

# escuela **INTEGRAL** **AUTONOMA** **DE ENSEÑANZA**

Escuela Integral Autónoma de Enseñanza

## *Unidad 3*



# GENERALIDADES

En primera parte de nuestros estudios hemos considerado diversos aspectos relativos a la electricidad tales como su origen, sus manifestaciones, las leyes que la rigen, etc. Estos conocimientos nos permitan dar nuestros primeros pasos en una profesión tan interesante como lo es la del Instalador Electricista, sabemos que la misma debe ser transportada para su posterior aprovechamiento, o sea, debe trazarse un camino para que circule la energía eléctrica. Es justamente el montaje de ese camino lo que en términos generales consideramos una instalación.

Podemos decir que el técnico electricista entiende por instalación al estudio y ubicación de los conductores que permiten distribuir la corriente eléctrica a los puntos de consumo, intercalando los aparatos de maniobra que permiten el control de dicho consumo.

El lector no tiene que dejarse dominar por la impaciencia ya que ésta no deja comprender la importancia de muchas cosas que parecen una desviación innecesaria del tema que realmente nos interesa. Por ejemplo, al futuro técnico puede parecerle innecesario dibujar una instalación antes de proceder a su montaje. ¿Para qué dibujar una instalación antes de su montaje? ¿Debe hacerse siempre? Comencemos por responder a la última pregunta. Es lógico que la necesidad del dibujo previo depende de la importancia de la instalación, pero es lógico pensar que en nuestros estudios no vamos a contentarnos con aprender en que forma se instala una simple lámpara eléctrica, para ello naturalmente no tendremos ninguna necesidad de dibujo.

Pero imaginemos que debemos hacer la instalación completa del sistema de iluminación de una gran casa de comercio. En este caso no puede dejarse nada librado al azar y menos aún pretender trabajar sobre la marcha. Se trata de una instalación que representa una elevada cantidad de dinero y que además presenta complicaciones técnicas que deben ser superadas para evitar averías que pueden llegar a producir hasta incendios.

Vemos que el dibujo previo se hace imprescindible para encarar aquellas instalaciones que presentan cierta complejidad técnica siendo esto importante porque permite además rectificar el proyecto si fuera necesario con el fin de mejorar su rendi-

miento y su costo.

Con igual criterio creemos necesario iniciar nuestros estudios analizando algunas propiedades fundamentales de la materia desde el punto de vista físico, eléctrico y mecánico refiriéndose específicamente a aquellos materiales de uso más difundido en la especialidad. Basta un ligero análisis del material eléctrico más corriente para darnos cuenta de su gran variedad, el conocimiento de estos materiales y sus propiedades es muy importante; nos permite saber cómo y en que condiciones es más apropiado su uso, por ejemplo siendo la mica y el amianto dos buenos aislantes, algunas veces será más recomendable el empleo de la primera y en otras el empleo del segundo.

El cobre y el aluminio son muy buenos conductores, pero existen diferencias entre los mismos que los hacen recomendables para ciertas aplicaciones.

Son estos detalles demasiado importantes como para ignorarlos, por lo tanto se impone el estudio de las propiedades de aquellos materiales que más directamente interesan al técnico.

Dicho estudio lo realizaremos considerando los materiales en tres grandes grupos, conductores, aisladores y materiales diversos que en mayor o menor grado pueden ser conductores o aisladores pero no se utilizan como tales en forma específica. Se trata de materiales de diversa aplicación, como el latón usado en portalámparas, el acero para piezas de máquinas eléctricas, etc.

## PROPIEDADES PARTICULARES DE LOS SÓLIDOS

A continuación realizaremos un breve comentario sobre las propiedades particulares de los sólidos que el técnico necesita conocer.

### Dureza

Dado el caso de un cuerpo que ofrece elevada resistencia a la rotura solemos decir que se trata de un material muy duro; sin embargo podemos estar equivocados. Un cuerpo puede ser muy resistente a la rotura y tener en cambio un grado de dureza muy bajo.

Que un material sea muy duro no quiere decir que no pueda romperse con facilidad. El diamante

te, que es el cuerpo más duro que se conoce se hace pedazos cuando recibe un golpe, es duro, pero también frágil. Debemos tener bien claro el concepto de la dureza de los materiales: consiste en la mayor o menor resistencia que ofrecen a ser rayados o marcados.

### Tenacidad

Cuando en el caso anterior hicimos referencia a la resistencia a la rotura de un material debíamos haber hablado de su tenacidad, porque esta propiedad es la que realmente señala la mayor o menor resistencia que los cuerpos ofrecen a la rotura. Tal es así que muchos objetos de goma son muy tenaces aunque sean muy blandos.

### Plasticidad y elasticidad

Cuando un cuerpo sometido a fuerzas externas adopta una nueva forma y no recupera la anterior, cuando dichas fuerzas dejan de actuar es considerado como plástico, un caso muy común es el de la masilla. En cambio consideramos que un cuerpo es elástico cuando recobra su forma primitiva al dejar de actuar sobre él aquellas fuerzas que los deformaron. En realidad no hay cuerpo que no sea elástico en mayor o menor grado, ocurre que en algunas sustancias la elasticidad es tan poca que con fines prácticos no se la toma en cuenta.

Vistas estas propiedades pasamos a considerar los materiales aisladores más difundidos en las instalaciones eléctricas considerando necesario aclarar que las «nuevas» propiedades que en ellos descubramos serán comentadas oportunamente en cada caso.

### Aislantes

Como sabemos la utilización práctica de la electricidad depende en buena parte de dos tipos de materiales de comportamiento opuesto: los que son capaces de permitir el desplazamiento de la corriente eléctrica y los que se oponen a ello, observe que las posibilidades de control y aprovechamiento de la energía eléctrica dependen tanto de los primeros como de los segundos.

**Recordemos que los aislantes son aquellos cuerpos o materiales cuya conductividad es tan baja que la corriente que puede atravesarlos puede considerarse despreciable y cuya finalidad es permitir un aislamiento eléctrico suficiente y duradero entre los elementos conductores o superficies metálicas que mantienen distinto potencial eléctrico.**

No existe prácticamente posibilidad de encontrar máquinas eléctricas o circuitos en los que no encontremos elementos aislantes; aunque en el lenguaje común se acepta que un aislante es un cuerpo no conductor, desde el punto de vista técnico sabemos que tal denominación es inadecuada ya que no existe ningún cuerpo que evite en forma total el paso de corriente, por insignificante que esta sea siempre debe contarse con la posibilidad de una «corriente de fuga».

Justamente es el valor de dicha corriente de fuga la que determina en cada caso el material que conviene utilizar como aislante ya que las ventajas de este último no dependen solamente de su naturaleza sino también de las condiciones de trabajo a que se lo somete.

Por ejemplo: dos conductores aislados entre sí, por un determinado material, pueden presentar gran seguridad mientras se mantienen las condiciones que aconsejaron dicho aislante, pero bien puede ocurrir que por un aumento excesivo de tensión en dichos conductores, el aislante deje de ser eficaz.

## PROPIEDADES NECESARIAS EN LOS AISLANTES

Para determinar que un aislante reúne las condiciones necesarias para un caso dado, deberá tener propiedades que lo hagan apto para la función que de él se espera. Las condiciones de un aislante dependen de una serie de factores no solamente eléctricos, sino también mecánicos ya que puede estar sometido a fuerzas de distinta clase; térmicas, ya que puede encontrarse ante cambios importantes de temperatura; químicas ya que bajo ciertas circunstancias debe presentar alta resistencia ante la acción corrosiva de ácidos u otras sustancias químicas.

## CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

### Rigidéz dieléctrica

Es esta, una propiedad que ya se estudió al tratar los capacitores, de todas formas es conveniente refrescar conocimientos; la rigidéz dieléctrica de un aislante es la oposición que presenta a ser perforado por una corriente eléctrica cuando se lo coloca entre dos conductores que presentan una diferencia de potencial.

La rigidéz dieléctrica se indica en Kilovolt por milímetro, es decir, el valor en Kilovolt que por milímetro de espesor resiste un aislante sin perforarse.

La rigidéz dieléctrica de un determinado elemento depende en buena parte de la forma del mismo, su humedad y temperatura, frecuencia de la corriente de prueba y de la forma de los electrodos con que se ensaya.

Se comprenderá entonces que siendo tan numerosos los factores que influyen sobre la rigidéz dieléctrica resulta muy difícil establecer un valor exacto para la misma. Por ese motivo, cuando hagamos referencia a las tablas de valores correspondientes se entenderá que tienen un valor comparativo y que no pretenden ser exactos.

Para determinar la rigidéz dieléctrica de un material se coloca el mismo entre dos electrodos a los que se aplica en forma progresiva una diferencia de potencial hasta producir la perforación del aislante. Dicha perforación no debe interpretarse en sentido mecánico sino eléctrico, es decir, el aislante se habrá perforado cuando salte la chispa entre los electrodos.

### RESISTENCIA DE AISLACION

Tal como sabemos ningún cuerpo ofrece oposición total al paso de corriente, por lo tanto no puede hablarse de resistencia de valor infinito, aún en el caso de los mejores aislantes debemos considerar la posibilidad de una pequeña circulación de corriente.

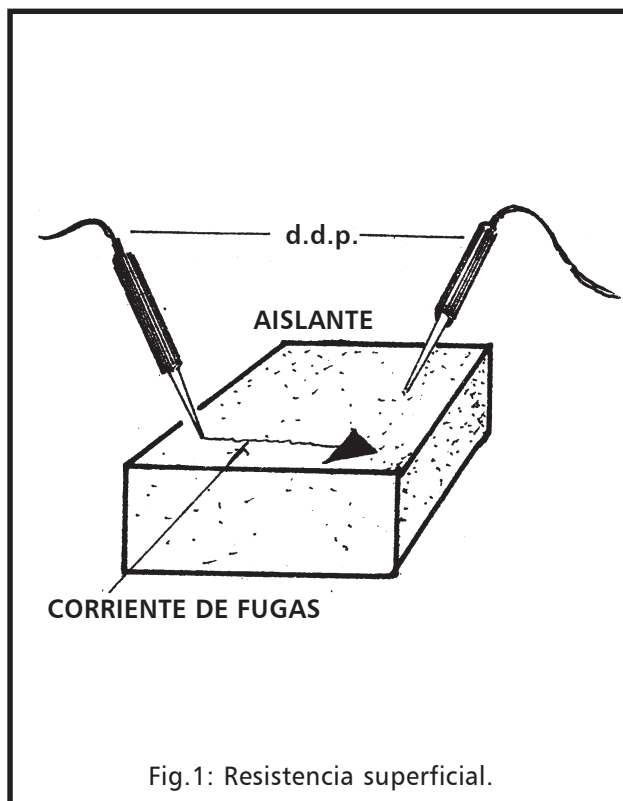


Fig.1: Resistencia superficial.

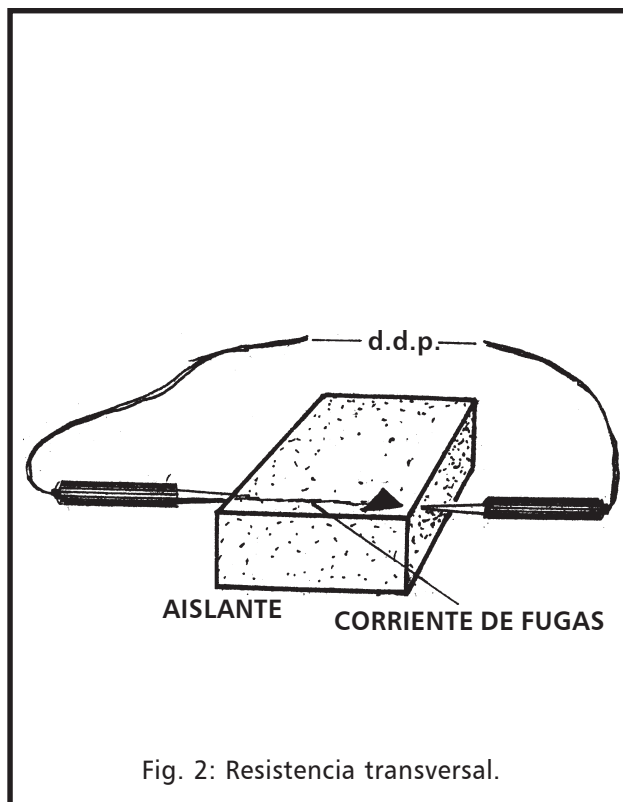


Fig. 2: Resistencia transversal.

Cuando se trata de un cuerpo empleado como aislante podemos considerar dos tipos de resistencia, la superficial y la transversal.

La resistencia superficial es la que corresponde a la oposición que ofrece la superficie de un aislante al desplazamiento de la corriente cuando se aplica a dos zonas de su superficie una diferencia de potencial. En forma esquemática la figura 1, representa la resistencia superficial de un bloque aislante.

Como indica la figura 2, la resistencia transversal es la oposición que presenta la masa del cuerpo ante el paso de una corriente eléctrica.

## PERDIDAS DIELECTRICAS

Cuando un aislante es sometido a una tensión alterna, se observa que su temperatura es mayor que la desarrollada por una tensión continua de valor equivalente. Este exceso de temperatura indica la existencia de pérdidas dieléctricas que si bien son despreciables al trabajar con tensiones de bajo valor o baja frecuencia, cobran importancia si se trata de voltajes altos o frecuencias elevadas.

## CARACTERÍSTICAS MECANICAS

A continuación comentaremos las características mecánicas más importantes que se deben tener en cuenta al considerar los materiales aislantes.

## RESISTENCIA A LOS ESFUERZOS

Un aislante determinado no solamente está sometido a efectos eléctricos, también influyen en él diversas condiciones de tipo mecánico las que pueden o no tener importancia de acuerdo al uso que se le da a dicho cuerpo aislante.

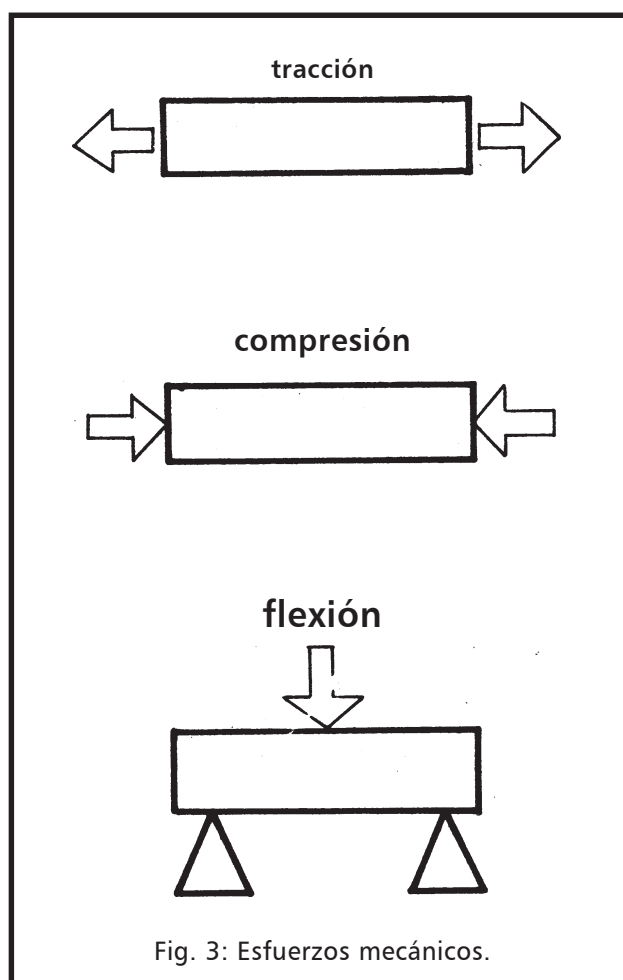
Es necesario que un aislante pueda resistir sin romperse ni deformarse, esfuerzos mecánicos a que puede ser sometido tales como la tracción, compresión y flexión, esfuerzos que son mostrados en la figura 3, donde se puede apreciar que la diferencia entre los mismos depende de la zona de aplicación de las fuerzas.

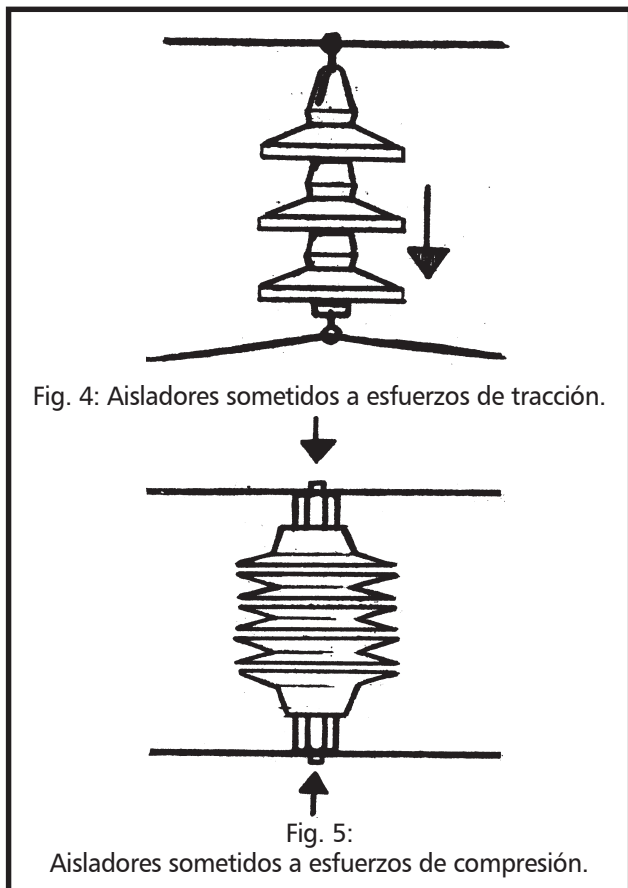
Interpretados básicamente los conceptos de estos tipos de esfuerzos podemos decir que un aislador esta sometido a la tracción cuando actúan sobre él dos fuerzas tirando en sentido contrario, por lo tanto el esfuerzo a la tracción máximo que el aislante, puede soportar será su resistencia a la tracción. Este dato es muy importante en los aisladores de líneas, sin bien estos aisladores serán analizados más adelante, en la figura 4, se muestra en

que forma actúa la fuerza de tracción.

Es común que los aisladores «presenten problemas cuando están sometidos a esfuerzos de compresión ya que su resistencia es más que suficiente, solo en aquellos casos en que están destinados a soportar torres, antenas, etc, es necesario considerar el problema en la figura 5 se observa un aislador sometido a un esfuerzo de compresión.

Por último podemos agregar que un material aislante, también puede estar sometido a esfuerzos de flexión (cuerpo apoyado por uno o dos de sus extremos sobre el que se ejerce una fuerza), pero lo que más interesa es la flexibilidad, o sea, el número de veces que una tira de material ensayado puede doblarse formando un ángulo de 90° en sentidos opuestos antes de romperse.





## POROSIDAD

Un factor muy importante que determina la calidad de un aislador es la porosidad. Un buen aislante no debe ser poroso ya que en caso contrario absorbe fácilmente la humedad atmosférica de forma tal que el agua depositada en los poros disminuye la resistencia del aislamiento.

Vale señalar que si la constitución del aislante es porosa se recurre a secar el material e inmediatamente se lo impregna con barnices apropiados recubriendo perfectamente su superficie con el fin de impedir la reabsorción de la humedad.

## CUALIDADES QUÍMICAS

Una condición importante en los aislantes es la estabilidad de composición, o sea, se busca que con el transcurso del tiempo mantengan su condición de tales. También es necesario considerar la resistencia a la acción de los ácidos ya que por diversas circunstancias los aislantes pueden estar sometidos bajo

gases o vapores corrosivos que provocarían su destrucción.

Vistas las propiedades principales que interesan en los materiales aislantes pasamos a considerar los tipos de aisladores más utilizados en instalaciones eléctricas.

## AISLADORES

Los aisladores son elementos delicados, frágiles por naturaleza que se encuentran sometidos a distintos tipos de esfuerzos, como ser mecánicos, eléctricos y térmicos; por dicha causa al utilizar estos elementos debe observarse que no presenten defectos de fabricación y que no trabajen fuera de los límites establecidos por el fabricante.

Prácticamente solo dos materiales son utilizados para la fabricación de aisladores destinados al tendido de líneas aéreas: el vidrio y la porcelana por ser estos materiales incombustibles y muy poco porosos. Los aisladores en las líneas aéreas cumplen dos funciones: mantener los conductores evitando que se puedan mover en sentido vertical u horizontal e impedir que la corriente transportada se derive a tierra u otra parte de la instalación.

Dividiremos los aisladores según su función en fijos o de soporte y aisladores de cadena o suspensión.

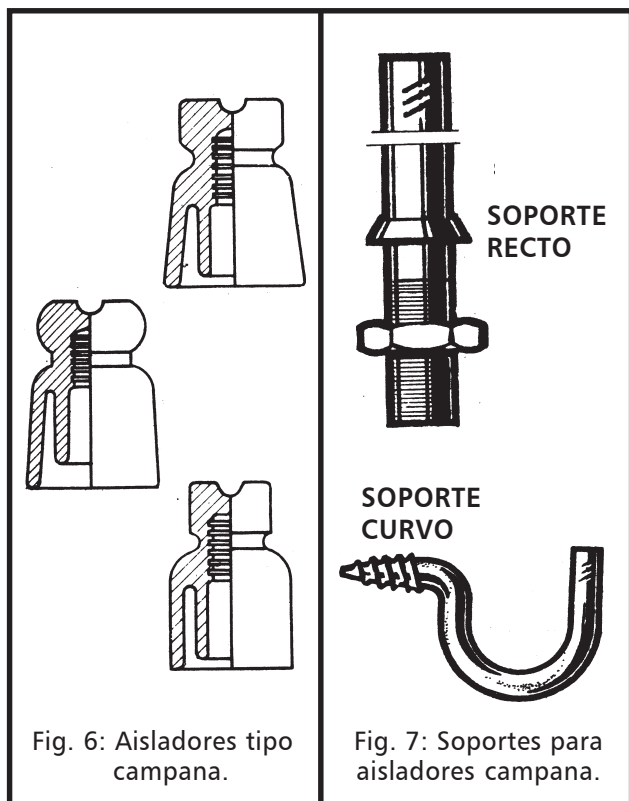
## AISLADORES FIJOS

Estos aisladores se fijan a los soportes por medio de herrajes, por lo tanto no pueden cambiar su posición una vez montados. Su forma es parecida a la de una campana que posee una ranura en su parte superior, esta recibe el nombre de cuello y en ella, por medio de una retención de alambre de cobre se fija el conductor. En la figura 6 se muestran formas típicas de los aisladores campana utilizados en líneas de baja tensión, en ellas se puede apreciar el estriado interior para poder cementar estos aisladores a los soportes metálicos que se muestran en la figura 7, estos aisladores se pueden utilizar para tensiones que no sobrepasen los 500 volt. Si se eleva la tensión es necesario alargar el camino de fuga dando a la campana ondulaciones inclinadas hacia abajo y de cierta profundidad.

Al aumentar el tamaño del aislador se complica la forma de su campana lo que hace difícil construirlo de una sola pieza. Por ese motivo se los fa



brica uniendo dos, tres o cuatro campanas con cemento. En la figura 8 se muestran dos aisladores formados por varias campanas superpuestas correspondientes a tensiones de servicio entre 25 y 60 Kv.



## AISLADORES DE SUSPENSION O CADENA

Una cadena de aisladores está formada por la superposición de dos o más aisladores, el objeto de la misma es la de lograr un medio aislante capaz de soportar mayores tensiones. Es importante tener en cuenta que la aislación total no es la suma de las aislaciones de cada uno de los elementos, en la práctica resulta ser menor. Esto es debido a la desigual repartición de potencial a lo largo de la cadena y se explica por la acción de las capacidades propias de los elementos y las capacidades de sus partes metálicas con respecto a tierra y al conductor.

En la figura 9 se muestra un aislador de este tipo observándose sus partes componentes, vemos que está formado por una campana de porcelana o vi-

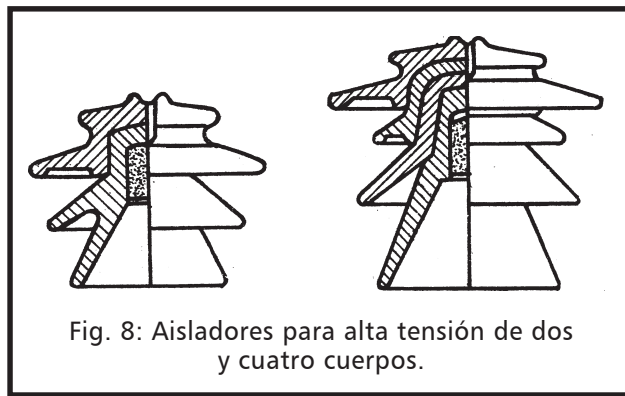
drio achatada en forma de disco con algunas ondulaciones en sus parte interior. Una caperuza de fundición o acero cubre su parte superior y en la parte inferior posee un perno de acero cementado internamente, los pernos y caperuzas se adaptan unos a otros por medio de una articulación de rótula que permite cierta flexibilidad de movimiento con el fin de disminuir los esfuerzos de flexión.

En la figura 10 se muestra una cadena formada por cuatro aisladores destinada a trabajar con tensiones elevadas.

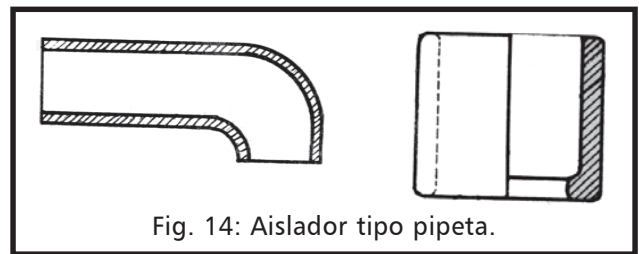
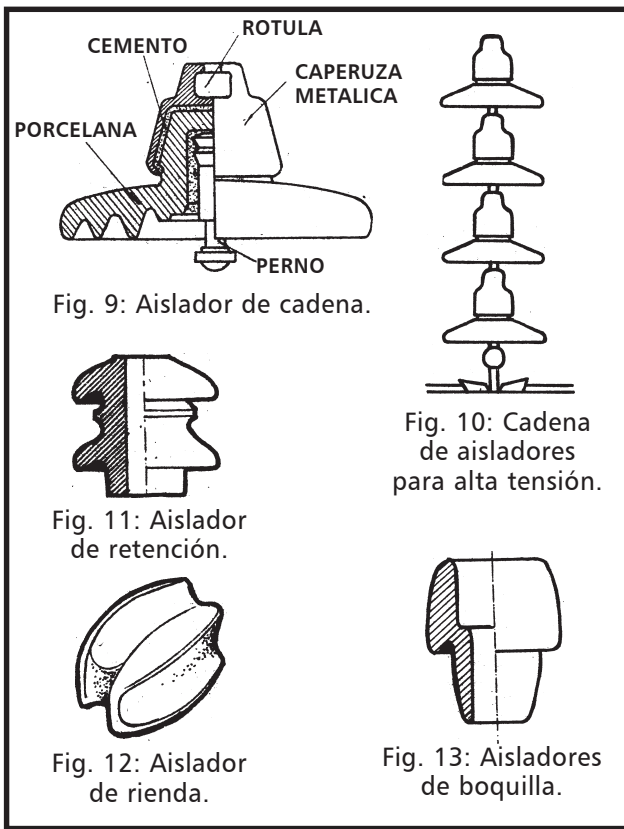
Se tendrá en cuenta que los aisladores de cadena se utilizan tanto para guiar conductores como para mantenerlos tensos, en cambio los vistos para líneas de baja tensión no pueden soportar esfuerzos mecánicos perpendiculares al perno de sujeción, por dicha razón en finales y vértices de líneas aéreas se reemplaza al aislador campana por los denominados «de retención». Este aislador se observa en la figura 11, puede notarse que el orificio es pasante lo que permite una firme sujeción por medio de una tuerca al soporte.

Otro aislador que puede reemplazar al de retención es el llamado «de rienda», su aspecto físico puede observarse en la figura 12, permite transmitir esfuerzo de tracción sin que se produzca unión eléctrica entre dos líneas.

Otros aisladores usados a la intemperie son los de boquilla, pueden observarse en la figura 13, se utilizan para proteger a los conductores de los bordes filosos o rebabas cortantes que poseen los caños en sus extremos; igual función cumple el aislador del tipo pipeta muy utilizado en el caso de conductores que deben atravesar una pared, su aspecto físico se muestra en la figura 14.







## PORCELANA

Todo material que se obtenga por un proceso de secado y posterior cocción se denomina en términos generales material cerámico. Para obtener estos materiales se forma primero una pasta fangosa formada por determinadas tierras y agua, pasta que puede moldearse y que luego se endurece por secado lento y adquiere dureza por cocción a temperaturas elevadas.

El material cerámico más noble es la porcelana, está formada por una mezcla de feldespato, caolín, arcilla y cuarzo. La porcelana ofrece buenas propiedades como aislante eléctrico, pero las pierde progresivamente por encima de los 150° C, su resistividad es mayor que la del vidrio y su resistencia a la perforación eléctrica disminuye mucho por encima de los 70° C.

Se trata de un material inalterable a los ácidos, que soporta perfectamente los cambios de temperatura. Sus propiedades mecánicas, que dependen de la composición de la pasta, se encuentran comprendidas entre 10 y 40 Kg. por mm<sup>2</sup> para los esfuerzos de compresión y entre 1,5 y 3,5 Kg. por mm<sup>2</sup> para los de tracción.

Otro de los materiales muy utilizados es la baquelita, de gran difusión en la construcción de portalámparas y, más modernos aun, los materiales termoplásticos autoextinguibles, es decir, que no producen llamas en caso de incendios y que soportan temperaturas cercanas a los 900° C. También se utilizan materiales cerámicos, poliamidas, melaminas, P.V.C., etc.

## CONDUCTORES

Es sabido que los materiales conductores son aquellos que ofrecen una gran facilidad a la circulación de corriente eléctrica, para nuestro estudio los dividiremos en tres grandes grupos: sólidos, líquidos y gaseosos.

## MATERIALES UTILIZADOS PARA LA CONSTRUCCION DE AISLADORES

### VIDRIO

A pesar de su fragilidad, el vidrio es uno de los materiales más antiguos y útiles que se obtienen artificialmente.

Se obtiene al fundir arena fina combinada con potasa, cal, óxido de magnesio y otras sustancias, es muy homogéneo y por lo tanto no poroso y al ser transparente permite observar a simple vista si contiene impurezas o defectos. El vidrio presenta buenas cualidades aislantes, pero estas disminuyen con la temperatura y la humedad del aire que disminuyen la resistencia superficial.

Presenta escasa resistencia ante los esfuerzos de tracción, una varilla de 1 mm<sup>2</sup> de sección soporta esfuerzos de tracción comprendidos entre 5 y 10 kg. En cambio la misma varilla sometida a la compresión soporta entre 65 y 120 kg.

### CONDUCTORES SOLIDOS

Están formados por metales que son cuerpos simples ya que están constituidos por átomos de una misma naturaleza sus características más sobresalientes son el brillo, conductibilidad y color.

Queremos destacar dos propiedades importantes: la maleabilidad y la ductilidad. La primera de ellas representa la facilidad que poseen los metales para ser convertidos en láminas muy finas. La ductilidad permite que los metales puedan ser dispuestos en forma de alambre muy fino, estas propiedades se manifiestan apreciablemente en el oro, platino, plata, cobre, etc. A continuación haremos una breve referencia al cobre y aluminio por ser los metales más utilizados como conductores en las instalaciones eléctricas.

### COBRE

Es el metal más importante para el técnico electricista, se encuentra en estado natural con bastante abundancia, pero debido a la gran demanda se hace necesario extraerlo de otros minerales compuestos que lo contienen en mayor o menor proporción. De acuerdo al proceso de obtención se lo clasifica en cobre electrolítico y cobre tenaz.

Por medio de calor se desprende el cobre de los minerales que lo contienen, por presentar en ese estado una gran cantidad de impurezas por medio de un proceso llamado electrolisis se purifica obteniéndose el llamado cobre electrolítico.

Otro modo de retirar las impurezas consiste en fundir el cobre bruto eliminando luego el exceso de oxígeno obteniéndose el llamado cobre tenaz.

Con el cobre se da el caso curioso de que una vez transformado en láminas o alambres adquiere mucha mayor dureza, para ablandarlo se lo somete a una temperatura de 600° C lográndose el cobre recocido.

### PROPIEDADES ELECTRICAS DEL COBRE

El cobre es considerado un metal pesado ya que su densidad es de 8,9, es decir, un cubo de diez centímetros de lado de cobre pesa 8.9 kilogramos.

Su punto de fusión se alcanza cuando la temperatura llega a 1084° C, entendiéndose por fusión al fenómeno por el cual un cuerpo que normalmente se presenta bajo el estado sólido adquiere el estado líquido por medio del calor.

El coeficiente de dilatación lineal que presenta el cobre es de 0,0000169, vale agregar un comentario

ya que este dato tiene gran importancia práctica: entendemos por dilatación lineal al aumento de longitud que experimentan los cuerpos debido al calor que reciben, este aumento de longitud es proporcional a la cantidad de calor.

En el caso que nos ocupa el coeficiente de dilatación significa que al aumentar de cero a un grado centígrado la temperatura de una varilla de un metro de longitud esta sufre una dilatación lineal de 0,0000169 metros. Si bien este aumento de longitud parece insignificante toma valor apreciable cuando se trata de líneas de gran longitud.

Dos características importantes relativas al cálculo de líneas eléctricas son la carga de rotura a la tracción y la fatiga admisible a la tracción.

Damos por sabido el esfuerzo a la tracción por haberse explicado anteriormente; con referencia a la carga de rotura debemos entender que representa la fuerza máxima que puede resistir un alambre o barra de cobre sin que se produzca su rotura.

Por fatiga admisible a la tracción se entiende la disminución de la resistencia a la rotura que experimenta el material ante esfuerzos repetidos, continuos o intermitentes, de valor inferior al límite de elasticidad.

Como datos aclaratorios indicamos que el cobre tiene una carga de rotura a la tracción que oscila en los 30 Kg/mm<sup>2</sup> y una fatiga admisible a la tracción de unos 10 kg/mm<sup>2</sup>. Es evidente que por su poca resistencia a la tracción el cobre es muy poco empleado en líneas aéreas, como conductor de gran sección se usa casi exclusivamente en barras de corta longitud para transportar corrientes muy elevadas, como en el caso de centrales eléctricas.

El cobre provisto por la industria presenta diversas formas, las más comunes son: alambres de sección circular de pequeño diámetro, barras de sección cuadrada, rectangular o circular que pueden tener sección apreciable y tubos planchas y lingotes de gran sección y poca longitud.

Debido a la importancia de las propiedades eléctricas o mecánicas de algunas aleaciones de cobre consideramos oportuno comentar brevemente las más difundidas.

### LATON

Consiste en una aleación de cobre y zinc a la que se agrega en ciertas oportunidades pequeñas cantidades de estaño, plomo o hierro. Su resistividad en Ohm por metro y milímetro cuadrado de sección varía entre 0,05 para el latón laminado y 0,08 para el latón fundido.

El latón laminado es una de las aleaciones más empleadas en la fabricación de ciertos artefactos

eléctricos, tales como portalámparas, piezas para interruptores, bornes de conexión, etc.

### BRONCE

Es una aleación de cobre y estaño muy importante por sus múltiples aplicaciones mecánicas. Su importancia deriva del hecho de que al agregar pequeñas cantidades de otros metales a la aleación básica (cobre-estaño) se logran distintas durezas y resistencias mecánicas, las aleaciones más usadas en la industria eléctrica son:

### BRONCE FOSFOROSO

Esta formado por 90% de cobre, 9 a 9,5% de estaño y 1 a 0,5% de fósforo. Se lo llama también bronce industrial y su uso se generaliza para aquellos casos donde es necesario transmitir la electricidad y se necesita una resistencia especial al desgaste, o bien donde son necesarios grandes esfuerzos en el sentido de su extensión ya que posee elevada resistencia a la tracción.

### BRONCE AL SILICIO:

Es una aleación de cobre con silicio y sodio agregándose en oportunidades zinc o estaño. Esta aleación tiene un bajo coeficiente de dilatación y se la usa en alambre telefónico y telegráfico.

### PLATA ALEMANA:

Es una aleación de cobre, níquel y zinc. Se obtiene así un material maleable y de gran resistencia mecánica, se lo emplea en la fabricación de resistencias, resortes y contactos eléctricos.

### COBRE CON CADMIO:

Añadiendo al cobre una proporción muy pequeña de cadmio (menos del 1%) adquiere mayor resistencia mecánica sin aumentar su resistividad eléctrica. Por ese motivo esta aleación resulta ventajosa para la fabricación de alambres los que se utilizan en líneas aéreas telegráficas y telefónicas como así también para tracción eléctrica con toma por trole.

### ALUMINIO

Después del cobre es el aluminio el material conductor más importante. El aluminio no se encuentra libre en la naturaleza, se lo extrae de distintos minerales siendo la bauxita el que tiene más rendimiento.

Refiriéndonos a sus propiedades vale destacar que se trata de un metal muy liviano, dúctil, maleable y de fácil moldeado.

Su maleabilidad es muy buena tal es así que pueden obtenerse láminas de un micrón de espesor, o sea, de una milésima de milímetros.

Su densidad es mucho menor que la del cobre, un cubo de diez centímetros de lado pesa apenas 2,57 Kg. por ese motivo se lo considera un metal liviano.

Su punto de fusión se alcanza cuando la temperatura alcanza 657° C, por lo tanto es menor que el del cobre.

Con respecto a su carga de rotura y fatiga admisible (a la tracción) podemos decir que respectivamente oscilan de acuerdo al tipo de aluminio entre 9 y 15 Kg/mm<sup>2</sup> y 3,5 y 6 kg/mm<sup>2</sup>.

Este metal no es atacado por agentes atmosféricos ya que se cubre con una capa de óxido que actúa como protección.

### PROPIEDADES ELECTRICAS

Con respecto a su resistividad podemos decir que oscila en los 0,028 Ohm por metro y por milímetro cuadrado. Su coeficiente de temperatura es 0,004.

### COMPARACION DEL COBRE Y ALUMINIO

Para el tendido de líneas el cobre y el aluminio son los elementos más utilizados ya que se descarta la plata por su elevado costo.

Consideramos necesario repasar en forma comparativa las propiedades de ambos metales tomando valores promedio.

### RESISTIVIDAD

	Cobre	Aluminio
Densidad	8,9	2,57
Resistividad	0,017	0,028
Carga de rotura	42	12

Observamos que en el aluminio es mayor que en el cobre, una simple operación,  $(0,028 : 0,017 = 1,64)$  nos dice que sección debemos adoptar para un conductor de aluminio que debe reemplazar a

uno de cobre. Por ejemplo: para reemplazar un conductor de cobre de 6mm<sup>2</sup> de sección por otro de aluminio sin modificar las condiciones eléctricas del circuito, la sección del conductor de aluminio debe ser

Sección conductor aluminio =  $6 \times 1,64 = 10 \text{ mm}^2$  aprox.

De lo anterior se deduce que el aluminio tiene la desventaja de exigir mayor volumen para mantener las mismas características eléctricas que proporciona el cobre. Tal es así que por ese motivo se lo aplica muy escasamente en máquinas eléctricas ya que un bobinado de aluminio ocupará un volumen apreciablemente mayor que el correspondiente a un bobinado de cobre que reúna las mismas características técnicas.

### DENSIDAD

Si establecemos la relación entre el peso de volúmenes iguales de cobre y aluminio observamos una proporción de 3,3 a 1, o sea que el cobre es 3,3 veces más pesado que el aluminio.

Por ejemplo, si un alambre de aluminio de cierta longitud pesa 10 kg., un alambre de cobre de igual longitud y diámetro pesará

Peso del cobre =  $10 \times 3,3 = 33 \text{ kg.}$

Teniendo en cuenta lo comentado respecto a la resistividad y densidad de estos materiales podemos concretar como regla práctica que «para una misma resistencia eléctrica se necesita un peso de cobre doble al de aluminio».

Es justamente por ese motivo que en líneas eléctricas aéreas se utiliza muchas veces el aluminio, aunque debe tenerse en cuenta que la carga de rotura de aluminio es mucho menor que la de cobre lo que determina una mayor cantidad de postes. A esto se agrega un detalle que queda perfectamente aclarado en la figura 15.

En la parte superior vemos que los conductores de cobre se apartan relativamente poco de la línea recta que imaginariamente une los dos puntos de sujeción de los conductores. Esto se debe a que por tener el cobre una apreciable resistencia a la rotura por tracción, puede ser estirado con más fuerza que el aluminio.

En la parte inferior de la figura los conductores de aluminio, por su menor resistencia a la tracción se «apartan» apreciablemente de la línea imaginaria lo que obligaría a colocar torres más altas para mantener la distancia mínima admisible entre la tierra y los conductores.

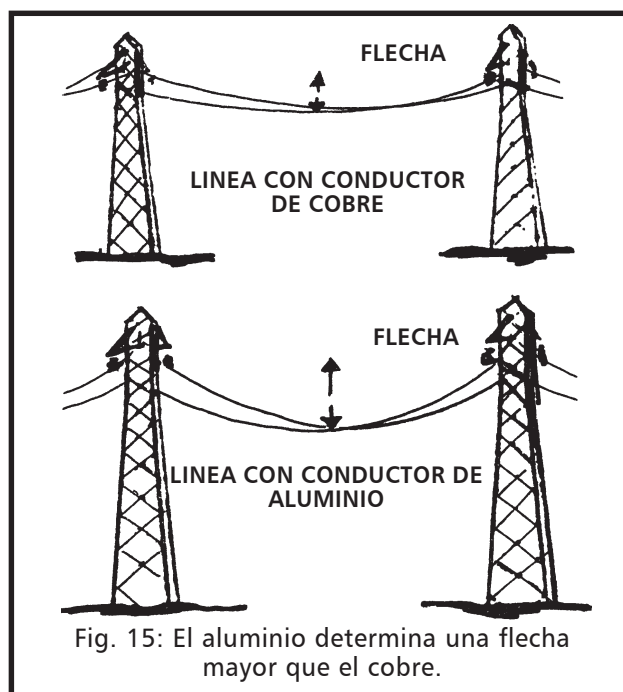


Fig. 15: El aluminio determina una flecha mayor que el cobre.

Puede apreciarse en la figura que la distancia máxima de separación entre los conductores y la línea imaginaria se denomina flecha.

Resumiendo la situación anterior vemos que el uso de conductores de aluminio obligan a usar más torres y de mayor altura que las requeridas para conductores de cobre. Esto se soluciona utilizando conductores de aluminio con alma de acero. En la figura 16 se muestra un conductor de este tipo pudiéndose observar las partes componentes; el alma de acero soporta los esfuerzos mecánicos quedando a cargo del aluminio el transporte de la energía eléctrica.

### CONDUCTORES ELÉCTRICOS

Vistas las principales propiedades de los metales que se utilizan en la fabricación de conductores eléctricos creemos conveniente realizar una descripción de los tipos que serán analizadas en su oportunidad.

## CONDUCTORES ELECTRICOS

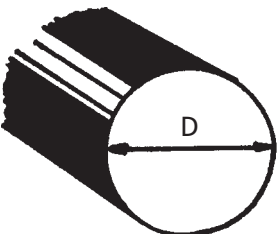
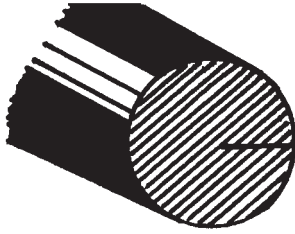
Los conductores utilizados en instalaciones eléctricas se clasifican de acuerdo a su constitución, tipo de aislación y sección.

La sección del conductor es su superficie transversal; es decir, el área del círculo que vemos al

observar el conductor en forma transversal.

Dicha sección se mide en  $\text{mm}^2$  y puede calcularse multiplicando el cuadrado del diámetro por la constante 0,785 (p ).

$$\frac{\pi}{4}$$

D = Diámetro del conductor.

S = Sección del conductor

$$S = D^2 \times 0,785$$

Ejemplo: ¿Cuál será la sección de un conductor que tiene un diámetro de 1,6 mm?

$$S = 1,6^2 \times 0,785 =$$

$$= 1,6 \times 1,6 \times 0,785 = 2\text{mm}^2.$$

R: La sección será de  $2\text{mm}^2$

### AISLACIÓN DE LOS CONDUCTORES

En general los conductores son aislados, salvo en casos excepcionales como: letreros luminosos y bajadas de pararrayos. También carecen de aislación los conductores empleados en líneas aéreas de alta y media tensión.

Los materiales más comunes utilizados para la aislación de conductores eléctricos son: el polietileno reticulado (XLPE) y el cloruro de polivinilo (PVC).

### MEDIDAS NORMALIZADAS INTERNACIONALES

El diámetro de los conductores puede medirse utilizando el calibre o el micrómetro.

Cabe acotar que en algunos países, los conductores se miden de acuerdo a la escala A.W.G. (American Wire Gauge), por lo que transcribimos a continuación dos tablas. En la tabla I se expresa la sección de los conductores en  $\text{mm}^2$  y su correspondiente diámetro en mm. En la tabla II, se expresan las secciones por calibre de la escala AWG su correspondiente diámetro y su equivalencia en  $\text{mm}^2$ .

## INSTALACIONES ELÉCTRICAS

**Tabla I**

Corresponde a los valores de las secciones normalizadas: expresadas en mm<sup>2</sup>

TABLA DE SECCIONES	
Sección en mm <sup>2</sup>	Diámetro en mm
0,50	0,80
0,75	0,98
1,00	1,13
1,50	1,39
2,50	1,78
4,00	2,26
6,00	2,77
10	3,57
16	4,52
25	5,65
35	6,67
50	8,00

**Tabla II**

Corresponde a los valores de las secciones expresadas por calibre de la escala A.W.G.

Nº en el calibrador	Diámetro en mm	Sección en mm <sup>2</sup>
20	0,8118	0,5176
19	0,9116	0,6527
18	1,024	0,8231
17	1,150	1,038
16	1,291	1,309
15	1,450	1,650
14	1,628	2,081
13	1,828	2,624
12	2,053	3,309
11	2,305	4,172
10	2,588	5,261
9	2,906	6,634
8	3,264	8,366
7	3,665	10,55
6	4,115	13,30
5	4,621	16,77
4	5,189	21,15
3	5,827	26,67
2	6,544	33,63
1	7,348	42,41
0	8,251	53,48



### CLASIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES

#### **Alambres:**

Están constituídos por un solo hilo de metal, generalmente cobre o aluminio. En caso de llevar una cubierta aislante se denomina alambre aislado.

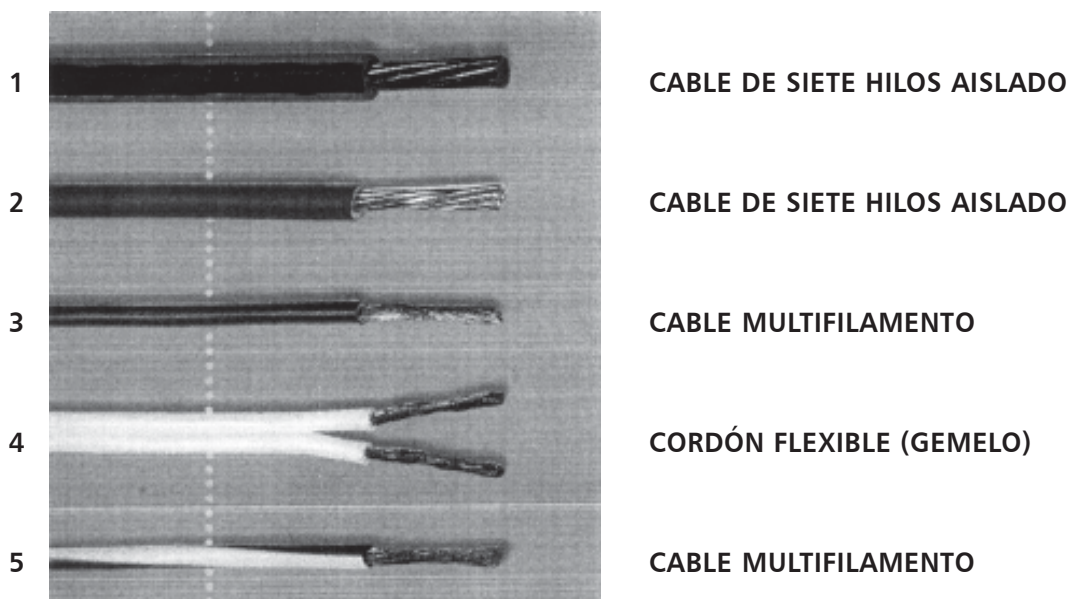
#### **Cables:**

Está formado por varios hilos de cobre arrollados en forma de hélice, generalmente revestidos por una cubierta aislante.

#### **Cordón flexible o multifilamento:**

Está formado por una gran cantidad de alambres muy finos.

Los alambres y cables se usan en instalaciones fijas, mientras que los cordones flexibles se emplean en aparatos portátiles.



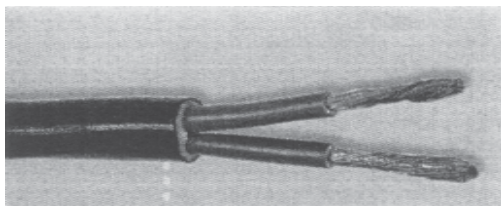
### CABLES SUPER AISLADOS

Los conductores super aislados constan de un conjunto de conductores unipolares debidamente aislados, revestidos en su conjunto por una cubierta aislante, de plástico o goma.

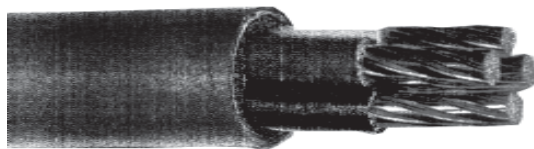
Su forma puede ser redonda o achatada y se emplean en general instalados sobre muros en exteriores o interiores, cuando no se emplean conductos.

Dentro de este tipo tenemos el conductor llamado super plástico (simil plomo) conformado por alambres de cobre recocido, con aislación y vaina de PVC, siendo apto para intemperie.





CABLE BAJO GOMA



CABLE SUPER PLÁSTICO

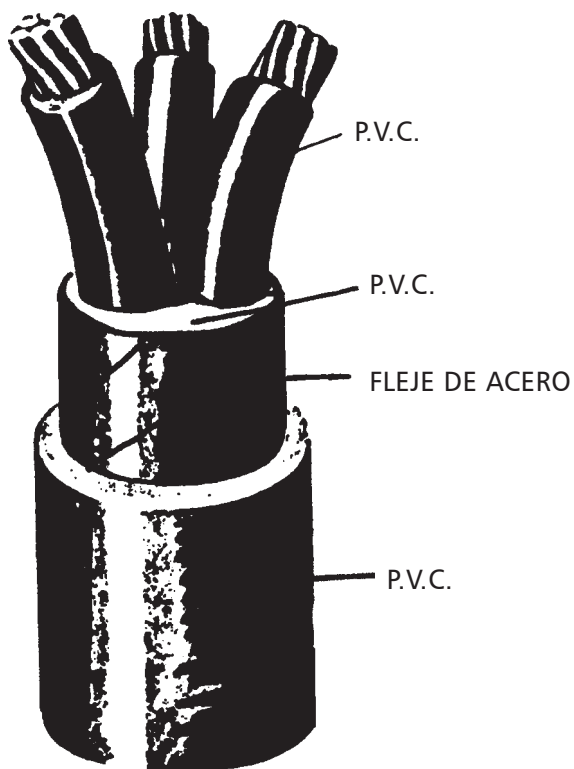
### CABLES ARMADOS

Se emplean para distribución de energía, o en instalaciones industriales tanto subterráneas como en ductos o bandejas.

Conductores en cuerdas de cobre recocido o aluminio con aislación de PVC o XLPE y vaina se ubica un fleje o zuncho de acero galvanizado, que además de añadir resistencia mecánica al conductor, puede usarse como conductor de tierra.

Completa la cobertura, una vaina exterior aislante.

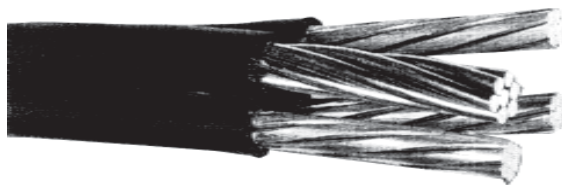
Pueden ser uni, bi, tri, o tetra polares.



### CABLES PREENSAMBLADOS

Se emplean en distribución aérea de energía en baja tensión, con opción de control de alumbrado público.

Conjunto de conductores de aluminio puro o cobre, aislados en XLPE, cableados en haz visible.



### CABLES DESNUDOS CON "ALMA DE ACERO".

Se emplean en transmisión de energía eléctrica en media y alta tensión.

Conductores en forma de cuerda de aluminio puro, cableada sobre un "alma" de alambre o cable de acero galvanizado.



Los diversos tipos de conductores explicados no agotan la totalidad que pueden necesitarse en la extensa gama de trabajos que las instalaciones eléctricas requieren, por lo tanto, los no considerados serán tratados en cada caso específico.

## TORNILLO MICROMÉTRICO (PALMER)

Es otro instrumento de medición utilizado generalmente en controles que requieren una exactitud apreciable, por ejemplo, dentro del orden de la centésima de milímetro.

Esa precisión se consigue mediante un mecanismo ingenioso y simple, supongamos tal como lo muestra la figura 1 un tornillo colocado en una tuerca que de alguna forma se mantiene fija; si hacemos girar el tornillo se produce su avance con sentido longitudinal, la longitud de ese desplazamiento es proporcional a las «vueltas» que se le da al tornillo y al paso de la rosca.

Esta situación se entenderá mejor mediante un ejemplo: si al tornillo de la figura 1 se lo hace girar en el sentido de las agujas del reloj, al dar una vuelta completa avanza una longitud igual al paso de la rosca, si lo hacemos girar dos vueltas avanzará una longitud igual a dos pasos de rosca, etc. Supongamos que se ha elegido un tornillo cuyo paso de rosca es de medio milímetro (0,5 mm), o sea, la separación entre dos salientes consecutivos es 1/2

mm, y que se coloca alrededor de la cabeza del tornillo una escala circular dividida en 50 partes iguales. Al hacer girar el tornillo UNA VUELTA COMPLETA avanza medio milímetro y las 50 divisiones de la escala graduada habrán pasado frente a nosotros, pero si pretendemos que UNA SOLA división de la escala pase frente a nuestra vista, el tornillo necesariamente tiene que avanzar cincuenta veces menos que antes, o sea,  $0,5/50=0,01$  mm (una centésima de milímetro).

En la figura 2 se puede apreciar el aspecto físico de un micrómetro, está formado por un cuerpo en forma de herradura denominada arco, además posee una regla cilíndrica graduada en medios milímetros (manguito) que sostiene la tuerca fija; el extremo del tornillo tiene forma de varilla cilíndrica (vástago) entre cuyo extremo y el tope del arco se coloca la pieza a medir.

El otro extremo del tornillo está unido al tambor graduado, al hacer girar el tambor el tornillo se rosca o desenrosca en la tuerca fija y el tambor avanza o retrocede para ajustar la pieza a medir.

Cuando el tope y el vástago hacen contacto el tambor cubre completamente la escala de la regla

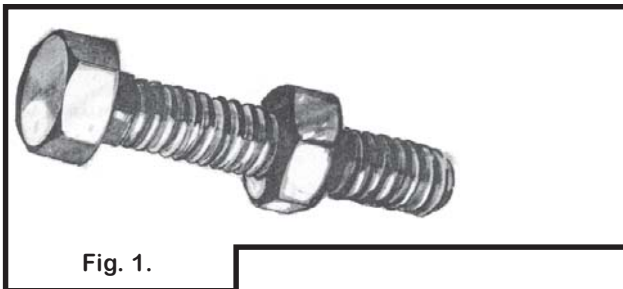


Fig. 1.

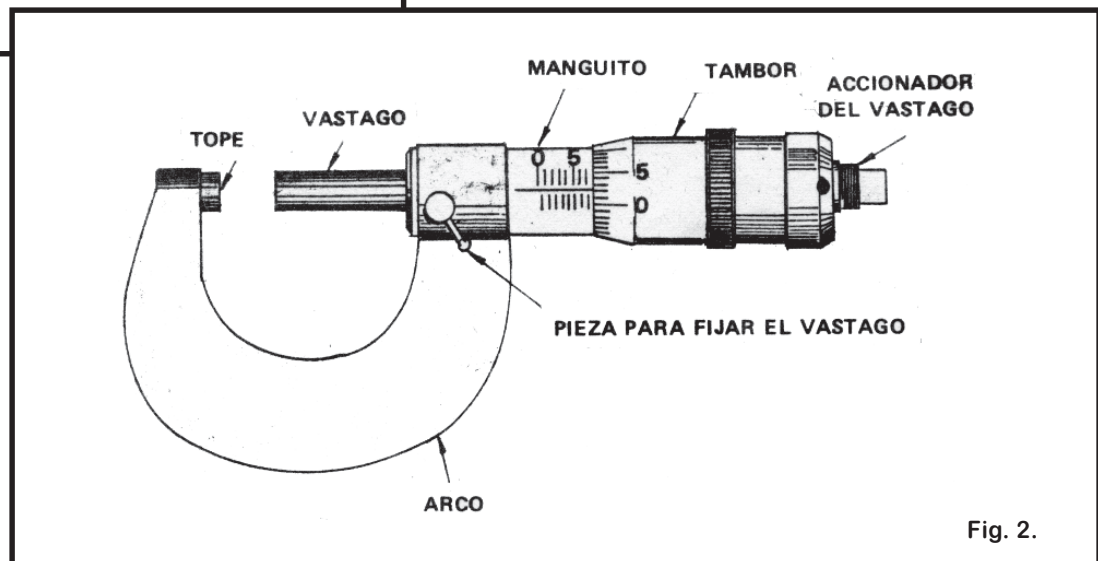


Fig. 2.

cilíndrica, o sea, tapa totalmente la escala graduada del manguito.

Al separarse el vástago del tope se va descubriendo la escala para permitir la medición; ya que se pretende una gran precisión de los micrómetros, «en caso de realizar», una presión excesiva sobre la pieza que se mide puede falsear el resultado de la lectura además de ocasionar un daño al propio instrumento con la consiguiente pérdida de precisión, es por estos motivos que el mando del tornillo se efectúa por medio del accionador del vástago, el que posee un mecanismo de escape cuando se establece una presión excesiva.

El cuerpo del micrómetro está construido de forma tal que se hacen difíciles deformaciones por flexión, se utiliza en su fabricación acero tratado y estabilizado.

Los topes tienen sus caras de contacto templadas y de superficies perfectamente planas, incluso ciertos instrumentos tienen el tope del arco regulable con el objeto de permitir un perfecto ajuste a cero. Incluso el tornillo micrométrico se realiza con acero templado y estabilizado con una tolerancia en el paso sumamente estricta, un milésimo de milímetro.

Con respecto a la capacidad de medición es conveniente aclarar que los tornillos micrométricos se fabrican para distintos tamaños de piezas a controlar, por ejemplo de 0 a 25 mm, como el mostrado en la figura 2.

Para capacidades mayores de medición se construyen micrómetros cuyo arco tiene una abertura

mayor, en estos la posibilidad de uso se encuentra comprendida entre una dimensión máxima y una mínima existiendo entre ambas una diferencia de 25 mm, como por ejemplo de 25 a 50 mm, de 50 a 75 mm y de 75 a 100 mm, siendo estos los casos de mayor utilización en el taller.

## MANEJO DEL MICRÓMETRO

Antes de explicar la forma práctica de medición con este instrumento debemos conocer en qué forma se efectúa su lectura. Supongamos ya perfectamente colocada la pieza a medir quedando el micrómetro en la posición que indica la figura 3. Es evidente que el tambor ha corrido hasta dejar al descubierto una parte de la regla fija, vemos que quedan al descubierto tres marcaciones a la derecha del número cinco, por lo tanto la medición en principio es de ocho milímetros.

Pero el tambor graduado coincide con la línea horizontal de la regla cilíndrica en la Segunda marca a partir de cero, en consecuencia a los 8 milímetros mencionados anteriormente debemos agregar dos centésimos de milímetro por lo tanto la lectura final es 8,02 mm.

En la figura 4 se representa otra variante que puede encontrarse en la práctica de medición con el palmer, vemos que el tambor ha dejado al descubierto tres divisiones y «algo más» a la dere

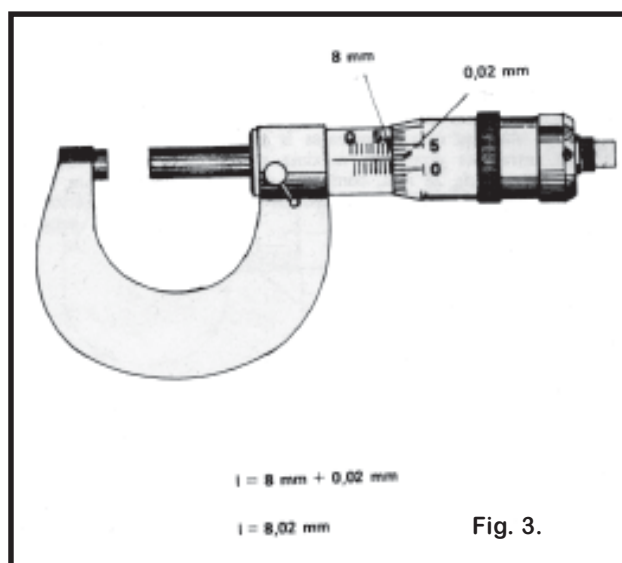


Fig. 3.

cha del número CINCO de la regla cilíndrica, aparentemente la lectura correcta sería 8 mm más el agregado de 34 centésimas de milímetro en razón de que la horizontal de la regla coincide con ese valor en el tambor.

Pero si observamos con mayor detenimiento la figura notamos que cada una de las divisiones inferiores de la regla «cae» justo en la mitad de cada milímetro de la parte superior, o sea, esas marcaciones corresponden a MEDIO MILIMETRO.

Analizando nuevamente la posición del tambor, vemos que dejó al descubierto no solamente tres marcas después del «cinco» de la regla, sino también UNA marca (inferior) a la derecha de las mencionadas. Para una mejor interpretación de lo anterior le proponemos lo siguiente: con un lápiz de punta fina indique la marca que corresponde al CINCO de la regla, el próximo paso a la derecha corresponde a 6 mm, el caso siguiente a 7 mm, y el otro a 8 mm, pero hasta llegar al borde del tambor, el lápiz pasaría sobre la marcación inferior QUE CORRESPONDE A MEDIO MILIMETRO, resulta entonces que la lectura resultará ser 8,5 mm más lo indicado por la escala del tambor, o sea, 34 centésimas de mm.

Efectuamos esa sencilla suma  $8,5 + 0,34 = 8,84$  mm.

Nos falta comentar que los tornillos micrométricos pueden presentar la escala de la regla fija graduada únicamente en milímetros y la escala del tambor con cien divisiones, por lo tanto la precisión es similar a la del caso anterior ya que el tornillo al avanzar (o retroceder) cubre una distancia de un milímetro cuando se lo ha girado una vuelta completa.

### TORNILLO MICROMÉTRICO CON SISTEMA INGLÉS DE MEDICIÓN

Si bien se aclaró al comenzar esta lección que el sistema inglés de medición, va quedando paulatinamente en desuso, es conveniente tener una idea de la forma en que se efectúan lecturas con un micrómetro graduado en ese sistema.

Comenzaremos por indicar que generalmente la regla fija está graduada en pulgadas y cada división numerada de la escala equivale a  $1/10$  de pul-

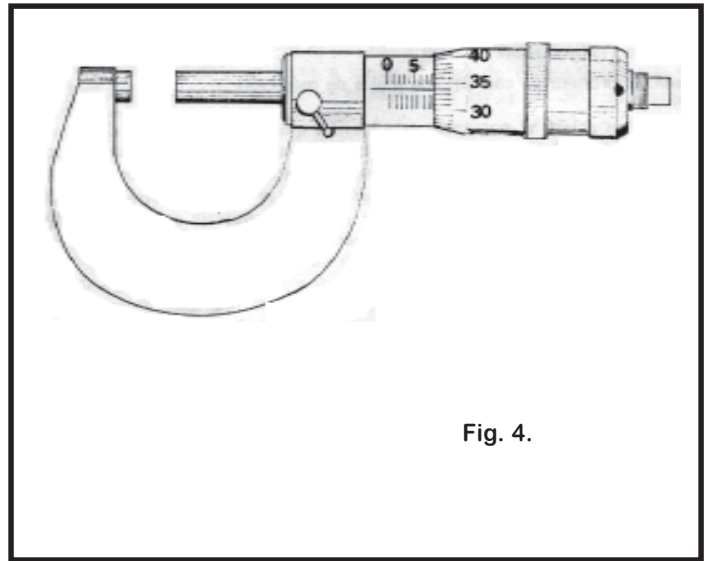


Fig. 4.

gada. Estas divisiones están fraccionadas en cuatro, de modo que cada sección menor representa  $1/40$  de pulgada, o lo que es lo mismo, 0,025 de pulgada.

La graduación de la escala móvil va de 0 a 25 y una revolución completa del tambor recorre una división íntegra de la escala fija. Esto quiere decir que 25 divisiones de la escala móvil representan 0,025 de pulgada, o sea, que una subdivisión menor de la escala móvil nos representa 0,001 pulgadas de espesor.

### Técnica de la Medición

Si bien la mejor manera de efectuar una medición depende en parte de quién la ejecute es conveniente tener presente una serie de indicaciones que facilitan enormemente la tarea. El micrómetro se sostiene con la mano derecha en forma tal que la escala es claramente visible para el operador. El primer paso antes de usar el micrómetro consiste en verificar la posición del punot «0», para esto se accionará sobre el vástago viendo si cuando éste resbala porque los dos topes están unidos el cero de la escala fija coincide con el cero de la escala móvil. De no suceder así se tendrá muy en cuenta restar la diferencia encontrada en todas las mediciones siguientes. Recordemos que se usan tornillo micrométricos en los que el tope y el vástago no hacen

contacto, tal es el caso de los de 25 mm a 50 mm o 50 mm a 75 mm, etc., para controlar la posición de punto cero estos instrumentos traen un cilindro exactamente calibrado de acuerdo a la distancia que debe separar ambos topes cuando coinciden los ceros, como en el caso anterior, si esto no ocurre se debe restar la diferencia en todas las mediciones que se realicen.

Antes de que la pieza a medir quede apretada entre el tope y el vástago, los dedos pulga e índice se deben trasladar al accionador del vástago haciendo que la rotación final se realice desde allí. Esto asegura en primer lugar que el roscado del micrómetro no soporte ningún esfuerzo perjudicial y en segundo lugar que la pieza a medir no sufra una presión tan fuerte como para modificar su espesor real.

Demás está decir que se debe tener mucho cuidado en que la pieza a medir se encuentre colocada perpendicularmente entre el tope y el vástago pues de lo contrario la lectura del instrumento no sería la correcta.

El paso siguiente es hacer rotar el tambor en sentido opuesto a las agujas del reloj entre el pulgar y el índice hasta lograr suficiente abertura como para colocar cómodamente la pieza a medir. Luego de colocada la pieza se hace girar el accionador del vástago en el sentido de las agujas del reloj hasta que la pieza quede correctamente ajustada.

### Micrómetros de Interiores

Los micrómetros de interiores tienen los mismos principios de funcionamiento que los micrómetros ya explicados, se usan para efectuar mediciones de diámetros de orificios como así también entre planos paralelos enfrentados, tal es el caso respectivamente del diámetro de los cilindros del motor, distancia entre bancadas, etc. Estos vienen acompañados por un juego de varillas perfectamente graduadas que permiten ampliar el rango de medición a los efectos de mejor aclaración, la figura 5 representa un comparador centesimal.

Es necesario tener en cuenta que la medición de diámetros interiores con este instrumento exige ciertos cuidados ya que se hace necesario colocarlo según el diámetro, esto se consigue apoyando uno de los topes contra la pared del cilindro haciéndolo oscilar alrededor del punto de apoyo en un plano perpendicular al eje del agujero, se ajusta el mi-

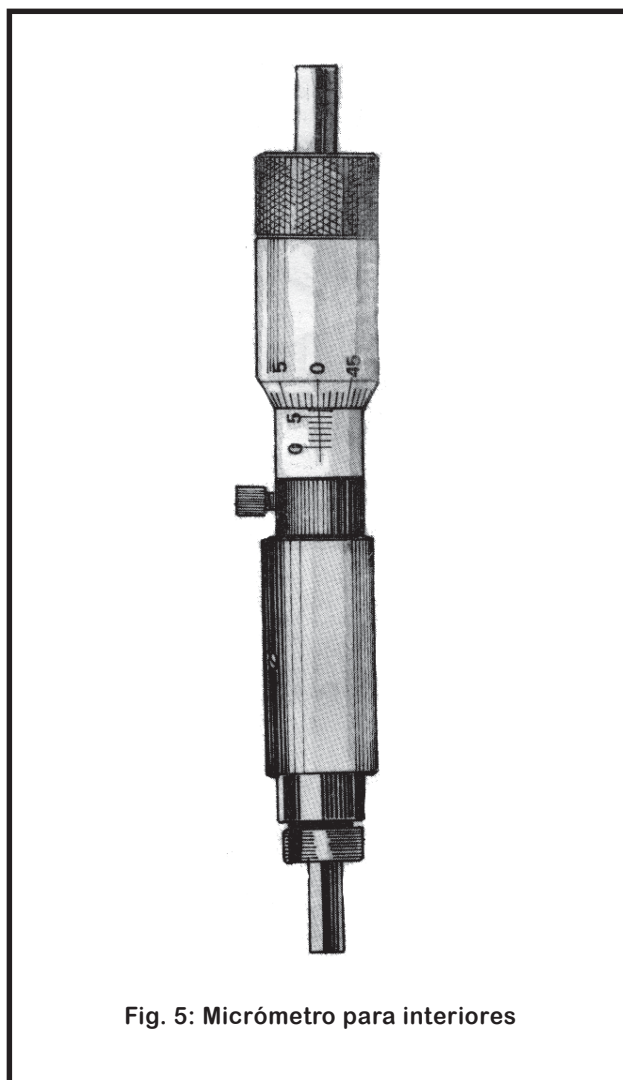


Fig. 5: Micrómetro para interiores

crómetro al valor máximo y luego se lo hace oscilar ajustando el valor para el cual pasa rozando suavemente, siendo este valor que se toma como diámetro interior.

# Práctica de Mediciones

Una de las más importantes tareas que un técnico debe saber realizar con precisión es MEDIR.

Medir es determinar una magnitud comparándola con otra de la misma especie determinada con anterioridad. Para que al efectuar una medición los resultados sean correctos, es necesario que la magnitud que se toma como referencia sea siempre la misma y de valor constante, en consecuencia a esas magnitudes se las llama unidades y se hace necesario en la práctica que tengan valor invariable o por lo menos lo más inalterable posible.

En la práctica, son muchas las magnitudes que deben medirse y por supuesto de distintas especies, tales como, longitud, superficies, volúmenes, fuerzas, temperaturas, etc., por ese motivo resulta conveniente adoptar una serie de unidades relacionadas entre sí de una manera determinada. A un conjunto de unidades que cumpla la condición mencionada anteriormente se la denomina sistema de unidades.

Antes de pasar a la descripción de los distintos elementos que se utilizan en el taller para efectuar mediciones, creemos conveniente aclarar la existencia de dos sistemas de unidades, uno de ellos,

el sistema métrico decimal que es utilizado por un gran número de países aunque todavía quedan naciones de habla sajona que usan el sistema inglés de medición pese a que últimamente han decidido pasar al sistema métrico por ser más lógico y útil en la práctica.

## SISTEMA MÉTRICO DECIMAL

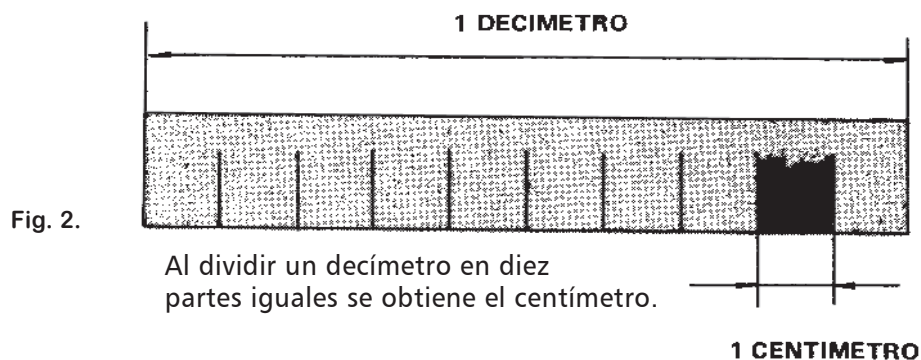
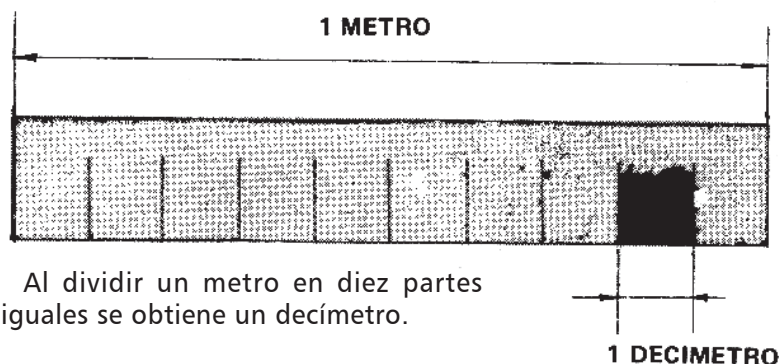
La unidad de este sistema es el metro (m), equivale a dividir el meridiano terrestre en cuarenta millones de partes iguales considerando luego como unidad a una sola de esas partes. Desde el punto de vista práctico esta consideración es satisfactoria, aunque no exacta. Por supuesto que a simple título informativo, señalamos que la longitud del metro ha sido fijada con precisión por el Comité Científico de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas comparándola con 1.650.763 longitudes de onda del átomo de criptón, esta aparentemente complicación tiene un solo fin, buscar la máxima precisión que requiere la técnica actual, por ese motivo se comparó al metro con cierta cantidad de ondas de luz (naranja) emitida por un determinado tipo de átomo, ya que la experiencia demuestra que los átomos emiten bajo ciertas condiciones, ondas de luz prácticamente constantes en su longitud.



## INSTALACIONES ELÉCTRICAS

No se necesita mayor explicación para interpretar que el metro resulta ser una unidad demasiado grande para realizar buena parte de las mediciones en el taller, por ese motivo se utilizan los llamados submúltiplos, o sea, magnitudes menores que la unidad. De todas maneras, a los efectos de una mejor ubicación con respecto al sistema métrico decimal procederemos a indicar los submúltiplos acudiendo a una sencilla figura (1) en la que se representa «un metro» dividido en diez partes iguales, cada una de ellas equivale a un decímetro, o sea,  $0,1 \text{ m} = 1 \text{ dm}$ .

Si suponemos que en la figura 2 se representa la longitud equivalente a un decímetro y procedemos a dividirla en diez partes iguales, cada una de ellas es equivalente a un centímetro (1 cm).



## INSTALACIONES ELÉCTRICAS

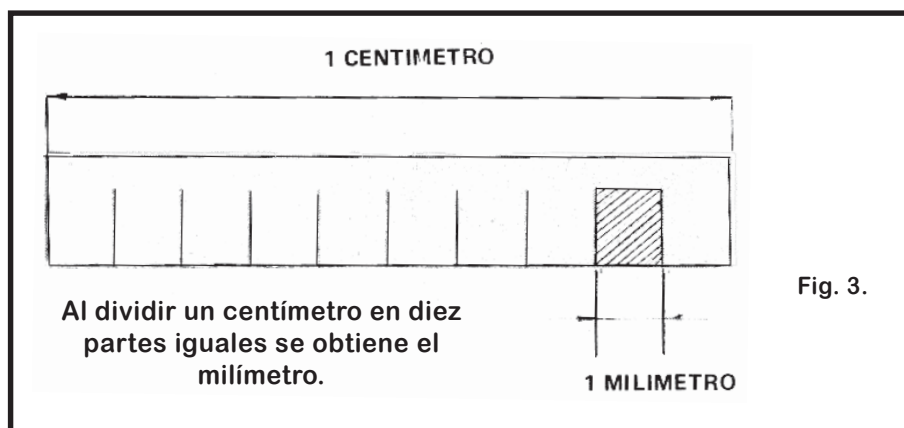
Igual procedimiento puede seguirse para llegar al milímetro, se trata simplemente de dividir un centímetro en diez partes iguales, tal como lo muestra la figura 3 en la que se ha representado un centímetro suficientemente «agrandado» como para que pueda verse a simple vista la proporción equivalente a un milímetro.

En mecánica, se utiliza como unidad de longitud el milímetro que como se deduce de lo explicado

anteriormente equivale a la milésima parte del metro aunque en la mayoría de los casos, o sea, cuando se desea comprobar una tolerancia se usa la décima de milímetro (0,1 mm), eventualmente la centésima de milímetro (0,001 mm) llamada micrón y que se representa con la letra griega  $\mu$ .

A continuación, indicamos los múltiplos y submúltiplos del sistema métrico decimal.

Miriámetro	mam	10.000 m	Múltiplos
Kilómetro	km	1.000 m	
Hectómetro	hm	100 m	
Decámetro	dam	10 m	
Metro	m	1 m	Unidad
Decímetro	dm	0,1 m	Submúltiplos
Centímetro	cm	0,01 m	
Milímetro	mm	0,001 m	
Micrón	$\mu$	0,000001 m	



## Sistema Inglés de Medición

Este sistema de medición se basa en magnitudes que el hombre fijó de acuerdo a sus necesidades y tradiciones, por ese motivo no es un sistema lógico en el sentido de la proporción que mantiene entre sí los múltiplos o submúltiplos. La unidad de este sistema es la yarda, que equivale aproximadamente a la medida del paso de un hombre; la siguiente lista contiene los principales múltiplos y submúltiplos del sistema inglés de medición:

Milla	mile	1.760 yardas
Braza	fathom	2 yardas
Pie	foot	1/3 yarda
Pulgada	inch	1/36 yarda

De la simple lectura de la tabla anterior puede apreciarse el detalle ya anticipado, o sea, los múltiplos y submúltiplos no guardan entre sí una proporción regular, por ese motivo creemos conveniente agregar una equivalencia entre el sistema métrico decimal y el inglés de medición.

1 milla	= 1.609,3149 metros
1 braza	= 1,8288 metros
1 yarda	= 0,9144 metros
1 pie	= 0,3048 metros
1 pulgada	= 0,0254 metros

Con referencia a la pulgada debemos aclarar que se la divide en partes, ya sea en milésimas o en forma fraccionaria. Veamos: se divide la pulgada en dos partes iguales siendo cada una de ellas equivalente a media pulgada, si a esa media pulgada se la divide nuevamente por la mitad se obtiene (1/4) un cuarto de pulgada y así sucesivamente.

En la tabla siguiente se indica la equivalencia entre fracciones de pulgada y milímetros.

**TABLA DE CONVERSIÓN ENTRE FRACCIONES DE PULGADA Y MILÍMETROS**

Pulg.	mm	Pulg.	mm	Pulg.	mm	Pulg.	mm	Pulg.	mm
—	—	13/64	5,119	13/32	10,319	39/64	15,478	13/16	20,638
1/64	0,397	7/32	5,556	27/64	10,716	5/8	15,875	53/64	21,034
1/32	0,794	15/64	5,953	7/16	11,112	41/64	16,272	27/32	21,431
3/64	1,191	1/4	6,350	29/64	11,509	21/32	16,669	55/64	21,828
1/16	1,588	17/64	6,747	15/32	11,906	43/64	17,066	7/8	22,225
5/64	1,984	9/32	7,144	31/64	12,303	11/16	17,462	57/64	22,622
3/32	2,381	19/64	7,541	1/2	12,700	45/64	17,859	29/32	23,019
7/64	2,778	5/16	7,938	33/64	13,097	23/32	18,256	59/64	23,416
1/8	3,175	21/64	8,334	17/32	13,494	47/64	18,653	15/16	23,812
9/64	3,572	11/32	8,731	35/64	13,891	3/4	19,050	61/64	24,209
5/32	3,969	23/64	9,128	9/16	14,288	49/64	19,447	31/32	24,606
1/4	4,366	3/8	9,525	37/64	14,684	25/32	19,844	63/64	25,003
3/16	4,762	25/64	9,922	19/32	15,081	51/64	20,241	1	25,400

## Necesidad de la medición

Para que haya ajuste entre dos piezas, tanto el juego como el apriete están limitados por medidas máximas y mínimas cuya diferencia es la tolerancia. Eligiendo las tolerancias adecuadas se logra el ajuste necesario entre dos piezas, lo que permite cambiarlas o reemplazarlas sin inconvenientes. Se tendrá en cuenta que las características de una pieza son fijadas por la fábrica quien determina como factores más importantes:

- La naturaleza del material conque se fabrica la pieza.
- La forma geométrica de la pieza.
- Las dimensiones de la pieza.
- La calidad en la terminación de las piezas, especialmente de las superficies mecanizadas.

Con referencia a la forma de la pieza es natural que nunca pueda ser alcanzada con perfecta precisión debido a las limitaciones propias de la fabricación, en consecuencia, la medición de las piezas se limita fundamentalmente a la comprobación de longitudes y ángulos.

En la mecánica automotriz se requiere una precisión bastante elevada en la mayoría de las partes que forman el automóvil, como norma general aceptamos la centésima de milímetro o milésima de pulgada como valores standards.

### INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Si bien la cantidad de elementos destinados a la medición de piezas es abundante, creemos conveniente explicar aquellos instrumentos que mayor aplicación práctica tienen en el taller. Comenzaremos por mencionar a las «Reglas Metálicas», empleadas generalmente con fines de verificación. Se construyen con acero tratado y estabilizado, lo que permite una gran estabilidad en sus formas y dimensiones, aún ante apreciables cambios de temperatura, aunque se aconseja efectuar las mediciones a una temperatura ambiente de 20°. Estas reglas presentan el aspecto que muestra la figura 4, pueden tener graduación en milímetros solamente o también en milímetros y pulgadas.

Estas reglas son muy empleadas en ciertas mediciones de mecánica, tienen la sección de forma rectangular y son fabricadas generalmente en caero con la escala grabada en uno de sus bordes o en ambos como lo muestra la figura 5, se construyen hasta una longitud de dos metros con cincuenta centímetros. A los efectos de evitar el error de paralaje, se utilizan reglas biseladas en el borde que lleva la escala graduada.

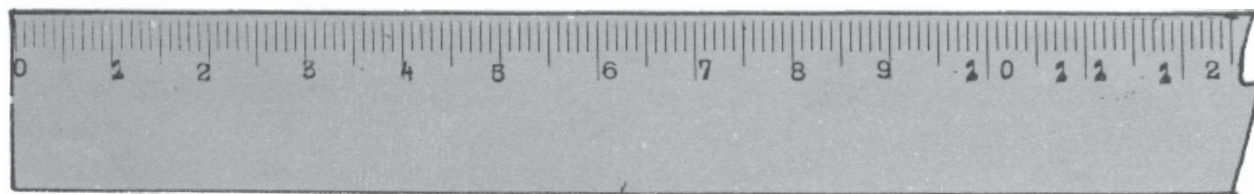


Fig. 4: Regla graduada en milímetros.

## INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Es conveniente que analicemos en qué consiste el error de paralaje: como una regla metálica tiene un cierto espesor, si la sección de la regla es perfectamente rectangular es natural que la escala se encuentre un poco más «alta» que la pieza a medir, esto indica que si el observador no se encuentra perfectamente perpendicular a la marca de la regla puede efectuar una lectura falsa. En la figura 6 se muestra el error de paralelaje producido por una incorrecta posición de trabajo (A), resulta claro ver en la figura que la posición correcta es la (B), pero de todas maneras esto no es fácil de conseguir, so

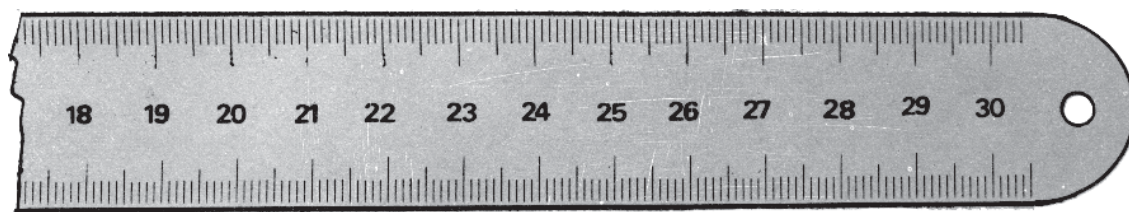


Fig. 4: Regla metálica con doble marcación.

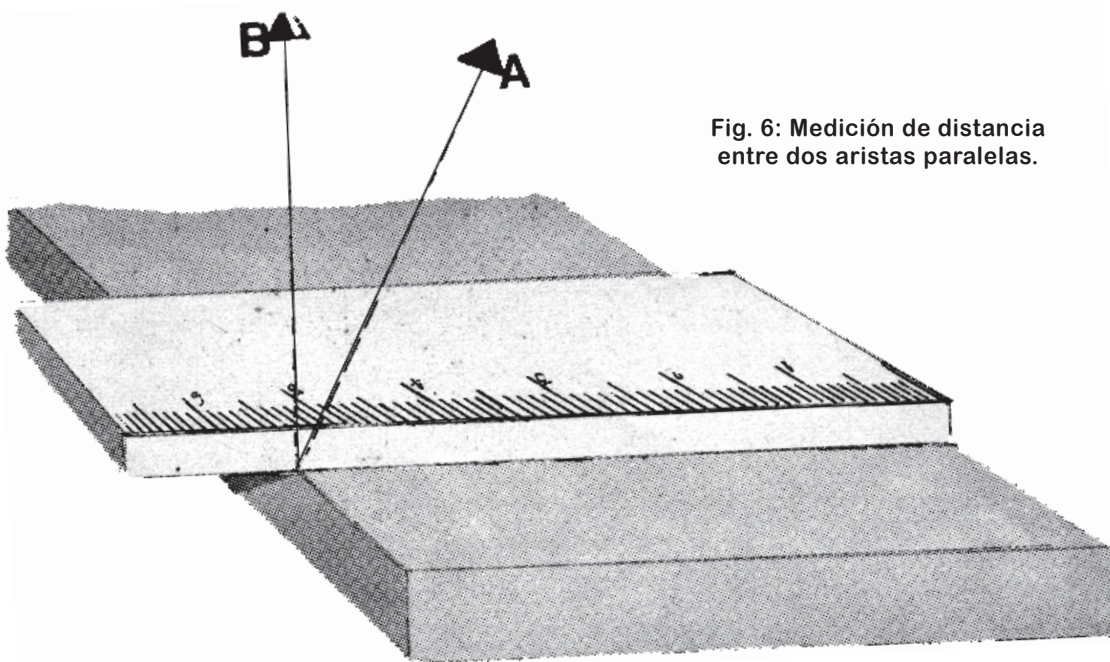


Fig. 6: Medición de distancia entre dos aristas paralelas.



## INSTALACIONES ELÉCTRICAS

bre todo cuando se trata de una medición que requiere cierta precisión, por ese motivo convienen las reglas biseladas. En la figura 6B se representa una de éstas pudiéndose apreciar que el borde que lleva la escala graduada finaliza suficientemente «afilado» como para coincidir casi con la superficie de la pieza a medir, razón por la cual el error de paralaje es mucho menor.

Las reglas graduadas de muy buena calidad están construídas generalmente con acero inoxidable, además deben tener una exactitud no inferior a un milímetro en más o en menos, por metro de longitud, esto nos hace notar que se utilizan en mediciones que requieren poca precisión, tal es así que en la mayoría de los casos la escala está graduada en milímetros no siendo muy necesario que lleve marcas de medio milímetro ya que un técnico

con buena práctica puede distinguir a «ojo» diferencias de longitud de una décima de milímetro mientras que el grueso de cada marcación de la regla tiene fácilmente dos a tres décimas de milímetro.

Naturalmente, la medición efectuada con una regla graduada no ofrece mayores dificultades, tal es el caso de verificar la distancia entre dos puntos determinados situados en una superficie plana o en una arista de igual característica. En tales casos bastará que el cero de la escala coincida con uno de los puntos, quedando señalada la medida por la coincidencia del otro punto con la regla. Otro es el caso al medir la distancia que separa dos rectas paralelas, la figura 7 muestra claramente que se debe tomar la precacución de que la regla quede perfectamente perpendicular a las paralelas.

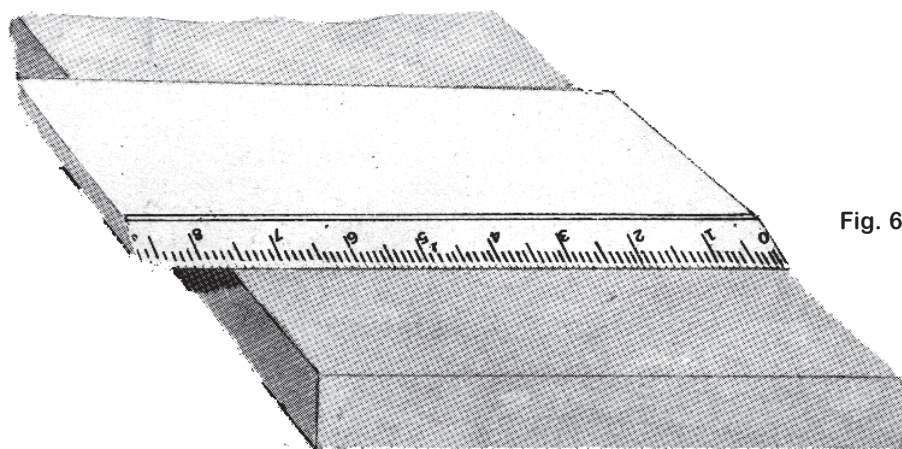


Fig. 6 B: Regla biselada.

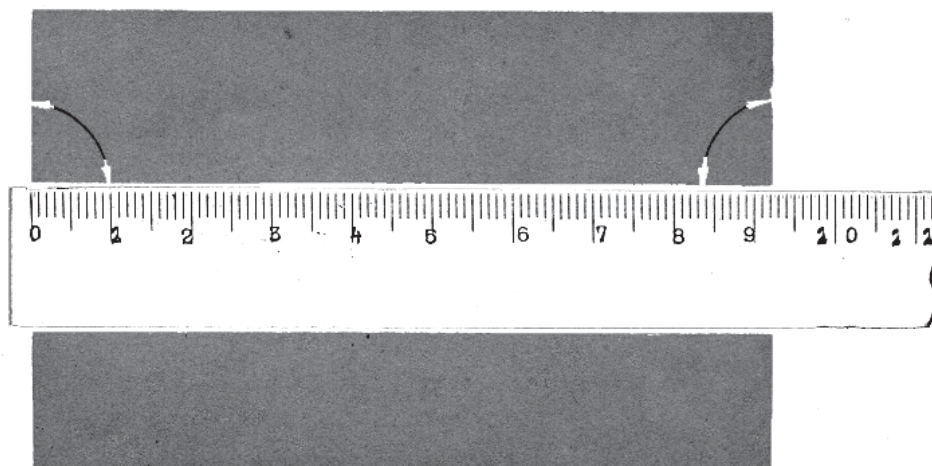


Fig. 7.



### ESCUADRAS

Las escuadras más utilizadas en el taller son de acero, cuando de ellas se pretende buena precisión, el acero debe ser templado y estabilizado. Estos instrumentos permiten realizar comprobaciones de planicidad y ángulos rectos. Pueden presentar distintos aspectos, como los muestra la figura 8.

El caso 1 señala una escuadra plana y simple, la que indica el número 2, posee una base ancha para dar mayor estabilidad al efectuar comprobaciones sobre superficies muy lisas (mármol), en los casos 3 y 4 se trata de escuadras de lámina y lámina biselada respectivamente, las que se caracterizan por su gran precisión.

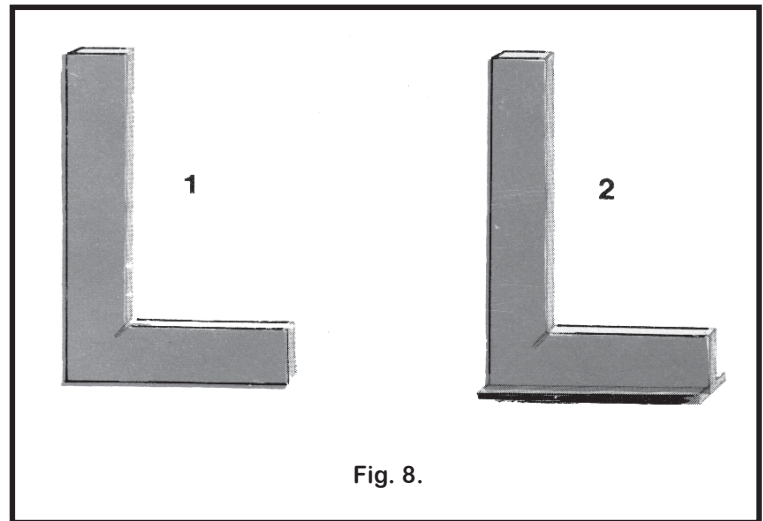


Fig. 8.

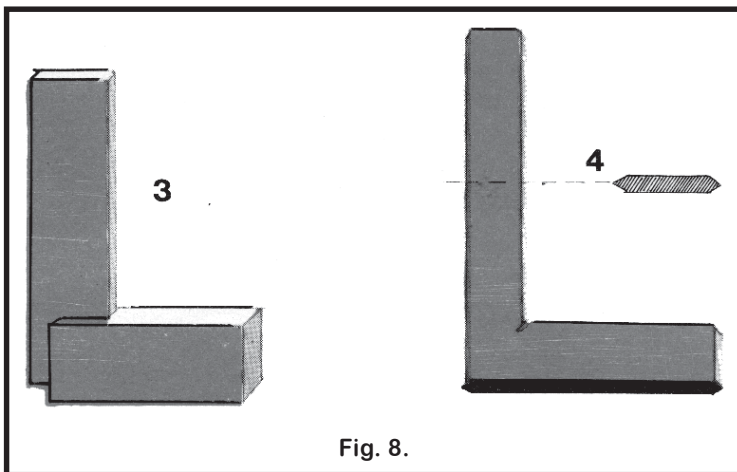


Fig. 8.

### EL CALIBRE DE PIE DE REY

Es uno de los instrumentos de medición más útiles en el taller ya que permite el control de las dimensiones de las piezas con una exactitud que en los casos comunes puede establecerse en la décima de milímetro. El calibre de pie de rey, también llamado compás de corredera presenta el aspecto que muestra la figura 9, es una regla graduada, uno de cuyos extremos tiene una prolongación que forma con la regla propiamente dicha un ángulo de  $90^\circ$ . Sobre la regla puede desplazarse una abrazadera, la que posee una prolongación perfectamente perpendicular a la regla. Queremos decir que al efectuar una medición (como veremos más adelante), al correr la abrazadera siempre quedarán paralelas las prolongaciones mencionadas anteriormente.

Ya que el técnico se ve obligado al uso del calibre en forma frecuente nos parece bien hacer una breve referencia a los principios de funcionamiento de este instrumento, ya que como anticipamos permite efectuar mediciones de precisión bastante elevada.

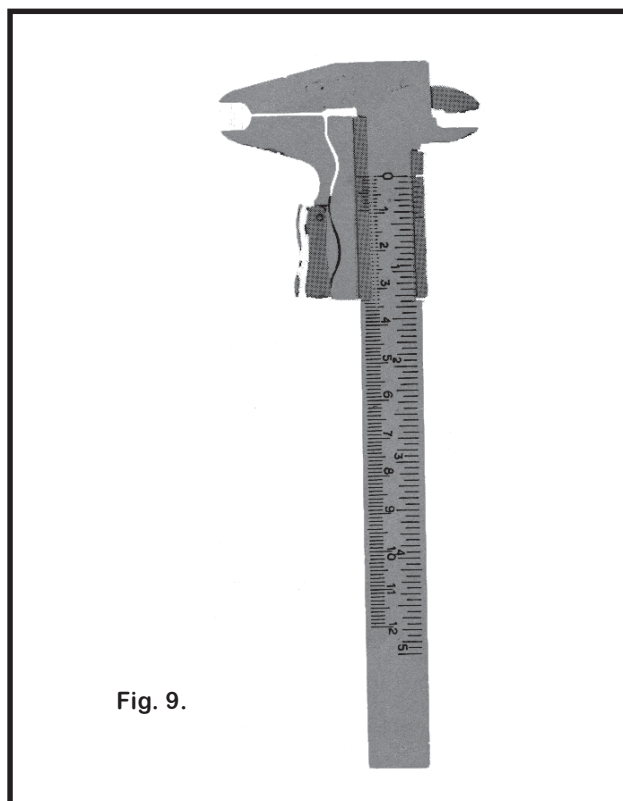


Fig. 9.

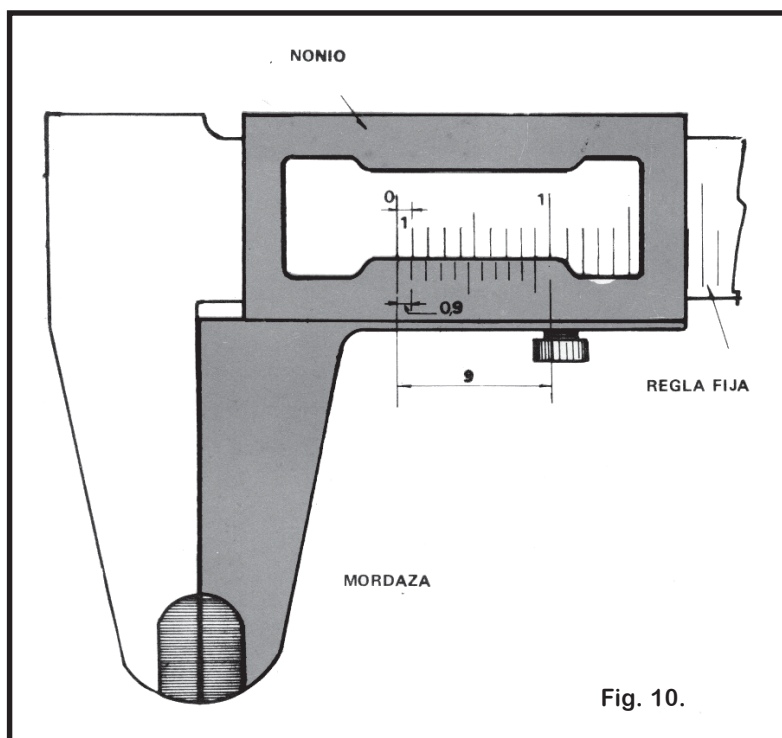


Fig. 10.

Si el lector analiza la figura 10, podrá realizar algunas observaciones sumamente útiles: la abrazadera deslizante posee una escala graduada (nonio) que lleva diez divisiones exactamente iguales.

Si hacemos coincidir el cero de la escala del nonio con el cero de la escala de la regla notaremos que la «décima» división del nonio coincide con la «novena» división de la regla, en este detalle se encuentra la clave del calibre pie de rey.

Teniendo en cuenta que la regla es milimetrada, es fácil deducir que cada una de las divisiones del nonio tiene una longitud de nueve décimas de milímetro ya que las divisiones de éste coinciden con nueve milímetros de la regla. Por si queda alguna duda sobre la explicación anterior le aconsejamos analizar los ejemplos siguientes:

En la figura 11 se muestra el nonio desplazado de manera tal que la primera división del mismo coincide con una división de la regla. Puede notarse que la distancia entre «cero» del nonio y la división inmediata inferior de la regla graduada es de 0,1 mm. Si se desplaza nuevamente el nonio hasta que la segunda división coincida con una de la regla, la distancia entre el cero del nonio y la división inmediata inferior de la regla será de «dos décimas de milímetro» y así sucesivamente. (Figura 12)

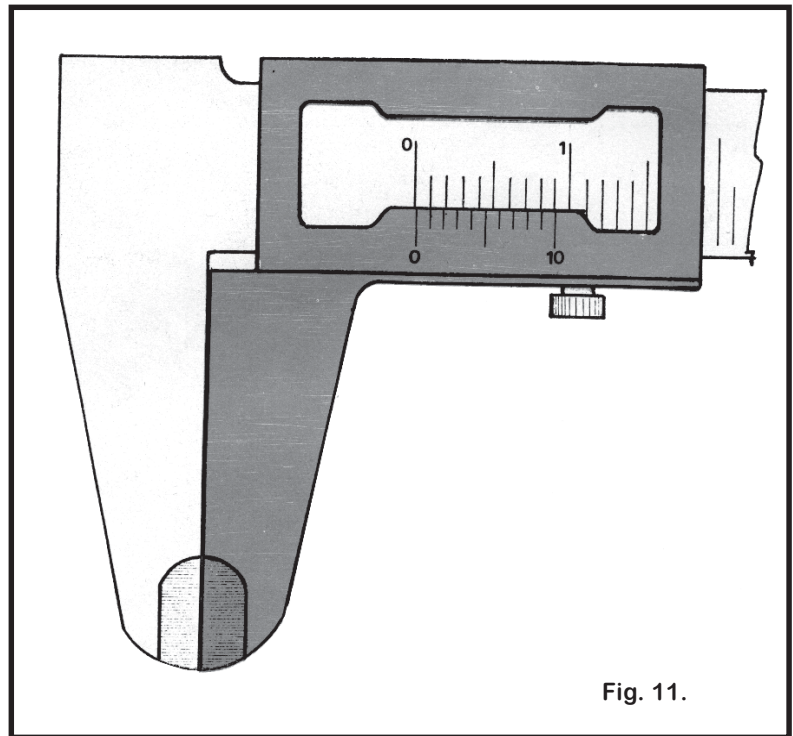


Fig. 11.

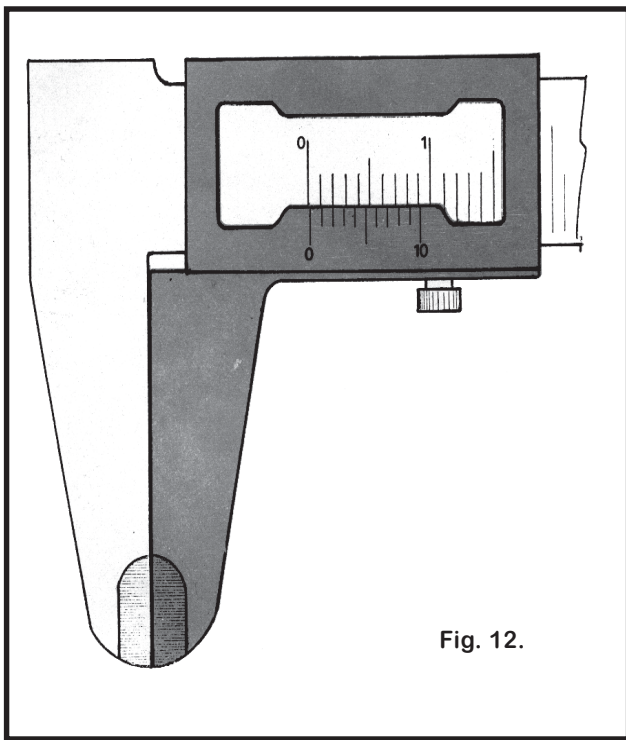


Fig. 12.

«En resumen, la distancia considerada en décimas de milímetro desde el cero del nonio hasta la división inmediata inferior de la regla aparece señalada por la división del nonio que coincide con una división de la regla».

Veamos un caso práctico: en la figura 13 se aprecia que la división «cero» del nonio sobrepasa los 38 milímetros de la regla, por lo tanto la pieza medida tiene esa longitud. Pero queremos saber en cuántas décimas de milímetro se supera ese valor. Para ello debemos observar que «la cuarta» división del nonio coincide con una división de la regla, en consecuencia la lectura correcta de esta medición es 38,4 mm.

Para finalizar esta explicación es necesario recordar que la regla graduada lleva números impresos cada centímetro, si observa la figura 13 notará que «el cero» del nonio se encuentra en la zona comprendida entre la penúltima y última marca anteriores al número 4 (que equivale a 40 mm) razón por la cual el primer valor a considerar es 38 mm.

Los calibres pie de rey tienen en la mayoría de los casos sus nonios con diez divisiones lo que permite mediciones con precisión hasta la décima de milímetro. En los casos de mayor precisión, se utilizan calibres que tienen el nonio dividido en 20 partes iguales con lo que se consiguen mediciones con una precisión del orden de 1/20 de milímetro.

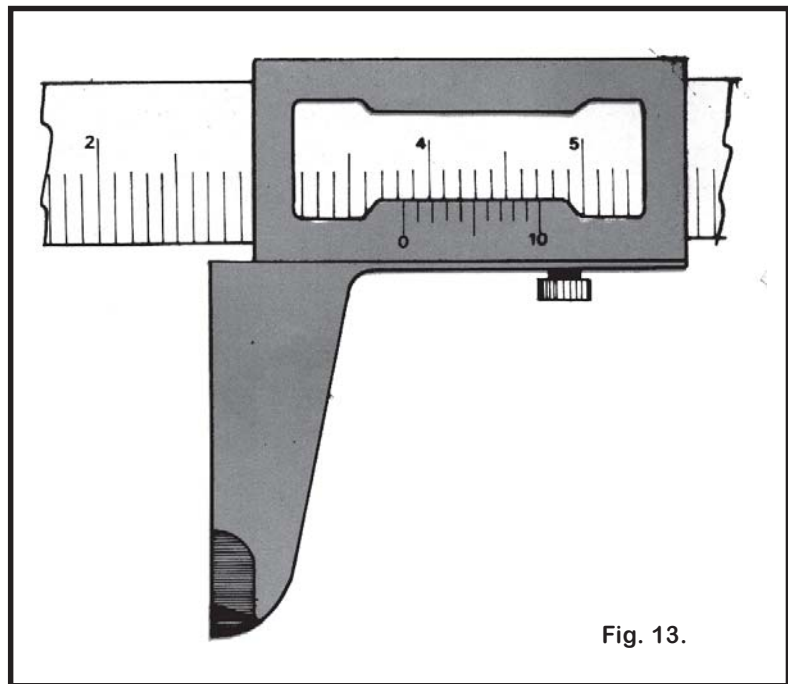


Fig. 13.

### FORMAS PRÁCTICAS DEL CALIBRE UNIVERSAL

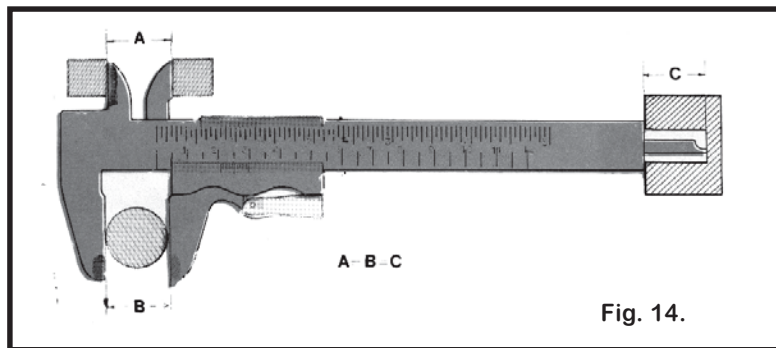


Fig. 14.

Los calibres presentan distintas formas de acuerdo a los diversos usos que se les da en las mediciones, los más corrientes son como los que muestra la figura 14, en ella puede apreciarse la posibilidad de distintas mediciones, en el caso A se mide en interiores, por ejemplo, diámetros interiores de orificios. En caso B se comparan distancias externas, para nuestro ejemplo, el diámetro exterior de una varilla. Finalmente, el caso C permite observar cómo se usa el calibre cuando se desea medir en profundidad.

Es conveniente que el lector tenga muy presente que se ha utilizado la figura 14 para indicar las tres posibilidades de medición con un calibre pie de rey, pero naturalmente cada una de ellas se realiza por separado, o sea, si realizamos una medición de exteriores, también se mueven las prolongaciones que permiten medición de interiores y profundidad aunque no se estén realizando estas últimas.

## COMPÁS DE CORREDERA O CALIBRE

### Sistema inglés

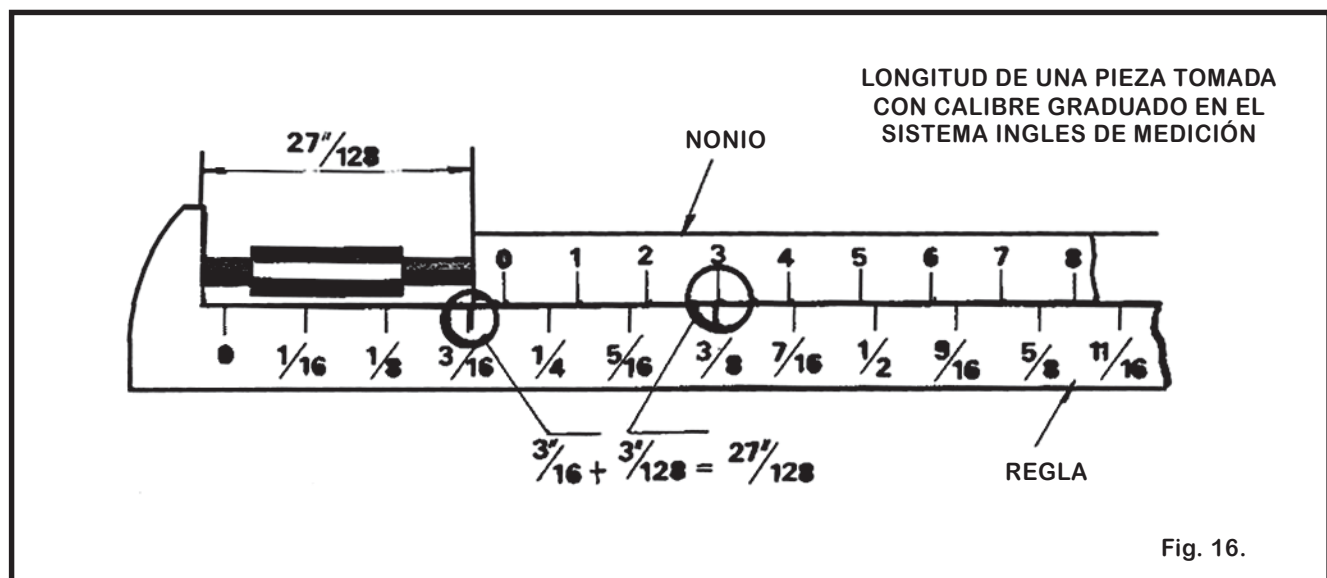
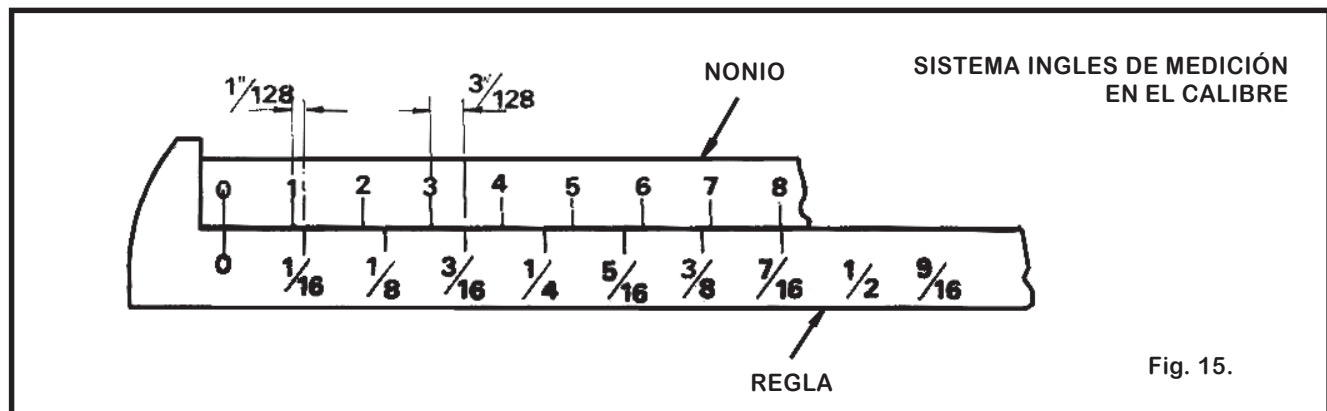
Si bien el sistema inglés de medición se está dejando de lado paulatinamente, es conveniente que el técnico conozca el mecanismo de medición de un calibre graduado en pulgadas. Por supuesto que es aparentemente complicado ya que las divisiones se encuentran marcadas con quebrados, pero desde el punto de vista práctico, un sencillo razonamiento permitirá entenderlo sin mayores complicaciones.

En principio, debemos recordar que la regla graduada está marcada en pulgadas y que cada pulgada se encuentra dividida en 16 partes iguales. El

nonio tiene 8 divisiones o marcas exactamente iguales, éstas tienen una longitud equivalente a «siete» divisiones de la regla. Es necesario prestar especial atención a lo indicado anteriormente, por ese motivo le aconsejamos observar detenidamente la figura 15.

Sin ánimo de repetir la explicación, es necesario antes de seguir adelante comprobar lo dicho, o sea, el nonio (dibujado en la parte superior) tiene «ocho» divisiones, al hacer que coincidan ambos zeros (regla y nonio) la octava división del nonio se encuentra exactamente sobre la séptima división de la regla.

La longitud del nonio cubre 7 de las 16 partes en que se dividió cada pulgada, por ese motivo si dividimos esa longitud por las ocho divisiones del nonio llegamos a la conclusión de que cada división del nonio equivale a  $7/128$  de pulgada.



## INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Es evidente que a esta altura de la explicación, la situación se está complicando, por lo tanto vemos la conveniencia de recordar en forma simple cómo se realiza una división con quebrados, en nuestro caso teníamos que dividir  $7/16$  por 8. Veamos cómo se procede:

$$\frac{7}{16} \times \frac{1}{8} = \frac{7}{128}$$

Es decir, se multiplica el dividendo por el divisor invertido.

De acuerdo a explicaciones anteriores cada una de las divisiones del nonio tiene una longitud ligeramente inferior a la longitud de las divisiones de la regla, para establecer cuál es la diferencia entre ambas debemos restarlas lo que hace necesario igualar los denominadores, o sea, buscar un denominador común, ya que de lo contrario la resta no tiene sentido.

Insistimos en esto último, por ejemplo, no puede restarse  $1/2$  metro -  $1/3$  metro sin reducir todo a centímetros (u otra unidad).

En concreto, debemos restar  $1/16 - 7/128$ , lo que hace necesario «convertir» la fracción  $1/16$  en otra fracción que permita la resta, para ello multiplicamos numerador y denominador por «ocho».

$$\frac{1}{16} \times \frac{8}{8} = \frac{8}{128}$$

«convertida» ya la fracción  $1/16$  en  $8/128$ , lo que es lo mismo porque se multiplicó numerador y denominador por el mismo número, estamos en condiciones de hacer la resta con lo que intentamos saber la diferencia de longitud entre una división de la regla con respecto a una división del nonio.

Longitud de una división de la regla - Longitud de una división del nonio =

$$\frac{8}{128} \times \frac{7}{128} = \frac{1}{128}$$

¡Por fin llegamos a la operación final! El resultado equivale a decir que la menor medida que registra este instrumento representa  $1/128$  de pulgada. Vemos que el sistema inglés de medición aplicado al calibre pie de rey es evidentemente más complejo que en caso de usarse el sistema métrico decimal, pero consideramos importante que el lector sepa realizar mediciones con la menor dificultad posible, por ese motivo, utilizaremos la figura 16 para explicar cómo se mide en este caso.

Se trata de medir la longitud de una pieza, tal como lo muestra la figura, la fracción  $3/16$  es la inmediata anterior al cero del nonio, por lo tanto contamos ya con la fracción principal.

A continuación, buscamos dos marcas coincidentes (para mayor claridad están encerradas en un círculo); vemos que esto ocurre con la marca 3 del nonio significando que se deben agregar  $3/128$  de pulgada a la fracción considerada anteriormente.



## INSTALACIONES ELÉCTRICAS

En resumen, se debe sumar la fracción inmediata anterior al cero del nonio más la que resulte de la coincidencia de marcas, estas dos situaciones están indicadas mediante círculos en la figura 16.

Veamos cómo efectuar la suma:

Multiplicamos por ocho el numerador y denominador de la primera fracción para equipararla con la otra,

$$\frac{3}{16} \times \frac{8}{8} = \frac{24}{128}$$

luego procederemos a sumar las dos fracciones

$$\frac{24}{16} + \frac{3}{128} = \frac{27}{128} \text{ de pulgada}$$

o lo que es lo mismo 27"/128.

**Compás de corredera o calibre con precisión de milésima de pulgada.**

En este caso, cada pulgada está dividida en diez partes iguales y cada una de éstas contiene cuatro divisiones, la distancia comprendida entre dos marcas consecutivas es de 1/40.

El nonio tiene 25 divisiones iguales que corresponden a 24 de la regla fija, esto significa una aproximación de una milésima de pulgada ya que la fracción 1/40 es dividida en 25 partes iguales, en la figura 17 se muestran las características mencionadas.

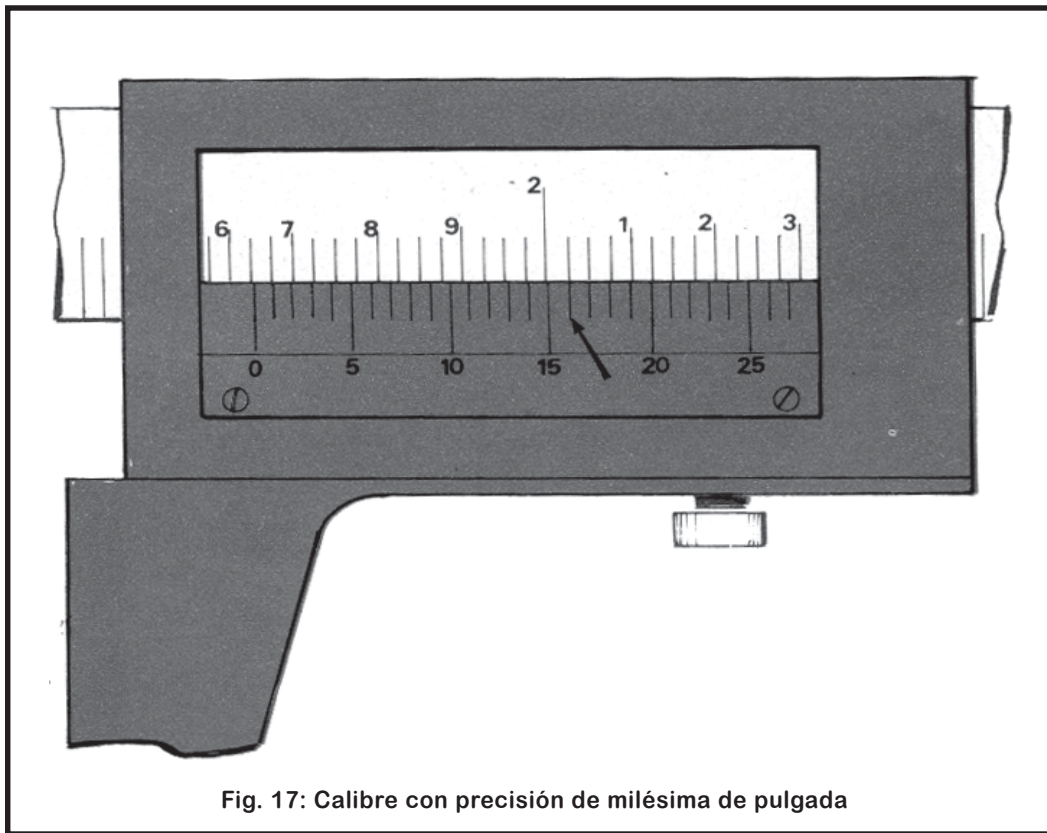


Fig. 17: Calibre con precisión de milésima de pulgada



# EJERCICIOS DE AUTOEVALUACION INSTALACIONES ELECTRICAS

## ESTIMADO ALUMNO:

Este cuestionario tiene por objeto que Ud. mismo compruebe la evolución de su aprendizaje. Lea atentamente cada pregunta y en hoja aparte escriba la respuesta que estime correcta. Una vez que ha respondido todo el cuestionario compare sus respuestas con las que están en la hoja siguiente.

Si notara importantes diferencias le sugerimos vuelva a estudiar la lección.

Conserve en su carpeta todas las hojas, para que pueda consultarlas en el futuro.

- 1) ¿A qué llamamos cuerpos aislantes?
- 2) ¿Qué entiende por rigidez dieléctrica?
- 3) ¿A qué llamamos materiales conductores?
- 4) ¿Cuál es el metal más utilizado en la fabricación de conductores eléctricos?
- 5) ¿Por qué el cobre es muy poco utilizado en líneas aéreas?
- 6) ¿En qué se diferencia el alambre del cable?
- 7) ¿Qué tipos de multímetros o testers conoce?
- 8) ¿Cómo se ajusta el cero de la escala del óhmetro en un multímetro analógico?
- 9) Con el tester en función óhmetro, ¿qué más se puede hacer además de medir resistencia?
- 10) ¿Qué precauciones deben tomarse al efectuar una medición utilizando el tester como óhmetro?

# EJERCICIOS DE AUTOEVALUACION INSTALACIONES ELECTRICAS

## RESPUESTAS

- 1) Son aquellos cuerpos o materiales cuya conductividad es tan baja que la corriente que puede atravesarlos puede considerarse despreciable.
- 2) La rigidez dieléctrica de un aislante es la oposición que presenta a ser perforado por una corriente eléctrica cuando se lo coloca entre dos conductores que presentan una diferencia de potencial.
- 3) Son aquellos que ofrecen una gran facilidad al pasaje de la corriente eléctrica.
- 4) El cobre
- 5) Por su poca resistencia a la tracción.
- 6) El alambre está constituido por un solo hilo conductor mientras que al cable los constituyen varios hilos conductores.
- 7) Analógicos y digitales.
- 8) Se juntan las puntas de prueba para que hagan contacto entre sí. Se observa si la aguja llegó al punto cero. Si no llegó o se pasó del mismo, siempre juntando las puntas de prueba, se regula la perilla de ajuste a cero del óhmetro.
- 9) Probar continuidad. Es decir, comprobar que un elemento (bobina, conductor, etc) no esté interrumpido o cortado.
- 10) El elemento a medir debe estar desconectado de la tensión. Al emplear rangos de medida elevados (x1K, x10K) no deben tocarse las puntas de prueba con las manos para no incluir la resistencia de nuestro cuerpo en la medición efectuada.  
Si el elemento a medir forma parte de un circuito junto a otros elementos, debe desconectarse al menos uno de sus terminales para independizarlo del resto del circuito.