° 3' 12" | 0° 22' 34"  | 3481m    |
| Tetica.....      | 37 15 9    | 1 16 29     | 2080     |
| M'Sabiha.....    | 35 39 39   | 2 51 20     | 585      |
| Filhaoussen..... | 34 59 58   | 1 59 56     | 1140     |

Cuanto, concerniente á las operaciones geodésicas, teníamos que referir, queda expuesto en las breves páginas precedentes. Como ya más atrás he dicho, la Academia nada perderá con que yo prescinda de tratar de las astronómicas, curiosísimas, y no menos importantes ni difíciles que las geodésicas, encomendadas al Sr. MERINO, y de las cuales este señor, cediendo bondadoso á mis instancias reiteradas, se ha decidido á darnos cuenta.

Madrid 1 de Febrero de 1880.

CARLOS IBÁÑEZ.

## SEGUNDA OPERACIÓN.—ENLACE ASTRONÓMICO.

El Sr. D. MIGUEL MERINO empieza su Memoria manifestando haber tenido que trasladarse á París para determinar la doble ecuación personal del Sr. Coronel PERRIER y la suya propia, para la compra de los aparatos necesarios al enlace astronómico de Europa y África, y para convenir el sistema de señales y de observaciones que habían de hacerse en las estaciones de Tetica de Bacares (España) y M'Sabiha (Argelia). El Sr. MERINO describe luego el material científico ensayado en París, y, ya de regreso en España, dice á la Academia de Ciencias lo siguiente:

En recibir estos tan numerosos y extraños aparatos, desempaquetarlos para ver el estado en que llegaban á nuestro poder, examinar sus variados y complicados mecanismos, verificar con ellos algún que otro ensayo previo indispensable, aunque por la premura del tiempo necesariamente incompleto, y volverlos á empaquetar cuidadosamente para remitirlos á la provincia de Almería, se nos pasaron la segunda quincena del mes de Agosto y los primeros días de Septiembre. La noticia de que las luces eléctricas de M'Sabiha y de Tetica se percibían recíprocamente desde los vértices opuestos, la recibimos el día 12 del segundo mes; y, contando con que la operación geodésica, vencidas ya las enormes dificultades de ascensión é instalación de los aparatos y de percepción de las señales luminosas, podría terminarse antes del 30, aceleramos el arreglo de nuestro demasiado voluminoso y complicado equipaje científico, y le despachamos el 14 hacia Tetica, por ferrocarril hasta la estación de Alcantarilla, inmediata á Murcia, y desde allí por carretera, sendas, barrancos, arroyadas y precipicios, al término del viaje.

Para Tetica salimos de Madrid por distinto camino, ó dando la vuelta por Granada, D. ANTONIO ESTEBAN y yo, en la noche del 19 de Septiembre. Pero, detenidos en Granada por la dificultad inesperada é imprevista de continuar marchando hacia Baza y Tíjola, la inacción á que nos vimos reducidos, la impaciencia que de nosotros se apoderó, y el desasosiego en que vivíamos de mucho tiempo atrás, quebrantaron mi salud, y quedé imposibilitado de proseguir el viaje. Por disposición mía, y con grandísima repugnancia suya, adelantóseme el día 24 mi buen compañero el Sr. ESTEBAN, cediendo á las imperiosas exigencias del deber, que sobre ambos, casi por iguales partes, pesaba. Y en la madrugada del 28, mal repuesto de mi quebranto todavía, empecé yo la caminata hacia Guadix y Baza. Antes de llegar á la primera de estas dos ciudades, agregóseme el auxiliar D. LUIS ESTEBAN, des-



pachado desde Tíjola en socorro mío; y por cierto que me le prestó muy eficaz; ya con su apreciable compañía, ya con las noticias de que nuestros instrumentos nos aguardaban en salvo en la cumbre de Tetica, y que la operación geodésica, preliminar de la astronómica, estaba para entonces muy adelantada y á punto de terminar.

.....  
El 28 descansamos en Baza, y el 29 fuimos á dormir á Tíjola. Pero ¿dormimos en realidad?—Prescindiendo de los últimos chispazos de fiebre, que todavía me traían algún tanto desconcertado, buen sueño necesitaba yo para dormir, después de recibida hacia la media noche una carta, que el jefe de Comunicaciones de Baza, mi antiguo amigo D. Miguel Bellido, me remitió con un peatón, encargado de alcanzarnos antes de que nos enfrascásemos en las escabrosidades de la vecina sierra.

La carta, fechada en M'Sabiha el 24 de Septiembre, era del Sr. PERRIER: y en ella, después de narrarme entusiasmado los trabajos geodésicos ya practicados, me decía este señor, entre otras cosas, lo que sigue:

«Ayer divisé la luz de Tetica, á la simple vista, con la misma claridad que el resplandor de un faro inmediato; y la de M'Sabiha no debía columbrarse peor desde el vértice español. Ambas luces, sin embargo, presentan para nuestros trabajos astronómicos futuros *un grave inconveniente*: el de no ser constantes, como las de petróleo en los colimadores ordinarios; ó el de experimentar frecuentes variaciones de intensidad, y aun eclipses totales, procedentes de que los reguladores Serrín no son perfectos, ni los carbones tampoco; y, á veces también, de que los aparatos de emisión, embarazosos y de difícil manejo, se desorientan ó varían de posición: inconveniente grave, repito, que á toda costa debemos tratar de remediar.»

Y, para remediarle en lo posible, me proponía el señor PERRIER el abandono en absoluto, y sin más examen, del mencionado regulador; y el empleo, en su lugar, de una pequeña lámpara eléctrica, agregada al material científico de campaña, como á prevención y por vía de reserva; de mecanismo mucho más sencillo; y cuyos carbones debían moverse á mano, conforme se fueran consumiendo, de manera que sus puntas permaneciesen á distancia invariable una de otra, y siempre en el foco del colimador. Así oportunamente se hizo, previo el indispensable aprendizaje: y el resultado fué por extremo satisfactorio.

.....  
Conviene, además, advertir que las variaciones de intensidad de las luces, y aun sus eclipses eventuales desesperadores, que tan inquieto traían, con razón sobrada, al señor

PERRIER, no se evitaron por completo, ni mucho menos, con el cambio de lámparas y de sistema de regulación. Ni podían evitarse tampoco. Como que la causa principal de su producción procedía de la longitud enorme de la trayectoria luminosa, rasante á la superficie del mar, é interrumpida y contrariada sin cesar por las brumas y neblazos que entre Tetica y M'Sabiha formaban un denso velo, penetrable con suma dificultad y como por milagro, en la época borrascosa y condiciones excepcionales atmosféricas del año á que nuestros trabajos se refieren.

.....

En la mañana del 30 de Septiembre, con dos guías delante, y montados en humildes y dóciles bestezuelas, salimos del hospitalario pueblo de Tíjola, y en el acto comenzamos á escalar el cielo, para precipitarnos de pronto en el barranco ó abismo de Bayarque; tomar luego por entre peñas río arriba; y llegar, al cabo de un par de horas de navegación, tropezando á cada paso con enormes pedruscos, ó desprendidos de las alturas por la acción desorganizadora lentísima del tiempo, ó arrastrados de súbito por la corriente en días temerosos de lluvia torrencial é inundaciones tremendas, al pueblecito de Batares.

.....

Desde Batares, donde ni un momento nos detuvimos, no hay mucho que andar para llegar á la TETICA de su nombre: enorme protuberancia, como aislada en medio de un laberinto de sierras, por cima de las cuales sobresale altiva. Lo que hay que hacer es subir, subir sin respirar durante un par de horas, batallando con un viento furioso, cuyo silbido incesante destroza los oídos: y no de frente, lo que sería imposible; sino sesgando la montaña por el complicado derrotero con gran pericia explorado, y franqueado en lo posible, por el capitán de ingenieros Sr. BORRES.—A las nueve de la mañana habíamos salido de Tíjola, y á las tres de la tarde, sin contratiempo alguno, acampábamos en las alturas, á 2 000 metros sobre el nivel del mar, -en amor y compañía de nuestros buenos amigos los Sres. LÓPEZ PUIGSERVER, PIÑAL y ESTEBAN, que nos recibieron con los brazos abiertos.

El 1 de Octubre la operación geodésica, encomendada á PUIGSERVER y PIÑAL, se hallaba muy adelantada, pero no terminada todavía; y, como los instrumentos para ella necesarios ocupaban en la escueta cumbre de la montaña el reducidísimo espacio, único disponible, donde debían instalarse los astronómicos, mientras aquellos señores no recibiesen orden superior de levantar el campo, ESTEBAN y yo teníamos que permanecer de brazos cruzados, sin poder pensar seriamente ni aun en desembalar y reconocer nuestro voluminoso equipa-

je, por allí distribuido en el orden ó desconcierto en que días antes había llegado. La instalación astronómica exigía, además, nuevas construcciones de fábrica, que ni proyectadas sobre el terreno estaban siquiera, y para las cuales carecíamos de los materiales más precisos. Ladrillos, cal, yeso, arena, madera, todo fué menester irlo á buscar á Tijola, á cinco horas de distancia, por sendas y derrumbaderos de que hemos procurado dar alguna idea. Antes, sin embargo, de que aquella tan anhelada orden llegase, el acopio de materiales estaba hecho; y, tan pronto como el día 4 se recibió, procedióse á recoger y guardar los instrumentos geodésicos, y á explanar y agrandar en lo posible la plazoleta donde habían estado instalados, para levantar desde los cimientos los nuevos pilares de sustentación de los astronómicos: *teodolito* de Repsold, destinado á la determinación de la latitud del lugar y azimut de una dirección geodésica; anteojo de pasos ó *círculo meridiano*, de Brunner; *cronógrafo*; *péndulo* de Hipp; y aparato de emisión y recepción de las señales luminosas.

En la tarde del día 6, PUIGCERVER y PIÑAL, con sus Auxiliares y el destacamento de soldados que habían tenido á sus órdenes, descendieron de las alturas á poblado.

Cerrada la noche, se reunieron en torno mío los que desde aquel momento, y cada cual en su esfera, habían de ser mis colaboradores y compañeros: el ingeniero D. ANTONIO ESTEBAN; los auxiliares GUTIÉRREZ NIETO, ESTEBAN CUADRADO y VÁZQUEZ GARCÍA; el maquinista, encargado de la máquina de vapor y de las de Gramme para la producción de la luz eléctrica, D. GUILLERMO FALLER; y el cabo de ingenieros, auxiliar suyo, PEDRO GONZÁLEZ.

El día 12 de Octubre, nuestra instalación estaba concluida.

Defendido por una tienda de observación, de dos metros de lado, y centrado en el mismo vértice geodésico, teníamos el teodolito de Repsold, con el cual ya en las dos noches anteriores habíamos comenzado á determinar la hora ó estado de nuestros cronómetros.

En el mismo paralelo de latitud, y al O. del pilar del teodolito, habíamos levantado otro pilar, donde descansaba, rectificado y orientado, y protegido de la intemperie por una barraca cuadrada de madera, de tres metros de lado, el círculo meridiano Brunner.

Dentro de esta barraca, en el rincón del S. E., habíase erigido otro pilar de ladrillo, construido con el mayor esmero allí posible, contra el cual estaban afianzados, de un lado, el péndulo sidéreo de Hipp, y, de otro, el cuadrante simpático, indicador de las horas.

En el rincón del S. O., sobre un cajón atornillado al suelo de la barraca, funcionaba satisfactoriamente el cronógrafo.

El rincón del N. O. se hallaba ocupado, y en cierto modo inutilizado, por la puerta de entrada á tan rústico Observatorio.

Y en el del N. E. no faltaban trebejos útiles y aun indispensables que admirar, y donde tropezar también, al menor descuido de las personas encargadas de operar con ellos en tan aprovechado y mezquino recinto.

Pegando casi con esta barraca y con la tienda del teodolito, con las ventanas de frente á M'Sabiha, existía otra, en cuyo centro, sobre pilar bien macizado, instalamos el aparato de producción y emisión de la luz eléctrica. Y dentro de esta misma barraca, encima de las cajas de embalar ya desocupadas, dispusimos unos 40 elementos de pila Meidinger, destinados á entretener la actividad del péndulo, y al servicio del cuadrante simpático, del cronógrafo y del interruptor cadencioso de la luz, por medio de un sistema de conductores metálicos, tendidos entre ambas barracas, y afianzados interiormente á sus techos y paredes.

Tenía nuestra instalación, así, por necesidad, arrebatadamente realizada, el grave inconveniente de que, estando recién hechos los pilares, sin fraguar casi unos con otros los ladrillos componentes, é impregnada de agua la construcción por todas partes, no era posible que los instrumentos que soportaban poseyesen, desde luego, aquel grado de estabilidad y de firmeza, que para trabajar fructuosamente con ellos, con razón, se considera como punto menos que indispensable.

.....  
Mientras en la erección y organización de nuestro Observatorio estuvimos activa y agradablemente entretenidos, nadie reparó en lo que en torno nuestro sucedía y se preparaba. Y lo que sucedía era que por todos los barrancos y desfiladeros, afluentes al empinado promontorio donde acampábamos ó anidábamos, desembocaban inmensos pelotones de niebla, que se despeñaban por las vertientes, y rellenaban las hondonadas, y bullían por do quier, como gigantescas olas de mar embravecido, en efervescencia ó hervidero tumultuoso. Detrás, y entre tan tupido velo de vapores acuosos, en breve desaparecieron la mesa y faro de Roldán, el cabo de Gata y el plateado golfo de Almería; las soberanas cumbres de Sierra-Nevada; el oasis de Baza; y el laberinto de montes, cabezos y altozanos, que por el N. y N. E. limitaban nuestro horizonte. Por cima de la niebla, cada vez más apretada y cercana, descollaba todavía el picacho de Tetica, como islote perdido en medio del Océano, coronado por cielo azul purísimo, donde llegada la noche, brotaban refulgentes estrellas



á millares. Pero ¿qué iba á suceder si la niebla ascendía un poco más, y nos envolvía en su seno, y luego se condensaba y desprendía, como de golpe, la mole irresistible de agua que atesoraba?—Lo que sucedió el día 14, de infausta memoria en ambas provincias de Almería y Murcia; que se rompieron las cataratas del cielo, y la tierra gimió, aplastada y arrasada por el turbión descomunal, desprendido súbitamente de las nubes.

Aquel tenebroso día, iluminado tan sólo por la cárdena luz de los relámpagos, lo fué para nosotros de inquietud y continua angustia; y bastante peor que el día fué la noche, al contemplar inundado nuestro pobre albergue, y temiendo que los instrumentos de observación, defendidos por cuatro endebles tablas y unas cuantas varas de lona, todo recia y como febrilmente amarrado á las peñas inmediatas, no pudiesen resistir las iras de la tormenta, y amaneciesen destrozados, y sin remedio fuera de servicio. Amaneció; escalamos presurosos la cumbre de la montaña; y penetramos en nuestro desamparado Observatorio. Y, aunque nos dolimos, como era consiguiente, del miserable estado en que le hallamos, consolámonos al punto con la persuasión de que nada muy grave había sucedido á los instrumentos, y de que sus desperfectos y averías podían fácilmente remediarse, desmontándolos y limpiándolos cuidadosamente, y procediendo luego á su reinstalación y rectificación con paciencia. De paciencia teníamos hecho á prevención abundante acopio; y por eso, á los dos días de pasada la borrasca, ya estábamos á flote, y en aptitud de aguantar cualquier otro percance por el estilo.

.....Júzguese de nuestra alegría cuando, cerrada la noche del mismo día 18, columbramos en la dirección de M'Sabiha, de donde nunca, tras la postura del sol, desviábamos los ojos, el primer destello de la luz eléctrica, que nuestros compañeros de *ultramar* nos remitían. Enfilamos sin pérdida de momento nuestro aparato de emisión; dimos á la máquina de vapor el máximo de fuerza; y, cuando volteaba la de Gramme con velocidad vertiginosa, y el susurro y los chispazos eléctricos indicaban que se hallaba en plena actividad, aproximamos uno á otro los carbones de la lámpara: surgió entonces sobre la cumbre de Tetica vivísimo relámpago, y, condensado su resplandor en haz de fuego, propagóse instantáneamente desde allí hasta la costa septentrional africana. —¿Le percibirían los observadores que en aquella costa ansiosos le aguardaban, como nosotros divisábamos la trémula centellita de allí procedente?—Pasaron algunos minutos de zozobra, al cabo de los cuales interceptamos súbitamente con una pantalla el resplandor por nosotros emitido; y en el acto



se extinguió también la luz que absortos contemplábamos en lontananza. Separamos la pantalla interruptora; é instantáneamente volvió á surgir de las tinieblas del horizonte la luz que, respondiendo á nuestro deseo, poco antes se nos había eclipsado. Cien veces repetimos la misma prueba, de emisión y ocultación de la ráfaga eléctrica luminosa; y otras tantas apareció y se eclipsó la luz fronteriza, como si ambas se inflamasen y extinguiesen, obedeciendo á una sola voluntad y á un solo impulso. *¡Nos veíamos reciprocamente, y nos entendíamos!*—Era cuanto, por de pronto, necesitábamos y podíamos ambicionar.

La primera noche útil de observación fué la del 20, despejada, aunque de viento furioso en la Tetica.

.....  
A las siete horas de la noche, conforme lo convenido en París, ambas luces eléctricas ardían, y parecía que amistosamente se saludan una á otra.

A las siete y media se apagó la de M'Sabiha; y, pasado un minuto, pusimos en movimiento nuestro aparato interruptor, y emitimos, de dos en dos segundos de tiempo, 40 señales luminosas, que en los cronógrafos de ambos vértices quedaron registradas, del modo poco antes referido. Con la última señal quedó interceptada por breve rato nuestra luz, y comenzó á resplandecer la fronteriza, en los confines del horizonte.

Transcurrieron así dos minutos, y en seguida emitió M'Sabiha hacia Tetica otras 40 señales acompasadas.

Por cuatro veces consecutivas se repitieron alternadamente ambas series de emisiones y ocultaciones de luz. Con lo cual, antes de las ocho horas, la primera parte de la operación proyectada estaba concluida: se apagaron ambas luces; y quedaron en tinieblas los dos vértices.

De las ocho á las diez horas se observaron, con el anteojo de Brunner, los pasos por el meridiano de unas 20 estrellas, en dos distintas posiciones del instrumento, cuidando de incluir en el número un par de circumpolares, destinadas á facilitar el cálculo del azimut; y se determinaron, además, la inclinación del eje de rotación, la colimación del eje óptico, y la paralaje de las plumas del cronógrafo repetidas veces.

A las nueve y media horas, sin abandonar la observación astronómica, volvió á encenderse la luz de Tetica, en señal de que estábamos alerta y de que el cielo continuaba despejado; y desde M'Sabiha se nos hizo saber lo propio, por igual procedimiento.

De las diez á las diez horas y un cuarto, en suspenso las observaciones astronómicas, se repitió análogo cambio, reite-

rado y recíproco, de señales luminosas, necesarias para la comparación de los péndulos de ambos vértices, al verificado con igual objeto, dos horas antes.

Y, apagadas con esto resueltamente ambas luces, continuamos luego observando nuevos pasos de estrellas por el meridiano, en posiciones inversas del anteojo, hasta hora muy avanzada de la noche.

Así se procedió en la del 20 de Octubre y en las pocas más consecutivas, favorables á la tarea que traíamos entre manos.

Tras las noches de observación, venían los días algún tanto despejados, ó de aspecto vario y horizonte limpio, ó siquiera tolerable; y en el estudio minucioso y rectificación de los instrumentos astronómicos, en la limpieza y recorrido de las máquinas auxiliares, y en la preparación del trabajo eventual para la noche próxima, se nos pasaban las horas sin sentir.

D. ANTONIO ESTÉBAN, asistido de GUTIÉRREZ NIETO, aprovechaba las más favorables, primeras de la mañana y últimas de la tarde, para determinar poco á poco el azimut de la dirección *Tetica-Gigante*, utilizando el teodolito de Repsold, asentado, como ya hemos dicho, sobre el vértice geodésico del primer nombre. Y si la noche cerraba con horizonte encapotado por la niebla, y el casquete superior del cielo se conservaba, sin embargo, despejado, con el mismo instrumento continuaba luego, ó emprendía con nuevos bríos, la determinación de la latitud geográfica, por series de distancias zenitales circunmeridianas de varias estrellas, distribuidas al N. y S. del zenit.—Los auxiliares ESTEBAN CUADRADO y VÁZQUEZ GARCÍA se ocupaban mientras tanto, sin levantar cabeza ni mano, en la conversión numérica y ordenación de las interminables señales estampadas, noche ó noches antes, en la cinta del cronógrafo; trabajo delicado y penoso, en que cuidé de amaestrarlos antes de salir de Madrid, y que desempeñaron con diligencia y esmero, por todo extremo loables.

.....  
A la noche del 20, ventajosamente empleada, sucedieron la del 21, cubierta; la del 22, transparente y hermosa como pocas, en *Tetica*, pero durante la cual, sin embargo, tuvimos el desconsuelo de no columbrar, ni por acaso, la suspirada luz de M'Sabiha; y la del 23, fosca y variable, con trabajo utilizada por ambas partes, sólo durante sus primeras horas.—Desde el 24 al 29 aguantamos un temporal horroroso, de vientos desatinados, nieblas densísimas, que todo lo invadían y encharcaban, y aguaceros aturbonados irresistibles. Tan descompuesta estaba la atmósfera, que nunca como entonces temblamos por nuestros desamparados instrumentos; y, teme-

rosos de un completo desastre, creímos conveniente, para prevenir sorpresas desagradables, dar cuenta de nuestro apuro al Director del Instituto Geográfico. Y de Baza y de Tíjola llegaron á lo alto de la sierra ofertas cariñosas de auxilio, que, si no aceptamos, agradecemos muy de veras, y contribuyeron á confortar nuestros un poco atribulados espíritus.—En la madrugada del día 30 descargó sobre nosotros recia tormenta, acompañada de granizo, y seguida luego de nieve y agua en abundancia; amainó con esto el viento por la tarde; abrieronse de pronto las nubes, y se disiparon como por encanto las nieblas al ponerse el sol, y desde Melilla á Orán quedó desvelada y limpia como nunca la costa africana; y el cielo nos ayudó para poder trabajar, bien impensadamente y sin tropiezo, hasta muy adelantada la noche. Al descender á nuestro albergue, asentado en un escalón de la montaña, cosa de 30 metros más bajo que el vértice geodésico-astronómico, parámonos á contemplar la magnificencia de la bóveda celeste; y en aquel momento llegó á nuestros oídos, por la región de levante, un misterioso y acompasado susurro, de cuya procedencia adquirimos asombrados certidumbre completa al corto rato de atención: era la voz potente del mar, amortiguada por la distancia de 45 á 50 kilómetros, que de la orilla más próxima nos separaba; pero muy distinta y perceptible todavía.—Otra vez se nos nubló el cielo el 31 de Octubre; y, aunque no nos maltrató tanto como el anterior el temporal en aquel día iniciado, hasta la noche del 7 de Noviembre no volvimos á columbrar la luz de M'Sabiha, y á entendernos con nuestros colaboradores de la Argelia. En la del 9 fundamos, al declinar la tarde, grandes esperanzas, por desgracia ilusorias todas. Y sólo luchando á brazo partido con el hado adverso, conseguimos dar cima á la penosa determinación de nuestra diferencia de longitudes geográficas en las del 10 y el 11, tan foscas y tan alborotadas sobre todo, como la mayor parte de las anteriores.

.....  
Aunque con lo hecho en las dos últimas noches mencionadas del 10 y 11 de Noviembre, nuestro trabajo de campo podía considerarse terminado, todavía en la del 12, de bonanza relativa, volvimos á encender la luz de Tetica con la esperanza de que M'Sabiha nos contestase, y el deseo, muy natural después de tantos infructuosos afanes, de afianzar con un tornillo más el resultado satisfactorio de la operación. A nuestro llamamiento que, como voz quejumbrosa en el desierto, tal vez se perdió y extinguió entre los repliegues y ondulaciones de la bruma marítima, nadie respondió, por lo menos en términos perceptibles, durante las cinco primeras horas de la noche; lo cual nos hizo creer que también los observadores de M'Sabiha daban por rematada la común faena.

Y así nos lo certificó en la mañana siguiente un telegrama de PERRIER, que, dando la vuelta por Orán, Argel, Marsella, Madrid, Granada y Baza, acertó á subir hasta la cumbre de Tetica, y calmó el desasosiego y zozobra en que vivíamos.

.....

Madrid 15 de Febrero de 1880.

MIGUEL MERINO.

FIN

El país no es homogéneo en la medida en que la cultura es diversa y las lenguas que se hablan son muchas. En el norte, en la zona de los Andes, se habla el quechua y el aymara, lenguas que son muy diferentes de las que se hablan en el resto del país. En el centro, en la zona de la sierra, se habla el quechua y el aymara, lenguas que son muy diferentes de las que se hablan en el resto del país. En el sur, en la zona de la sierra, se habla el quechua y el aymara, lenguas que son muy diferentes de las que se hablan en el resto del país.

FIN



# ÍNDICE

## SECCIÓN PRIMERA

### SISTEMA MÉTRICO DECIMAL

|                                                                                            | <u>Páginas</u> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| PRELIMINARES .....                                                                         | 7              |
| LECCIÓN I.—El metro lineal.—Medida fundamental de longitud....                             | 11             |
| LECCIÓN II.—El metro cuadrado.—Medida derivada de superficie..                             | 17             |
| LECCIÓN III.—Metro cúbico.—Medida derivada de volumen.....                                 | 28             |
| LECCIÓN IV.—El litro (ó decímetro <sup>3</sup> ).—Medida derivada, de capa-<br>cidad ..... | 36             |
| LECCIÓN V.—El gramo.—Medida fundamental de peso, ó de masa..                               | 39             |
| LECCIÓN VI.—El franco.—La peseta.—Medida fundamental de va-<br>lores.....                  | 42             |
| LECCIÓN VII.—Unidades de evaluación.....                                                   | 46             |
| Velocidad .....                                                                            | 47             |
| Fuerza.....                                                                                | 48             |
| Presión .....                                                                              | 49             |
| Densidad.....                                                                              | 49             |
| Trabajo.....                                                                               | 50             |
| Potencia.....                                                                              | 50             |
| Potencia térmica.....                                                                      | 51             |
| LECCIÓN VIII.—Unidades de evaluación (continuación): Gravedad.                             | 52             |

## SECCIÓN II

### MEDIDAS HISTÓRICAS

|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| LECCIÓN I.—Medidas históricas francesas.....  | 65 |
| LECCIÓN II.—Medidas históricas en España..... | 72 |

## SECCIÓN III

**SISTEMA C. G. S., Ó DE LAS UNIDADES ABSOLUTAS**

Páginas

|                                                                                                         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| LECCIÓN I.—Módulos fundamentales y derivados.....                                                       | 129 |
| LECCIÓN II.—Ventajas generales de un sistema de medidas racional.<br>Origen del sistema C. G. S.....    | 133 |
| LECCIÓN III.—Vicio de origen .....                                                                      | 138 |
| LECCIÓN IV.—Ventajas del sistema C. G. S.—Sustitución del peso<br>por la masa .....                     | 142 |
| LECCIÓN V.—Exposición del sistema C. G. S.....                                                          | 146 |
| LECCIÓN VI.—Discusión de las fórmulas del sistema C. G. S.....                                          | 151 |
| LECCIÓN VII.—Inconveniente práctico de los sistemas de unidades<br>absolutas: unidades secundarias..... | 157 |
| LECCIÓN VIII.—Conversión de las medidas de un sistema en las<br>de otro.....                            | 159 |
| LECCIÓN IX.—Unidades prácticas.....                                                                     | 162 |
| LECCIÓN X.—El patrón de masa .....                                                                      | 169 |

## SECCIÓN IV

|                                                  |            |
|--------------------------------------------------|------------|
| <b>FUNCIONES NATURALES TRIGONOMÉTRICAS .....</b> | <b>187</b> |
|--------------------------------------------------|------------|

## SECCIÓN V

|                                      |            |
|--------------------------------------|------------|
| <b>LAS CONSTANTES NATURALES.....</b> | <b>237</b> |
| Apéndice.....                        | 301        |

