

E12029(2)_ES

Historia de los instrumentos de medición de exactitud El origen y la evolución de los calibradores



Mitutoyo

Contenido

1. Acerca de Nogisu	1
2. Acerca de los calibradores	2
3. Origen del Nombre de Graduaciones Nogisu y Vernier.....	4
4. Calibrador deslizante más antiguo: Nogisu	8
5. Calibrador deslizante tipo funda hasta mediados del siglo XIX	9
6. El calibrador Vernier más antiguo del mundo (Nogisu) en existencia	11
7. Teoría de que el calibrador Vernier (Nogisu) nació en los EE. UU.....	12
8. Calibradores de Alrededor de 1945 (el final de la Segunda Guerra Mundial) en Occidente	13
8.1. Escala deslizante sin graduaciones Vernier: calibradores simplificados	14
8.2. Calibradores deslizantes con escala diagonal.....	18
8.3. Calibrador deslizante con escala Vernier: Calibrador Vernier	19
9. Medidores de profundidad y altura.....	26
10. El comienzo del calibrador deslizante en Japón.....	28
11. Puesta en marcha de la producción industrial y proliferación de calibradores Vernier en Japón	36
12. Tendencias en los calibradores Vernier después del final de la Segunda Guerra Mundial y el establecimiento de JIS.....	39
13. Desarrollo de medidores de altura en Japón	45
14. Desarrollo y avance de calibradores digitales.....	47
15. Resumen / Agradecimientos	53
Referencias.....	55

Nota *1: Este folleto compila agregando parcialmente al documento de Origen y transición de los calibradores en el curso fundamental de ingeniería de exactitud "Historia de la medición de exactitud" 3ra conferencia (versión del sitio web publicada el 26 de diciembre de 2012).

Nota *2: Los términos utilizados en este documento original se ajustan a la jerga académica o terminología JIS.

1. Acerca de Nogisu

Nogisu es el término comúnmente utilizado en Japón para "una herramienta de medición dimensional portátil que utiliza una disposición de calibrador deslizante".

La herramienta consta de una barra recta con una escala grabada y un par de puntas (calibradores) que pueden determinar el tamaño de un objeto deslizando la punta móvil a lo largo de la barra para atrapar el objeto contra la punta fija y luego leyendo la escala. Para proporcionar una resolución más fina, existe una escala auxiliar, conocida como escala vernier, que se utiliza para interpolar entre las graduaciones más gruesas en la escala de la barra. Cualquier fábrica de ingeniería digna de ese nombre usa un nogisu, incluso una fábrica de un empleado y un torno. Además, muchas personas que realizan trabajos de mantenimiento en su automóvil tienen uno.

La tecnología de escala se originó en Occidente en el antiguo Egipto alrededor del año 5000 a.C. y más tarde en China alrededor del 1500 a.C. Sin embargo, la historia de los dispositivos de medición industriales no está clara, especialmente en lo que respecta al calibrador tipo vernier. Se presume que el pie de rey de punta deslizante deriva de la evolución de las escalas antiguas combinadas con la conveniencia de usar proyecciones (puntas) para tocar, y así definir, la parte exacta de un objeto que se va a medir. Los detalles se cubrirán en una sección adicional, pero, en el uso japonés, un calibrador solía clasificarse como un dispositivo de escala hasta 1945, después de lo cual se convirtió en una herramienta de medición separada.



2. Acerca del Calibrador

En primer lugar, es necesario definir qué entendemos por calibrador. Esto se debe a que el autor se encontró con un borrador de especificación de ISO/DIS (Organización Internacional de Normalización/Borrador de Norma Internacional) 13385-2.2. El título de este borrador es Especificación geométrica del producto (GPS) - Equipo de medición dimensional - Parte 2: Calibrador medidor de profundidad.

- Diseño y requisitos metroológicos.

Este borrador fue vergonzosamente aprobado en 2011.

El problema es que utiliza el término calibrador medidor de profundidad. Sin embargo, esta especificación claramente se refiere únicamente a los medidores de profundidad, por lo que la palabra calibrador es errónea en este contexto. Se cree que los especialistas que estuvieron a cargo de compilar el ISO/TC213 no se dieron cuenta de la importancia del término calibrador, por lo que se decidió abordar este punto en este documento.

Además, para respaldar este hecho, el proceso de revisión de la especificación ISO 3611:1978 para el micrómetro se llevó a cabo casi al mismo tiempo y el título se revisó de calibradores micrométricos para medición externa a micrómetros para medición externa (2). La eliminación del término calibradores demuestra el punto anterior. Un calibrador es un dispositivo de medición que mide el diámetro o el grosor de un objeto sujetándolo entre dos puntas paralelas o puntas de contacto).

Por lo tanto, no existe un calibrador medidor de profundidad.

Se cree que la razón por la cual se usó el término calibrador es porque un medidor de profundidad también tiene un deslizador, pero lleva una base de referencia en lugar de una punta. Hace aproximadamente 10 años, se presentó en Dinamarca un plan de especificación para un calibrador medidor de altura. En ese momento, este escritor asistió a la reunión como miembro del comité y dio razones para solicitar una revisión de este plan, que rápidamente obtuvo la aprobación de muchos de los presentes en el comité. Otra razón por la que este plan se presentó incorrectamente fue que el miembro del comité del BSI (British Standard Institute) no había asistido a esa reunión durante varios años. El calibrador medidor de profundidad mencionado anteriormente se estableció como una especificación ISO; sin embargo, con una opinión presentada por el escritor en diciembre de 2012, se informó que esta especificación se revisará dentro de cinco años. Hay muchos tipos de herramientas de medición que utilizan un par de puntas, es decir, calibradores, que han evolucionado con el tiempo. Los principales tipos que se encuentran hoy en día se muestran en la Figura 1, enumerados bajo sus nombres en inglés. Los calibradores de la Figura 1(a) y 1(b) son calibradores para exteriores e interiores. Estos calibradores se utilizaron principalmente en Japón hasta principios de la era Showa e incluso durante la Segunda Guerra Mundial en algunas industrias.

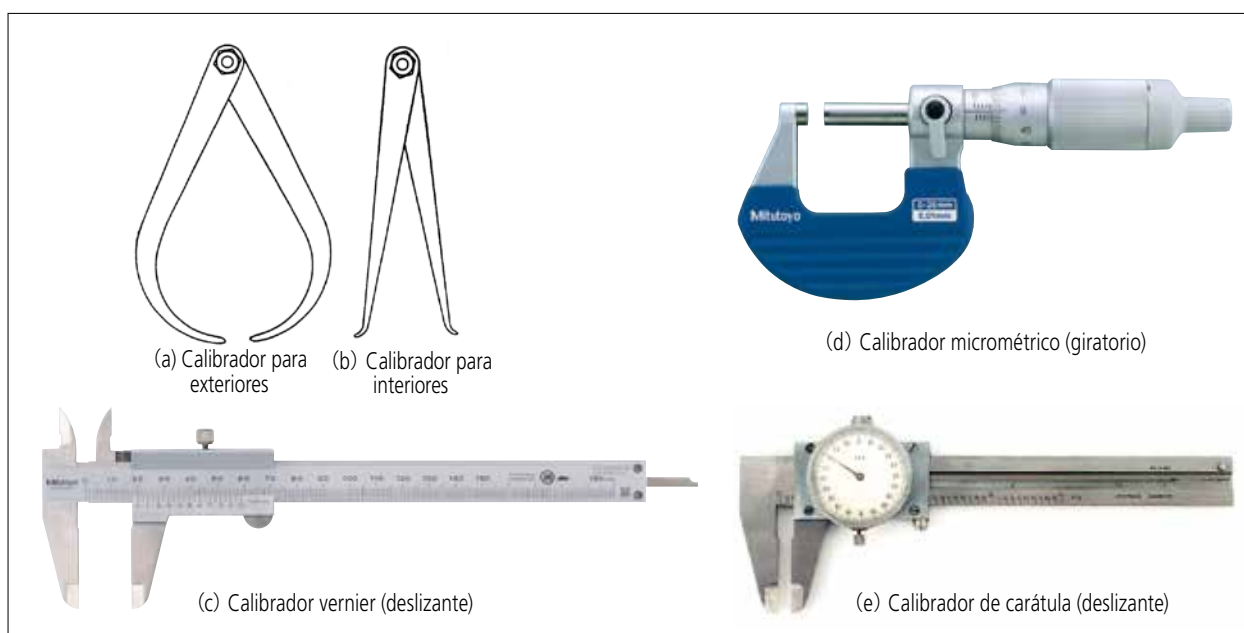


Figura 1 Varios tipos de calibradores *3

Nota *3: Calliper es la ortografía del inglés británico y Caliper es la ortografía estadounidense. Las normas ISO utilizan ortografía británica. Los términos entre paréntesis indican el método de contacto de la punta móvil. El calibrador Vernier no proporciona aumento, mientras que los calibradores micrométricos y de carátula brindan una mayor resolución de medición a través del aumento mecánico.

No pueden realizar mediciones directas por sí mismos, sino que confían en un instrumento de medición auxiliar (como una regla de acero) para determinar la distancia entre las puntas después de que el calibrador se haya ajustado y mantenido por fricción en las puntas, a la dimensión deseada sujetando ligeramente el las superficies correspondientes de la pieza simultáneamente con las puntas. De hecho, a menudo se usaban juntos en un modo comparativo para ayudar a mecanizar componentes coincidentes con el grado de ajuste requerido, generalmente un rodamiento y un eje, lo que hacía innecesaria la medición real.

Estos calibradores requieren una habilidad considerable, ya que el uso exitoso depende en gran medida de la consistencia de la sensación del usuario. Después de este tiempo, los calibradores vernier (deslizantes), como se muestra en la Figura 1(c), comenzaron a usarse en lugar de los calibradores para exteriores/interiores. Este calibrador más avanzado permitió medir directamente la dimensión de una pieza de trabajo con eficiencia y buena exactitud. En los últimos tiempos, los calibradores vernier se han vuelto ampliamente disponibles y los calibradores para exteriores/interiores ahora están prácticamente obsoletos, aunque el principio todavía se usa. Debido al uso generalizado de calibradores vernier, una herramienta de medición con la sección deslizante que lleva una escala vernier se ha convertido en sinónimo del término calibrador. Este malentendido de la definición original de una herramienta

que agarra un objeto entre dos mordazas, o puntas, resultó en la denominación incorrecta de las Normas ISO antes mencionadas. Un tipo de calibrador que utiliza la ampliación mecánica del plano inclinado (una rosca de tornillo) para brindar una resolución mejorada, hasta el nivel de micrómetros, es el micrómetro que se muestra en la Figura 1(d). Sin embargo, un micrómetro no se considera un calibrador en el mismo sentido que los tipos 1(a), 1(b) y 1(c), aunque su nombre formal es calibrador micrométrico, que comúnmente se abrevia como micrómetro.

En la Figura 1(e) se muestra un tipo de calibrador deslizante que utiliza un sistema de engranajes para aumentar la resolución y se conoce como calibrador de carátula. Los calibradores no deslizantes, como el medidor de espesor con carátula, que se muestra en la Figura 1(f), y los calibradores de carátula para interiores y exteriores que se muestran en las Figuras 1(g) y 1(h), también están disponibles y también pertenecen al grupo de calibradores con carátula. Recientemente, los calibradores digitales y los medidores de espesor digitales que se muestran en las Figuras 1 (i) y 1 (j) se han vuelto ampliamente utilizados en lugar del medidor de espesor con carátula y estos también pertenecen al grupo de calibradores. Ha llegado el momento de reconocer el papel importante que han desempeñado los diversos tipos de calibradores descritos anteriormente en la historia de la ingeniería mecánica y de producción.

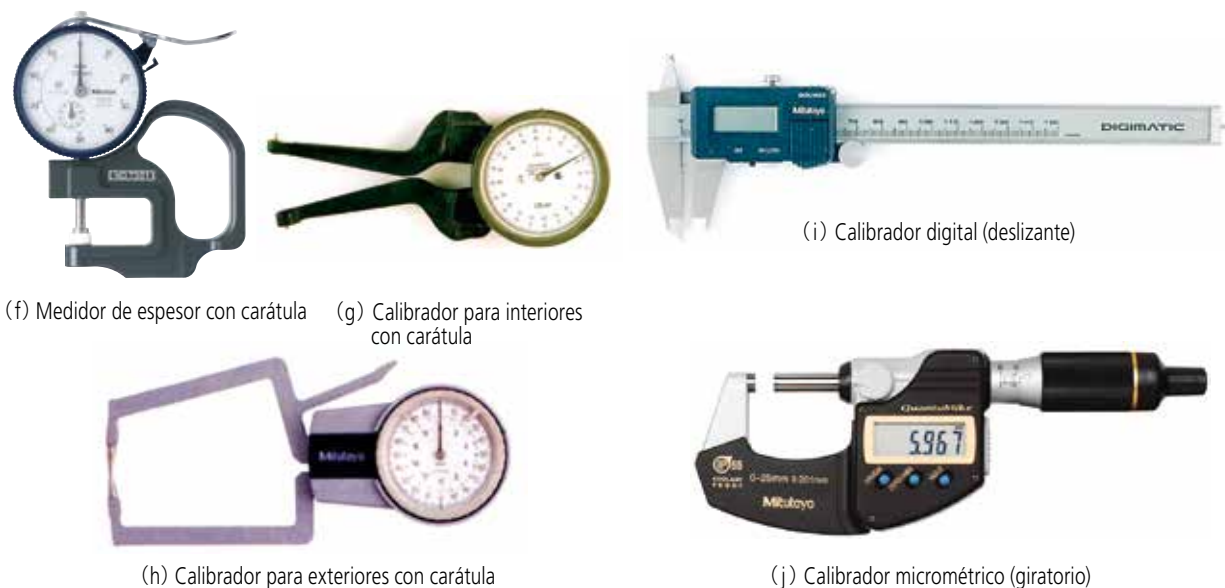


Figura 1 Varios tipos de calibradores *3

3. Origen del Nombre de las Graduaciones Nogisu y Vernier

La palabra nogisu de alguna manera suena no japonesa. Sin embargo, en realidad es una palabra japonesa y no se entendería en otros países. En inglés el término es calibrador vernier, en francés pied a coulisse y en alemán Schiebehre o Messschieber. En español el término es calibrador pie de rey. Se cree que la palabra japonesa nogisu es una corrupción de Nonius (es decir, una escala auxiliar que divide una escala principal en incrementos más pequeños) del idioma alemán. Se cree que esto es probable porque hay muchas palabras en japonés que se derivan del alemán. Alternativamente, podría ser una corrupción de una palabra holandesa. Sin embargo, en términos de uso mecánico, en japonés hay más palabras derivadas del inglés que de otros idiomas. Como se mencionará más adelante, la tecnología de mecanizado se introdujo en Japón en dos lugares; la acería de Nagasaki y la acería de Yokosuka, que fueron construidas por el gobierno de Edo como astilleros modernos. Un ingeniero holandés vino a Nagasaki y un ingeniero francés a Yokosuka. Por esta razón, una gran cantidad de términos fueron corrompidos del holandés y el francés al japonés durante los períodos Meiji, Taisho y Showa (antes de la Segunda Guerra Mundial). A continuación se dan algunos ejemplos. La palabra japonesa Touskan significa medidor de superficie en inglés y Parallelreisser en alemán, los cuales tienen una pronunciación completamente diferente a la palabra japonesa. Sin embargo, en francés la palabra es Trousequin, que tiene un gran parecido con Touskan, por lo que bien puede ser que Touskan sea una corrupción de la palabra francesa. Antes de la Segunda Guerra Mundial, un torno se llamaba Daraiban y una cepilladora Shikaruban. Del mismo modo, ambas palabras son corrupciones de las palabras holandesas Draaibank y Schafbank. Swarf se llama Daraiko y una máquina herramienta es Banko, de las que también se derivan palabras compuestas. Nonius es un término holandés para la escala vernier y nogisu en holandés es Schuifmaten. La palabra alemana para nogisu se ha mencionado antes, pero la palabra Schieblehre es un compuesto de la palabra Schieb que significa deslizamiento y Lehre que significa calibre o escala. Además, la palabra Messschieber es un compuesto de la palabra Mess, que significa medir, y Schieber, que significa deslizar, por lo que se traduce como un dispositivo de

medición deslizante. A este respecto, la palabra francesa Pied, que significa escala, y Coulisse, que significa deslizamiento, se traducen por tanto como escala móvil.

En consecuencia, el origen de la palabra nogisu tendría que ser de Nonius ya sea del alemán o del holandés.

En la acería de Nagasaki, si se usaba nogisu en ese entonces, es concebible que estuvieran escuchando la palabra Nonius que se convirtió en Nonisu, que finalmente se corrompió en nogisu.

La palabra nonius deriva de un portugués llamado Pedro Nunes que escribió bajo el nombre latino de Petrus Nonius Salaciensis (1502-1578; Salaciensis simplemente indica que vino de Salacia).

En 1542, Nunes inventó la escala que se muestra en la Figura 2. Esta invención mejoró la exactitud del astrolabio, que era un elaborado inclinómetro (un instrumento de medición de ángulos) utilizado por astrónomos, astrólogos y navegantes para ubicar y predecir las posiciones de los cuerpos celestes, entre otras cosas. Su escala comprendía arcos cuadrantes concéntricos igualmente divididos y cada arco tenía una división menos que el que estaba fuera. El primero tenía 90 divisiones, el siguiente 89, el siguiente 88, luego 87, y así sucesivamente.

Cuando se medía un ángulo, se anotaba el círculo y la división sobre la que caía el brazo índice. Luego, una tabla de consulta proporcionó el ángulo correspondiente.

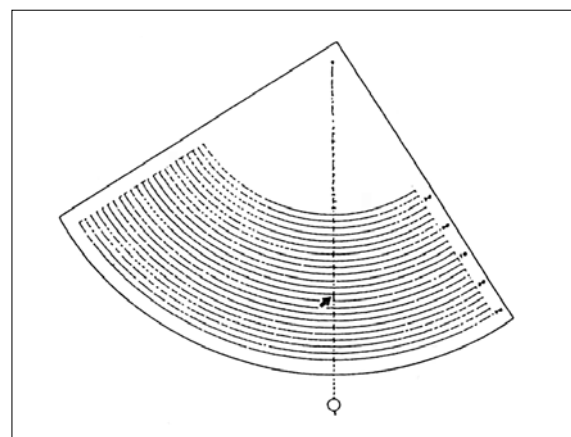


Figura 2 Escala Nunez

En Alemania, el término Nonius se convirtió en sinónimo de vernier a pesar de que fue el francés Pierre Vernier quien inventó la escala que lleva su nombre. Todos los diccionarios alemanes dan Nonius como la definición de una escala vernier, presumiblemente porque el método de división de cuadrantes de Nunes se consideraba similar en principio al esquema de Vernier y porque, por razones históricas, Alemania no quería usar un nombre francés.

Se ha alegado ampliamente que el esquema de graduación vernier fue inventado por el francés Pierre Vernier (1580~1637).

Era famoso como matemático, pero fue empleado como funcionario del gobierno local. En su libro *New Quadrant Configuration, Application and Property* publicado en Bruselas en 1631, describió las graduaciones vernier, por lo que se le conoció como el inventor de la escala vernier. Esto se embelleció aún más en otros lugares, lo que resultó en una historia de que también inventó el calibrador vernier.³⁾⁴⁾ Sin embargo, el calibrador en sí con sus graduaciones vernier inventadas no se ha encontrado hasta el momento.

Queda alguna duda sobre si realmente hizo un pie de rey.

Dado que los franceses son fuertemente patriotas, su pie de rey sin duda se exhibiría en el Conservatorio Nacional de Artes y Oficios de París, que tiene una colección de instrumentos antiguos, si él hubiera hecho uno, pero ningún calibrador suyo se ha almacenado o exhibido allí. . Tampoco tengo idea de por qué los viejos calibradores Vernier de esos días no se almacenan ni muestran.

En Francia llaman a un micrómetro un Palmer, derivado del nombre de su inventor francés, J. L. Palmer. Aunque Vernier, quien supuestamente es el inventor del calibrador vernier, era francés, no se entiende por qué no llaman Vernier a un calibrador vernier, sino que usan el término *Pied à Coulisse*. Lo que inventó Vernier probablemente no fue un calibrador vernier, sino solo el esquema de graduación, sobre el cual escribió en su libro. Dado que los calibradores deslizantes ya estaban en uso, creo que simplemente hizo un calibrador deslizante incorporando su esquema de graduación vernier. A pesar de que los franceses son muy patriotas, no usaron el término calibrador vernier por alguna razón.

Los lugares donde se exhiben instrumentos industriales antiguos son el Museo de Ciencias en South Kensington en Londres, el Museo de Ciencia y Tecnología de Munich, Alemania, y el Conservatorio Nacional de Artes y Oficios en París mencionados anteriormente.

A pesar de las exhibiciones de micrómetros antiguos en todos estos

museos, me pregunto por qué no se exhiben calibradores Vernier antiguos. Algunas personas dicen que el lugar de nacimiento del pie de rey fue Estados Unidos y esto puede ser difícil de descartar, de acuerdo con la descripción en el Capítulo 7.

Hay varias formas de construir una escala vernier, y cinco de los ejemplos descritos en la Norma Industrial Japonesa (JIS) (Calibrador vernier) se muestran en la Figura 3(6). Todos utilizan el mismo principio con el objetivo de aumentar la resolución de una escala sin utilizar aumentos mecánicos, que consiste en que una división de la escala vernier es ligeramente más corta que una o más divisiones de la escala principal (limitada a dos en la práctica) y esta diferencia de longitud determina la resolución proporcionada. A medida que la escala vernier se mueve en relación con la escala principal, cada una de las graduaciones vernier se alinea sucesivamente con una de las graduaciones de la escala principal, y el número de graduaciones vernier alineadas por la resolución es igual al incremento de tamaño que se agregará a la graduación de la escala principal. Graduación indicada por la graduación cero (el origen) de la escala vernier.

Las graduaciones vernier están numeradas para indicar incrementos de 0.1 o 0.2 mm para facilitar la lectura del primer lugar decimal, de modo que solo se necesita contar una pequeña cantidad de subdivisiones para leer el segundo lugar decimal. No hay confusión al identificar el par de graduaciones alineadas porque, en general, solo hay una graduación vernier que se alinea con una graduación de la escala principal en cualquier momento, con la excepción de cuando la graduación cero está alineada, momento en el que la última graduación (marcada como como 10) también está alineado, pero se entiende que cuando esto ocurre, el incremento vernier de tamaño es cero.

Las escalas principales adoptan universalmente divisiones de 1 mm (para tipos métricos) y las escalas vernier tienen 19 mm (c) o 39 mm de largo (d), divididas equitativamente en 20 divisiones para dar una resolución de 0.05 mm, o una escala de 49 mm de largo es igualmente dividido en 50 divisiones para dar una resolución de 0.02 mm. En el pasado, algunas escalas vernier usaban esquemas (a) o (b) en los que las escalas de 19 mm y 39 mm de largo se dividían por igual en 10 divisiones para dar una resolución de 0.1 mm, pero estos esquemas rara vez se usan hoy en día debido a su resolución inferior. En teoría (ver más abajo), no existe un límite inferior para la resolución de una escala vernier, pero la agudeza visual de los

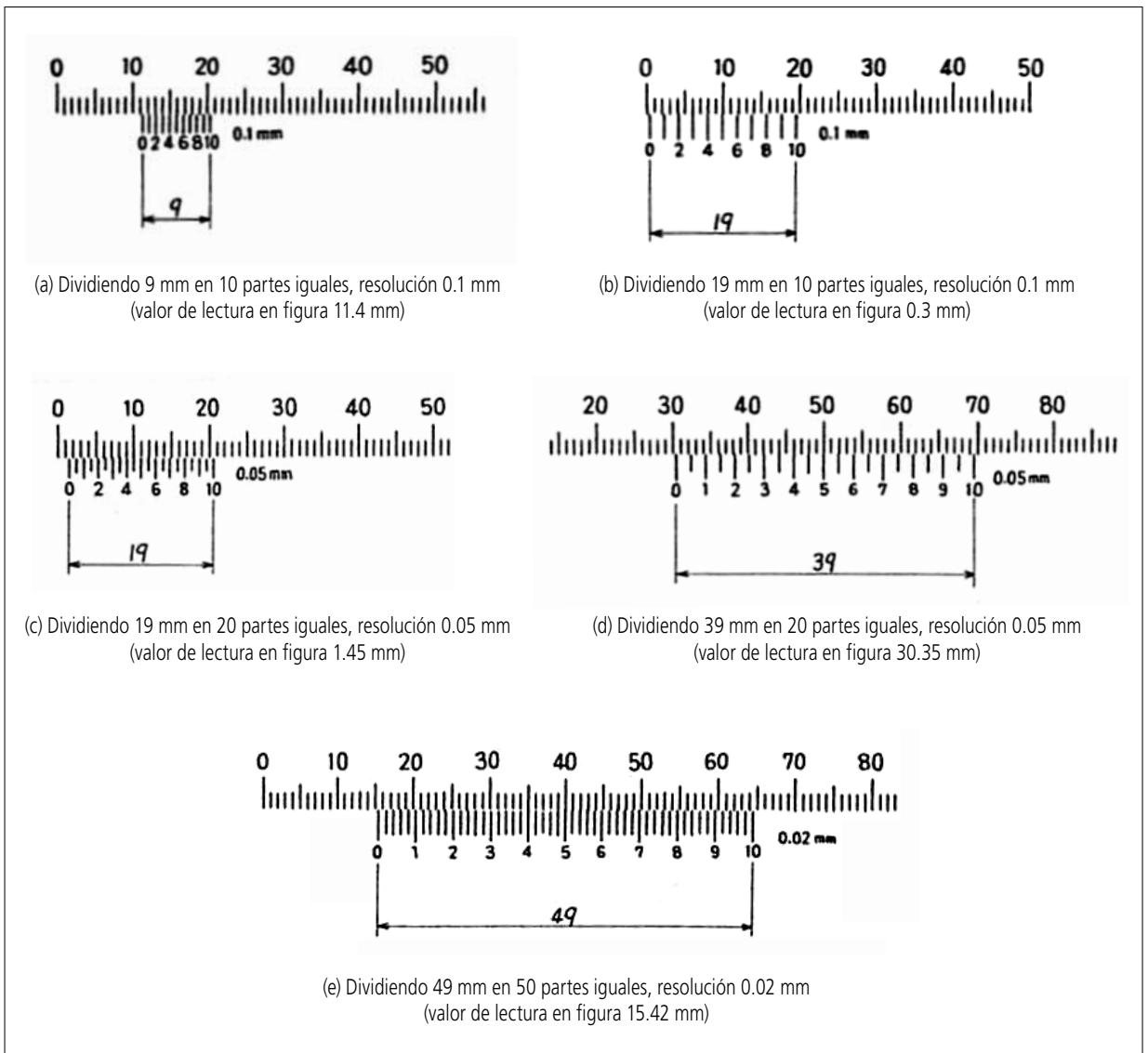


Figura 3 Ejemplos de graduaciones Vernier y sus lecturas

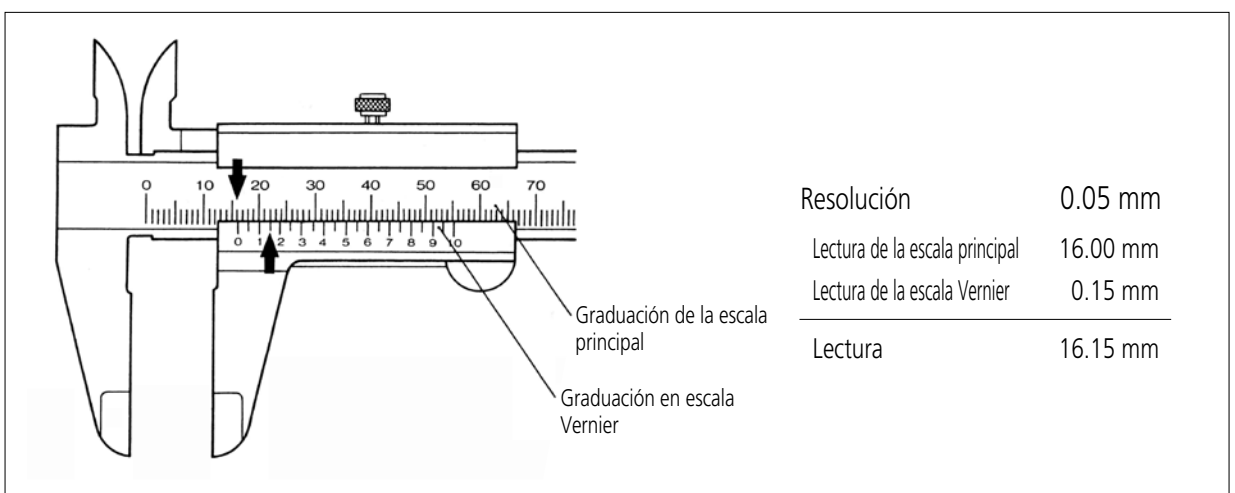


Figura 4 Lectura de mediciones para graduación de escala Vernier

humanos establece el límite en 0.02 mm, y esto a menudo solo es posible porque las graduaciones adyacentes casi alineadas a cada lado del par alineado pueden compararse para permitir una identificación correcta. A veces, también se necesita un aumento óptico de baja potencia, según la vista de la persona.

El principio de la escala vernier es simplemente como se indicó anteriormente, pero para completar el principio matemático se proporciona a continuación. Para una escala vernier con longitud de división V , número de divisiones vernier n , trabajando con una longitud de división de escala principal de S , estos parámetros se relacionan de la siguiente manera:

$$(\alpha n - 1)S = nV \quad \dots\dots\dots (1)$$

donde α es un valor entero (limitado a 1 o 2 en la práctica) cuyo único efecto es hacer que la escala vernier sea más fácil de leer al espaciar las graduaciones vernier si $\alpha > 1$. Hay una pequeña desventaja en establecer $\alpha > 1$ porque esto significa que se necesita una escala principal más larga para proporcionar una cierta lectura de intervalo completo debido a la escala vernier más larga.

La resolución C proporcionada por una escala vernier es la diferencia de longitud entre una división vernier y una o más divisiones principales, de modo que:

$$C = S\alpha - V \quad \dots\dots\dots (2)$$

La resolución C proporcionada por una escala vernier es la diferencia de longitud entre una división vernier y una o más divisiones principales, de modo que las expresiones (1) y (2) se pueden combinar para mostrar que:

$$C = S/n \quad \dots\dots\dots (3)$$

De modo que la resolución solo depende de la longitud de la división de la escala principal y del número de divisiones del vernier. En principio, se podría usar cualquier valor para n , pero solo tiene sentido usar un valor que dé un incremento sensible basado en 10, 20 o 50. Los valores para n son casi siempre 20 o 50 para proporcionar una resolución de 0.05 o 0.02 mm respectivamente, representando este último el límite de utilidad.

La numeración de la graduación vernier para un calibrador vernier normal corre en la misma dirección que la numeración de la escala principal porque las divisiones vernier son más

cortas que las divisiones de la escala principal. Esto se llama un vernier delantero. Sin embargo, es posible otro caso en el que las divisiones del vernier son más largas que las divisiones de la escala principal y el factor se convierte en $(\alpha n + 1)$ en la expresión (1). En este caso, las graduaciones vernier corren al revés, por lo que se denomina vernier inverso. Rara vez se usa un vernier inverso debido a la dirección de lectura inversa no intuitiva. Nogisu en japonés corresponde a Vernier Caliper en inglés, lo que significa un calibrador con escala vernier. Una lectura digital Nogisu, por supuesto sin graduaciones vernier, en algún momento puede denominarse simplemente Calibrador.

Es posible que la comunicación en japonés únicamente no provoque un malentendido de los términos. Hoy en día, cuando los intercambios de bienes con países extranjeros ocurren con frecuencia, el uso del término Calibrador puede no ser adecuado en algunos casos porque el término significa una categoría que incluye el calibrador vernier, micrómetro, etc., como se muestra en la Figura 1. Debe ser reconocido que el término Calibrador significa una herramienta de medición para determinar dimensiones de profundidad, diámetro, etc. apretando un objeto entre dos puntos. Debido al desarrollo de los últimos instrumentos de medición, el término Calibrador digital no solo se refiere a un calibrador digital sino también a un microscopio digital. Un calibrador deslizante con graduaciones a vernier se conoce como Nogisu en Japón, que debe considerarse como el término para un calibrador deslizante en sí mismo, independientemente de la pronunciación y la forma, incluso si se deriva de Nonius, que significa una escala vernier en alemán u holandés. Ahora bien, la pronunciación de esta palabra no tiene relación directa con ningún idioma extranjero. En consecuencia, podemos decir que el término Nogisu Digital es más apropiado que Calibrador Digital. En este documento, un pie de rey deslizante se denomina Nogisu independientemente de si tiene graduaciones vernier o no. Hoy en día, tanto el micrómetro como el Nogisu (calibrador deslizante) son herramientas de medición digitales que pueden leer en unidades de micrómetros. Por lo tanto, un calibrador deslizante digital y un micrómetro digital (que se muestra en la Figura 1) que pueden leer en unidades de micrómetros deben denominarse calibrador deslizante de micrómetro digital y calibrador giratorio de micrómetro digital, respectivamente.

4. Calibrador deslizante más antiguo: Nogisu

Se podría decir que la escala más antigua de este tipo es la que se usaba en la antigua era china Yin y estaba hecha de hueso, colmillo, cuerno y piedra de mamut. Era la Edad del Bronce, hacia el 1400 a. C., y no fue hasta alrededor del 500 a. C. que se introdujo el hierro en la construcción. Con el paso del tiempo, el hueso se convirtió en bronce y el bronce en bambú, madera, hierro y vidrio. Es posible medir un objeto circular usando una escala con líneas, pero es una operación difícil y propensa a errores.

Sin embargo, dicho objeto se puede medir fácilmente fijando las puntas a la escala con líneas y luego colocando el objeto entre las puntas. El tipo de escala Nogisu se puede ver en el museo del tesoro nacional chino en Beijing en la sección de la edad de bronce, y se muestra en la Figura 5. Tiene una escala principal de bronce con una punta adherida, una escala deslizante que lleva otra punta y se llama Tama Shyaku que Wang Mang, quien inició la dinastía Xin en el año 8 d. C., ordenó que se hiciera al año siguiente de establecer su dinastía. Está adornado con una hermosa forma de cola de pez en el lado derecho. Inmediatamente después de su entronización, Wang Mang ordenó las unidades de medida chinas cuando creó esta escala, que se usaba principalmente para medir mármol y joyería. Todo esto está registrado en escritos desde el final de la era Xin y fue seguido por sucesivas familias gobernantes en China.⁷⁾

Este es el calibrador deslizante más antiguo del mundo que existe, es decir, un Nogisu sin graduaciones vernier.

No me sorprendería si un calibrador deslizante como este se hubiera fabricado en el período de Han o Qin, incluso antes de la era de Wang Mou. Por el hecho de que el calibre maestro utilizado para el diseño de la escala patrón ya existía en el Período Han^{10)~12)}, se puede ver que la ciencia avanzó en esos días.¹³⁾

Durante 1500 años o más después de eso ha habido poca información sobre cualquier calibrador deslizante, Nogisu. Me imagino, sin embargo, que un Nogisu estructurado en una especie de escala móvil en forma de L como en la Figura 5 habría continuado durante bastantes años.

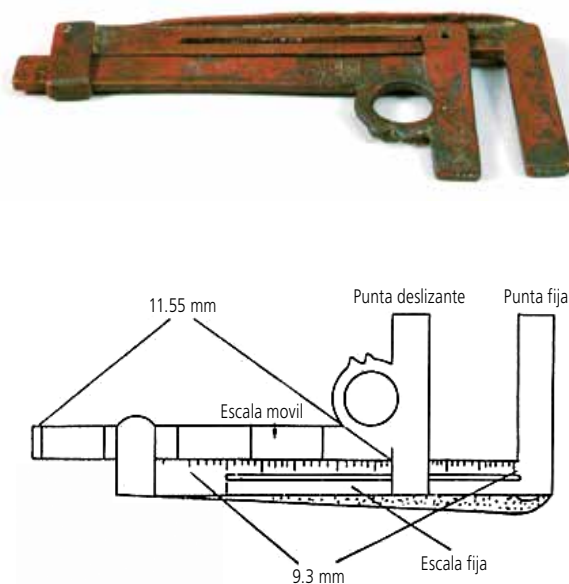


Figura 5 Calibrador deslizante de latón desarrollado por Wang Mou en Xin (China), año 9 d.C.

5. Calibrador deslizante tipo funda hasta mediados del siglo XIX

Al comienzo de la era de la Revolución Industrial en Gran Bretaña, se introdujo un calibrador deslizante en el que la escala principal graduada con una punta se deslizaba dentro de una funda que llevaba la otra punta. Se aprieta una pieza entre las puntas y se leyó el valor de medición desde el borde de la abertura de la funda. La figura 6 es un diagrama del principio de funcionamiento. De ahora en adelante, este calibrador se denominará Nogisu simplificado. En el Museo de Tecnología Industrial de París, se exhibe un Pieds a Coulissee de 1887 que tiene una escala de elementos deslizantes. Se muestra en la Figura 7, donde una punta es móvil y la escala principal que lleva la otra punta emerge de una funda. Se sujeta un objeto entre las puntas y se toma la lectura desde el borde de la funda. La funda también tiene grabada una escala y la lectura de esta se suma a la de la escala principal para obtener el valor de la medición, por lo que este instrumento puede medir hasta el doble de su longitud cerrada.

Este calibrador deslizante también se puede utilizar como medidor de altura colocando el calibrador en posición vertical con una de las puntas alineada con una superficie de referencia.

La figura 8 es un nogisu simplificado de una versión anterior de la figura 7. Se fabricó en Francia y actualmente se exhibe en el museo Mitutoyo de Tokio. Al igual que en la Figura 7, la escala principal emerge de una funda para medir y tiene una escala milimétrica en el frente y una escala en pouce (que era la unidad utilizada antes del metro en Francia) en la parte posterior. La escala principal de este nogisu simplificado tiene un ancho de 12 mm, un grosor de 2 mm y un intervalo de medición de 150 mm.

Las puntas son de sección triangular con superficies de medición de hierro de 5 x 50 mm. La funda es de latón con un ancho de 15 mm, un espesor de 5 mm y una longitud de 180 mm.

La escala principal incluye una escala pouce de 1/12 que tiene dos escalas: 1 línea y escala 1/24 (6 puntos). La funda tiene una escala graduada de 1 mm en el frente y una escala de 1 línea grabada en el reverso. Al igual que el tipo Figura 7, tiene un intervalo de 300 mm cuando la escala principal está completamente extendida y también puede medir la altura. Un pouce (pulgar) equivale a 27.07 mm, poco más de una pulgada. Después de 1840, Francia prohibió

el uso de otras unidades además del metro, por lo que se supone que este nogisu se fabricó en esa época.

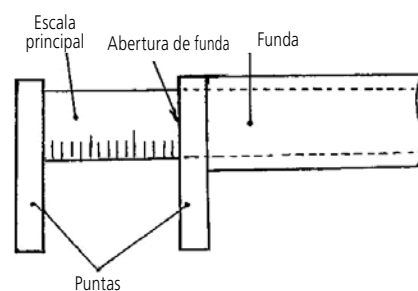


Figura 6 Diagrama conceptual del calibrador deslizante tipo funda, Nogisu simplificado



Figura 7 Calibrador deslizante tipo funda, Nogisu simplificado (Hecho en Francia), 1887



Figura 8 Calibrador deslizante tipo funda, Nogisu simplificado (en unidades de pulgada y pouce) (Hecho en Francia), alrededor de 1840



Figura 9 Calibrador deslizante tipo funda, Nogisu simplificado (en unidades de pulgada y mm) (Hecho en Francia), alrededor de 1870

También se había fabricado un Nogisu simplificado (del mismo tipo) con casi el mismo intervalo de graduaciones de unidades en pulgadas y mm grabadas en las caras delantera y trasera de la escala principal. La Figura 9 muestra el Nogisu simplificado con un intervalo de medición de 5 pulgadas y 120 mm, que se fabricó en Francia y se usó en los EE. UU. La escala principal que se insertará en la funda tiene graduaciones de 1 mm y graduaciones de 1/10, 1/12 y 1/16 pulg. Este Nogisu parece haber sido bien utilizado ya que las graduaciones en mm grabadas en la funda casi se han desgastado, dejando solo pequeñas hendiduras.

En aquellos días, había disponibles varias longitudes de puntas para un Nogisu simplificado. En cuanto a una herramienta de medición para medir una pieza de trabajo apretándola entre las puntas, Gascoigne en el Reino Unido fabricó el primer calibrador micrométrico operado por tornillo del mundo, como en la Figura 10, alrededor de 1639¹⁶⁾⁻¹⁹⁾.

El Nogisu simplificado que se muestra en las Figuras 7-9 no tiene ninguna graduación vernier. Son solo pinzas deslizantes como su nombre lo indica. Como se describió anteriormente, Vernier introdujo las graduaciones vernier en su libro en 1631, pero es posible que en realidad no haya hecho una escala vernier.

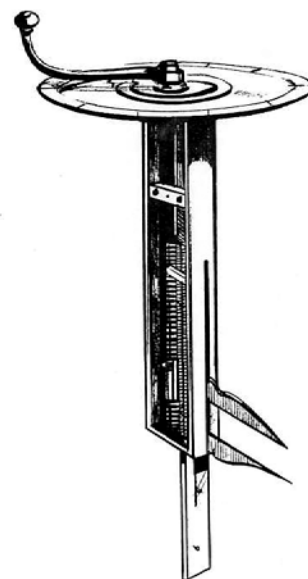


Figura 10 Calibrador micrométrico accionado por tornillo de Gascoign (Reino Unido), 1639

6.El calibrador Vernier más antiguo del mundo (Nogisu) en existencia

La figura 11 muestra un calibrador a vernier (Nogisu) que supuestamente se fabricó y usó en la Fábrica Real de Artillería del Ejército en Francia alrededor de 1840 (Tenpo 11) en el mismo año en que se fabricó el Nogisu simplificado de la Figura 8.

Este Nogisu se almacena en el Museo de Pesos y Medidas (curador: Kenzo Kobayashi) cerca de la estación Hobo en la línea Sangi, ubicada en Nakano-cho, ciudad de Yokkaichi, prefectura de Mie. Este Nogisu tiene una longitud total de 650 mm.

La escala principal tiene un ancho de 25.4 mm, un grosor de 7.13 mm y un intervalo de medición de 530 mm, y proporciona graduaciones en unidades de mm en la cara frontal y graduaciones en unidades de pulgar en la cara posterior.

La escala vernier frontal en la Figura 11 (a) permite leer hasta 0.1 mm dividiendo por igual nueve divisiones de 1 mm en diez.

La escala vernier trasera en la Figura 11 (b) permite leer hasta 1 punto dividiendo equitativamente 11 graduaciones de 1 ligne (que se produce dividiendo igualmente 1 pulgar en 12) en 12.

Francia había prohibido el uso de unidades como pulgar y en su lugar unidades métricas desde 1840 por una ley establecida el 4 de julio de 1837. Por lo tanto, se grabaron graduaciones milimétricas en la cara anterior en contraste con las graduaciones en pulgar existentes anteriormente en la cara posterior mientras que la unidad métrica se hizo más legible.

Por esta razón, se cree que este Nogisu se hizo entre el establecimiento de la ley en 1837 y su entrada en vigor en 1840. Para verificar la exactitud de medición de este Nogisu, el profesor Isao Ootsuna y otros en la Universidad de Tokio compararon su rendimiento con el del último Mitutoyo Nogisu en 2009²⁰.

Midieron las longitudes de 4 tipos de piezas en el intervalo de 79.00 a 400.00 mm²¹, con el resultado que se muestra en la Figura 12. El eje longitudinal de la figura expresa el valor dado al restar la medición del Mitutoyo Nogisu de la medición del Nogisu francés. Los resultados de las mediciones que utilizan la escala métrica se indican con puntos • y los que utilizan la escala pulgar se indican con puntos ×.

Su artículo tenía la intención de determinar los valores de potencia para las longitudes de las piezas de trabajo individuales y luego la media de los valores de potencia para cada medida de la pieza de trabajo. Sin embargo, esta cifra cambia los valores en pouce a los valores métricos equivalentes según la relación 1 pouce = 27.07 mm. Del resultado de que las mediciones obtenidas de esos dos Nogisus concuerdan, en promedio dentro de una diferencia de

0.05 %, se puede decir que este Nogisu francés es muy exacto. No entiendo por qué este Nogisu hecho en la Fábrica del Ejército Francés no se exhibe en el Conservatoire National des Arts et Metiers de París a pesar de que este Nogisu existe en Japón, pero como mi visita al museo fue hace algún tiempo, los artículos expuestos puede que se hayan actualizado mientras tanto.



(a) superficie graduada en unidades de mm



(b) Sección de escala Vernier con graduaciones en unidades pouce (pulgar)

Figura 11 Nogisu Fabricado y Usado en la Fábrica de Artillería del Ejército Real Francés (alrededor de 1840)

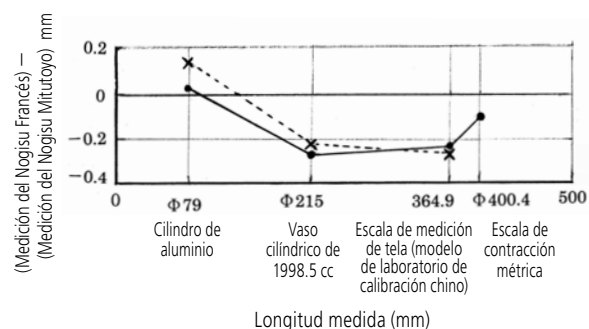


Figura 12 Exactitud de un Nogisu fabricado en Francia (• los puntos son lecturas de la escala métrica en la cara frontal y los puntos × son las de la escala pouce (pulgar). Las lecturas de la escala pouce (pulgar) se convirtieron a milímetros utilizando la relación 1 pouce (pulgar) = 27.07 mm.)

7. Teoría de que el calibrador Vernier (Nogisu) nació en los EE. UU.

Una autoridad en la historia de las máquinas-herramienta de EE. UU., J. W. Roe, que podría no haber sabido de la existencia del calibrador a vernier del ejército francés mencionado anteriormente, dijo en su libro "Fabricantes de máquinas herramienta ingleses/estadounidenses" que un calibrador a vernier fue fabricado por primera vez por Brown & Sharpe Mfg. Co. de EE. UU., describiendo también su origen de la siguiente manera. J. R. Brown, un destacado ingeniero mecánico y fundador de Brown & Sharpe Mfg. Co., inventó y fabricó una máquina graduada lineal automatizada (con dispositivo de corrección) para escalas en 1850. Usando esta máquina graduada, fabricó el primer pie de rey con una resolución de 1/1000 de pulgada (0.025 mm) en 1851 (Kaei 4). Estaba muy orgulloso de que todos los ingenieros mecánicos ahora pudieran obtener una herramienta de medición de exactitud capaz de leer en una unidad tan pequeña, gritando con deleite que realmente marcaba una época. En consecuencia, el catálogo de Brown & Sharpe Mfg. Co. declaró (por un tiempo) que Jos. R. Brown había inventado el calibrador a vernier.²²⁾

La apariencia del calibrador vernier fabricado por Brown es como se muestra en la Figura 13. La escala vernier graduada está conectada con el cursor que se mueve a lo largo de una ranura en cola de milano de manera similar a como lo hace la cuchilla en el calibrador deslizante tipo funda. Las graduaciones de la escala principal de 1/32 pulgadas están grabadas en la "funda" para dar un intervalo de 6 pulgadas. Aunque los detalles de la Figura 13 son inciertos, este calibrador habría tenido una resolución del orden de 1/1000 de pulgada si la escala vernier estuviera graduada con 32 divisiones de la misma longitud que las 31 de la escala principal ($1/32 \times 1/32 = 1/1024$ pulgada). Sin embargo, esta resolución se basa en la fracción dos, no en la fracción diez, por lo que no es práctica para la ingeniería de exactitud. A partir de entonces, los calibradores vernier de Brown & Sharpe Mfg. Co. utilizaron principalmente graduaciones vernier en las que 1 pulgada en la escala principal se dividía uniformemente en 40 y luego una escala vernier de 25 divisiones daba una resolución de 1/1000 de pulgada



Figura 13 Calibrador Vernier fabricado por Brown & Sharpe (EE. UU.) en 1851

más conveniente.²²⁾ En 1848, tres años antes de la aparición de este calibrador, se solicitó por primera vez en Francia una patente para un micrómetro. En ese momento, los micrómetros no eran productos valorados en Europa, por lo tanto, el pie de rey de Brown podría verse correctamente como una herramienta de medición que hizo época. Dado que la graduación exacta de una escala en un largo intervalo está lejos de ser una habilidad fácil, el desarrollo de una máquina de graduación lineal es una tecnología que debe valorarse mucho.

Sin embargo, estos excelentes calibradores vernier no eran populares entre los ingenieros al principio y solo se fabricaron cuatro piezas en el primer año. Parece que solo se volvieron vendibles tres años después de su introducción.

Es decir, se inventó la máquina graduada para hacer escalas exactas, se lanzó el nuevo pie de rey con esta máquina y luego se fue generalizando este tipo de pie de rey.

En años posteriores, parece haberse convertido en una herramienta aceptada, como lo muestra un anuncio de Brown & Sharpe en el primer número de la revista *American Machinist*, lanzado en noviembre de 1877, que se muestra en la Figura 14. El anuncio incluía el llamativo subtítulo "MAQUINARIA FINA, MÁQUINAS DE COSER", y enumera las diversas herramientas y calibradores que se ofrecen, entre los que se pueden ver claramente los calibradores Vernier. Si Brown & Sharpe Mfg. Co. hubiera comenzado por primera vez a fabricar calibradores con graduaciones vernier como se indicó anteriormente, una creencia similar de que el principio nació en Europa y que la fabricación y la proliferación se lograron en los EE. UU. podría haber aparecido de la misma manera que para los micrómetros. Tal teoría habría sido más creíble en aquellos tiempos en que la comunicación era relativamente mala y en circunstancias en las que no parecía haber aparecido en Europa un calibrador deslizante con graduaciones vernier.

Este informe del desarrollo del calibrador de EE. UU. fue generalizado y la gente parecía haberlo creído.⁸⁾ Sin embargo, como se mencionó anteriormente, el calibrador de fabricación francesa con graduaciones vernier en unidades métricas y pulgar (fabricado alrededor de 1840) se encuentra almacenado en el Museo de Pesos y Medidas.

Con todo, definitivamente se puede decir que los calibradores vernier se fabricaron en el país de Vernier, Francia, antes que la primera versión fabricada en EE. UU.

8. Calibradores antes de 1945 (final de la 2a Guerra Mundial) en Occidente

Dos tipos de calibradores tuvieron un uso generalizado desde alrededor de 1840 hasta alrededor de 1950, o hasta inmediatamente después de la Segunda Guerra Mundial, y se considera que cualquiera de los dos tipos se usó selectivamente según la aplicación. Uno es un calibrador simplificado clasificado como calibrador deslizante tipo funda, donde solo se leen las graduaciones de la escala principal inscritas en el brazo del calibrador, y el otro se clasifica como calibrador tipo original o calibrador deslizante con graduaciones vernier. Parece que cada tipo se usó para satisfacer las necesidades de la aplicación, pero el tipo vernier se volvió dominante durante un largo periodo. Como se describió anteriormente, en el Capítulo 5, el antiguo tipo de calibrador deslizante (o calibrador simplificado) se utilizó como una especie de regla desde hace mucho tiempo. El calibrador deslizante posterior con graduaciones vernier, o calibrador vernier, fue la herramienta de medición cuyo origen se cree que está en Francia (u otros países europeos) alrededor de 1840 o antes.



Figura 14 Anuncio de Brown & Sharpe Mfg. Co. en el primer número de American Machinist, Vol.1 No.1 (1877)

Debido a la ventaja de estos calibradores de usar puntas para sujetar una pieza y leer las dimensiones con mayor exactitud con sus graduaciones vernier, se han aplicado ampliamente en las industrias mecánicas.

Del examen de los calibradores expuestos en el Museo Mitutoyo se encuentra que el calibrador simplificado y el calibrador vernier, es decir un calibrador deslizante con graduaciones vernier, aparecen en paralelo hasta alrededor de 1950²³⁾.

A juzgar por esta exposición, se puede ver que los calibradores franceses provistos de graduaciones vernier han aparecido desde los primeros días, lo que demuestra el desarrollo de los calibradores como ya se describió en el Capítulo 6.

Ambos tipos de calibradores se describen en los catálogos²⁴⁾⁻²⁸⁾ (de 1924 a 1985 o posterior) de Brown & Sharpe Mfg. Co., que fabricó calibradores provistos de graduaciones vernier, alrededor de 1851, y en los catálogos²⁹⁾³⁰⁾ de L. S. Starrett Company de 1927 y 1930, ocupando un espacio publicitario considerable.

Además, incluso en los catálogos de L. S. Starrett de 1979³¹⁾ se describen los calibradores simplificados, que son del tipo de bolsillo deslizantes, con 3 páginas además para los calibradores con graduación vernier. Se puede decir que ambos se consideran utilizados de acuerdo con el propósito apropiado.

Además, se observa un tratamiento similar en el catálogo de la empresa Adolf Phifer³²⁾, un distribuidor de herramientas en Mannheim, Alemania, que se emitió antes (1905) y el catálogo de la edición de 1958 de Lufkin Rule Co. en los Estados Unidos y Canadá. después de la Segunda Guerra Mundial.

En el catálogo de Stanley Rule & Level Co. hay una descripción de las reglas³⁴⁾ que también proporcionaban la función de calibrador. Este documento describe estos instrumentos vistos en la literatura antes mencionada como ejemplos típicos.

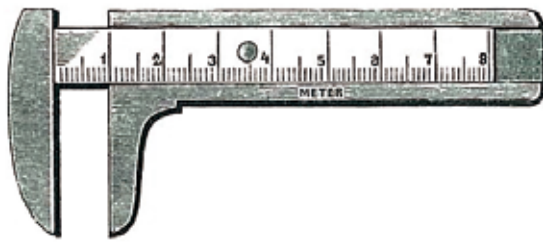


Figura 15 Simplificado de Adolf Phifer Trading Company (Alemania)
Calibradores (Valor Máximo Escala 80 mm) 1905

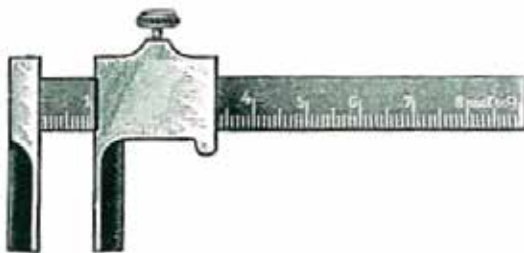


Figura 16 Calibradores simplificados de Adolf Phifer Trading Company
(Intervalo de medición 65 mm) 1905



Figura 17 Calibradores simplificados fabricados por Brown & Sharpe Mfg. Co.
(Estados Unidos)
(Valor máximo de escala 4 pulgadas, intervalo de escala 1/32 y 1/64 pulgadas)
1924

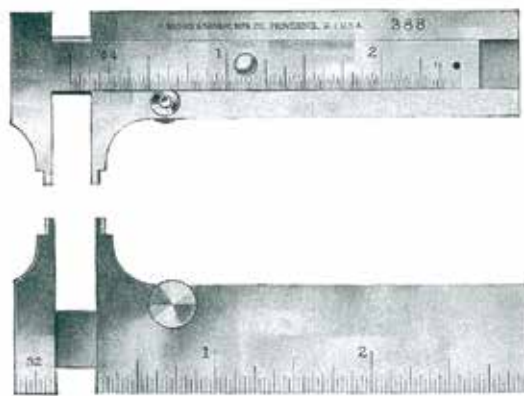


Figura 18 Calibradores simplificados fabricados por Brown & Sharpe Mfg. Co.
(Estados Unidos)
(Valor máximo de escala 3 pulgadas, intervalo de escala 1/32 pulgadas) 1924



Figura 19 Regla con deslizador de pulgar fabricada por L. S. Starrett Company
(Estados Unidos)
(Valor máximo de escala 6 pulgadas, intervalo de escala 1/8, 1/16 pulgadas) 1927

8.1. Control deslizante en escala sin graduaciones Vernier: calibradores simplificados

Los calibradores simplificados evolucionaron a partir de la forma de la Figura 6 quitando el frente de la funda con la escala corriendo en una ranura de cola de milano formada en la funda para que la superficie de la escala y la superficie de la funda estén casi al ras. Esto mejoró la exactitud al eliminar el error de paralaje al tomar una lectura. La figura 15 muestra esta forma de calibrador simplificado con graduaciones milimétricas utilizado en Alemania alrededor de 1905³²⁾. El valor máximo de la escala es de 80 mm, y la dimensión medida se lee desde donde la punta de la funda hace tope con la escala. En el mismo período, se utilizaron calibradores simplificados, como se muestra en la Figura 16, con un control deslizante en la escala en lugar de la escala encerrada en una funda. Este calibrador simplificado lee la medición en el borde de la cara final del deslizador y tiene un valor máximo de escala de 90 mm y un intervalo de medición de 65 mm.

También aparecieron calibradores simplificados de un tipo similar en los Estados Unidos. La figura 17 muestra un calibrador simplificado de Brown & Sharpe Mfg. Co. en el que se adjunta una perilla de desplazamiento para hacer que la escala principal (correspondiente a una espada en una funda) se desplace fácilmente²⁴⁾. Las mediciones se leen utilizando la parte proyectada de una muesca en forma de flecha que se encuentra en la funda como índice. Las graduaciones también se hacen en la funda a intervalos de 1/32, 1/64 de pulgada, lo que hace que este calibrador sea útil como regla de 4 pulgadas. El modelo de la Figura 17 se muestra en el catálogo de 1924 de Brown & Sharp. Dado que esta empresa fue fundada en 1833 para dedicarse a la fabricación de herramientas, es bastante natural que trataran con calibradores, como se mencionó anteriormente, en 1851. A partir de estos antecedentes, es razonable juzgar que este tipo de calibrador simplificado se había fabricado y comercializado al menos antes de 1851. Los calibradores, como se muestra en la Figura 17, en los que se ven las graduaciones de la escala principal, también fueron fabricados y comercializados por L. S. Starrett Company en el mismo período^{29) 30)}, una empresa fundada en 1880. Starrett fabricaba micrómetros de manera competitiva con Brown & Sharpe y ambas empresas se dedicaron a la fabricación y venta de reglas de acero, calibradores simplificados y calibradores Vernier. Como resultado, ambas empresas habían distribuido no solo micrómetros sino también calibradores a fines del siglo XIX. La figura 18, al igual que la figura 13, muestra la configuración

de los calibradores Brown & Sharpe en los que se expone la escala principal en toda su longitud^{24) 25)}. La escala principal (en la barra) está graduada en intervalos de 1/64 de pulgada y puede medir hasta 2½ pulgadas. La Figura 18 también muestra que el reverso está diseñado para servir como regla, graduado a intervalos de 1/32 de pulgada desde el extremo de la punta y hasta 3 pulgadas cuando la punta está cerrada. Starrett comercializó una regla con un índice deslizante que podía operarse fácilmente con un dedo, como se muestra en la Figura 19. Este tipo parece haber sido utilizado de la misma manera que los que se muestran arriba, pero podría haber sido diseñado para diferentes aplicaciones. Hay dos escalas en esta regla, el borde inferior está graduado en intervalos de 1/8 de pulgada y el superior en intervalos de 1/16 de pulgada. El control deslizante se guía a lo largo de una ranura estrecha que corre por el centro de la regla. En contraste con este tipo, una regla con un gancho ajustable unido a cada extremo (graduaciones de 1/64 de pulgada en el borde superior, 1/32 de pulgada en el borde inferior) como se muestra en la Figura 20, y una regla con un gancho fijo en un extremo (graduaciones de 1/8 de pulgada en el borde inferior, 1/16 de pulgada en el borde superior) como se muestra en la Figura 21, también se fabricaron. Si combinamos estos dos tipos (es decir, los que se muestran en las Figuras 19 y 20) obtenemos un tipo de pinza deslizante. También se fabricó un tipo de calibrador que puede llamarse ejemplo de esto, como se muestra en la Figura 22. Dado que los instrumentos de medición que se muestran en las Figuras 17 a 22 están incluidos en los catálogos de Brown & Sharpe y Starrett, es evidente que fueron fabricados y comercializados²⁴⁻²⁶⁾^{29) 30)}. La Figura 23 muestra un calibrador simplificado fabricado por Brown & Sharpe en 1910. Tiene graduaciones de escala de 1/32 de pulgada y es capaz de medir hasta 3 pulgadas. La punta del control deslizante tiene líneas de índice grabadas para leer directamente las medidas externas e internas. La punta del deslizador es ajustable y el deslizador está provisto de un dispositivo de desplazamiento por tornillo para un ajuste fino. Este calibrador se encuentra en exhibición en el Museo Mitutoyo. Calibradores simplificados del mismo tipo se encuentran en un catálogo publicado en 1924, donde se muestra que a los mismos modelos de 4 pulgadas se añadieron modelos de intervalo de medición de 6 y 9 pulgadas con graduaciones finas de 1/64 de pulgada en la parte frontal y 1/100 de pulgada en el reverso. Para ralentizar el efecto del desgaste que se produce durante el uso repetido, las puntas están endurecidas y el mecanismo de avance fino tiene una construcción bastante robusta.



Figura 20 Regla con Gancho Ajustable de L.S. Starret Co. (Estados Unidos)
(Valor máximo de escala: 6 a 48 pulgadas, graduación: 1/32, 1/64 pulgadas) 1927



Figura 21 Regla con gancho de Brown & Sharpe Mfg. Co. (Estados Unidos)
(Escala máxima: 4 a 36 pulgadas, Graduación: 1/8, 1/16 pulgadas) 1924

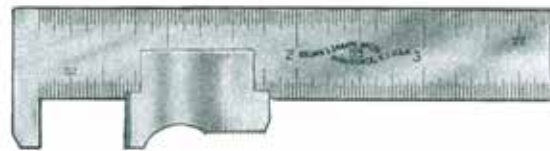


Figura 22 Calibrador deslizante de Brown & Sharpe Mfg. Co. (Estados Unidos)
(Escala máxima: 4 pulg., Graduación: 1/32 pulg.) 1924



Figura 23 Calibrador simplificado de Brown & Sharpe Mfg. Co. (Estados Unidos)
(Rango de medición: 3 pulgadas, graduación: 1/32 pulgadas) 1910, mismo tipo en 1924

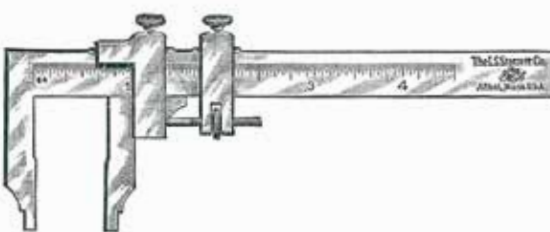


Figura 24 Calibre simplificado de L.S. Starret Co. (Estados Unidos)
(Rango de medición: 3, 4, 6 pulg., Graduación: 1/64 pulg. en el frente, 1/100 al dorso) 1927

Starrett también fabricó el mismo tipo de calibrador simplificado, como se muestra en la Figura 24. Este calibrador también tiene líneas de índice, en la parte superior del control deslizante, para leer directamente las mediciones externas e internas.

Este calibrador se fabricó alrededor de 1927.

Sus graduaciones son de 1/64 de pulgada en el frente y de 1/100 de pulgada en el reverso. El calibrador venía en tres intervalos de medición: 3, 4 y 6 pulgadas. La figura 25 muestra un calibrador simplificado fabricado por Starrett en 1890. Un modelo tiene un intervalo de medición de 3 pulgadas y está graduado en 1/64 y 1/100 de pulgada, mientras que el otro tiene un intervalo de medición de 6 pulgadas, graduado en 1/64 de pulgada.

Ambos están en exhibición en el Museo Mitutoyo²³⁾. El mismo tipo se encuentra en el catálogo de 1927 de la empresa.

La punta del lado izquierdo se mueve según sea necesario y luego se fija con el tornillo de mariposa. Luego, la pieza se aprieta entre esta punta y la punta deslizante para realizar la medición mientras se realiza un ajuste de avance fino según sea necesario. Brown & Sharpe también fabricó un tipo similar. La figura 26 muestra un calibrador simplificado Starrett equipado con abrazaderas de tornillo en el extremo de cada punta para unirlos y permitir la medición de las características internas en los moldes de neumáticos para automóviles. Este calibrador multipropósito también se puede



Figura 25 Calibrador deslizante de L.S. Starret Co. (Estados Unidos)
(Intervalo de medición: 3~6 in, Graduación: 1/64, 1/100 pulg) 1890, 1927

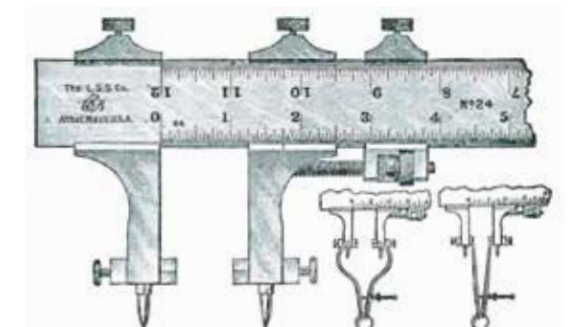


Figura 26 Calibrador multipropósito simplificado para medir moldes de llantas, etc. de L.S. Starret Co. (Estados Unidos)
(Graduación: 1/32 pulg, graduaciones inversas en el lado superior) 1927



Figura 27 Calibrador de bolsillo simplificado de L.S. Starret Co. (Estados Unidos)
(Intervalo de medición: 4 pulg, Graduación inferior: 1/32 pulg, Graduación superior para circunferencia: 1/64 pulg) 1960

utilizar como indicador de ajuste de distancia para calibradores internos y externos con resorte, como se muestra en la parte inferior derecha de la figura. También es posible adjuntar un trazador según sea necesario. El brazo tiene 1/4 de pulgada de ancho y 0.85 de espesor. Se disponía de cinco intervalos de medición de 12 a 48 pulgadas con graduaciones de 1/8, 1/16, 1/32 y 1/64 de pulgada para permitir una amplia gama de aplicaciones.

La figura 27 muestra un calibrador de bolsillo simplificado fabricado por Starrett en 1960, que se exhibe en el Museo Mitutoyo.

Es capaz de medir el diámetro de piezas redondas con una exactitud de 1/32 de pulgada y la circunferencia con una exactitud de 1/16 de pulgada. El calibrador está provisto de una perilla de desplazamiento de escala y un mecanismo de abrazadera. Este calibrador está incluido en el catálogo del 100 aniversario de Starrett publicado en 1979³¹⁾, lo que indica que se había utilizado hasta hace poco tiempo. Otras empresas fabricaron tipos similares de calibradores simplificados para medir el diámetro y la circunferencia. Un ejemplo de este tipo se muestra en la Figura 28³³⁾. Este calibrador fue fabricado por The Lufkin Rule Co. en 1958.

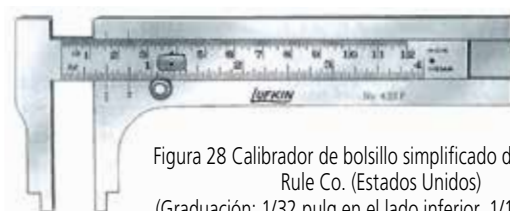


Figura 28 Calibrador de bolsillo simplificado de The Lufkin Rule Co. (Estados Unidos)
(Graduación: 1/32 pulg en el lado inferior, 1/16 pulg en el lado superior para la circunferencia) 1958



Figura 29 Calibrador deslizante de madera
(Fabricado en Francia. Graduación superior para diámetro: 1 cm con escala máxima de 25 cm, Graduación inferior para circunferencia: 2.5 cm con escala máxima de 80 cm) 1930

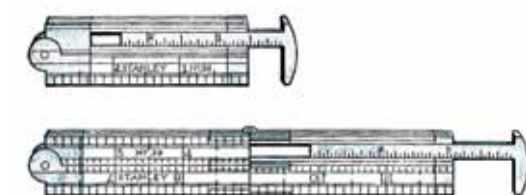


Figura 30 Escala plegable con calibrador simplificado de Stanley Rule & Level Co. (Estados Unidos)
(Hecho de madera, marfil o cuerno. Graduación: 1/16 pulg., Escala plegable: 1/10, 1/8 pulg.) 1920

Dado que la empresa se estableció en 1869, se supone que este calibrador se fabricó desde la segunda mitad del siglo XIX hasta la década de 1960. Anteriores a los productos mencionados anteriormente, en 1930 se fabricaron en Francia calibradores de madera simplificados que podían medir tanto el diámetro como la circunferencia de la barra redonda. Uno de estos calibradores, que se muestra en la Figura 29, estaba destinado a medir árboles. Se encuentra en exhibición en el Museo Mitutoyo²³. En los Estados Unidos y Europa existían reglas de madera equipadas con un calibrador simplificado en un extremo. La figura 30 muestra un metro plegable con un calibrador deslizante³⁴. Además de madera, este calibrador también estaba hecho de cuerno de animal y marfil, y se puede adaptar para medir varias longitudes. La figura 31 muestra un calibrador fabricado por Dunlop Co. (Estados Unidos) en 1920. Aunque la barra principal está hecha de un material delgado, la forma es similar a los calibradores vernier de hoy en día, incluidas las puntas para la medición interior, provistas en el borde superior. que tienen forma de filo de cuchillo. Este calibrador también tiene una rueda de desplazamiento para el control

deslizante y una palanca para bloquear el control deslizante en su posición. Aunque hemos discutido principalmente la situación en los Estados Unidos, se observa una tendencia similar en Europa siguiendo los calibradores fabricados en Alemania que se muestran en las Figuras 15 y 16. Los calibradores simplificados fabricados en el Reino Unido y Alemania se muestran en las Figuras 32 a 36, que son en exhibición en el Museo Mitutoyo. La mayoría de ellos tienen graduaciones en milímetros y pulgadas. Las figuras 16, 32 y 33 muestran un tipo en el que el cursor con punta se mueve por deslizamiento y las lecturas se toman desde el borde izquierdo del cursor. Los calibradores de las Figuras 31 y 33 tienen puntas en forma de pico en el borde superior para medir el interior de las características de la pieza de trabajo, como los orificios. La Figura 36 muestra un tipo común de calibrador que no tiene graduaciones vernier²³. Fue fabricado más recientemente en 1950, lo que explica esta estructura. Esta forma puede conservarse si se sigue fabricando el calibrador. Por lo tanto, los calibradores simplificados se habían utilizado durante más de 100 años antes de 1950.



Figura 31 Calibrador simplificado de Dunlop Co. (Estados Unidos)
(Intervalo de medición: 5 pulg, Graduación: 1/16 y 1/32 pulg) 1920



Figura 34 Calibrador simplificado de Rabone and Sons (Reino Unido)
(Intervalo de medición: 3 pulg, 80 mm, Graduación: 1/32 pulg, 1 mm) 1920



Figura 32 Calibrador simplificado de Chesterman Sheffield (Reino Unido)
(Intervalo de medición: 4 pulg, 120 mm, Graduación: 1/32 pulg, 0.5 mm) 1900

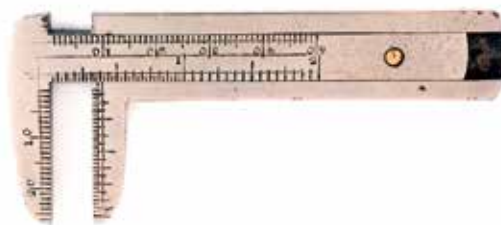


Figura 35 Calibrador simplificado de Cotterell GmbH (Alemania)
(Intervalo de medición: 2 pulg, 50 mm, Graduación: 1/16 pulg, 1 mm) 1930



Figura 33 Calibre simplificado de Parker (Reino Unido)
(Intervalo de medición: 5 pulg, 130 mm, Graduación: 1/32 pulg, 1 mm) 1920



Figura 36 Calibrador simplificado de Sheffield (Reino Unido)
(Intervalo de medición: 5 pulg, 13 cm, Graduación: 1/32 pulg, 0.5 mm) 1950

8.2 Calibradores deslizantes con escala diagonal

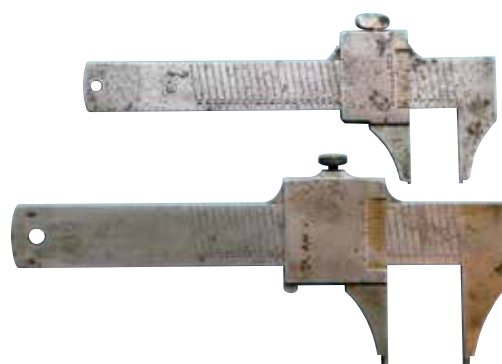
La escala diagonal de un calibrador se construye grabando la escala como una serie de líneas cortas y paralelas de igual longitud a lo largo del brazo principal en un ángulo con respecto a la dirección del recorrido del cursor, con el final de una línea coincidiendo con el comienzo de la siguiente, de modo que el borde de lectura del cursor siempre se cruza con una de las líneas. Cada una de estas líneas está numerada según su distancia inicial desde el origen, que será un número entero de unidades, y el cursor está graduado a lo largo de su borde de lectura con una medida que es la suma de la graduación más cercana a una línea en su punto de intersección y el número en la línea. Esta disposición tiene el efecto de alargar la escala y, por lo tanto, produce una mayor resolución. Se dice que la escala diagonal fue inventada por un hebreo (israelita) llamado Levi ben Gershon en el siglo XIV⁵⁾. Esto significa que la escala diagonal es dos siglos más antigua que la escala vernier. Se utilizó en dispositivos como el bastón de Jacob (un tipo de dispositivo para medir distancias), brújulas y sextantes. Es bien sabido que cuando Tycho Brahe, el famoso astrónomo danés, construyó un observatorio en la isla de Heveen en 1576, hizo un cuadrante de pared con una escala diagonal con un radio de 2 metros⁵⁾ para mejorar la exactitud de la observación. Dado que las escalas diagonales se usaban en astronomía y equipos topográficos, no sorprende que se usaran en calibradores para mejorar la resolución. Sin embargo, dado que quedan pocos calibradores que utilizan una escala diagonal en el mundo, se consideran un tipo de calibrador raro.

Se supone que este calibrador se fabricó entre 1850 y 1890.

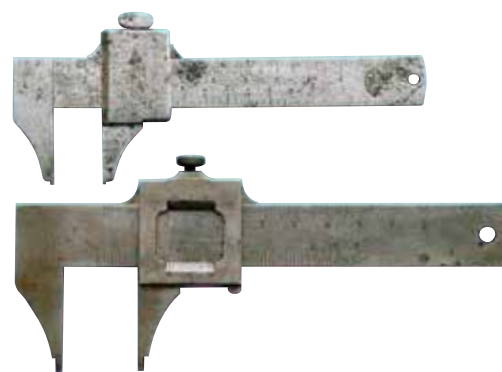
Las unidades utilizadas son milímetros y pulgar.

La transición a la unidad métrica, que fue impuesta por ley, había estado en marcha en Francia desde 1840. La suposición anterior sobre el período de fabricación es cuestionable porque fue posterior a esta época. Sin embargo, dado que la unidad pulgar se usaba en óptica para las características de las lentes, como la

Nota *4: Cuando hicimos una consulta a docenas de investigadores de metrología en el extranjero sobre la existencia de calibradores con una escala diagonal, el Prof. Dr. Robert J. Hocken (Universidad de Carolina del Norte en Charlotte, EE.UU.) nos habló sobre el Ted Crum Colección en Francia.



(a) reverso; Escala diagonal (1 línea)



(b) Lado frontal; Inferior: escala vernier 1/10, Superior: sin graduaciones finas
Figura 37 Calibrador con escala diagonal
(Colección Ted Crum, Francia) 1850~1890

distancia focal y el grosor, este calibrador podría haberse fabricado únicamente para medir lentes. Además, Napoleón III restauró el imperio y pudo haber relajado las regulaciones sobre pesos y medidas alrededor de 1850, lo que parece haber llevado a la suposición anterior sobre el período de fabricación.

Los calibradores que se muestran en la Figura 37 son muy similares pero con la importante diferencia de que uno usa escalas vernier. Ambos tienen escalas diagonales graduadas en la unidad pulgar en sus reversos (a). Los lados frontales (b) tienen una escala milimétrica en el borde superior y una escala pulgar en el borde inferior, con una sola graduación subdividida por una escala diagonal. El calibrador inferior que se muestra en (a) y (b) es diferente en que ambas escalas principales en el frente se leen usando una escala auxiliar vernier. La graduación de la escala de pulgar es 1/24 pulgar (0.5 ligne), y su escala diagonal usa graduaciones de 1 ligne (1/12 pulgar) y tiene 12 graduaciones verticales en el borde de lectura del control deslizante, lo que permite una doceava parte (2 puntos) de una graduación para que sea fácil de leer.

La escala de pulgar del calibrador inferior que se muestra utiliza una escala vernier en la que 11 graduaciones de más de 0.5 líneas se dividen en 12 graduaciones para proporcionar una resolución de 1 punto. Parece que esta resolución pretendía coincidir con la de la escala diagonal. La escala vernier milimétrica permite leer 1/10 de una graduación de la escala principal. Este calibrador, que tiene escalas diagonales y vernier, puede haber sido fabricado para un propósito específico que no sea para uso general.

Teniendo en cuenta el uso de la unidad pulgar y las escalas diagonales, es razonable suponer que el calibrador superior de la Figura 37 se fabricó antes de 1840. En Japón, Noriyuki Ohno-Yasaburo fabricó un calibrador con una escala diagonal (que se muestra en la Figura 76) en 1840. Este calibrador se describe más adelante.

8.3 Calibrador deslizante con escala Vernier:

El pie de rey

Como se describe en el Capítulo 6, el calibrador deslizante más antiguo que existe, o pie de rey, se fabricó en Francia alrededor de 1840.

Las figuras 38 a 42 muestran los pies de rey fabricados en la década de 1890, que se exhiben en el Museo Mitutoyo²³. Al igual que con el calibrador a vernier más antiguo que existe, todos estos calibradores vernier se fabricaron en Francia, lo que indica que Francia avanzó en términos del desarrollo de calibradores con una escala vernier.

El pie de rey de la Figura 38 tiene una forma similar a la de los pies de rey de Roc en Francia. Su intervalo de medición es de 150 mm y la escala vernier divide uniformemente 9 graduaciones de escala principal de 1 mm en 10 graduaciones vernier para proporcionar una resolución de 0.1 mm. Tiene una cara de medición interior en el extremo de cada punta, lo que permite medir diámetros interiores superiores a 10 mm.

El deslizador está provisto de un mecanismo de abrazadera.

El pie de rey que se muestra en la Figura 39, que es similar al de la Figura 38, tiene el mismo intervalo de medición de 150 mm pero su brazo y puntas son algo más grandes. Este calibrador utiliza una escala vernier que divide 19 mm en 20 graduaciones para proporcionar una resolución de 0.05 mm, que es más fina que la del calibrador vernier que se muestra en la Figura 38 y coincide con la de los calibradores vernier actuales.



Figura 38 Calibrador Vernier (Fabricado en Francia)
(Intervalo de medición: 150 mm, Lectura mínima 0.1 mm
dividiendo 9 mm en 10), alrededor de 1890



Figura 39 Calibrador Vernier (Fabricado en Francia)
(Intervalo de medición: 150 mm, Lectura mínima 0.05 mm
dividiendo 19 mm en 20), alrededor de 1890



Figura 40 Calibrador Vernier (Fabricado en Francia)
(Intervalo de medición: 100 mm, Lectura mínima: 0.1 mm),
Alrededor de 1890



Figura 41 Calibrador a vernier con puntas redondas (Fabricado en Francia)
(Intervalo de medición: 150 mm, Lectura mínima: 0.1 mm),
Alrededor de 1890

Se considera que este uso de la resolución de 0.05 mm es bastante temprano en un momento en que la resolución de 0.1 mm era común. El pie de rey más pequeño de la Figura 40, fabricado en Francia, tiene un intervalo de medición de 100 mm y una resolución de 0.1 mm. El pie de rey de la Figura 41 tiene, además de las puntas de medición exteriores ordinarias, puntas redondas que permiten medir el espesor en lugares de difícil acceso.

Su intervalo de medición es de 150 mm con una resolución de 0.1 mm. También alrededor de 1900, Helios Co. en Alemania vendía un pie de rey similar al de la Figura 38.

La figura 42 muestra un calibrador vernier fabricado por Rawco Co. en el Reino Unido alrededor de 1900. Similar a los calibradores vernier actuales, tiene una barra de profundidad y puede servir para múltiples propósitos, incluidas mediciones internas, externas, de profundidad y escalonadas.

Además, tiene un mecanismo deslizante de avance fino para ajustar con exactitud la punta para una mayor exactitud de medición. Sus intervalos de medición son de 100 mm y 4 pulgadas con una resolución de 0.1 mm.

La escala vernier en pulgadas divide 7 graduaciones de la escala principal sobre de 1/16 de pulgada en 8 graduaciones vernier



Figura 42 Calibrador Vernier multipropósito de Rawco Co. (Reino Unido)
(Provisto con una barra de profundidad, Escala máxima en el borde inferior: 120 mm, Escala superior: 5 pulg, Intervalo de medición: 100 mm, 4 pulg, Lectura mínima: 0,1 mm, 1/128 pulg (dividiendo 7 graduaciones en 1/16 de pulgada) en 8) 1900



Figura 43 Calibrador Vernier de exactitud con puntas redondas de Adolf Pfeiffer (Alemania)
(Escala máxima en el borde superior: 200 mm, Escala inferior: 8 zoll, Intervalo de medición: 150 mm, 6 zoll, Lectura mínima: 0,1 mm, 1/128 zoll (dividiendo 7 graduaciones sobre 1/16 zoll en 8) 1905

para brindar una resolución de 1/128 de pulgada. Este calibrador es similar al calibrador Columbus que se describe a continuación. La figura 43 muestra un Calibrador vernier de exactitud³²⁾ fabricado en 1905, que fue comercializado por Adolf Pfeiffer.

Al igual que el pie de rey de la Figura 41, tiene puntas redondas para medir el espesor de tubos y tuberías evitando interferir con sus bordes. En una variación de este calibrador, esta parte consta de puntas con filo de cuchillo para permitir la medición de piezas de trabajo delgadas. Este calibrador está equipado con un mecanismo deslizante de avance fino que permite un contacto exacto de las puntas con la pieza. También hay un tipo de pie de rey que tiene un mecanismo de avance fino con graduaciones. El pie de rey de la Figura 43 tiene graduaciones milimétricas en la escala principal con una escala vernier que divide 9 mm en 10 graduaciones vernier para proporcionar una resolución de 0.1 mm. El borde inferior tiene graduaciones de 1/16 zoll. La unidad zoll (1 zoll = 26,1 mm) se utilizó antes que la unidad métrica en Alemania (Preussen). Siete graduaciones en la escala de zoll se dividen en 8 incrementos para proporcionar una resolución de 1/128 zoll. En el periodo de transición de unidades, tanto las unidades antiguas como las nuevas se utilizaron en estos calibradores para comodidad de los usuarios.



Figura 44 Pie de rey de Adolf Pfeiffer (Alemania)
(Intervalo de medición: 150 mm, 6 zoll, Lectura mínima: 0.1 mm, 1/128 zoll) 1905



Figura 45 Calibrador Vernier multipropósito de Adolf Pfeiffer (Alemania)
(Suministrado con una barra de profundidad, Calibrador denominado Columbus, Intervalo de medición: 100 mm, 4 zoll, Lectura mínima: 0.1 mm, 1/128 zoll) 1905

El calibrador de la Figura 43 se fabricó en dos versiones: una con un vernier en la escala zoll en el borde inferior y otra sin él. También hubo una versión con una escala en pulgadas en lugar de la escala zoll. Hoy en día, la escala en pulgadas se llama escala zoll en Alemania. Para este calibrador estaban disponibles tres intervalos de medición, 200, 250 y 300 mm, con diferentes longitudes de puntas.

Adolf Pfeiffer también proporcionó el calibrador que se muestra en la Figura 44 para uso general. Este calibrador vino en dos versiones: una con puntas puntiagudas superiores para medir ranuras y la otra sin ellas. Al igual que el ejemplo de la Figura 43, lleva escalas milimétricas y zoll con resoluciones de 0.1 mm y 1/128 zoll.

La figura 45 muestra un calibrador que Adolf Pfeiffer comercializó con la marca Columbus Caliper hacia 1905³²⁾. Hay escalas en milímetros y zoll (1/16 zoll) o pulgadas (1/16 in). Las puntas de medición exterior e interior están separadas. Este calibrador también tiene una barra de profundidad, lo que lo convierte en un pie de rey multipropósito para permitir la medición de profundidad, pasos, etc. asociado con el huevo de Colón (es decir, es fácil decir que una acción aparentemente imposible es trivial solo después de que se demuestra cómo se puede hacer). Similar al calibrador vernier fabricado por Rawco Co. en la

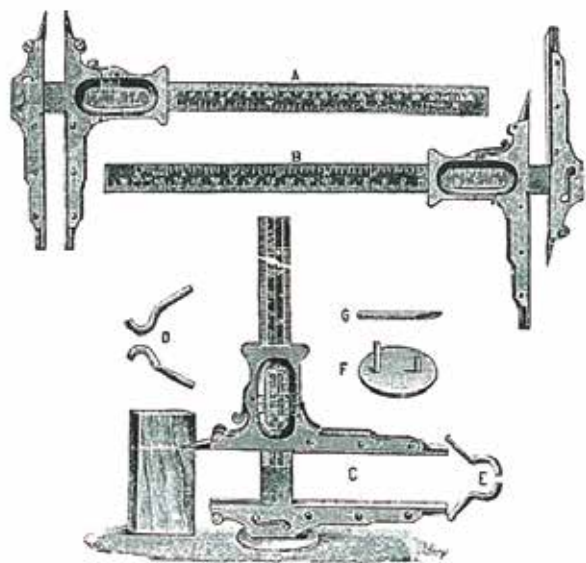


Figura 46 Ejemplo de uso del calibrador Vernier para el trabajo de Adolf Pfeiffer (Alemania) 1905



Figura 47 Vernier Caliper Fabricado en Rusia
Intervalo de medición: 150 mm, Lectura mínima: 0.05 mm
(dividiendo 39 mm en 20) 1910



Figura 48 Vernier Caliper de Brown & Sharpe Mfg. Co.
(Intervalo de medición: 5 pulg, Lectura mínima: 0.001 pulg) 1910

Figura 42, tiene una estructura avanzada para la época, proporcionando funciones de medición comparables a las de los calibradores vernier actuales. El calibrador de Rawco en la Figura 42 se fabricó alrededor de 1900. El pie de rey de Adolf Pfeiffer en la Figura 45 estaba en su catálogo de 1905, lo que indica que el calibrador de Rawco con barra de profundidad es más antiguo. Sin embargo, la denominación de su Columbus Caliper (Figura 45) por parte de Adolf Pfeiffer podría haber estado asociada con una nueva función en la que nadie había pensado antes, por lo que es posible que Adolf Pfeiffer lanzara un pie de rey con barra de profundidad antes que Rawco, aunque no hay evidencia que muestre cuál fue primero.

La Figura 48 muestra un calibrador fabricado por Brown & Sharpe Mfg. Co. en 1910, que se exhibe en el Museo Mitutoyo. Su intervalo de medición es de 5 pulgadas y la escala vernier divide 24 graduaciones de más de 1/40 de pulgada en 25 graduaciones para brindar una resolución de 1/1000 de pulgada, como se describe en el Capítulo 7. En la Figura 49 se muestra un calibrador vernier con especificaciones similares. que se incluye en el catálogo de Brown & Sharpe de 1924²⁴⁾. Tiene intervalos de medición más grandes de 6, 12, 24 y 36 pulgadas, y modelos con intervalos milimétricos correspondientes, es decir: también estaban disponibles modelos de 150, 300, 600 y 900 mm.

La Figura 50 muestra un calibrador muy inusual fabricado por L.S. Starrett Co. alrededor de 1900, que se exhibe en el Museo Mitutoyo²³⁾. Esto se denominó calibrador micrométrico^{29) 30)} y

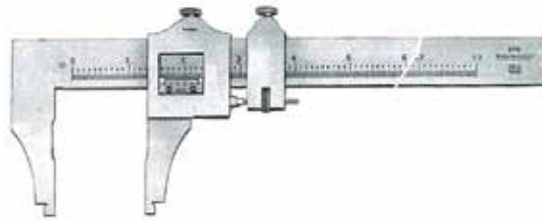


Figura 49 Vernier Caliper de Brown & Sharpe Mfg. Co. (Estados Unidos)
(Lectura mínima: 0.001 pulg, Intervalo de medición: 6, 12, 24, 36 pulg) 1935



Calibrador de figura 50 de L.S. Starrett Co. (La escala principal tiene graduaciones de 1/40 de pulgada y el tornillo de desplazamiento de la punta tiene 25 graduaciones sobre su circunferencia para proporcionar una lectura mínima de 1/1000 de pulgada). Alrededor de 1900

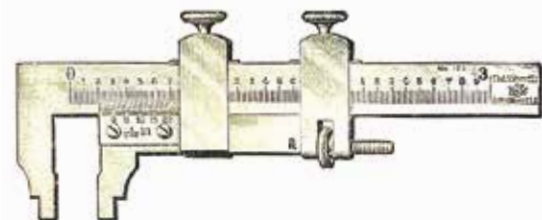


Figura 51 Calibrador vernier de bolsillo de L.S. Starrett Co.
(Intervalo de medición: 1-1/2 pulg) 1927

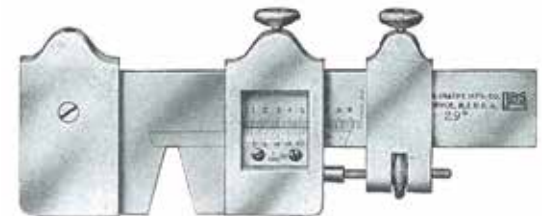


Figura 52 Calibrador vernier de medición de la herramienta de roscado de L. S. Starrett Co. (Estados Unidos)
(Para ángulos de rosca de 60°, 55° y 29°, el calibrador esta hecho para ajustar sobre la rosca para medir el paso, etc.) 1924

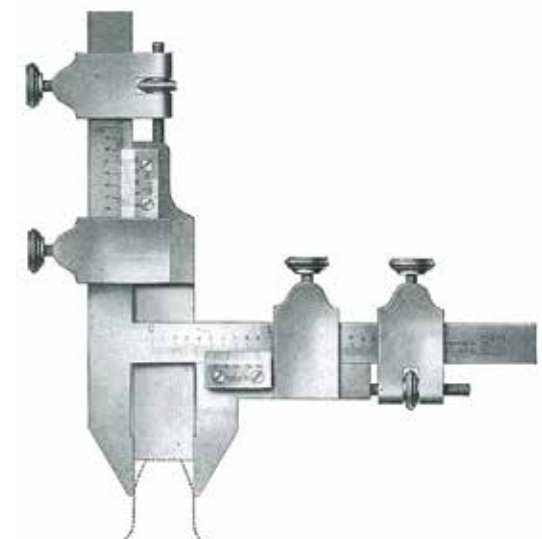


Figura 53 Calibrador Vernier de espesor de dientes de Brown & Sharpe Mfg. Co. (Estados Unidos)
(Módulo: 1-1/4~12 (Paso circular: 20~2 pulg), Lectura mínima: 1/1000 pulg) 1924

proporciona una resolución de 1/1000 pulgadas sin usar una escala vernier. La escala principal tiene graduaciones de 1/40 de pulgada y un intervalo de medición de 6 pulgadas.

Una graduación equivale a una revolución de una tuerca de ajuste de la punta deslizante que se encuentra debajo del tornillo principal, y esta se divide en 25 graduaciones alrededor de su circunferencia, de la misma manera que en un tambor micrométrico. El uso de un tornillo micrométrico de este tipo permite lograr una resolución de $1/40 \times 1/25$ de pulgada, o 1/1000 de pulgada. Este es uno de los tipos raros de calibrador.

Además del modelo de intervalo de medición de 6 pulgadas de la Figura 50, este calibrador estaba disponible en modelos de 4 y 12 pulgadas. Parece que esta calibrador se había utilizado durante más de 30 años. Los tipos estándar de calibradores vernier fabricados y vendidos por L.S. Starrett Co. de 1930 incluían el que se muestra en la Figura 51, así como calibradores con la misma estructura que los de Brown & Sharpe Mfg. Co. que se muestran en la Figura 48. Los intervalos de medición de los calibradores vernier de Starrett son 4, 6, 9, 12, 24, 36 y 48 pulgadas, lo que se adapta a la necesidad de medir piezas de trabajo grandes.

Su calibrador más grande para el sistema métrico tiene un intervalo de medición de 600 mm, equivalente a 24 pulgadas.

La resolución de estos calibradores es de 1/1000 de pulgada, proporcionada por la división equitativa de 24 graduaciones de la escala principal de 1/40 de pulgada en 25, como en los calibradores de Brown & Sharpe. Como para desafiar este amplio intervalo de medición, Brown & Sharpe comenzó a fabricar un calibrador con un intervalo de medición de 48 pulgadas²⁶⁾ en 1935.

Por otro lado, Starrett fabricó no solo calibradores con una estructura similar a la que se muestra en la Figura 48, sino también uno tipo de calibrador vernier con una placa graduada fuera de la punta deslizante, como se muestra en la Figura 51²⁹⁾, en lugar de dentro de un deslizador tipo caja. Sus intervalos de medición son de 1½ pulgadas y 40 mm con resoluciones de 1/1000 de pulgada y 0.02 mm. Además de los tipos anteriores, Brown & Sharpe también comenzó a fabricar calibradores vernier para verificar el paso y la forma de la rosca de las herramientas de roscado (Figura 52) y calibradores para medir el grosor de los dientes de los engranajes (Figura 53)²⁴⁾.

El calibrador de roscas de tornillo que se muestra en la Figura 52, que se usa ajustándolo al ancho de paso requerido de una rosca, permite la inspección con una exactitud de 1/1000 de pulgada. El calibrador de dientes de engranaje en la Figura 53 es casi el mismo que los calibradores actuales del mismo tipo. Starrett también comercializó un calibrador de dientes de engranaje, así como un calibrador de cola de milano, como se muestra en la Figura 54²⁹⁾. El último calibrador usa rodillos que hacen contacto con los lados angulados de una cola de milano para determinar su ancho. La producción y el uso de calibradores destinados a piezas específicas comenzaron en algún momento después de 1900. Las Figuras 55 y 56 muestran calibradores integrados con una cabeza micrométrica. Estos calibradores se utilizan para extender el intervalo de medición de la cabeza del micrómetro a 6 o 12 pulgadas. Probablemente eran más fáciles de usar que el modelo que se muestra en la Figura 50. Así, alrededor de 1920 aparecieron calibradores con puntas diseñadas para piezas

de trabajo específicas, expandiendo así la aplicación de los calibradores. La figura 57 muestra un calibrador para exteriores fabricado en Holanda alrededor de 1920, que se encuentra en exhibición en el Museo Mitutoyo²³⁾.

Helios se estableció en 1910 y el primer calibrador se fabricó en el momento de la fundación de la empresa; el segundo es un modelo avanzado. Estos tienen una forma similar a los calibradores simplificados que se muestran en las Figuras 32 y 34, pero provistos de una escala vernier.

El calibrador en 1920 tiene intervalos de medición de 120 mm y 4 pulgadas con resoluciones de 0.1 mm y 1/128 de pulgada. Aunque no tiene una barra de profundidad, se proporciona con una punta deslizante tipo palanca y un apoyo para el pulgar. El segundo calibrador, fabricado en 1940, es del tipo de punta giratoria en el se puede girar alrededor del eje de medición para permitir medir características complejas.



Figura 54 Calibrador con cola de milano de L.S. Starrett Co. (Estados Unidos)
(Ángulo de cola de milano: 45, 55, 60°, Intervalo de medición: 0~12 pulg, Lectura mínima: 1/1000 pulg) 1927



Figura 55 Calibrador con cabeza micrométrica de Brown & Sharpe Mfg. Co. (Estados Unidos)
(Intervalo de medición: 12 pulg. máximo) 1920



Figura 56 Calibrador con cabeza micrométrica móvil de L.S. Starrett Co. (Estados Unidos)
(Intervalo de medición: 6 pulg. máximo) 1920



Figura 57 Calibrador Vernier para exteriores (Holanda)
(Intervalo de medición: 6 pulg, 120 mm, Lectura mínima: 1/128 pulg, 0.1 mm) 1920



Figura 58 Calibrador Vernier de Helios Co. (Alemania)
(Intervalo de medición: 120 mm, 4 pulg, Lectura mínima: 0,1 mm, 1/128 pulgadas,) 1920



Figura 59 Calibrador de punta giratoria de Helios Co. (Alemania)
(Intervalo de medición: 5 pulgadas, lectura mínima: 1/128 pulgadas, 1/1000 pulgadas) 1940

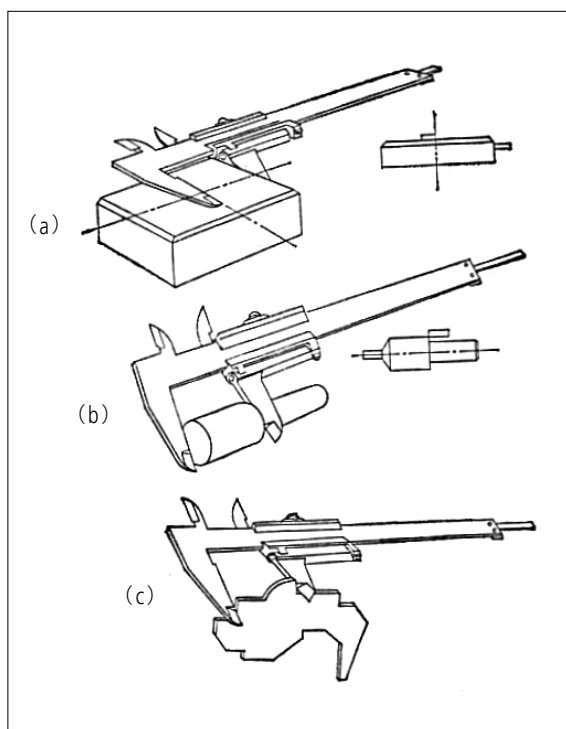


Figura 60 Uso de un calibrador de punta giratoria que permite girar la punta deslizante

El calibrador de puntas giratorias es útil para medir piezas de trabajo con escalones o cuyo eje de medición no es recto, como se muestra en la Figura 60. Por lo tanto, la forma o el movimiento de las puntas puede ampliar el intervalo de piezas medir. Este calibrador, fabricado en Estados Unidos, tiene una escala en pulgadas solamente con una resolución de 1/1000 de pulgada (graduación de escala principal de 1/40 de pulgada; 24 graduaciones divididas en 25) y 1/128 de pulgada (graduación de escala principal de 1/16 pulgadas; 7 graduaciones divididas en 8). Mientras que el calibrador Helios fabricado alrededor de 1920 tiene una abrazadera tipo palanca, el calibrador fabricado alrededor de 1940 empleaba un tornillo fijación, como en los modelos actuales, y permite medir el interior, el exterior, la profundidad y otras características. La figura 61 muestra un pie de rey fabricado por Micro-Precision Vernier Co. en el Reino Unido, que data de alrededor de 1929³⁷⁾. Es similar en estructura y resolución al calibrador de Starrett que se muestra en la Figura 51.

La figura 64 muestra un pie de rey fabricado por Mauser-Messzeug

GmbH en Alemania alrededor de 1940⁴⁰⁾.

Su forma es similar a la que se muestra en la Figura 62³⁸⁾, lo que parece haber sido una tendencia desde la década de 1920.

Tiene escalas tanto en milímetros como en pulgadas con un valor máximo de escala de 160 mm.

Su intervalo de medición es de 135 mm con resoluciones de 0.1 mm o 0.05 mm y 1/128 de pulgada.

Los calibradores con escalas milimétricas y Zoll también estaban disponibles en modelos más antiguos.

Como se muestra en las Figuras 62 y 64, se supone que los calibradores vernier de esta forma fueron ampliamente utilizados

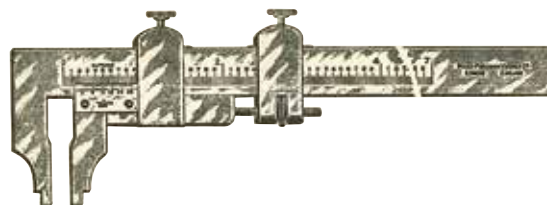


Figura 61 Calibrador Vernier de Micro-Precision Vernier Co. (Reino Unido) (Intervalo de medición: 5 pulg, Lectura mínima: 1/1000 pulg) 1929



Figura 62 Calibrador Vernier de bolsillo de Carl Mahr Esslingen a. N. (Alemania) (Intervalo de medición: 120 mm, 5 pulg, Lectura mínima: 0,05 mm, 1/128 pulg) 1931

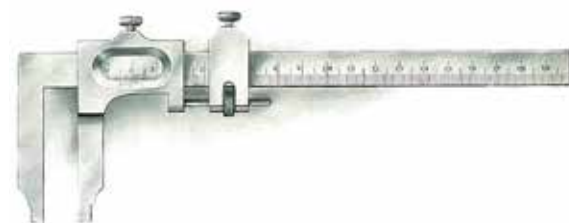


Figura 63 Calibrador Vernier de Carl Mahr Esslingen a. N. (Alemania) (Intervalo de medición: 400, 500, 1000 mm, 5 pulg, Lectura mínima: 0,1mm) 1931



Figura 64 Calibrador Vernier de Mauser-Messzeug GmbH (Alemania) 1940

en Alemania a principios del siglo XX.

La figura 65 muestra un pie de rey con dientes de engranaje de Carl Mahr Esslingen a. N., que tiene funciones equivalentes al pie de rey de Brown & Sharpe que se muestra en la Figura 53. Se admiten módulos del 1 al 17 (paso circular de 25 a 1.5) y del 5 al 35 (paso circular de 5 a 0.75).

La figura 66 muestra un pie de rey alemán con sólo una escala en pulgadas²³. Está estampado con el logotipo de la marca "CES", pero se desconoce el fabricante. Su intervalo de medición es de 5 pulgadas con una resolución de 1/1000 de pulgada.

Se proporciona una escala vernier para la medición exterior en el lado inferior del cursor deslizante y una escala para la medición interior en el lado superior. Junto a las puntas planas habituales se suministran puntas afiladas para medir piezas ranuradas. También tiene un mecanismo de avance fino deslizante para garantizar la exactitud.

Como se describió anteriormente, los calibradores en Europa y Estados Unidos prácticamente adoptaron la forma moderna, tanto en función como en forma, entre 1900 y 1930.

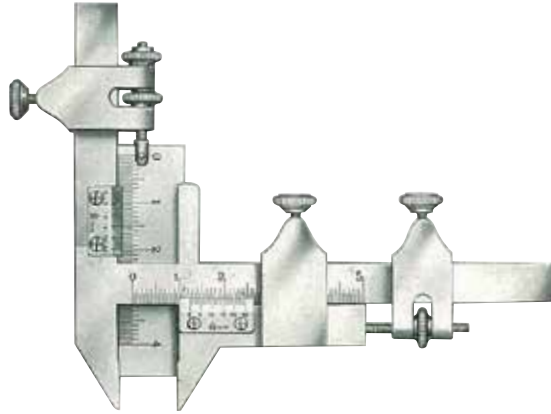


Figura 65 Calibrador de dientes de engranaje de Carl Mahr Esslingen a. N. (Alemania) (Módulo: 1~17 (Paso circular: 25~1.5), Lectura mínima: 0.02 mm, 1/1000 pulg) 1931



Figura 66 Calibrador a vernier con logotipo de marca de CES (Alemania) (Intervalo de medición: 5 pulg, Lectura mínima: 1/1000 pulg) 1940

9. Medidores para profundidad y altura

Otros tipos de instrumentos de medición con un elemento deslizante similar al que se usa en los calibradores incluyen calibradores para profundidad y calibradores de altura que miden una pieza de trabajo no apretándola entre las puntas, sino moviendo la escala principal (calibrador para profundidad) o moviendo un cursor deslizante a lo largo la escala principal (medidor de altura) para hacer contacto con la pieza con una sola punta (trazador). Que la medición de la altura se llevó a cabo con un calibrador deslizante tipo funda simplificado usando las graduaciones grabadas en la punta, la escala principal y la funda alrededor de 1850 se describe anteriormente en el Capítulo 5. Además que algunos calibradores como se muestra en la Figura 46 se usaron como un tipo de medidor de altura también se describe anteriormente. Podemos suponer fácilmente que las profundidades y las alturas podrían medirse adaptando esos métodos, que a su vez se desarrollaron para sugerir la producción de medidores de profundidad y medidores de altura. Sin embargo, no hay evidencia definitiva sobre el momento de su desarrollo y despliegue inicial. Asumiendo de los catálogos publicados por Adolf Pfeiffer alrededor de 1905 y por Brown & Sharpe Mfg. Co. alrededor de 1924, parece que los medidores de profundidad comenzaron a fabricarse y comercializarse alrededor de 1900, y los medidores de altura alrededor de 1919.

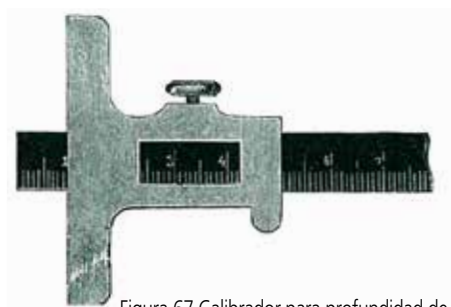


Figura 67 Calibrador para profundidad de Adolf Pfeiffer (Alemania)
(Intervalo de medición: 100 a 300 mm) 1905

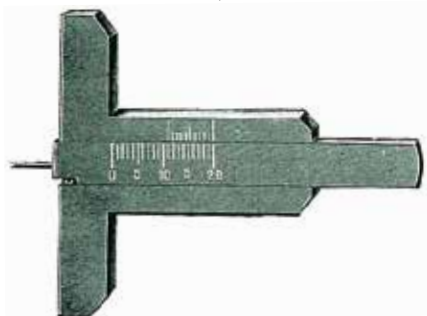


Figura 68 Calibrador de profundidad de Adolf Pfeiffer (Alemania)
(Intervalo de medición: 10 mm, Lectura mínima: 0.1 mm) 1905



Figura 69 Medidor para profundidad de Brown & Sharpe (Estados Unidos)
(Intervalo de medición: 4.5 pulgadas, graduación: 1/32 pulgadas, 1/64 pulgadas) 1924



Figura 70 Medidor para profundidad de Brown & Sharpe (Estados Unidos)
(Intervalo de medición: 3 1/2 pulg, 88 mm, Lectura mínima: 1/64, 1/1000 pulg, 0.02 mm) 1924

En este capítulo se describen los instrumentos que comenzaron a aparecer en estos tiempos. Había varios tipos de calibradores para profundidad, como se muestra en la Figura 67, con un intervalo de medición de 100 mm a 300 mm; y el que se muestra en la Figura 68 que tiene un contacto con perno para medir hasta 10 mm en incrementos de 0.1 mm. Sin embargo, mucho más tarde (en 1924), Brown & Sharpe lanzó los medidores para profundidad que se muestran en las Figuras 69 y 70. La Figura 69 muestra un medidor para profundidad simplificado sin una escala vernier pero, gracias a la escala principal de 6 pulgadas de largo, es posible medir hasta aproximadamente 3 1/2 pulgadas. El modelo que se muestra en la Figura 70 estaba disponible en versiones de 6 o 12 pulgadas. Había dos tipos de escalas principales que tenían graduaciones métricas y en pulgadas para dar resoluciones de 0.02 mm o 1/1000 de pulgada. Starrett fabricó medidores de profundidad similares con funciones casi equivalentes. Algunos medidores de profundidad, convenientemente llamados "calibradores de ángulo de profundidad", que son casi equivalentes a los que se muestran en la Figura 68, podrían inclinar la escala principal a ± 60 grados para facilitar la medición. La Figura 71 muestra un medidor para profundidad más antiguo que el correspondiente al que se muestra en la Figura 68. Tenía una escala principal de 4 o 6 pulgadas con una posición de sujeción alternativa, como se muestra, para medir en situaciones restringidas. También se fabricaron medidores para profundidad de tipo simplificado provistos de un stock de 3 a 10 pulgadas de largo.

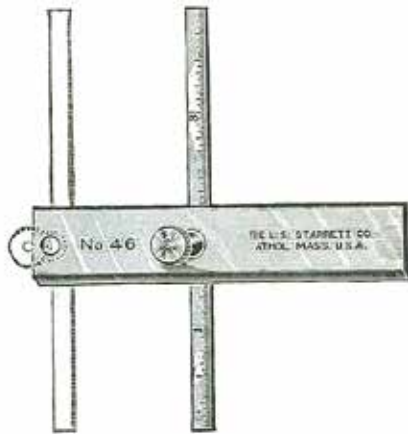


Figura 71 Medidor para profundidad de Starrett Co. (Estados Unidos)
(Graduación: 1/32, 1/64 pulg, longitud de la escala principal: 4 y 6 pulg)
1924

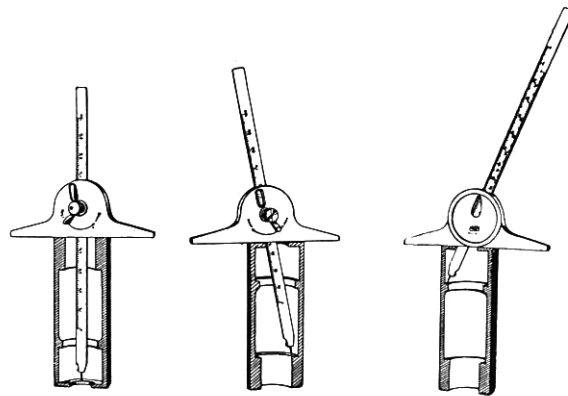


Figura 72 Calibrador para profundidad universal Carl Zeiss (Alemania)
(Longitud de la escala principal: 6 pulg, 160 mm, Lectura mínima: 1/64 pulg, 0.1 mm)
1928



Figura 73 Adolf Pfeiffer (Alemania)
Tuskan 1905



Figura 74 Medidor de altura Brown & Sharpe
de 18 pulgadas (Estados Unidos)
(Graduación 1 / 1000 pulg) 1924



Figura 75 Medidor para profundidad de Starrett (Estados Unidos)
(La parte superior izquierda de la figura es la cara posterior.
Los accesorios se muestran debajo de "C", lectura mínima:
1/1000 pulg) 1924

La figura 72 muestra un calibrador para profundidad ajustable fabricado por Carl Zeiss (Alemania).

Esto fue diseñado para medir las características internas indirectamente al indicar el ángulo de inclinación de la varilla puntiaguda, así como la lectura de la escala de profundidad, y luego multiplicando esta lectura por el coseno del ángulo de inclinación, se calculó la profundidad requerida.^{41) 42)} Aunque se sabía que Carl Zeiss fabricaba micrómetros para profundidad, rara vez se cuenta que la empresa también suministraba medidores para profundidad. La mayoría de estos medidores para profundidad se hicieron para medir en pulgadas. El valor máximo de la escala era de 6 pulgadas o 160 mm y la graduación de 1/64 de pulgada o 0.1 mm. Además del medidor para profundidad que se muestra en esta figura, también se comercializaron otras formas de indicador para profundidad en las que la escala principal se mueve verticalmente o está hecha para usar un ángulo definido. Uno en el que la escala principal se movía verticalmente tenía graduaciones de 1/40 de pulgada y la resolución era de 1/1000 de pulgada usando una escala vernier.

El estado de los medidores para altura no se puede ver claramente en el catálogo de Adolf Pfeiffer en 1905.

Sin embargo, como se muestra en la Figura 73, existía un ejemplo de colocar una escala en un soporte (Touskan), y esta idea junto con el uso como se ve en La figura 46 se desarrolló aún más para formar un medidor de altura. La Figura 74 muestra un calibrador para altura de 18 pulgadas de Brown & Sharpe y la Figura 75 muestra un calibrador para altura de 10 pulgadas de Starrett. Así como Brown & Sharpe fabricaba un medidor para altura de 10 pulgadas, la empresa también fabricaba medidores para altura con las mismas especificaciones que Starrett. El reverso del medidor para altura de 10 pulgadas también tiene graduaciones de escala que indican alturas de 1 a 11 pulgadas. Como se muestra en la vista del reverso de la Figura 75, las graduaciones se extienden desde 1 pulgada por encima de la superficie base, es decir, el punto cero está 1 pulgada por encima de la superficie de referencia. El accesorio de varilla de profundidad, como se muestra en la Figura 75 (C), está diseñado para permitir la medición de la altura de una pieza de trabajo cubierta.

10. El comienzo del Calibrador deslizante en Japón

¿Cuándo se utilizó por primera vez el calibrador deslizante en Japón? Desafortunadamente, no hay evidencia clara sobre este punto. Generalmente, el inicio debe fecharse en el momento en que este tipo de instrumento se fabricó o utilizó por primera vez, pero la opinión generalizada es que fue cuando se importaron por primera vez durante el período Taisho. Sin embargo, a juzgar por el hecho de que las máquinas herramienta fueron importadas y utilizadas por primera vez en Japón al final de la era Edo, es razonable suponer que el comienzo fue mucho antes del período Meiji. Al examinar el momento en que se importaron por primera vez las máquinas herramienta, junto con el llamado método de mecanizado en Japón, encontramos que el comienzo fue cuando el shogunato de Edo fundó Nagasaki Iron Mill como su moderna fábrica de construcción naval y fabricación de máquinas bajo la dirección de los Países Bajos en 1857 (Ansei 4).^{43) 44)} En 1853 (Kaei 6) la misión estadounidense de Perry llegó a Uraga con sus Black Ships para solicitar la apertura de Japón al comercio. En el mismo año se llevó a cabo la Segunda Exposición Universal en Nueva York. En este evento Japón solicitó a Holanda, que había asesorado favorablemente la apertura de Japón unos años antes (1844 y 1847), que enviara ingenieros a visitar la Fábrica de Hierro de Nagasaki y esto se llevó a cabo en 1856 (Ansei 3). La primera fase de construcción de Nagasaki Iron Mill se completó en 1861 (Bun kyu 1) y toda la planta se convirtió en Nagasaki Shipyard Corporation bajo el mando del entonces Ministerio de Ingeniería en 1871 (Meiji 4). El gobierno se deshizo de esta planta y se convirtió en Kanrinmaru, y todavía lo es hoy, en el astillero Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. Nagasaki en 1888 (Meiji 20). Por otro lado, la construcción del Astillero Uraga se inició bajo la dirección de Francia en 1857 (Ansei 4) y se completó como el primer dique seco en Japón en 1859 (Ansei 6). Es bien sabido que este muelle se utilizó para equipar el buque de guerra Kanrin Maru. En 1856 (Ansei 3) se importaron una docena de máquinas herramienta fabricadas en Ámsterdam junto con la Kanrin Maru, que también se construyó en los Países Bajos^{42)~44)}.

En la Acería se realizaban operaciones de fundición con hornos y forja con martillos de vapor, corte con maquinaria mecánica y calderería con chapa de hierro y bronce. Es muy probable que las operaciones de fabricación requirieran el uso de instrumentos de medición, además de máquinas herramienta, que tuvieran graduaciones exactas, por lo que se importaron escalas y

calibradores. Está registrado que se importó una planta completa de Francia al astillero de Uraga en 1861.

Se cree que los franceses deben haber contribuido al desarrollo de dispositivos de medición japoneses. Quedan algunos registros sobre las máquinas herramienta en el astillero de Nagasaki pero, desafortunadamente, ninguno sobre calibradores u otros instrumentos de medición.⁴⁵⁾

El gobierno de Edo envió a 15 samuráis e ingenieros a los Países Bajos como estudiantes en el extranjero en 1862 (Bunkyu 2).

Es cierto que algunos clanes feudales individuales también enviaron estudiantes en secreto a estudiar en el extranjero.

Sin embargo, finalmente el Gobierno emitió una notificación en 1866 (Keio 2) para permitir oficialmente estudiar en el extranjero.

Después de eso, terminó la política de aislamiento y un mayor número de estudiantes se fue al extranjero, comenzando por los Países Bajos, para estudiar en los Estados Unidos, el Reino Unido, Francia y Alemania. Por cierto, fue el clan Saga el que construyó el primer horno de reverbero que podría considerarse el origen de la tecnología moderna en Japón. El clan construyó este horno en 1850 (Kaei 3) utilizando un documento técnico obtenido de los Países Bajos. A esto le siguió el gobierno que construyó el mismo tipo de horno en Nirayama, Izu, que fue seguido por el clan Satsuma en el mismo año, luego por el clan Mito (Nakaminato) para fundición de cañones de hierro y bronce. Dado que los Países Bajos introdujeron ampliamente el sistema métrico en 1821, los detalles técnicos habrían sido en unidades métricas. Francia también pasó al uso del sistema métrico en 1840^{46) 47)}. Como consecuencia, el horno de reverbero pasó a construirse utilizando unidades métricas. En otras palabras, es bastante natural que el metro se convirtiera en la unidad de longitud preferida en Japón porque se importaron máquinas herramienta de los Países Bajos y Francia y los ingenieros de esos países también vinieron a enseñar a la gente la tecnología de mecanizado^{43) 44)}.

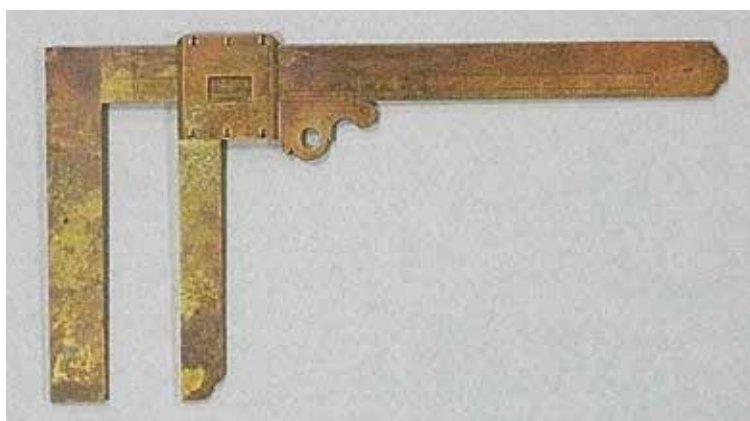
Teniendo en cuenta estos hechos, no podemos pensar que sea cierto que los calibradores deslizantes desarrollados en los Estados Unidos llegaron a Japón a través de Europa al final de la era Edo, ya que el advenimiento de los calibradores en los Estados Unidos fue en 1851 y el número fabricado fue muy limitado. Aunque es razonable suponer que los calibradores se importaron tanto de Francia como de los Países Bajos, esto no está claro.

Completamente al margen de las consideraciones anteriores, Shungaku Matsudaira, quien fue designado gerente general para asuntos políticos, que correspondía a Tairo (Gerente General) del Gobierno al final de la era Edo, poseía un calibrador deslizante llamada "Tamajaku" (es decir, "Escala de gemas") creado por Norichika Ohno-Yasaburo, quien fue empleado del clan de Matsudaira en Fukui. Este calibrador fue donado al Museo Histórico de la Ciudad Natal Municipal de Fukui y permanece allí hoy, y se muestra en la Figura 76. El nombre del fabricante, Norichika Ohno-Yasaburo, está estampado en el extremo del brazo (ver Figura 76 (d)). Toshio Kajiwara, quien es arqueólogo industrial y coleccionista de instrumentos de medición de escala y longitud, dice que este sello sin duda fue realizado por el mismo Norichika Ohno y el año de fabricación de este calibrador fue en algún momento entre 1855 y 1861 (Ansei 2 - Bunkyu 1), que es anterior al momento en que se

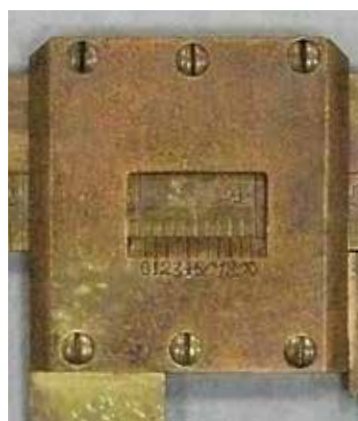
fue al extranjero para estudiar en los Países Bajos⁴⁸⁾.

En conclusión, esta es la escala móvil más antigua con graduaciones vernier, o calibrador vernier, en Japón.

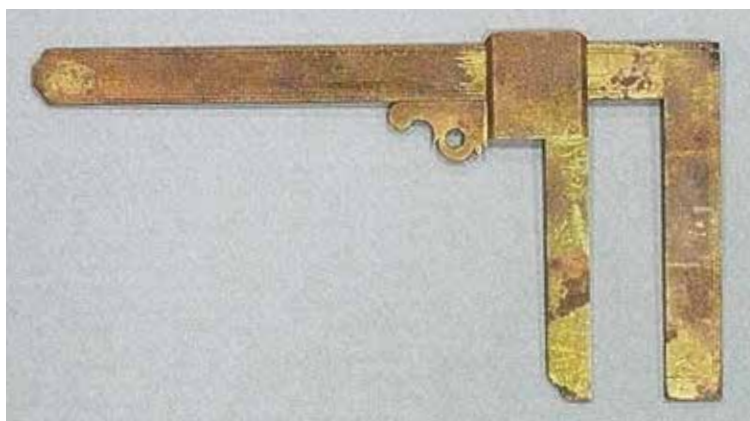
Se fabricó independientemente del establecimiento del astillero y molino de hierro antes mencionado. Teniendo en cuenta que el año en que Brown & Sharpe en los Estados Unidos fabricó por primera vez un calibrador fue 1851³⁾, la fabricación por Norichika Ohno se supone que es alrededor de 1858, y que el calibrador deslizante con graduaciones diagonales fue fabricado por el padre de Norichika Ohno, mencionado más adelante, alrededor de 1843 (Tempo 14), podemos decir que los calibradores deslizantes fueron fabricados en Japón no mucho más tarde que en otros países industrializados.



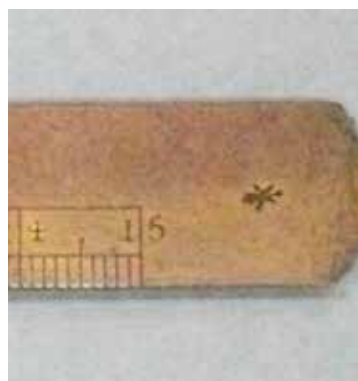
(a) Una vista general (Escala principal: graduaciones milimétricas)



(b) Graduaciones Vernier en el cursor deslizante



(c) Vista general al dorso (graduaciones sol, bu, rin, Intervalo de medida: 5 soles)



(d) El sello de Norichika Ohno-Yasaburo

Figura 76 Calibrador deslizante que poseía Shungaku Matsudaira. Esto se llamó "Escala de Gemas" fabricado por Ono Yasaburo Norichika. El valor máximo de graduación es de 150 mm. (Intervalo de medición; 130 mm. Graduaciones principales de la superficie trasera: 5 rins en todo el intervalo de medición de 5 soles 5 bus) Fabricado alrededor de 1855 a 62 (período Ansei) y en posesión del Museo Histórico Municipal de la Ciudad de Fukui.

Norichika Ohno nació como la tercera generación de una familia que era buena en la fabricación de instrumentos astronómicos, donde su abuelo Norisada Ohno-Yagoro y su padre Noriyuki Ohno-Yasaburo fueron los Ingenieros Oficiales de Relojería del Edo Shugonate Clock Bureau durante dos generaciones consecutivas. Su abuelo Norisada Ohno-Yagoro y su padre Noriyuki Ohno-Yasaburo también fabricaron algunos de los instrumentos de medición de encuestas que utilizó Tadataka Inoh. En 1855 (Ansei 2), Norichika Ohno fue invitado por Shungaku Matsudaira del Clan Echizen para servir como instructor, enseñando técnicas de fabricación de instrumentos a los sirvientes o guerreros feudales. Las graduaciones de la escala principal en la cara frontal del calibrador deslizante que se muestra en la Figura 76 están en mm, con un valor máximo de 150 mm. El intervalo de medición es de 130 mm, y la escala vernier grabada en el borde del recorte en el control deslizante da una resolución de 0.1 mm como resultado de dividir un intervalo de 9 mm por diez. La posición cero de las graduaciones vernier se coloca en una posición de aproximadamente 10 mm desde la superficie de medición del deslizador. La cara posterior tiene graduaciones shaku y bu. Las graduaciones en la fila inferior se dan en incrementos de 2 rin hasta 4 soles, y además se dan en incrementos de 1 rin para el intervalo de 1 sol hasta el final correspondiente a 5 soles. Las graduaciones en la fila superior se dan en incrementos de 0.5 rin desde la esquina de la punta fija hasta 5 soles 5 bus. La ausencia de graduaciones vernier significa que este calibrador se puede utilizar como regla general. El material es latón, el ancho de la escala principal es de 15 mm (5 soles), el espesor es de 2.2 mm, el ancho de las puntas del lado de la escala principal

es de aproximadamente 15 mm, el ancho de las puntas del lado del deslizador es de 11.5 mm y la longitud de la punta es de 80 mm, por lo que el ancho total de este calibrador es de aproximadamente 100 mm, incluido el deslizador, o 97 mm sin incluir el ancho completo del deslizador.

Noriyuki Ohno, el padre de Norichika Ohno, también fabricó un calibrador deslizante con una escala diagonal, es decir, calibradores "Nogisu" como se muestra en la Figura 77, y este calibrador estaba hecho de latón. Las graduaciones diagonales grabadas de la escala brindan una resolución de 1 bu, y el intervalo de medición total es de 3 soles. Para facilitar la lectura de la medición en el punto donde una línea de graduación diagonal se cruza con el borde del cursor, estas graduaciones de subdivisión están grabadas a lo largo del borde del cursor, lo que permite leer en unidades rin. El reverso está graduado hasta 5 soles con una resolución de 5 rins. Si se extiende girando la parte de graduación en la parte inferior de la escala principal después de quitar el cursor deslizante, se puede usar como una escala o regla graduada de 1 shaku. Se cree que esta escala móvil se fabricó durante la primera mitad de la década de 1840. El mencionado Toshio Kajiwara asume su año de fabricación a juzgar por la vida de Noriyuki Ohno, y conserva el instrumento cuidadosamente. Aunque el calibrador con escala diagonal que se conserva en la Colección Ted Crum en Francia se menciona en la Figura 37 de la Sección 8.2, se desconoce la existencia actual de otros. Este ejemplo particular de calibrador deslizante de Noriyuki Ohno es notable ya que varias unidades, incluidas las imperfectas, se encuentran en varios museos de Japón. Aunque el sistema de división de escala es diferente del calibrador deslizante fabricado



(a) Graduaciones diagonales de la superficie con una lectura mínima de 1 rin



(b) Graduaciones solares en el reverso. La lectura mínima es de 5 rins, y el valor máximo de graduación es de 5 soles

Figura 77 Calibrador deslizante con una escala diagonal hecha por Noriyuki Ohno-Yasaburo... Si quita el deslizador girando la parte inferior de la escala principal y usa las graduaciones en el reverso, puede usarlo como una regla de 1 shaku. Data de la primera mitad de la década de 1840 (Tempo 11).

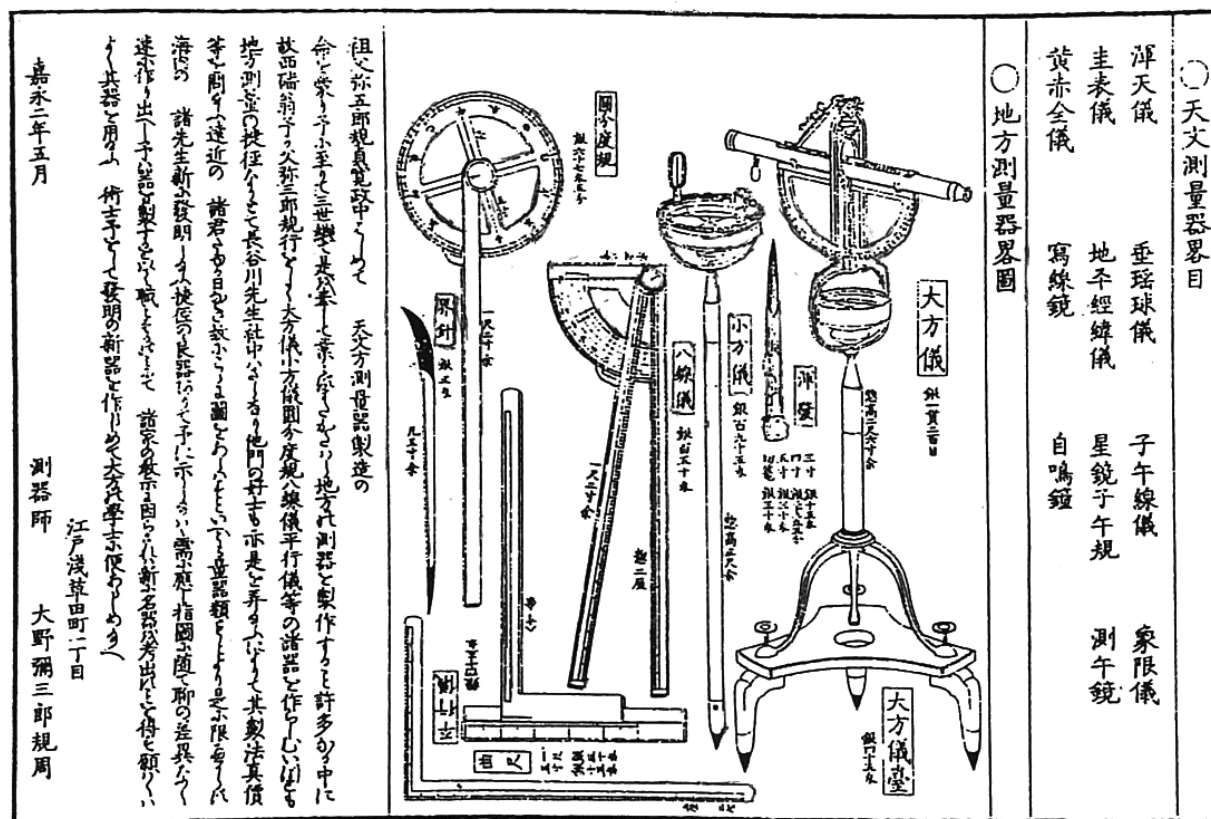


Figura 78 Hikihuda (volante) emitido por Norichika Yasaburo-Ohno en 1849 (Kaei 2)

por Norichika Ohno mencionado anteriormente, se puede decir que es el calibrador deslizante más antiguo de Japón, ya que puede leer hasta $1/10$ de una graduación.

A juzgar por el hecho de que la forma de este calibrador deslizante se parece mucho a la forma que se muestra en la Figura 76, parece que Norichika Ohno lo fabricó imitando el calibrador deslizante de su padre Noriyuki Ohno. Además, me pregunto sobre el origen de esta forma. ¿Fue de una idea original de Noriyuki Ohno o de una fuente desconocida? Esto es desconocido en la actualidad.

Sin embargo, a juzgar por el hecho de que se usó una mandíbula cónica para un Mon jaku (regla Mon) para el tabi japonés, que se hizo en base a Kanei Tsuho (1624 a 1643), aunque las graduaciones son toscas, bien podría haberlo inventado. La Figura 78 muestra un Hukihuda (un documento de “volante”) que Norichika Ohno emitió en 1849 (Kaei 2). Según este folleto, resulta que se fabricaron instrumentos de exploración astronómica, brújulas terrestres, etc., y se pueden ver escalas vernier en el Hassen-ghi (Octante), En bundokhi (Transportador semicircular) y Heikou-ghi (Situación

horizontal). indicador) descrito en el mismo. El mensaje de ventas explica que Hiroshi Hasegawa enseñó la teoría de la escala vernier y la escala diagonal, etc. al padre de Noriyuki Ohno. La teoría de la escala vernier se describió como "ya se introdujo en Nagasaki" en "Shogenghiyoho" (Uso del cuadrante) traducido por Yoshinaga Motoki y publicado en 1783 (Tenmei 3). Además, para respaldar el contenido del libro, se presentaron al Gobierno ejemplos de elementos tales como un telescopio, un instrumento topográfico, un equipo de observación astronómica, etc., y también se agregaron escalas vernier para cada escala principal. Por ejemplo, se dice que los Países Bajos presentaron al gobierno en 1791 (Kansei 3) un octante provisto de una escala vernier, pero se descuidó durante mucho tiempo porque nadie sabía cómo usarlo. Probablemente, el padre Ohno y su hijo habrían visto ese equipo. La escala vernier más antigua de Japón puede haber sido fabricada por personas entrenadas por Hazama Shigetomi en Osaka en 1793 (Kansei 5).

El espejo de observación de cuadrantes de estrellas que hicieron se conserva actualmente en el Museo de la ciudad de Kobe. Después de eso, Michikata Eizaemon-Kume de Sanuki fabricó un Chiheigi (teodolito horizontal) con escala vernier en 1806 (Bunka 3), y también produjo octantes y cuadrantes equipados con escalas vernier. La casa de Otani en Osaka, que se describe a continuación, fue fundada en 1838 (Tenpo 9) y fabricó reglas. Parece haber un documento que indica que usaron la escala diagonal que fue la predecesora de la escala vernier⁵⁰⁾.

Aceptando el pedido de Hiroshi Hasegawa, Noriyuki Ohno fabricó un indicador de situación horizontal y un transportador con escala vernier. Además, alguna literatura afirma que Tadataka Inoh usó escalas diagonales en su levantamiento topográfico.

Por lo tanto, no es de extrañar que Norichika Ohno fabricara estos instrumentos. No es de extrañar, además, que se utilizaran graduaciones milimétricas para los calibradores, ya que los dibujos de fusiles, cañones o altos hornos, etc., procedentes de los Países Bajos, se dimensionaban en unidades métricas incluso en aquella

época. Además, en 1852 (Kaei 5), se emitió un Hikihuda (folleto) para instrumentos topográficos de la tienda Tamaya Kichijiro, ubicada en Edo Ryogoku Yokoyama-cho 3-chome (cerca del actual puente Ryogoku Nishisume), que dio el nombre de ingeniero de instrumentos Norichika. Ohno-Yasaburo como fabricante ilustró instrumentos de reconocimiento astronómico e instrumentos de reconocimiento terrestre local. Estos instrumentos se utilizaron para medir la tierra local con fines de administración agrícola⁵¹⁾. Se puede ver que las graduaciones en el calibrador de Norichika Ohno tienen buena calidad en general, pero las graduaciones vernier para 2, 7 y 8 son ligeramente más gruesas que el resto. Con este calibrador, el autor midió las dimensiones calibradas de las piezas de prueba que consistían en cilindros coaxiales de varios diámetros, bloques escalonados y bloques patrón estándar, y obtuvo los resultados que se muestran en las Tablas 1 y 2.⁵²⁾ Estos resultados se obtuvieron a partir de 5 mediciones secuenciales y el intervalo y la medición de los valores medidos se muestran en las tablas. Los valores de calibración fueron obtenidos

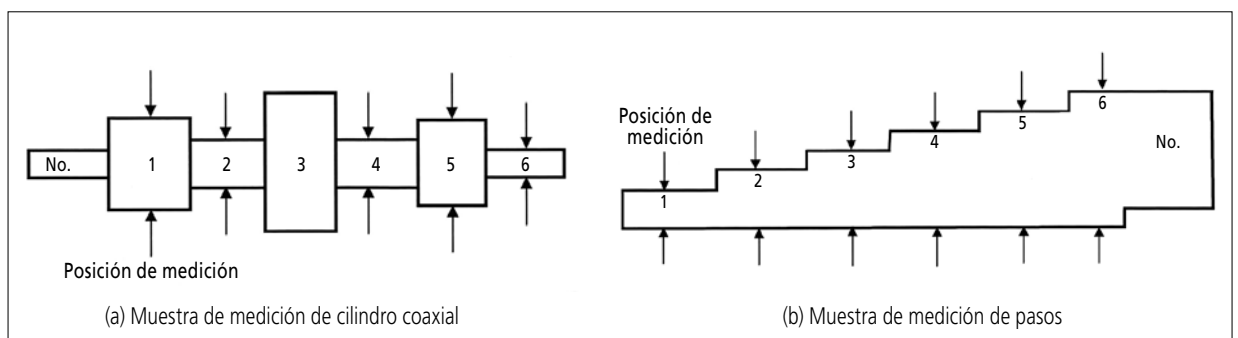


Figura 79 Formas de piezas de prueba y posiciones de medición

Tabla 1 Resultados de la medición de la pieza de trabajo del cilindro (Temperatura en el momento de la medición: 25.5-26.7 °C) Unidad: mm

Posición de medición	Posición 1	Posición 2	Posición 3	Posición 4	Posición 5	Posición 6
Valor calibrado	15.97	13.92	24.94	13.76	18.02	11.96
Valor medido	15.9~16.0	13.9	24.9~25.0	13.7~13.8	18.0~18.1	11.9~12.0
Promedio de los valores medidos	15.9 ₆	13.9 ₀	24.9 ₈	13.7 ₈	18.0 ₂	11.9 ₈

Tabla 2 Resultados de medición de muestra de pieza de trabajo escalonada y bloque patrón (G. B.) (temperatura en la medición: 25.5-26.7 °C)

Unidad: mm

Posición de medición	Posición 1	Posición 2	Posición 3	Posición 4	Posición 5	Posición 6	G.B. 1	G.B. 2	G.B. 3
Valor calibrado	6.34	9.59	14.54	18.22	22.10	24.16	30.000	75.000	105.000
Valor medido	6.3~4	9.6	14.5~6	18.2~3	22.1	24.2	30.0	74.9~75.0	104.9
Promedio de los valores medidos	6.3 ₈	9.6 ₀	14.5 ₄	18.2 ₄	22.1 ₀	24.2 ₀	30.0 ₀	74.9 ₄	104.9 ₀



Figura 80 Calibradores simplificados de latón, era Edo tardía



Figura 81 Calibradores deslizantes de latón hereditarios de Shiga, Nagahama, Kyubei Kunitomo

Figura 82 Calibradores deslizantes de latón fabricados por Tohachi Kunitomo, Nagahama Shiga
(Colección Toyota del Museo Conmemorativo de Industria y Tecnología de Toyota) 1855

con mucha exactitud por el Laboratorio de Medición de Mitutoyo y redondeados para que coincidan con las mediciones realmente obtenidas del calibrador objeto de esta prueba.

El valor medio de cada medición se comparó con el valor calibrado para probar la exactitud del calibrador.

Se comprobó la variación en la medida cuando se tomó en la raíz y el extremo de la punta, pero se encontró que era inferior a 0.1 mm. Dado que la temperatura ambiente en el momento de la medición estaba entre 25.5 y 26.7 °C, la influencia de la diferencia en los coeficientes de expansión térmica del acero y el latón puede despreciarse porque resulta ser 0.001 mm, suponiendo que la medición de las longitudes medidas sea 25 milímetros.

Se encontró que la incertidumbre de medición expandida de este calibrador es de 0.08 mm, por lo que se puede decir que su exactitud es comparable a los calibradores vernier actuales. Se notó que las graduaciones más cercanas a 70 mm están ligeramente extendidas, lo que tenderá a dar un valor de medición más pequeño aquí. En cualquier caso, el rendimiento de la medición es bueno. Por esta época se fabricaron algunos calibradores sin vernier que utilizaban una ranura para guiar el deslizador, como muestra el calibrador simplificado de la Figura 80. Este calibrador está en la colección de Toshio Kajiwara, junto con el calibrador que se muestra en la Figura 77. Se desconoce el nombre del fabricante y el año de fabricación. La resolución de la escala principal es de 2 rins y el valor máximo de medición de 4 soles.

Las graduaciones en el lado del deslizador dan una resolución de 1 bu y miden hasta 5 soles. Este instrumento también se puede utilizar como regla general. Las graduaciones del reverso se proporcionan hasta 5 soles 5 bus, y la resolución es de 2 rins. Las graduaciones parecen algo desiguales. Los calibradores con especificación de ranura se basan en el calibrador deslizante chino más antiguo, como se muestra en la Figura 5.

Teniendo en cuenta que la variación del tamaño de la escala ocurrió unos 150 años después que en China^{13) 53) 54)} y que el dinero se estaba transfiriendo, etc., esta estructura nos lleva a suponer que los calibradores deslizantes aparecieron en Japón considerablemente más tarde. Junto con calibradores simplificados de la misma forma, el calibrador simplificado que se muestra en la Figura 81 que pertenecía a Kyubei Kunitomo, un armero que fabricó y suministró una gran cantidad de mechas a Nobunaga Oda, de Ohmi, la actual ciudad de Nagahama, prefectura de Shiga.⁵⁵⁾

Aunque Kunitomo trabajó con Toyotomi y Tokugawa desde la Era de las Guerras Civiles, se desconoce el momento en que se usaron por primera vez tales calibradores simplificados.

Además, la Figura 82 muestra un calibrador deslizante de latón fabricado por Tohachi Kunitomo. Este calibrador simplificado se almacena en el Museo Conmemorativo de Toyota Industry and Technology Toyota Collections⁵⁶⁾. Dado que este calibrador simplificado es un instrumento de medición que se dice que se suministró durante el período Ansei cuando Sotomori Hayashi,



Figura 83 Calibradores simplificados de madera (Gem Scale)
Período Meiji



Figura 84 Calibradores simplificados de madera (Gem Scale)
Período Meiji



Figura 85 Calibradores simplificados de madera (Gem Scale)
Período Meiji

uno de los vasallos de los Hojos del país Kawachi del clan Sayama que servía como criado principal, trabajaba en este clan aislado en 1855 (Ansei 2), se cree que data de la misma época que las fabricadas por Norichika Ohno.

A diferencia de estos calibradores fabricados de forma independiente por Noriyuki Ohno, Norichika Ohno y Kunitomo el armero, los calibradores simplificados de madera se fabricaron imitando los calibradores simplificados que se cree que llegaron a Nagasaki o Uraga al final de la era Edo o en las primeras etapas de la Período Meiji. Las figuras 83 a 87 muestran algunos de los calibradores simplificados que posee Hakari No Yakata en la prefectura de Mie, que también posee los antiguos calibradores deslizantes transferidos desde Francia como se describió anteriormente. Estos calibradores están hechos de madera y latón, y la mayoría de ellos son calibradores deslizantes sin escalas vernier, por lo que se cree que se fabricaron en el período Meiji.

Los calibradores de madera que se muestran en las Figuras 83 a 85 también se asemejan a los calibradores simplificados de los modelos American Brown & Sharpe y



Figura 86 Calibres metálicos simplificados de pequeño tamaño (Gem Scale)
Período Meiji



Figura 87 Calibradores simplificados de mordaza larga de latón,
Período Meiji

Starrett que se muestran en las Figuras 18 y 22.

La Figura 86 muestra un instrumento fabricado para medir artículos específicos como perlas y joyas, etc.

Podemos decir que hubo un tiempo en que en Japón convivían, al igual que en Europa, los calibradores simplificados (calibradores deslizantes sin vernier) y los calibradores con vernier. El calibrador deslizante que se dice que es el más antiguo de Japón en el registro de calibradores deslizantes para uso industrial es el que se puede encontrar entre los instrumentos que el profesor Francis (W.C.A. Francis, ingeniero de Pratt & Whitney) llevó consigo desde los Estados Unidos cuando fue invitado a la Escuela Técnica Superior de Tokio (actualmente el Instituto de Tecnología de Tokio) en agosto de 1903 (Meiji 36). En consecuencia, es un hecho que en la escuela se utilizaron desde esta época calibradores deslizantes. Si se introdujeron en Japón por primera vez, el nombre del instrumento podría haber sido algo corrompido de "vernier caliper" a la jerga local, no "nogisu", que en realidad estaba corrompido del alemán o el holandés.

Existe un registro de que el Sr. Ohtani de Osaka Minami-ward Junkei-cho exhibió un calibrador deslizante hecho de acero y latón en la Quinta Exposición Industrial Nacional celebrada en Osaka en 1903 (Meiji 36).³⁾

Fueron 60 años después de que se fabricaran los calibradores en Francia en 1840, 52 años después de que el estadounidense Brown fabricara calibradores deslizantes y 45 años después de que Norichika Ohno fabricara un instrumento similar. Probablemente, Ohtani era un fabricante de herramientas de medición, ya que expuso en la misma oportunidad calibradores de interior y exterior, compás, escuadra, regla, además del "nogisu" (calibrador) antes mencionado. O podemos decir que el nombre de "nogisu" ya se había difundido considerablemente en ese momento. Se supone que fue una imitación del importado antes de 1903, ya que probablemente no se fabricó según el método tradicional con el que Norichika Ohno fabricaba sus calibradores, o bien se fabricó originalmente por separado. O se dice que podría estar basado en el que llevó un ingeniero alemán empleado a principios del período Meiji. Cuando Ikegai Iron Factory (actualmente IKEGAI Corporation) fabricó por encargo de la Escuela Técnica Superior de Tokio dos tornos tipo Bradford de 14 pulgadas en 1905 (Meiji 38), los fabricantes de máquinas en ese momento medían las dimensiones usando pases (calibradores) y reglas, sin usar ni "nogisu" ni micrómetros. Sin embargo, dado que las herramientas de medición llevadas con el profesor Francis se usaron para la prueba de aceptación de estos dos tornos, difícilmente pudieron pasar la prueba, tuvieron problemas con reelaboraciones repetidas y la calidad de las herramientas de medición estuvo lejos de alcanzar el nivel de inspección requerido. Es decir, probablemente, se debe concluir que el calibrador deslizante apenas se usaba en nuestro país hasta esos días, excepto en lugares específicos. Aun así, me pregunto si se usaron algunos calibradores en el área de Kansai ya que un fabricante en Osaka los exhibió en la exposición. Es difícil entender esta situación porque incluso Ikegai Iron Factory, el principal fabricante de máquinas herramienta, no las utilizó.

Por cierto, las "Técnicas prácticas de fabricación" escritas en 1907 (Meiji 40) por Tatsue Ikeda, el autor y uno de los representantes de Ikegami Manufacturing, como se describe claramente en el libro de texto para aprendices de trabajadores de la División de Fabricación de Máquinas del Arsenal Naval de Kure. el "Vernier Caliper" (comúnmente llamado "nogisu"). En la figura se muestra la forma de los calibradores hechos por Brown & Sharpe.

11. Puesta en marcha de la producción industrial y proliferación

Se dice que el uso completo de los calibradores vernier en Japón comenzó con un tipo ordinario de calibrador vernier importado del Reino Unido a principios de la era Taisho.^{3) 57)}, y por lo tanto conocido como el calibrador vernier de tipo británico. La figura 88 muestra un pie de rey normal fabricado en Japón a imitación del tipo británico. Aunque el fabricante no está definido, este producto está grabado con "Tokyo(㊦)-mark" y fue fabricado alrededor de 1935 y ahora se exhibe en el Museo Mitutoyo.²³⁾

Este pie de rey tiene graduaciones en pulgadas en la cara frontal, lo que proporciona subdivisiones de 1/8 de pulgada, una resolución de 1/64 de pulgada y un intervalo de medición de 1 pie.

También tiene graduaciones milimétricas y sol/bu en la cara posterior que proporcionan subdivisiones de 1 mm y 1 bu, una resolución de 0,05 mm y 1 rin y un intervalo de medición de 300 mm y 1 shaku. En 1944, Sugiura Shoten fabricó casi el mismo calibrador que el anterior, con graduaciones en pulgadas con una resolución de 1/128 de pulgada y un intervalo de medición de 12 pulgadas. Como se muestra en la Figura 89, se fabricó un pie de rey de forma especial con una barra redonda formada en una superficie similar a una placa como escala principal.

Aunque este tipo de escala principal está sujeta a deformaciones, esta escala presenta menos deformación básicamente debido a que es una barra redonda.

Tiene un intervalo de medición de 150 mm, lo que proporciona una resolución de 0.02 mm con 49 mm divididos uniformemente en 50. Este calibrador está estructurado de manera que la punta fija puede cambiar de posición hasta 5 mm y ambas puntas son reemplazables para comodidad de los usuarios.

El Museo Mitutoyo también exhibe otro calibrador a vernier de tipo ordinario de la misma edad que en la Figura 90, que tiene un intervalo de medición de 1 m con marcado "NIIGATA y サ bajo un símbolo de montaña de tres triángulos" grabado en él.²³⁾

Este calibrador puede medir hasta 40 pulgadas con graduaciones de 1/16 de pulgada y una resolución de 1/128 de pulgada en el borde inferior de la cara frontal, y graduaciones de 1/20 de pulgada con una resolución de 1/200 de pulgada en el borde superior.

También cuenta con graduaciones de hasta 1000 mm y 3 sun 3 bu en la cara posterior, brindando una resolución de 0.05 mm y 5 moh, respectivamente. Las graduaciones de este calibrador están bien grabadas hasta 1 m considerando su edad.

La mayoría de los calibradores comunes en ese momento tenían graduaciones en pulgadas en el borde superior y graduaciones en milímetros en el borde inferior. Muchos calibradores tienen graduaciones en pulgadas en la cara frontal, lo que proporciona escalas vernier para una resolución de 1/100 de pulgada en el borde superior y 1/128 de pulgada en el borde inferior.

También tienen graduaciones milimétricas y sol/bu en los bordes superior e inferior de la cara posterior. En aquellos días, la mayoría de los calibradores vernier con un intervalo de medición de hasta 300 mm aplicaban las llamadas "escalas de 4 pasos de 3 países", que tenían graduaciones en milímetros y pulgadas en la cara frontal y graduaciones en pulgadas y sol / bu en la cara posterior. Algunos otros calibradores vernier con un intervalo de medición más largo que 300 mm aplicaron las llamadas "escalas de 4 pasos de 2 países", que tenían graduaciones en pulgadas y milímetros en las caras delantera y trasera con una resolución de 1/128 pulgadas



Figura 88 Calibrador vernier de tipo ordinario marcado con Tokyo(㊦) (japonés), 1935



Figura 89 Calibrador Vernier tipo barra redonda fabricado por Ninken (japonés), 1940



Figura 90 Calibrador vernier de tipo ordinario NIIGATA marcado con ヤマサ- 1 m, 1935

y 0.05 mm respectivamente. Estos tipos de calibradores vernier se usaban más comúnmente hasta el final de la Segunda Guerra Mundial. Estaba disponible un pie de rey de tipo ordinario de punta larga similar a un tipo ordinario reemplazado por una punta más larga como se muestra en la Figura 91⁵⁷⁾.

Este tipo se aplicó generalmente a los calibres vernier con un intervalo de medición de hasta 300 mm para poder medir el diámetro de la tubería de acero hasta 160 mm.

En 1944, durante la Segunda Guerra Mundial, se fabricó un pie de rey de tipo ordinario con punta redonda (como se muestra en la Figura 92) a imitación de los de las Figuras 41 y 43. También se fabricó un pie de rey con puntas redondas y angulares como se muestra en la Figura 93 para medir el espesor de la tubería de acero y piezas con bridas. Parece que se han aplicado varias formas de puntas a los calibradores vernier de tipo ordinario porque su estructura podría fabricarse fácilmente. La proliferación de calibradores vernier estadounidenses en Japón fue mucho más tardía que la de los británicos. A principios de la era Showa, se importaron calibradores vernier fabricados por Brown & Sharpe y Starrett con un patrón similar y ambas marcas se usaban comúnmente. Como se muestra en la Figura 49, este tipo de calibrador estaba equipado con un cursor tipo caja y topes incorporados para la medición interior en cada punta.

El Calibrador Vernier de la Figura 94, que se exhibe en el Museo

Mitutoyo, se fabricó en 1944 a imitación del pie de rey de Brown & Sharpe. Los calibradores vernier alemanes fabricados por Mauser-Messzeug GmbH se importaron en el cuarto o quinto año de la era Showa, y los calibradores de este tipo parecen haber estado muy extendidos. Este tipo parece ser el estilo europeo, particularmente el patrón alemán como se ve en los calibradores de la firma británica Rawco (Figura 42) y las firmas alemanas de Adolf Pfeiffer (Figura 45), Carl Mahr (Figura 62) y Mauser (Figura 64).), etc. En consecuencia, este tipo fue codificado en la estructura de Normas JIS que se estableció en los días de la posguerra. Muchos calibradores vernier domésticos comenzaron imitando el estilo alemán, específicamente el tipo Mauser. Con el fin de discriminar entre estos productos estadounidenses y alemanes, hubo un período en Japón durante el cual un pie de rey del estilo de producto estadounidense (tipo JIS CB) se denominó "Caliper" y el del estilo de producto alemán (tipo JIS M) se denominó "Nogisu". En cualquier caso, hasta aproximadamente 1930 (Showa 5) solo los productos extranjeros habían satisfecho la demanda del mercado, aunque los productos nacionales fabricados por Otani existían en la era Meiji como se mencionó anteriormente. La empresa que entró en la producción industrial de calibradores fue Tajima Seisakusho⁵⁸⁾⁻⁶⁰⁾ que lanzó por primera vez calibradores vernier en 1930 (Showa 5).

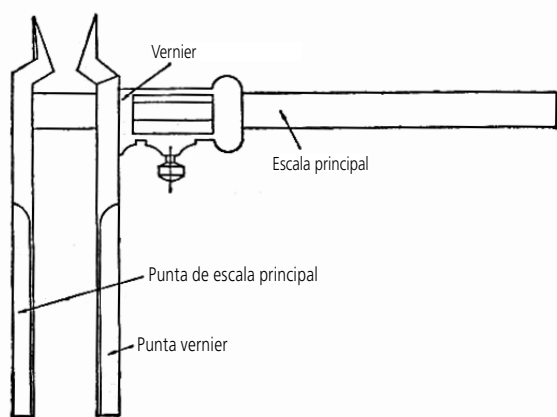


Figura 91 Calibrador vernier de tipo ordinario de punta larga, Japón, principios de era Showa

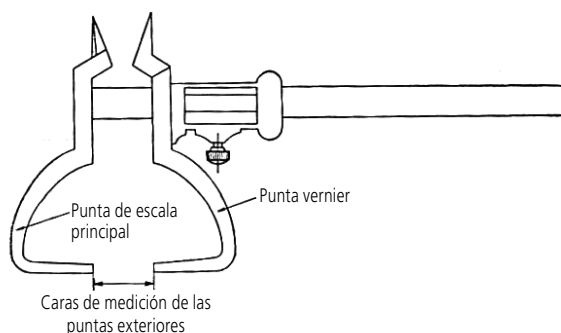


Figura 93 Calibrador vernier de tipo ordinario de punta redonda y angular (para espesor), Japón, principios de era Showa



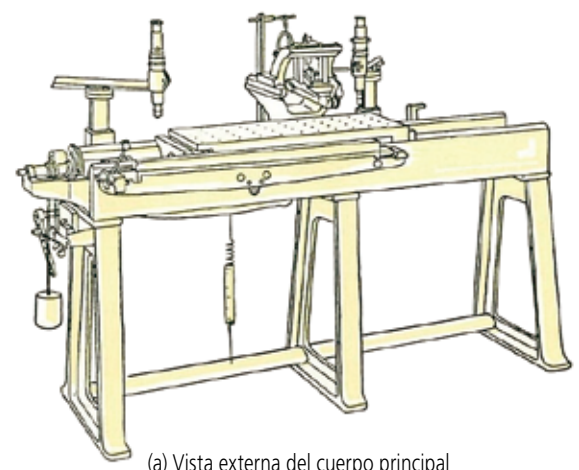
Figura 92 Calibrador Vernier Tipo ordinario de punta redonda Fujiyama Mfg. Co., 1944



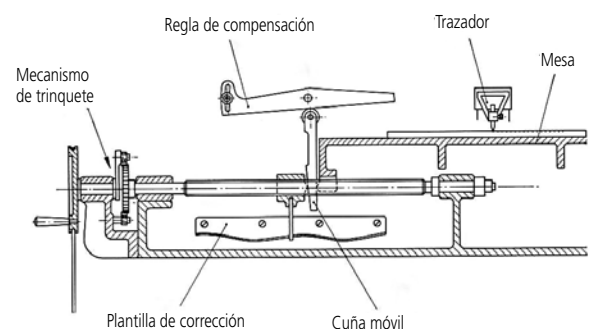
Figura 94 Calibrador Vernier tipo Brown & Sharpe, Okada Yasukichi Shoten (Japón), 1944

En ese momento, Tajima Seisakusho pasó a llamarse Matsuo Seisakusho y desempeñó un papel activo como fabricante de patrones de longitud y también calibradores graduados utilizando un motor de graduación lineal⁶¹⁾ de la firma suiza SIP (Societe Genevoise d'Instruments de Physique) como se muestra en la Figura 95 (a). Esta máquina estaba equipada con un mecanismo de plantilla para corregir el error de paso aleatorio en el husillo de la máquina, como se muestra en la Figura 95 (b), logrando así una exactitud de avance muy alta de la mesa en la que se montó la escala a graduar⁶²⁾. La segunda empresa que fabricó calibradores vernier fue la actual Nakamura Mfg. Co.⁵⁸⁾ en 1938 (Showa 13). Iwao Nakamura inició el negocio siguiendo el consejo de alguien con miras a la comercialización de calibradores vernier mientras establecía el laboratorio de calibradores KANON, donde había fabricado un calibrador vernier tipo Mauser junto con la investigación de tecnología graduada óptica. Al principio, la capacidad de producción de los calibradores vernier era de unas 100 piezas al mes, vendiéndose bajo el nombre de Kanon Caliper. Kanon significa patrón/referencia en latín. El nombre de la empresa se cambió a Nakamura Mfg. Co., Ltd. en 1943 (Showa 18). El hecho de que el grabado exacto de las graduaciones del calibrador está lejos de ser un trabajo fácil ya se ha tratado con respecto a los calibradores Brown & Sharpe. Nakamura Mfg. Co. avanzó en la investigación y el desarrollo de la tecnología de graduación óptica y logró crear un método de graduación mediante fotograbado.⁵⁷⁾ Esto permitió la producción en masa de calibradores a vernier. La empresa inició su producción en serie de ellos en 1943 (Showa 18) para satisfacer la demanda. El uso de calibradores vernier había aumentado durante la Segunda Guerra Mundial, extendiéndose significativamente por todo Japón. Dado que se requiere una gran cantidad de calibradores vernier durante la guerra, la cantidad de fabricantes de calibradores aumentó hasta el final de la Segunda Guerra Mundial. En ese momento en Tokio había muchos fabricantes de calibradores como Sugiura Shoten, Citizen Watch, Takayama Seimitsu, Saisuke Tatebayashi (personal), Takeuchi Seisakusho, Tamaya Shoten, Togoshi Seiki, Nakamura Mfg. Co., Nihon Seisokuki, Matsuura Seisakusho, Yamayo Measuring Tools Co., (Kamoshita Doki hasta Showa 39) además de Tajima Seisakusho (Matsuo Doki hasta Showa 15).⁶³⁾ También existían muchos otros fabricantes en Niigata, Gifu y Osaka, etc.

En aquellos días, los calibradores vernier se clasificaban como reglas y los fabricaban proveedores que obtenían una licencia de fabricación conforme a la Ley de Pesos y Medidas. Los calibradores vernier individuales debían tener un certificado de inspección del laboratorio de inspección de la prefectura nacional o alternativa y los calibradores solo podían venderse con la marca de certificación grabada en ellos. El error instrumental fue determinado por esta inspección. La ordenanza imperial No. 222 emitida en 1945 (Showa 20), cuando la situación de guerra se estaba deteriorando, había decretado que los calibradores vernier debían ser tratados como un nuevo tipo de dispositivo de medición con una tolerancia de aceptación independiente de la categoría de las reglas⁶⁴⁾ el 1 de enero, o posterior, del mismo año. Los calibradores vernier de espesor de dientes también se agregaron como una categoría especial de dispositivo de medición. Sin embargo, poco después del final de la guerra, la fabricación de herramientas de medición como los calibradores vernier se vio interrumpida por la suspensión de la industria manufacturera.



(a) Vista externa del cuerpo principal


(b) Mecanismo de corrección de errores de guía
Figura 95 Máquina graduada lineal de SIP

12. Tendencias en los calibradores Vernier después del final de la 2.ª Guerra Mundial y el establecimiento de JIS

En Europa y los Estados Unidos después de la guerra, se fabricaron varios calibradores vernier para fines especiales en paralelo con los básicos. Aquí se describen algunos ejemplos de estos, seleccionados entre los expuestos en el Museo Mitutoyo²³⁾.

La figura 96 muestra un pie de rey de Zeus fabricado en el Reino Unido que cuenta con puntas de contacto para medir el paso entre líneas o puntos, así como puntas para medir el interior y el exterior. El apoyo para el pulgar en el control deslizante lo libera y lo sujeta en su posición, según sea necesario.

La Figura 97 muestra un pie de rey de fabricación alemana con puntos de compás. Este calibrador se puede utilizar para mediciones punto a punto, así como para aplicaciones de trazado, lo que permite medir tamaños de hasta 6 pulgadas con una graduación de 1/1000 pulgadas.

La industria manufacturera en Alemania parece haberse recuperado más rápidamente que en Japón después de la guerra. La Figura 98 muestra el vernier de la empresa alemana Multipro Inc. cuya punta fija puede deslizarse transversalmente en el extremo del brazo principal y fijarse en una posición conocida con exactitud, utilizando una escala vernier de resolución de 0.1 mm, para apoyar la medición de piezas escalonadas. La escala principal (borde inferior) puede medir hasta 250 mm con una resolución de

0.02 mm y la escala superior puede medir hasta 10 pulgadas con una resolución de 1/128 de pulgada.

La figura 99 muestra un pie de rey Etalon de fabricación suiza provisto de puntos de contacto endurecidos en el par de puntas superiores para medir el grosor de una pieza achaflanada o con pestaña o el ancho de la ranura (65). Con esos pernos de 0.4 pulgadas de longitud, este calibrador puede medir hasta 10 pulgadas y 250 mm con una resolución de 1/1000 de pulgada y 0.02 mm, respectivamente.

La figura 100 muestra un calibrador vernier Mauser de fabricación alemana específico para la medición interior, que cuenta con puntas de contacto finas para la medición de la ranura interior. Este calibrador puede medir un tamaño interior de hasta 140 mm con una resolución de 0.05 mm usando la escala del borde inferior y hasta 5 pulgadas con una resolución de 1/128 de pulgada usando la escala del borde superior⁶⁶⁾.

La Figura 101 muestra un pie de rey Mauser con una escala principal de barra redonda, que puede medir el ancho de una pieza de trabajo delgada o un escalón en un orificio perforado con una resolución de 0.05 mm. Este es un tipo de calibrador de punta en forma de brida de medición de orificios⁶⁶⁾.



Figura 96 Calibrador vernier de Zeus (Reino Unido)
(Intervalo de medición: 140 mm/5 pulg., Resolución: 0.02 mm/0.001 pulg.), 1950

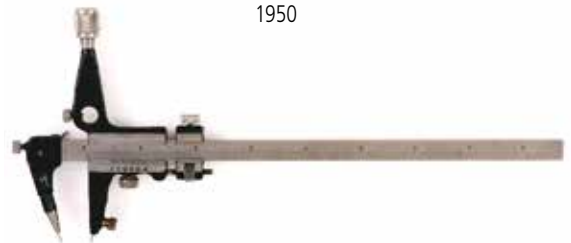


Figura 97 Calibrador vernier con brújulas (Alemania)
(Longitud del conjunto de medición: 6 pulgadas, Resolución: 0.001 pulgadas), 1950



Figura 98 Calibrador Vernier compensado Multipro Inc.
(fabricado en Alemania), 1967



Figura 99 Calibrador Vernier Etalon (hecho en Suiza), 1956



Figura 100 Vernier Calibrador para ranura interior, Mauser-Messzeug GmbH (hecha en Alemania), 1961



Figura 101 Calibrador Vernier de Mauser-Messzeug GmbH (fabricado en Alemania) para ancho delgado/escalón con orificio interior, 1961

En este país, en competencia con estos fabricantes euroamericanos, Tajima Seisakusho y Nakamura Mfg. Co. reiniciaron la producción de calibradores vernier en 1946 (Showa 21)⁵⁸⁾.

Después de este tiempo, Mitutoyo Manufacture comenzó la producción de prueba de calibradores vernier en 1949 (Showa 24), y comenzó la producción comercial en noviembre del mismo año al recibir la licencia de fabricación de conformidad con la Ley de Pesos y Medidas. Al principio, Mitutoyo graduaba manualmente las escalas de calibrador de la misma manera que en muchas otras empresas. En Japón, la graduación de las escalas vernier se cambió al método de graduación de alimentación mecánica a partir de 1954, y la de las escalas principales al método de graduación de fotograbado por luz solar desde principios de 1955 (Showa 30). Este trabajo se desarrolló aún más mediante el uso de una lámpara de vapor de mercurio en lugar de rayos solares^{58) 67)} a partir de 1958, lo que permitió la producción en masa de las escalas principales. La Guerra de Corea comenzó en junio de 1950 (Showa 25) y debido a su demanda de equipos dio un nuevo impulso a la industria mecánica japonesa.

En esas circunstancias, la demanda de calibradores vernier volvió a aumentar y, a pedido de la industria, se establecieron las Normas Industriales Japonesas (JIS) para calibradores vernier en marzo de 1954⁶⁸⁾. En aquellos días, el sistema pie-libra se usaba en muchos campos industriales bajo la ocupación de las Fuerzas Aliadas, disminuyendo el esfuerzo japonés por aplicar el sistema métrico. Sin embargo, bajo las órdenes de la Sección Económica y Científica del GHQ, Japón reinició los esfuerzos para legislar sobre pesos y medidas métricas. En junio de 1951 (Showa 26), poco antes de

la conclusión del Tratado de Paz de San Francisco en septiembre de 1951, se revisó la Ley de Pesos y Medidas y se hizo cumplir en marzo de 1952. Luego, las unidades de medida se unificaron para ser las del sistema métrico a partir del 1 de enero de 1959 (Showa 34). En consecuencia, en diciembre de 1958 se interrumpió la producción de calibradores vernier en unidades que no fueran métricas, como el calibrador de escala de 4 pasos para 2 países mencionado anteriormente. También se discutió la verificación de instrumentos de medición y esas verificaciones nacionales se delegaron gradualmente a los gobiernos de las prefecturas desde agosto de 1953. Las prefecturas de Niigata y Tokushima comenzaron la verificación metrológica en septiembre del mismo año. Posteriormente, los calibradores vernier se excluyeron de la verificación de conformidad con la Ley de medición y se cambiaron en la verificación para que fueran compatibles con JIS.

Los tipos que fueron certificados por JIS establecido en 1954 (Showa 29) fueron el tipo M, el tipo CM y el tipo CB.

El calibrador a vernier de tipo ordinario importado del Reino Unido a principios de la era Taisho, como se describe en el Capítulo 11, no fue certificado por JIS como resultado de tener en cuenta su exactitud, potencial de producción en masa, etc.

Por ello, los calibradores vernier de este tipo fueron cayendo poco a poco en desuso, desapareciendo finalmente del mercado.

Esto también podría depender del hecho de que las unidades se habían unificado como las del sistema métrico.

Los calibradores vernier tipo M adoptaron el estilo alemán Mauser, llamado así tomando la inicial de esa compañía⁵⁷⁾.

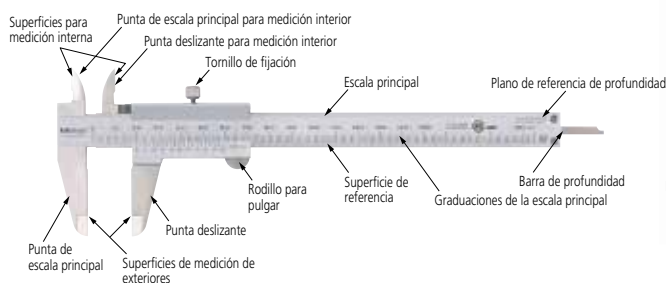


Figura 102 Calibrador Vernier tipo JIS M1, 1954



Figura 103 Calibrador Vernier tipo JIS M2, 1954

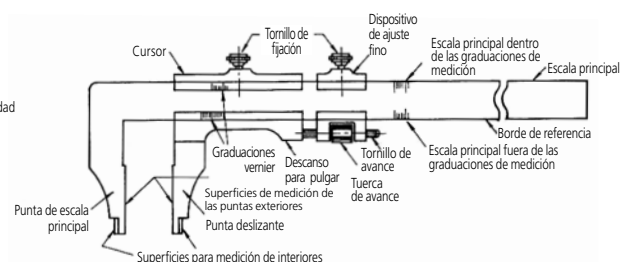


Figura 104 Calibrador Vernier tipo JIS CM, 1954

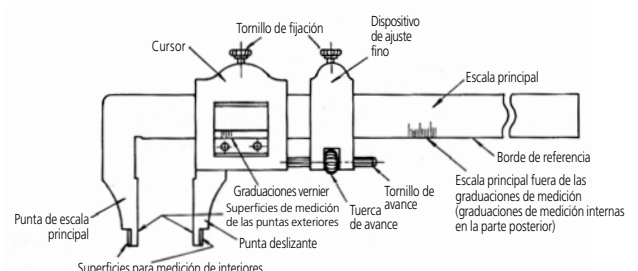


Figura 105 Calibrador Vernier tipo JIS CB, 1954

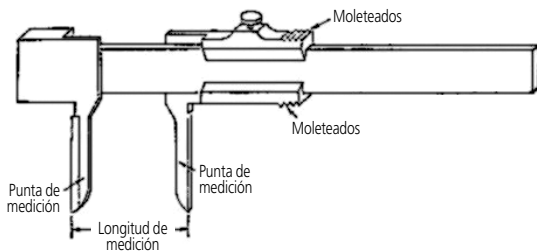


Figura 106 Calibrador Vernier de medición interior, alrededor de 1960

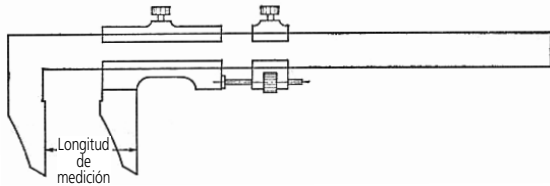


Figura 107 Calibrador Vernier de medición del paso de la cadena de rodillos, alrededor de 1962

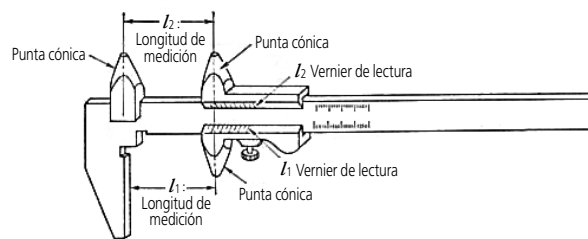


Figura 108 Calibrador Vernier de medición de distancia central con orificio circular, alrededor de 1960

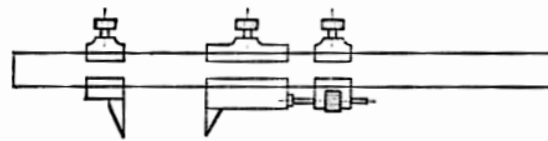


Figura 109 Calibrador Vernier tipo trazo (trazador), 1960

Como se muestra en la Figura 102 y la Figura 103, estos son los calibradores vernier más comúnmente utilizados que se pueden usar para una amplia variedad de mediciones, como mediciones externas, internas y de profundidad. Este tipo también se conocía como el tipo medible en profundidad. El tipo M se divide en tipo M1 (Figura 102) y tipo M2 (Figura 103), los cuales tienen un cursor tipo ranura y puntas de medición internas en el lado superior. Los tipos M1 y M2 son diferentes en que el primero no tiene el ajuste fino del segundo. Como se muestra en la Figura 104, el calibrador vernier tipo CM tiene un tornillo de ajuste que puede alimentar con exactitud el cursor deslizante, lo que permite un ajuste de exactitud como característica. Los calibradores vernier tipo CM tienen un cursor tipo ranura idéntico al de los calibradores tipo M, y también tienen toques de medición internos en las puntas de medición externas, a diferencia del tipo M, pero no tienen barra de profundidad.⁶⁸⁾ La mayoría de los calibradores de medición de longitud larga son del tipo CM: la C significa calibrador y la M significa Mauser. También fue conocido como el tipo alemán por el país de origen. El calibrador vernier tipo CB es como se muestra en la Figura 105⁵⁷⁾. Su nombre de tipo CB está tomado de la "C" de Caliper y la "B" de Brown & Sharpe Mfg. CO.

Este tipo también se conoce como tipo Starrett. Los toques de medición interiores están situados en cada punta exterior, de forma idéntica al tipo CM. Equipado con un cursor tipo caja, el tipo CB está limitado a una escala vernier corta debido a las restricciones causadas por el tamaño de la caja. El cursor también tiene una ventana que se abre en el lado trasero, estando estructurado para ser graduado. Algunos calibradores vernier de tipo CB tenían una escala de medición exterior en la parte delantera y una escala interior en la parte trasera. Este tipo difiere en estructura de los

tipos M y CM en que no tiene apoyo para el pulgar.

Por lo tanto, la sección curva del cursor deslizante se usa como alternativa. El tipo CB también tiene un tornillo de ajuste que permite que el cursor avance con exactitud. Después de 40 años desde el establecimiento de JIS, el JIS actual ha definido los calibradores vernier de tipo M y CM y ha eliminado el tipo CB. En 1955 (Showa 30), Nakamura Mfg. Co. obtuvo la certificación como fábrica con licencia de visualización de símbolos JIS y, a continuación, otras empresas obtuvieron la licencia. NSK Co., Ltd. comenzó a fabricar calibradores a vernier en 1961 y recibió la licencia de visualización de símbolos JIS en 1964. SWAN Co. Ltd. fabricó comercialmente un calibrador a vernier especial para medir el diámetro exterior de bobinas de chapa en 1966. El establecimiento de JIS mejoró la calidad de los calibradores vernier en Japón. Al mismo tiempo, se utilizó acero inoxidable como material de construcción, se implementó todo el proceso de templado/rectificado y se graduaron escalas mediante fotograbado, mejorando así la exactitud y durabilidad de los calibradores vernier y permitiendo una exportación exitosa a Europa y Estados Unidos. Bajo estas circunstancias, también se fabricó en Japón una gran variedad de calibradores vernier hechos a imitación de los calibradores para fines especiales con puntas no estándar diseñadas para el uso previsto, como se muestra en las Figuras 96 a 101. Algunos calibradores vernier típicos de este tipo se muestran en las Figuras 106 a 113^{57) 69)}.

La Figura 106 muestra un calibrador a vernier específico para la medición interior, la Figura 107 muestra un calibrador vernier que mide el paso de una cadena de rodillos con la punta deslizante unida en orientación inversa, y la Figura 108 muestra un calibrador vernier de medición de la distancia de centro a centro



Figura 110 Calibrador de espesor de tubo Mitutoyo, 1970



Figura 111 Calibrador Vernier tipo gancho Mitutoyo, 1974

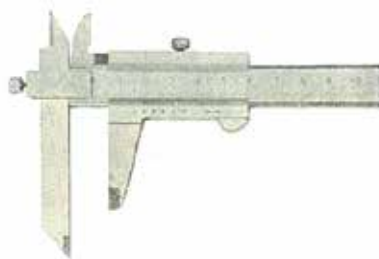


Figura 112 Calibrador con punta ajustable Mitutoyo, 1960



Figura 113 Calibrador Vernier Universal Mitutoyo, 1970



Figura 114 Calibrador de carátula de Mauser-Messzeug GmbH (fabricado en Alemania), 1960



Figura 115 Helios Co. (fabricado en Alemania) Calibrador de carátula dual de pulgadas/milímetros, 1960

con un orificio circular que puede medir directamente obtener espaciado de agujeros circulares simplemente insertando las puntas cónicas en los agujeros. El que se muestra en la Figura 109 se llama calibrador vernier tipo trazado disponible para trazar y equipado con puntas de contacto que permiten la medición mediante la inserción en ranuras muy estrechas. La Figura 110 muestra un calibrador vernier para medir el espesor de un tubo insertando la punta de barra redonda fija en el tubo. La figura 111 muestra un calibrador vernier de tipo gancho para medir distancias internas y de paso poco profundo. Se han fabricado muchos otros calibradores especiales, por ejemplo un calibrador vernier con punta deslizante como se muestra en la Figura 112, que puede mover la punta fija transversalmente para manejar una pieza de trabajo escalonada y un calibrador vernier giratorio como se muestra en la Figura 59, que también puede medir un paso entre superficies a diferentes distancias del eje de medición girando la punta deslizante. La Figura 113 muestra un calibrador vernier universal con una escala principal cilíndrica que mejoró el calibrador vernier para tuberías fabricado en 1967, lo que permite un uso versátil para medir interiores, exteriores, profundidad, altura, pasos, ángulos y trazar círculos. También se fabricó un calibrador vernier específico para medir las ranuras de sujeción del conmutador en un motor en el que la escala principal se graduó de manera única en términos de $1/\cos\theta$ y las puntas redondas y angulares, como se muestra en la Figura 93, se afilaron hasta las puntas de contacto. En 1960 (Showa 35), cuando Japón parecía haberse recuperado después de la guerra, Mauser-Messzeug GmbH desarrolló el calibrador de carátula como se muestra en la Figura 114, principalmente para el mercado de los Estados Unidos 66). Helios Co. en Alemania también comenzó a fabricar calibradores de carátula durante casi el mismo período. La Figura 115 muestra el calibrador de carátula Helios exhibido en el Museo Mitutoyo.²³) Actualmente no se sabe cuál de estas dos empresas fabricó primero calibradores de carátula. El indicador de carátula del calibrador de carátula Mauser que se muestra en la Figura 114 tiene dos punteros en la carátula que trabajan juntos para indicar el valor de una medida en pulgadas. El puntero más largo lee la escala exterior a 1/10 de pulgada por media revolución y está graduado en unidades de 1/1000 de pulgada. El puntero más corto lee la escala interior hasta 6 pulgadas por revolución en graduaciones de 1/10 de pulgada. La versión métrica de este calibrador lee la escala exterior en unidades de 0.05 mm y el puntero corto lee la escala interior a 100 mm por revolución.

La adopción del indicador de carátula eliminó el problema del error de paralaje, inherente a la lectura vernier, y permitió una medición eficiente del sistema de pulgadas al mostrar valores decimales en lugar de fracciones de pulgadas. El calibrador de carátula Helios que se muestra en la Figura 115 es diferente porque es un instrumento de dos unidades, con una carátula que lee tanto en milímetros como en pulgadas. El indicador de carátula más largo lee la escala exterior en pulgadas (negra) a 1/10 de pulgada por media revolución y está graduado en 1/1000 de pulgada. El puntero más corto lee la escala milimétrica interior (roja) a 10 mm por revolución completa y está graduado en unidades de 0.1 mm. En correspondencia con las escalas de la carátula, la escala principal tiene una escala en pulgadas graduada hasta 7 pulgadas en el borde inferior y una escala métrica graduada hasta 175 mm en el borde superior. Este calibrador de carátula permite muy convenientemente la lectura simultánea de valores en pulgadas y milímetros. Además de este calibrador de carátula de doble escala, Helios también ofreció calibradores de carátula dedicados con escala en pulgadas y escala milimétrica. Starrett, Brown & Sharpe y Modern Tools Co. en los Estados Unidos, y TESA en Suiza desarrollaron, fabricaron y distribuyeron secuencialmente calibradores de carátula alrededor de 1965 siguiendo el ejemplo de Mauser. Como ejemplo de los Estados Unidos, la Figura 116 muestra un calibrador de carátula Starrett fabricado en 1979³¹⁾. Mitutoyo desarrolló un calibrador de carátula para el mercado estadounidense en 1962 (Showa 37) que salió a la venta al año siguiente^{58) 59)}. La Figura 117 muestra el calibrador de carátula de Mitutoyo con una graduación de 1/1000 de pulgada y un intervalo de medición de 5 pulgadas (para el modelo métrico se utilizó una graduación de 0.05 mm y un intervalo de medición de 139 mm). Sucesivamente, en 1967, Ozaki Mfg. Co., Ltd., NSK Co., Ltd. y otros, desarrollaron calibradores de carátula y comenzaron la producción y distribución. La figura 118 muestra un calibrador con indicador de carátula Starrett inusual de 1979³¹⁾. Esta herramienta de medición lee en unidades de 1/1000 de pulgada y, tal como es, este calibrador puede medir con exactitud un valor máximo, un valor mínimo y la diferencia entre ellos de diámetro interior/exterior en unidades de 1/100 de pulgada, 1/1000 pulgada, o incluso 1/10000 de pulgada usando el indicador de carátula. La combinación de un calibrador con otras herramientas de medición ha creado conveniencia en la medición de longitud. Generalmente, la fuerza de medición aplicada por un calibrador está entre 0.1 y 11 N, dependiendo del operador^{70) 71)}.



Figura 116 Calibrador de carátula de The L. S. Starrett Company (fabricado en EE. UU.), 1970



Figura 117 Calibrador de carátula de Mitutoyo, 1962

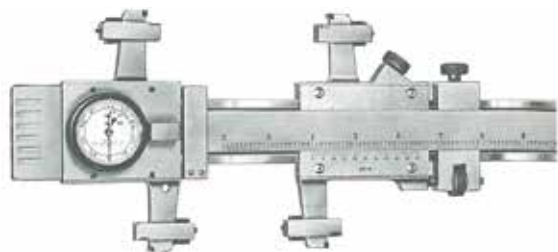


Figura 118 Calibrador con indicador de carátula de The L. S. Starrett Company (fabricado en EE. UU.), 1979



Figura 119 Calibrador de baja fuerza de Mitutoyo, 1965

Se sabe que algunos operadores miden con una gran fuerza de 15 N e incluso el mismo operador utiliza una fuerza de medición diferente para cada medición^{70) 71)}. Esta variación no supondrá mucha diferencia para las piezas metálicas, que tienen una gran rigidez, pero una fuerza grande o variable puede causar una gran diferencia en la medición debido a la deformación provocada por la presión excesiva inducida en una pieza de plástico. Por esta razón, se requiere un calibrador que aplique una fuerza de medición baja y constante. La Figura 119 muestra el calibrador vernier de baja fuerza de Mitutoyo de 1965 que puede mantener una fuerza de medición entre 0.5 y 1 N o permitir al usuario establecer cualquier fuerza deseada, dentro de los límites, al incorporar un indicador de carátula en la punta fija. Este calibrador logró una medición estable de componentes blandos, como piezas de plástico. La figura 120 muestra un calibrador de carátula de fuerza constante en el que el indicador de referencia (a la izquierda) indica una fuerza de medición que

se ha establecido entre 0.5 y 1 N y el indicador de carátula registra la medición^{72) 73)}. Curiosamente, también se han producido^{72) 73)} calibradores en los que se fija un indicador de carátula a la punta deslizante y, de esta forma, el instrumento se convierte en un indicador que resulta conveniente para operaciones de medición repetitivas. La Figura 121 muestra un calibrador con indicador de Mitutoyo de este tipo. El calibrador se establece en una dimensión nominal y el indicador de carátula muestra cualquier variación de esta dimensión, no el valor de la dimensión en sí. Algunos fabricantes utilizan un micrómetro eléctrico en lugar de este indicador de carátula. De manera similar, Mitutoyo fabricó un calibrador usando una cabeza micrométrica en lugar de un



Figura 120 Calibrador de carátula de fuerza constante Mitutoyo para plástico, 1973

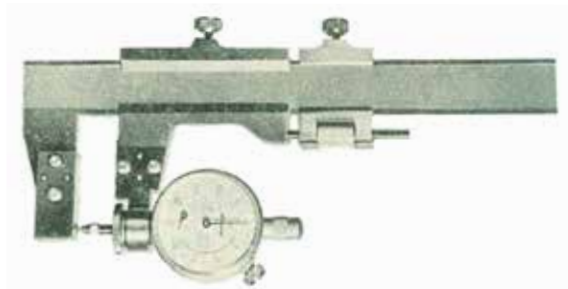


Figura 121 Calibrador de calibre de límite Mitutoyo, 1970



Figura 122 Calibrador equipado con cabeza micrométrica Mitutoyo, 1962



Figura 123 Calibrador de carátula/contador Mitutoyo Intervalo de medición: 135, 190, 300 mm, 1980



Figura 124 Calibrador de carátula/contador Mitutoyo Intervalo de medición: 300 a 600 mm, 1980

indicador en 1962.

La Figura 122 muestra este calibrador, que se distribuyó bajo el nombre de "calibrador equipado con micrómetro"⁷⁴⁾.

Este tipo de calibrador tiene la ventaja de que una pieza larga con una longitud de más de 5 veces el intervalo de medición del micrómetro de 25 mm se puede medir con una resolución de 0.01 mm. Sin embargo, este calibrador desapareció en poco tiempo del catálogo debido a problemas en el uso como tardar mucho en mover más de 100 mm utilizando el paso de tornillo estándar de 0.5 mm, la estructura compleja, la exactitud y el costo.

La figura 123 muestra un calibrador de carátula/contador para un intervalo de medición de 300 mm o menos, y la figura 124 muestra una versión del mismo tipo que estaba disponible con un intervalo de medición de entre 300 y 600 mm⁷³⁾.

El contador lee la parte entera en milímetros de un valor de medición y la carátula lee la parte decimal en incrementos de 0.02 mm. Como se mencionó anteriormente, no solo se fabricaron calibradores vernier de tipo estándar, sino también varios tipos especiales de calibradores, lo que permitió el suministro de acuerdo con la demanda del usuario junto con una calidad extremadamente alta. El material del calibrador se cambió de latón o acero a acero inoxidable mientras se implementaba un proceso completo de templado y rectificado. El método de graduación de fotograbado se aplicó a la fabricación de escalas y dio como resultado una mayor exactitud y durabilidad^{59) 67)}.

En consecuencia, se aceptó que los calibradores vernier japoneses tenían una calidad equivalente a los mejores productos euroamericanos alrededor de 1965 y, en muchos casos, superiores. Después de este tiempo, los calibradores vernier japoneses se exportaron ampliamente a muchos otros países, incluidos los Estados Unidos y Europa. Adicionalmente, la graduación de escala avanzó para utilizar el método de mecanizado láser a partir del fotograbado, mostrando un evidente progreso técnico.

Los fabricantes japoneses, como se mencionó anteriormente, habían abierto mercados individuales y sus calibradores vernier se usaban en todo el mundo y en Japón. Alrededor de 1985, la fabricación japonesa había crecido tanto que los calibradores a vernier fabricados en Japón constituían aproximadamente el 70% de los que se usaban en todo el mundo.

13. Desarrollo de medidores de altura en Japón

A principios de la era Taisho en Japón, era una práctica estándar que las operaciones de trazado y medición de altura se implementaran con frecuencia, como se muestra en la Figura 125, donde se usaba un soporte de escala y Touskan (calibrador de superficie) en una superficie de referencia. Los medidores de altura que unificaron las dos herramientas anteriores se importaron de EE. UU.³⁶⁾ y Alemania^{59) 60)} a mediados de la era Taisho. Los medidores de profundidad también se importaron casi en el mismo período. En consecuencia, los fabricantes de calibradores vernier comenzaron a fabricar medidores de altura y profundidad con escalas vernier a principios de la era Showa.

Después del final de la Segunda Guerra Mundial, las Normas JIS para medidores de altura y profundidad se instituyeron en 1960 (Showa 35), 6 años más tarde que para calibradores^{75) 76)}.

Se adoptaron tres tipos, HM, HB y HT para medidores de altura, y tres tipos, DM, DB y DS para medidores de profundidad⁵⁷⁾. Estos calibradores de altura se muestran en las Figuras 126 a 128 y los calibradores de profundidad en las Figuras 129 a 131.

Como en el caso de los calibradores vernier, el calibrador de altura tipo HM y el calibrador de profundidad tipo DM adoptaron el

estilo Mauser alemán, y el medidor de altura tipo HB y el medidor de profundidad tipo DB adoptaron el estilo de Brown & Sharpe de EE. UU., respectivamente.

Al principio, el tipo HM también se conocía como tipo alemán o tipo Carl Mahr, así como tipo Mauser, y el tipo HB también se conocía como tipo Brown & Sharpe o tipo Starrett. El medidor de altura tipo HT capaz de mover la escala principal para el ajuste se llamaba medidor de altura tipo Takayama desde el período anterior a la guerra, por lo que la letra T se añadió al nombre del tipo como sufijo.

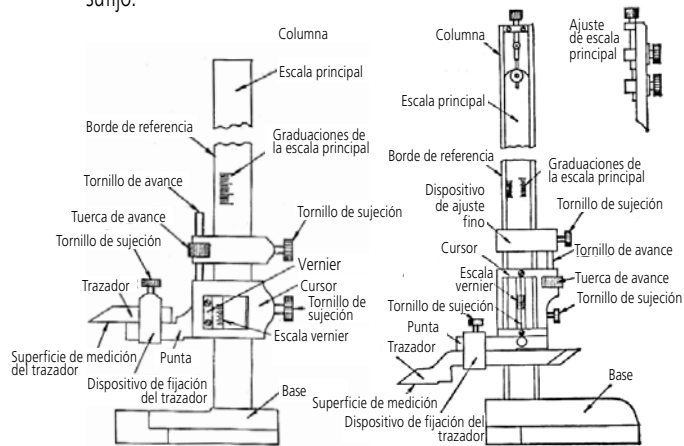


Figura 127 Medidor de altura tipo JIS HB, 1960

Figura 128 Medidor de altura tipo JIS HT, 1960

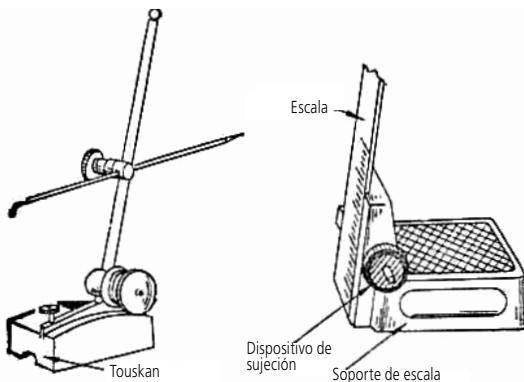


Figura 125 Touskan y soporte de escala

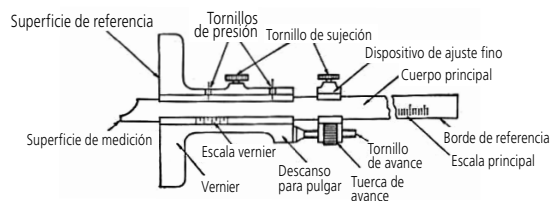


Figura 131 Medidor de profundidad tipo JIS DM, 1960

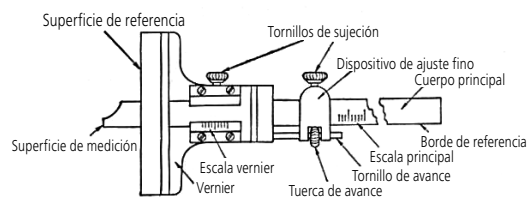


Figura 131 Medidor de profundidad tipo JIS DB, 1960

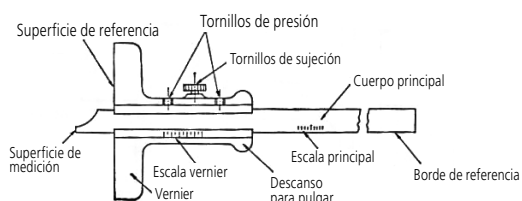


Figura 131 Medidor de profundidad tipo JIS DS, 1960

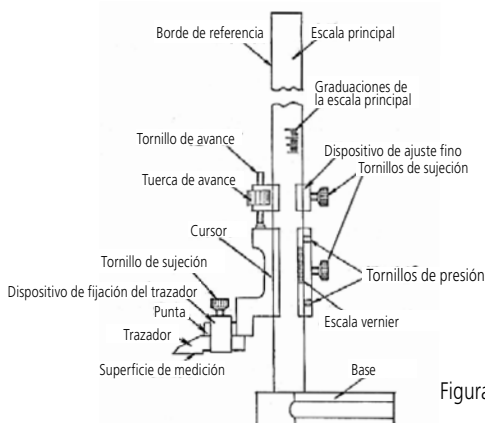


Figura 126 Medidor de altura tipo JIS HM, 1960

El calibrador de profundidad tipo DM está estructurado de modo que la superficie de medición pueda avanzar con exactitud en relación con la superficie de referencia. El calibrador de profundidad tipo DS es una especie de calibrador de profundidad tipo DM simplificado que no está equipado con un dispositivo de avance fino.

Desde que se revisaron las normas JIS, los principales productos actuales son el medidor de altura HM y los medidores de profundidad DM y DS.

Teniendo en cuenta la facilidad de uso, el indicador progresó desde la pantalla del contador/lectura de la escala de la carátula⁷⁷⁾ que se muestra en la Figura 132, a la pantalla digital⁷⁸⁾ como en la Figura 133.

La situación histórica de los medidores de altura digitales se deriva de la aplicación de un sistema digital a un calibrador vernier. Para obtener información comparativa, consulte el siguiente capítulo. Los medidores de altura digitales actuales están equipados con una escala leída por un codificador fotoeléctrico. La influencia de la tecnología de las máquinas de medición por coordenadas ha llevado a que algunas de ellas se conviertan en medidores de altura multifunción y de exactitud que pueden determinar valores máximos/mínimos, así como una sola altura, o dimensiones calculadas, etc. a través del procesamiento de datos⁷⁹⁾, como se muestra en la Figura 134. Este tipo de medidor de altura ha mejorado en exactitud, de modo que los diámetros interior/exterior, el paso y otras dimensiones se pueden medir con una resolución de $0.1\ \mu\text{m}$, al mismo tiempo que se proporciona una amplia variedad de accesorios, como varias formas de palpadores.



Figura 132 Medidor de altura de carátula/contador Mitutoyo
Graduación: 0.01 mm, Intervalo de medición: 300 mm, 1970



Figura 133 Medidor de altura digital Mitutoyo
Resolución: 0.01 mm, Intervalo de medición: 300 mm, 1982



Figura 134 Medidor de altura digital Mitutoyo (Linear Height LH)
Resolución: 0.001 mm, Trazo: 600 mm, 1998

14. Desarrollo y avance de calibradores digitales

En Japón, en 1956 se desarrolló un micrómetro eléctrico que usaba un transformador diferencial y su pantalla digital inmediatamente después⁸⁰⁾. Esta tendencia hacia la digitalización se aplicó a varios tipos de herramientas e instrumentos de medición de longitud.

Se aplicaron métodos como la conversión de voltaje de analógico a digital por medio de la detección de desplazamiento analógico y la medición digital usando un codificador para la medición de longitud, logrando así la visualización y el procesamiento digital. Bajo estas circunstancias, el presidente H. U. Meyer de Swiss Sylvac Co. había desarrollado y comercializado un micrómetro eléctrico del tipo de capacitancia electrostática⁸¹⁾. El dispositivo detector de desplazamiento en ese micrómetro utilizaba el principio de la variación de capacitancia entre un cilindro móvil y una serie de cilindros coaxiales fijos alineados con la dirección de medición, sobre los cuales se deslizaba el cilindro.

El cilindro se unió al husillo del micrómetro y se digitalizó un voltaje alterno proporcional a la distancia que se mueve el cilindro para controlar la pantalla digital. También inventó una variación de este método en el que los cilindros coaxiales fueron reemplazados por múltiples placas planas. Una placa móvil que se desliza sobre las placas fijas reemplazó al cilindro para brindar el mismo efecto de detección. Esto fue en 1972, y los refinamientos del método hicieron posible detectar grandes desplazamientos en 1980^{82) 83)}. Usando un método de detección más elaborado en la misma línea que se describe anteriormente, I. Andermo del Instituto Real Sueco inventó el método de medición de posición relativa, como se muestra en la Figura 135, en 1977.⁸⁴⁾ En este dispositivo, se aplican tres voltajes alternos de diferente fase a un sistema de electrodos de suministro en el cursor y los electrodos de detección están

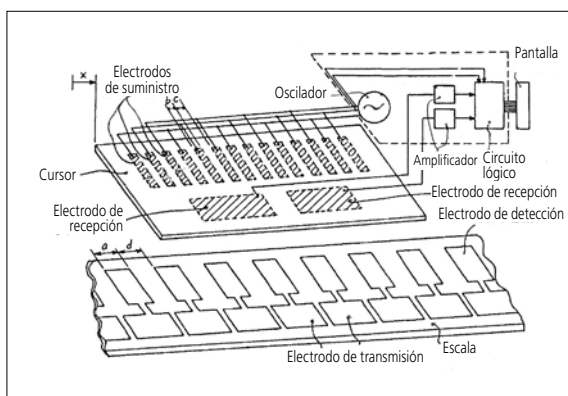


Figura 135 Esquema del método de detección de posición relativa incremental de tipo capacitancia electrostática

dispuestos para formar la escala en un paso correspondiente al de los tres electrodos de suministro. Los electrodos de suministro se deslizan sobre los electrodos de detección y los voltajes detectados y las fases correspondientes se transmiten desde los electrodos de transmisión a los electrodos de recepción en el cursor.

Las señales así recibidas se pasan al circuito lógico electrónico para determinar la posición del cursor, que representa el desplazamiento. Este método de medición mediante análisis de fase llegaría a ejercer una poderosa influencia en la estabilidad de detección. Meyer y su empresa, Sylvac, y Andermo de la empresa sueca AB C. E. Johansson aplicaron este método a sus calibradores vernier, que se comercializaron como un calibrador digital incremental con una resolución de 0.01 mm y se comercializaron alrededor de 1980. Muchos calibradores digitales se utilizan en Europa y los EE. UU. Desde un poco antes de ese año adoptaron el sistema digital con un codificador de tipo fotoeléctrico.

La Figura 136 muestra el calibrador digital de TESA S. A. exhibido en el Museo Mitutoyo⁸⁵⁾. La batería de la lámpara utilizada como fuente de luz en este tipo de calibrador digital necesitaba un reemplazo frecuente debido a su pequeña capacidad.

El codificador de tipo de capacitancia electrostática tiene un consumo de energía menor que el de tipo fotoeléctrico, por lo que mantiene un tiempo de funcionamiento suficiente incluso con una batería pequeña, y por esta razón, los calibradores que utilizan este codificador se han extendido por todo el mundo.

Mitutoyo formó una alianza de base tecnológica con el Instituto Real Sueco y desarrolló un calibrador digital incremental con una



Figura 136 TESA S. A. (Suiza) Calibrador Digital Incremental (Tipo Fotoeléctrico), 1978



Figura 137 Calibrador digital incremental Mitutoyo, 1983



Figura 138 TESA S. A. Calibrador Digital Incremental, 1987



Figura 139 Calibrador digital Mitutoyo con graduaciones de escala principal, 1987



Figura 140 Calibrador digital con energía solar de Mitutoyo, 1988

resolución de 0.01 mm, como se muestra en la Figura 137, en 1983, tras la adquisición de su licencia de patente. Dado que el problema de determinar el desplazamiento del deslizador en el calibrador electrónico ahora se superó en gran medida, ahora se podían suministrar calibradores confiables y de bajo costo y, en agosto de 1984, Mitutoyo había fabricado y distribuido 100,000 calibradores digitales. En virtud del acuerdo de colaboración con Johansson, que tenía estrechas relaciones con el Instituto Real Sueco, Mitutoyo también fabricaba calibradores digitales en Alemania, para su suministro principalmente a Europa. Sobre la base de este acuerdo, The Royal Institute, Johansson y Mitutoyo implementaron el desarrollo colaborativo. Durante esta colaboración, Johansson tuvo graves dificultades financieras y, por lo tanto, Mitutoyo solo llevó a cabo un negocio conjunto con el Royal Institute. Como ejemplo de calibradores digitales en Europa y EE. UU., la Figura 138 muestra un calibrador digital fabricado por TESA de 1987⁸⁶. Este calibrador fue desarrollado bajo el acuerdo de alianza tecnológica con Sylvac. Su resolución y rendimiento son casi idénticos a los del calibrador de Mitutoyo. Después de eso, el inventor del calibrador digital, Andermo, se independizó del Instituto Real Sueco y, en 1987, estableció Micro Encoder Inc. en Kirkland en los suburbios de Seattle, estado de



Figura 141 Calibrador digital DIY Mitutoyo (DIGIPA), 1994



Figura 142 Calibrador digital de uso doméstico Mitutoyo Mini (DIGIPA Mini), 1995



Figura 143 Escala de grasa corporal de Mitutoyo, 1998

Washington en los EE. UU., con el apoyo de Mitutoyo. Su empresa contribuyó principalmente al trabajo preliminar para un mayor desarrollo de los calibradores digitales de Mitutoyo. En 1987, la cubierta de la escala principal del calibrador digital gris de Mitutoyo se proporcionó con graduaciones milimétricas de referencia rápida, como se muestra en la Figura 140, para mejorar la facilidad de uso. La pequeña batería que alimentaba el calibrador fue seguida por una celda solar en 1988 para crear el calibrador digital alimentado por luz que eliminó el inconveniente de cambiar la batería⁸⁷. Mitutoyo también desarrolló calibradores digitales livianos contruidos parcialmente con plástico reforzado con fibra de carbono para que los calibradores más largos sean más fáciles de manejar. Luego, en 1992 se fabricaron calibradores digitales con gran pantalla para mejorar la legibilidad⁸⁸. Las mejoras descritas anteriormente fueron eventualmente implementadas por muchas otras empresas en el mercado. Mitutoyo desarrolló calibradores digitales más económicos destinados al mercado "Hágalo usted mismo" (DIY) bajo la marca DIGIPA, con una resolución de 0.1 mm. Su cuerpo principal estaba hecho de plástico (Figura 141) y se vendió a partir de 1994, mientras que en 1995 se comercializó un calibrador digital de uso empresarial comercializado como DIGIPA Mini, un calibrador diseñado para caber en un organizador



Figura 144 Calibrador digital absoluto Mitutoyo, 1993

personal (Figura 142). Mitutoyo desarrolló un calibrador digital de grasa corporal en 1994. Desde entonces este calibrador se utiliza en clínicas de salud para medir la grasa subcutánea, para lo cual, hasta entonces, se utilizaban calibradores digitales diseñados para trabajar con máquinas. Este calibrador sirve alternativamente como escala de grasa al colocar los botones de conmutación necesarios y cambiar la forma de las puntas y el material para que sea compatible con la medición del grosor de la grasa.

Este calibrador digital también está disponible para uso doméstico para ayudar a mantener la salud personal. Figura 146 Esquema del método de detección de posición absoluta del codificador de tipo fotoeléctrico de capacitancia electrostática de Mitutoyo, 1991. Además, debido a este desarrollo, se implementó una encuesta sobre la relación entre la grasa subcutánea y el ejercicio en las comunidades urbanas, agrícolas y pesqueras. Se encontró que las personas en comunidades agrícolas y pesqueras usaban sus automóviles incluso para distancias cortas de 100 m debido al efecto de la motorización pero, en cambio, las personas en comunidades urbanas caminaban distancias más largas gracias al buen acceso al transporte público.

China también inició la producción de calibradores vernier y los suministró a un costo extremadamente bajo. Como resultado de la mejora de las relaciones diplomáticas entre China y los Estados Unidos en 1979, China obtuvo tecnologías de fabricación de herramientas de medición de exactitud y, como resultado, pudo fabricar y exportar instrumentos de medición a Europa y los Estados Unidos. China fabricó calibradores digitales desde aproximadamente 1985 y comenzó su exportación y venta.

Al comienzo de este impulso exportador, aparecieron imitaciones de productos de fabricantes japoneses, incluidos calibradores digitales, que también llevaban la marca JIS.

La exportación de grandes volúmenes de productos baratos a los Estados Unidos asestó un duro golpe a los fabricantes de herramientas de medición en muchos países, incluido Japón.

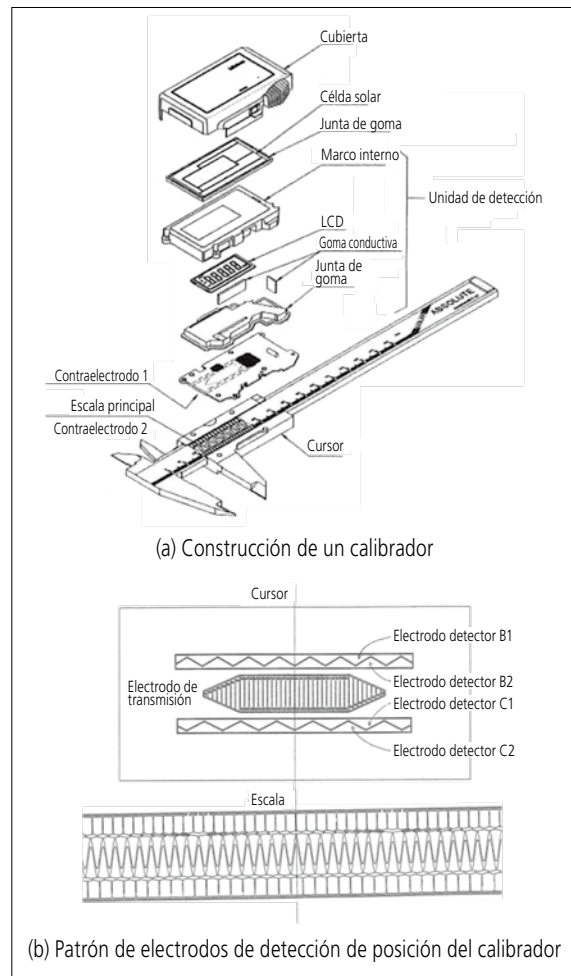


Figura 145 Esquema del método de detección de posición del codificador absoluto electrostático de Mitutoyo, 1991

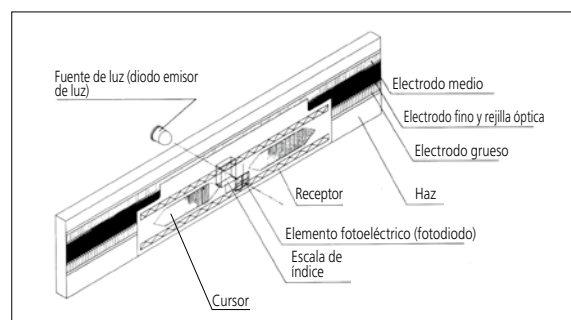


Figura 146 Esquema del método de detección de posición absoluta del codificador de tipo fotoeléctrico de capacitancia electrostática de Mitutoyo, 1991

Algunos fabricantes en Europa suministraron algunos productos chinos como productos OEM. Debido a estas circunstancias, Brown & Sharpe, TESA y otras quedaron bajo el control de Hexagon en Suecia.

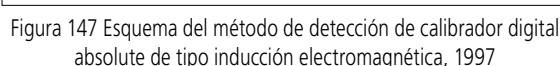
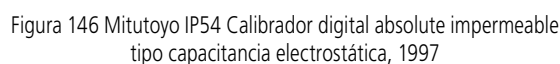
A digital depth gauge with a stainless steel beam and a digital display showing 16.78 mm. The beam has markings in millimeters and centimeters. The brand name 'Mitutoyo' is visible on the beam.

Figura 148 Calibrador digital absolute a prueba de refrigerante Mitutoyo IP65, 2000



Figura 149 Calibrador digital absolute a prueba de refrigerante Mitutoyo IP67, 2002



Figura 150 Calibrador digital a prueba de goteo IP54 de A&D Company, 2007



Figura 151 TESA S. A. (Standard Gage) Calibrador Digital Absolute a Prueba de Refrigerante IP54, hacia 2010



Figura 152 TESA S. A. Calibrador Digital Absolute a Prueba de Refrigerante IP67, 2012



Figura 153 Calibrador Digital Absolute a prueba de refrigerante IP67 de Sylvac Co., 2011



Figura 154 Micrómetro a prueba de refrigerante IP67 de Sylvac Co. Calibrador Digital Absolute (Nombre del producto: Micrómetro), 2012

electromagnética⁹²⁾, como se muestra en la Figura 148.

Esta técnica produce un calibrador que es inherentemente inmune a los efectos del refrigerante o la contaminación por polvo en la escala. La Figura 148 ilustra el principio: se induce un voltaje en los segundos bucles dispuestos secuencialmente desde los primeros bucles de bobinas de acoplamiento aisladas en la escala principal a través de las bobinas de transmisión del oscilador de señal de excitación incorporado en el cabezal de detección en el cursor. Las bobinas de recepción en el cabezal de detección reciben el voltaje inducido por las bobinas superpuestas en la escala. Después de procesar las señales de las bobinas de recepción, el calibrador determina la posición del cursor.

El calibrador digital absolute que se muestra en la Figura 149 logró un código de protección de IP65 y un calibrador mejorado con un código de protección de IP67 se muestra en la Figura 150⁹⁴⁾. Recientemente, estos calibradores digitales absolute que cumplen fácilmente con los requisitos del taller de máquinas han sido ampliamente utilizados. Los calibradores digitales a prueba de agua se habían fabricado previamente en Europa y los Estados Unidos, pero el nivel de impermeabilización no alcanzó el nivel del calibrador en la Figura 149. El método de detección ilustrado en la Figura 148 ha mejorado constantemente en resolución y hoy en día es utilizado en lectura de escalas lineales en micrómetros (μm). En 2007, la empresa japonesa A&D fabricó y comercializó calibradores digitales de tipo incremental denominados calibradores inoxidables digitales a prueba de goteo, como se muestra en la Figura 151⁹⁵⁾.

La empresa afirmó que la impermeabilización era equivalente a IP54, lo que significa que no hay problema en el uso en circunstancias generales, pero se debe tener cuidado dependiendo de dónde y cómo se use el calibrador.

La empresa A&D también suministró otros calibradores digitales incrementales de acero inoxidable y plástico con las mismas funciones. Además, la empresa comercializó calibradores digitales de bajo costo. Esto aumentó el número de fabricantes de calibres japoneses a tres.

Como se ha descrito anteriormente, empresas europeas como Sylvac y TESA del grupo Hexagon habían comercializado calibradores digitales absolutos⁹⁶⁾ con una resistencia al agua de IP54, similar al calibrador que se muestra en la Figura 152. En 2012, TESA mejoró su calibrador digital IP54 (denominado Standard Gage) con un calibrador digital absolute de tipo de inducción electromagnética a prueba de refrigerante IP67 con pantalla de caracteres grandes como se muestra en la Figura 153, en competencia con Mitutoyo, al tiempo que lanza varios modelos con diferentes intervalos de medición⁹⁷⁾.

Sylvac comenzó a comercializar calibradores digitales de tipo de inducción electromagnética como en la Figura 154 equivalente a los calibradores anteriores alrededor de 2005 en Europa y alrededor de 2011 en Japón. Esta empresa también desarrolló y comercializó un calibrador digital absolute IP67 como se muestra en la Figura 155 (llamado Micron Caliper) con una resolución de un μm ⁹⁸⁾.



Figura 155 Calibrador digital absolute Mitutoyo, 2013

Aunque su repetibilidad es de 3 μm , tres veces la resolución, el error máximo permitido incluido el error instrumental de este calibre es de 20 μm para un rango de medida de hasta 100 mm y de 30 μm hasta 150 mm. Por lo tanto, este calibrador es equivalente en exactitud a los calibradores digitales comunes con una resolución de 0.01 mm y, por lo tanto, su exactitud no está en consonancia con su resolución. Esto demuestra la dificultad de aumentar la exactitud de un calibrador digital, principalmente debido a las limitaciones de su forma al no cumplir con el Principio de Abbe. Para mejorar la exactitud, un calibrador requeriría una estructura mucho más fuerte para resistir la deformación porque su escala no es coaxial con el eje de medición. Esto quizás podría hacerse usando una viga principal cilíndrica sustancial como se muestra en las Figuras 89, 101 y 113. Los calibradores digitales recientes de Mitutoyo son principalmente calibradores digitales absolute de tipo de inducción electromagnética con su desempeño ambiental superior inherente. Mientras mejoraba el rendimiento de cada elemento, junto con la adopción de energía solar, Mitutoyo produjo un calibrador digital absolute como se muestra en la Figura 156, que puede mantener la operación durante aproximadamente 3.5 años sin un cambio de batería bajo uso normal, por lo que se vuelve ampliamente aceptable como un estándar para los calibradores absolute de propósito general.

Un instrumento capaz de enviar datos de medición a dispositivos computacionales como computadoras permite la incorporación en sistemas de control de medición y control de procesos estadísticos. Desde alrededor de 1980, las discusiones sobre el establecimiento de normas para calibradores habían estado en curso en la Organización Internacional de Normalización (ISO) y se estaba considerando eliminar los calibradores vernier con una resolución de 0.02 mm de las normas ISO debido a la dificultad para mantener la exactitud debido a la forma plana del brazo principal. Luego, las discusiones sobre la exactitud de los calibradores cambiaron cuando aparecieron los calibradores digitales a

mediados de la década de 1980 y se lanzaron los calibradores chinos en la década de 1990. Un factor importante que influyó fue que los calibradores chinos baratos mejoraron en calidad después de su introducción hasta el punto en que, debido a su bajo precio, la exactitud y calidad inferiores eran aceptables para los usuarios no profesionales que no requerían la mayor exactitud y calidad superior de el producto de los principales proveedores.

Aunque estas discusiones casi lograron un borrador final, este se descartó varias veces debido a la rotación del presidente del comité técnico y el gerente general del grupo de trabajo de creación del borrador y, finalmente, el esfuerzo resultó infructuoso.

Después de este período de discusión, se distribuyó un borrador muy revisado en 2011, que finalmente se convirtió en la Norma Internacional ISO 13385-1: 2011 99). Esto cubre los calibradores deslizantes (Nogisu en japonés) que consisten en calibradores deslizantes vernier, calibradores deslizantes de carátula y calibradores deslizantes digitales. En esta norma, aunque los valores de rendimiento deben ser indicados por los fabricantes, se especifica en detalle el rendimiento de los calibradores deslizantes, que también incluye algunos datos que podrían ser factores de error pero que pueden despreciarse en la exactitud de la medición. Esto es similar a las descripciones de las normas de Nogisu establecidas en 1954 (Showa 29) como Normas industriales japoneses JIS. Dado que los valores de desempeño deben ser indicados por los fabricantes, los requisitos de esta norma no son mejores que las descripciones de referencia en un libro de texto. Generalmente, los usuarios necesitarán saber que un factor puede estar incluido en otros factores en algunos casos.

La norma ISO no especifica los valores permitidos de los errores, pero las normas JIS especificarán los valores de referencia permitidos como un apéndice de referencia.

Las normas industriales japonesas JIS para Nogisu conforme a ISO se organizarán en un futuro próximo.

El autor cree que es vital que un proveedor de equipos de metrología que produce calibradores de alta calidad, como Mitutoyo, solo comercialice productos que cumplan con las normas internacionales pertinentes, que deberían establecer el nivel más alto de exactitud practicable para estas importantes herramientas de medición.

15. Resumen / Agradecimientos

Este artículo ha descrito el origen de los calibradores deslizantes antes de Nogisu (calibradores deslizantes vernier), el nacimiento de los calibradores deslizantes con graduaciones vernier y la evolución de los calibradores vernier a digitales. La evolución de los calibradores deslizantes en relación con los principales eventos históricos se resume en la Tabla 3. El calibrador deslizante existente más antiguo desarrollado por Wang Mau en Xin de China en el año 9 d.C. parecía haber conservado su forma durante bastante tiempo. Los calibradores deslizantes de Wang Mau podrían haber encontrado su camino hacia el este y el oeste. Aunque no quedan pruebas, se podría imaginar que algunos de ellos podrían haber sido traídos a Japón.

En este documento, los calibradores deslizantes de tipo funda como reglas de medición que pueden considerarse que tienen una estrecha relación con las escalas graduadas, los calibradores deslizantes que han mejorado la exactitud de la medición al adjuntar una escala vernier, luego los calibradores de carátula y los calibradores con contador, y finalmente se han resumido los últimos calibradores digitales avanzados.

En el proceso de describir estos avances, este documento también menciona los medidores de altura y de profundidad, que han seguido caminos similares a los calibradores para alcanzar su forma actual. Los calibradores deslizantes Vernier, junto con los micrómetros, han desempeñado un papel importante en la base de las industrias modernas al respaldar el mantenimiento de las dimensiones de los productos industriales y la conformidad entre las piezas de las máquinas acopladas. Japón debería enorgullecerse del hecho de que Norichika Ohno en Kaga desarrolló un calibrador deslizante vernier al final del período Edo sin demora desde Europa y los EE. UU. y que su padre Noriyuki Ohno ya había desarrollado un calibrador deslizante de escala diagonal y realmente lo usó. También se confirmó el hecho de que los calibradores deslizantes, incluso sin una escala vernier, eran muy utilizados por los herreros que fabricaban armas. Ha quedado claro que Michitaka Kume en Sanuki, desarrolló instrumentos de encuesta y observación que incorporaron una escala vernier en el período Edo posterior. Además, se ha reconocido que la proliferación generalizada de calibradores deslizantes requería la modernización del país mientras se mantenían las habilidades de muchos artesanos altamente individuales.

La presión de las necesidades sociales es un factor importante en la evolución de las herramientas e instrumentos de medición. Ahora ha llegado el momento en que es necesario desarrollar

una posición sólida con respecto a los calibradores de bajo precio en el mercado que, aunque inferiores en rendimiento y calidad, son atractivos simplemente por su precio. Debemos observar cuidadosamente las tendencias en desarrollo de los calibradores fabricados en China, que mejoraron rápidamente en calidad después de su introducción, y debemos asegurarnos de lograr una calidad y una mejora técnica continuas a través de un plan de desarrollo y producción sostenible junto con una estrategia promocional que diferencie claramente nuestro alto producto de calidad en el mercado. Seré feliz si este documento es de utilidad para los lectores.

Expresiones de gratitud

Recibí con gratitud el generoso permiso de la familia del difunto Sr. Shokichi Miyazaki, exasesor de Mitutoyo, para basarme en la terminología de los calibradores y las descripciones del primer calibrador de EE. UU. fabricado por Brown & Sharpe Mfg. Co. a partir de sus documentos.

Obtuve información sobre el primer calibrador francés por cortesía del Sr. Kenzo Kobayashi, curador jefe de Hakari-No-Yakata (museo de pesos y medidas) en Yokkaichi-shi, prefectura de Mie, y obtuve una gran ayuda del Sr. Toshinobu Shibayama, ex integrante de Mitutoyo por la fotografía del calibrador.

Para obtener información sobre el primer calibrador deslizante japonés y el calibrador vernier, me enseñó el arqueólogo, el Sr. Toshio Kajiwara, quien también es un coleccionista de herramientas de medición de longitud. Recibí ayuda invaluable del curador en jefe adjunto, el Sr. Hideyuki Nishimura y la curadora, la Sra. Yumi Takase del Museo de Historia de la Ciudad de Fukui para obtener información sobre la medición con el calibrador vernier de Norichika Ohno. En cuanto al calibrador deslizante hecho por Tohachi Kunitomo, un herrero de armas, obtuve mucha información del Sr. Toru Fujiyama en el grupo de proyectos de cultura del Museo Conmemorativo de Industria y Tecnología de Toyota. Gracias al Prof. Dr. Robert J. Hocken, de la Universidad de Carolina del Norte en Charlotte, EE. UU., obtuve información sobre el calibrador deslizante francés con escala diagonal. También le debo un gran agradecimiento al Sr. Nobuo Suga, asesor de Mitutoyo America Corporation, por ayudarme a obtener calibradores vernier de EE. UU. y los primeros catálogos estadounidenses relacionados.

Agradezco profundamente la ayuda y orientación de todas las personas mencionadas anteriormente.

Tabla 3 Origen y desarrollo de calibres y transición de asuntos relacionados

Año cristiano	Evento
0009	China (Xin) Wang Mau desarrolló un calibrador deslizante. (Museo Histórico, Colección Museo del Lugar)
1542	Pedro Nunez (Portugal) propuso un método de segmentación de escalas.
1631	Pierre Vernier (Francia) inventó las graduaciones en escala vernier.
1783 (Tenmei 3)	Yoshinaga Motoki tradujo el uso de cuadrante (incluida la teoría del vernier) al japonés.
1791 (Kansei 3)	Holanda presentó un octante (con escala vernier) para el gobierno de Edo.
1806 (Bunka 3)	Eizaemon Michitaka Kume en Sanuki hizo un indicador de horizonte con una escala vernier, luego un cuadrante octante con una escala vernier.
1833	Brown & Sharpe Mfg. Co. (EE. UU.) inicia su actividad (fabricación de reglas y herramientas de acero).
1840	La Fábrica de Artillería Francesa desarrolló y utilizó calibradores deslizantes con escala vernier en unidades milimétricas en la parte delantera y en unidades pouce (pulg) en la parte trasera (colección del Museo de Pesos y Medidas - Hakari No Yakata). En ese momento, se fabricó en Francia un calibrador deslizante tipo funda (calibrador simplificado).
Alrededor de 1843 (Tenpo 14)	Yasaburo Noriyuki Ohno en Kaga desarrolló un calibrador graduado en diagonal con una lectura mínima de 0.1 rin y un intervalo de medición de 5 soles (regla de 1 shaku al extender la escala principal).
1848	L. J. Palmer (Francia) inventó un calibrador micrométrico.
1851	Brown & Sharpe Mfg. Co. desarrolló un calibrador con una lectura mínima de 0.001 pulg.
1853	El embajador estadounidense Perry vino a Uraga.
1855 (Ansei 2)	Tohachi Kunitomo en Nagahama fabricó un calibrador deslizante de latón y se lo entregó a la cabeza de Ashigaru, Hayashi Sotonokami de Sayama-han Hojo-ke en Kawachi.
1857	Nagasaki Iron Mill se construyó bajo la dirección de Holanda y se importaron unas diez máquinas herramienta de Holanda a la fábrica.
Alrededor de 1858 (Ansei 5)	Norichika Ohno en Kaga desarrolló un calibrador con una lectura mínima de 0.1 mm, el valor de escala máximo de 150 mm y un intervalo de medición de 130 mm (graduaciones sol/bu en la parte trasera).
1861	Carl Mahr Esslingen a.N. (Alemania) fue fundada.
1862	Se funda la Societe Genevoise d'Instruments de Physique (Suiza).
1867	El gobierno real se restauró transfiriendo el poder al Emperador, entrando en la Era Meiji. Se inauguró la Exposición de París (Brown & Sharpe Mfg. Co. sacó el micrómetro de Palmer a los EE. UU.).
1880	L.S. Starrett Co. (EE. UU.) inició el negocio (reglas y herramientas de acero) y desarrolló calibradores deslizantes y vernier.
1883	John Logan (EE. UU.) inventó un indicador de carátula.
1890 (Meiji 23)	Llega la norma de medición de Japón. El próximo año se promulga la Ley de Pesos y Medidas (sistema de medición japonés (en unidades de shaku) basado en el metro estándar).
1896	Se fundan Mauser-Messzeuge (Alemania) y Etalon (Suiza). Johansson inventa los bloques patrón.
Alrededor de 1900	Rawco Co. (G.B.) y la empresa comercial Adolf Pfeiffer (Alemania) desarrollaron y fusionaron calibradores vernier Columbus multipropósito para mediciones internas, externas y de profundidad.
1903 (Meiji 36)	Los bloques patrón, micrómetros, calibradores vernier, etc. de Europa y los EE. UU. se exhibieron en la 5ª Exposición Industrial Nacional (en Tennoji, Osaka). Otani (Junkei-mati, Minami-ku, ciudad de Oosaka) fabricó un calibrador vernier y lo exhibió junto con otras herramientas como un pase y suque en la misma Exhibición Industrial Nacional. El profesor estadounidense Francis usó un alibrador vernier en la Escuela Técnica Superior de Tokio (actual Instituto de Tecnología de Tokio).
Alrededor 1905	Adolf Pfeiffer Co. vendió medidores de profundidad y medidores de altura con trazador.
1911	Se fundó AB C.E. Johansson (Suecia) (inventó los bloques patrón en 1896).
1917	Sonoike Seisakusho Co. desarrolló un micrómetro entre 1914 y 1918 durante la Primera Guerra Mundial.
1920	Brown & Sharpe Mfg. Co. desarrolló un calibrador vernier para medir el espesor de los dientes.
1930 (Showa 5)	Tajima Seisakusho Co. (Matsuo Doki en ese momento) desarrolló un calibrador vernier.
1934	Se fundó Mitutoyo Manufacture Co. (actual Mitutoyo Corporation).
1937	La guerra chino-japonesa comienza.
1938	Nakamura Mfg. Co. y otros desarrollaron calibradores vernier.
1941	Comenzó la Guerra del Pacífico (Segunda Guerra Mundial).
1945	Un calibrador deslizante manejado como una especie de escala recta en la Ley de Pesos y Medidas era independiente y autorizado como un calibrador vernier (deslizante). La Segunda Guerra Mundial termina.
1949	Mitutoyo Manufacture Co. desarrolló un calibrador vernier y Mizonokuchi Factory comenzó la producción de calibradores (comenzó la producción en masa en las operaciones de Utsunomiya a partir del '52).
1951 (Showa 26)	La Ley de Pesos y Medidas se cambia a la Ley de Medición (las unidades se unificaron en el sistema métrico a partir del 1 de enero de 1959). Se concluyó el Tratado de Paz de San Francisco.
1954	Normas industriales japonesas JIS B 7507: se instituyeron los calibradores Vernier.
1960	Mauser-messzeug (Alemania), Helios Co. (Alemania) desarrollaron calibradores de carátula. Se instituyeron las normas industriales japonesas JIS B 7518 medidores de profundidad.
1962	Mitutoyo Manufacture Co. desarrolla un calibrador de carátula.
1977	TESA S. A. (Suiza) desarrolla un calibrador digital incremental (tipo fotoeléctrico). Ingvar Andermo del Instituto Real Sueco inventó un calibrador digital incremental de tipo capacitancia electrostática y AB CE Johansson lo comercializó.
1978	Silvac Co. (Suiza) desarrolló de manera única un calibrador digital incremental y comenzó las ventas.
1983	Mitutoyo Corporation desarrolló un calibrador digital incremental y comenzó la producción.
1986	Micro Encoder Inc. (Presidente Ingvar Andermo) fue fundada en los EE. UU. por Mitutoyo.
1988	Mitutoyo Corporation desarrolló un calibrador digital incremental alimentado por energía solar.
1993	Mitutoyo Corporation desarrolló un calibrador digital absolute.
1997	I. Andermo y K. Mazreliet inventaron un dispositivo de detección de posición del tipo de inducción electromagnética. Mitutoyo Corporation desarrolló un calibrador digital absolute a prueba de refrigerante IP54.
2000	Mitutoyo Corporation desarrolló un calibrador digital absolute a prueba de refrigerante IP65.
2001	Brown & Sharpe Mfg. Co. y TESA S.A. pasaron a estar bajo el control de Hexagon (Suecia).
2002	Mitutoyo Corporation desarrolló un calibrador digital absolute a prueba de refrigerante IP67.
2011	ISO13385-1 GPS Dimens.meas.equip.Part 1: Calibradores: se instituyó el diseño y las características metrológicas.
2012	Sylvac Co. lanza a la venta del calibrador digital absolute micrométrico a prueba de refrigerante IP67.

Referencias

- 1) ISO 13385-2: Especificaciones geométricas de productos (DPS) - Equipos de medición dimensional - Parte 2: Calibradores de profundidad - Diseño y características metrológicas, 2011-07-15
- 2) ISO/FDIS 3611 Especificaciones geométricas de productos (DPS) - Equipos de medición dimensional - Micrómetros para medición externa - Diseño y requisitos metrológicos
- 3) Shokichi Miyazaki: Visitando la raíz de los instrumentos de medición: calibradores, máquinas y herramientas, (1979-10), 14; Igual que el anterior, Corporación Mitutoyo, Museo Mitutoyo, (1990), 8
- 4) JIS B 7507: 1979, Calibradores, Comentario
- 5) Eiju Matsumoto: Historia de la escala diagonal de lectura de exactitud, Investigación de la historia de la medición, 26-1 (2004), 61
- 6) JIS B 7507: 1993, Calibradores, 4
- 7) Komei Kyu editado/autor: Revisión cronológica china de pesos y medidas, Science Publisher, Beijing, (1992), huecogrado de dos páginas y 20
- 8) Johsen Toh escribió, Junichiro Kashima tradujo: Transición del desarrollo de calibradores, Investigación del historial de mediciones, 27-1 (2005), 43
- 9) Shigeru Ueno: Historia de los medidores de longitud 2, calibradores, ingeniería de herramientas, edición de 1982-08, 70
- 10) Kesakatsu Koizumi: Historia de Pesos y Medidas, Agencia de Ciencia Industrial y Tecnología Instituto de Inspección Central de Pesos y Medidas, (1961), 7
- 11) Komei Kyu, Conrad Hermann escrito, Eiju Matsumoto traducido: "Kosho Ritsukann" y "Ruisho" en pesos y medidas antiguas chinas, Investigación de la historia de la medición, 28-1 (2006), 37
- 12) Qiu G. y K. Herrmann: El papel de los tubos estándar de Huangzhong y de los granos de mijo en la metrología de la China antigua, Investigación de la historia de la medición, 28-1 (2006), 91
- 13) Masaji Sawabe: Historia de la medición de exactitud I, Transición de unidad de longitud y estándar, Sociedad japonesa de ingeniería de exactitud, Curso básico de ingeniería de exactitud (Web), 2009-11-24, 6
- 14) Corporación Mitutoyo Museo Mitutoyo: Calibrador deslizante tipo caja, Colecciones Mitutoyo Revisión 3, (2007), 2
- 15) Kesakatsu Koizumi: Historia de Pesos y Medidas, Agencia de Ciencia Industrial y Tecnología Instituto de Inspección Central de Pesos y Medidas, Coronasha Co. (1961)
- 16) Shokichi Miyazaki: Historia de los micrómetros, Revista de la Sociedad Japonesa de Ingeniería Mecánica, 85-769 (1982), 1358
- 17) Shokichi Miyazaki: Visitando la raíz de los instrumentos de medición: micrómetros, máquinas y herramientas, (1979-7), 81; Igual que el anterior, Corporación Mitutoyo, Museo Mitutoyo, (1990), 1
- 18) Shigeru Ueno: Transición de instrumentos de medición de longitud de precisión, Revista de la Sociedad Japonesa de Ingeniería Mecánica, 85-764 (1982), 752
- 19) Masaji Sawabe: Historia de la medición de exactitud II, Origen y transición de los micrómetros, Sociedad japonesa de ingeniería de exactitud, Curso básico de ingeniería de exactitud (Web), (2010-11-16), 3
- 20) Seiji Takada, Hiroaki Sakate, Kinichi Komiya, Isao Ohtsuna: Proceso de armonización del volumen de medición de líquido después de la era Meiji, Investigación de la historia de la medición, 33-1 (2011), 29
- 21) Los datos de Isao Ohtsuna relacionados con la Referencia 20 fueron adquiridos a través de una comunicación privada.
- 23) Corporación Mitutoyo Museo Mitutoyo: Colecciones Mitutoyo Revisión 3, (2007), 7 a 52
- 24) Brown & Sharpe Mfg. Co.: Catálogo de herramientas pequeñas, No.29 (1924), 84, 89~92, 123~133
- 25) Brown & Sharpe Mfg. Co.: Catálogo de herramientas pequeñas, No.31A (1929), 68, 73~76, 108~113
- 26) Brown & Sharpe Mfg. Co.: Catálogo de herramientas pequeñas, No.32 (1935), 80, 85~88, 122~126
- 27) Brown & Sharpe Mfg. Co.: Manual de herramientas de taller, No.2 (1964), 45, 54~57
- 28) Brown & Sharpe Mfg. Co.: Manual de herramientas de taller, No.76 (1976), 86~93
- 29) L. S. Starrett Co.: Herramientas mecánicas finas, Catálogo, No.24 (1927), 22~26, 106~123
- 30) L. S. Starrett Co.: Herramientas mecánicas finas, Catálogo, No.25 (1930), 26~30, 111~119
- 31) L. S. Starrett Co.: Herramientas de exactitud, calibradores y sierras, No. 28 (1979), 93~99, 121~123
- 32) Adolf Pfeiffer, Mannheim: Werkzeuge und Werkzeug- Kaschinen, Hauptkatalog, B III (1905), 34
- 33) Lufkin Rule Co.: Catálogo General No.14, (1958), 84,85,
- 34) Stanley Rule & Level Co.: Catálogo de herramientas No.34 (1920), 15
- 35) Colección Ted Crum. Francia.
- 36) Kintsune Shouten: herramientas mecánicas finas y materiales para relojes, (1922), 19, 20
- 37) F. H. Rolt: Calibradores y mediciones finas, Vol.2, Mechanical and Co., Ltd. London, (1929), 69
- 38) Fujita Masaru Co. Tokyo: Carl Mahr G.m.b.H. Herramientas de exactitud de clase alta, medidores. Catálogo, (1931), 5
- 39) Carl Mahr G.m.b.H.: Feinmesszeuge Katalog, 52 M, (1935), 7~31
- 40) Mauser-Messzeug G.m.b.H.: Feinmesszeug Katalog, (1961), 4~15
- 41) Schuchardt & Schutte A. G. ,Berlin: Instrumentos de medición Zeiss, C920 (1928), 47
- 42) Tamotsu Aoki: Medición de precisión e instrumentos de medición, Matuzen Inc. (1937), 382
- 43) The Japan Society of Mechanical Engineering Edition: Nueva edición - Historia de las tecnologías mecánicas The Japan Society of Mechanical Engineering, (2010-12), 382
- 44) Kiyoshi Maeda: Legados mecánicos en Japón, Ohmsha Ltd., (2000-12), 2
- 45) Juici Kusumoto: Nagasaki Iron Mill -Pionero de la industria moderna japonesa, Chuko paperback pocket edition, Chuokoron-Shinsha, Inc. (1990)
- 46) Masaji Sawabe: Historia de la medición de precisión I, Transición de unidad de longitud y estándar, Sociedad japonesa de ingeniería de precisión, Curso básico de ingeniería de precisión (descripción web), (2009-11-24), 15
- 47) Kesakatsu Koizumi: Historia de Pesos y Medidas, Agencia de Ciencia Industrial y Tecnología Instituto de Inspección Central de Pesos y Medidas, Coronasha Co. (1961), 164
- 48) Toshio Kajiura: Shungaku Matsudaira's Sliding Caliper, Documentos de conferencias recopilados de la Sociedad de Arqueología Industrial de Japón publicados en la reunión general de la 25.ª ronda (anual de 2001), (2011), 33
- 49) Suketosi Yajima: Investigación científica temprana en Japón, Journal of History of Science, JAPÓN, Segunda edición (1942-06)
- 50) Kesakatsu Koizumi: Historia de Pesos y Medidas, Agencia de Ciencia Industrial y Tecnología Instituto de Inspección Central de Pesos y Medidas, Coronasha Co. (1961), 37
- 51) Yasuhide Tsuchida, Kenji Yamada, Shintaro Karasawa, Hiroshi Ogawa: Investigación de las medidas de la serie Yasaburo Noriyuki Ohno/Yasaburo Norichika Ohno - Medidas en las colecciones del Museo Sanada Tresures (2da información) -, Reunión general de la Sociedad de Metrología Histórica 2011 Conferencia preliminar recopilada Copias (2011), 57
- 52) Masaji Sawab: Desempeño del calibrador deslizante hecho por Yasaburo Norichika Ohno, Revista de Historia de la Ciencia, JAPÓN, 34-1 (2012), 113
- 53) Shigeo Iwata: Variaciones de medidas en China, Journal of History of Science, JAPÓN, 1-2 (1979), 1

- 54) Shigeo Iwata: Estándar de longitud en China/Corea/Japón (primera información) 300 a.C. hasta el 1700 d.C., Revista de Historia de la Ciencia, JAPÓN, 16-1 (1994), 43
- 55) Museo Nacional de Historia Japonesa: Introducción de armas en la historia, (2006-10), 74
- 56) Museo Conmemorativo de Industria y Tecnología de Toyota: Colecciones de Toyota, 113 Herramientas e instrumentos de medición/Herramientas de dibujo, (2010), 76
- 57) Hachiro Nishida: Calibradores, Yoshio Asanaga Jefe de edición; Curso de conferencias sobre instrumentos de medición de fábrica (1), Nikkan Kogyo Shimbun, Ltd., (1962), 11
- 58) Asociación Japonesa de Fabricantes de Instrumentos de Medición de exactitud: MICRO, Diario del 20º Aniversario de la Fundación, (1974), 34
- 59) Asociación Japonesa de Fabricantes de Instrumentos de Medición de exactitud: MICRO, Diario del 30 Aniversario de la Fundación, (1984), 20
- 60) Asociación Japonesa de Fabricantes de Instrumentos de Medición de exactitud: MICRO, Diario del 50 Aniversario de la Fundación, (2004), 22
- 61) Societe Genevoise d'Instruments de Physique: Como Pasaron Ochenta Años..., Historia de la Societe Genevoise d'Instruments de Physique, (1946), 29~37
- 62) Societe Genevoise d'Instruments de Physique: SIP Historia 1862-1962, (1962), 10
- 63) Instituto de Inspección Metropolitana de Pesos y Medidas de Tokio: Inspección centenaria de pesos y medidas en Tokio, fabricantes de instrumentos de medición y talleres de reparación en Tokio (1976)
- 64) Agencia de Ciencia y Tecnología Industrial Instituto Central de Inspección de Pesos y Medidas: Historia del Instituto Central de Inspección de Pesos y Medidas de 50 años, Coronasha Co. (1961), 56
- 65) Etalon, Suiza, Herramientas de medición de exactitud, Catálogo, No.155 (1956), 7
- 66) Mauser-Masseug G.m.b.H.: Feinmesszeuge, (1961), 14
- 67) Mitutoyo Manufacture Co., Ltd.: Historia de la fabricación Mitutoyo de 50 años, (1985), 173
- 68) JIS B 7507: 1954, Calibradores
- 69) Akira Igarashi: Calibradores, La razón por la que ocurre un error de medición, 1. Medición dimensional en línea, Maquinista Japonés Co., (1971), 41
- 70) Imazu, Yano: Medición dimensional de productos plásticos con calibrador vernier, Resina sintética, 18-9 (1972), 4
- 71) Masaji Sawabe: Cómo medir con exactitud la dimensión y la forma de las piezas de plástico, Resultados del proyecto de investigación de desarrollo técnico organizado nacional Texto de presentación generalizado, Investigación sobre la medición de la dimensión y la forma de las piezas de plástico, La agencia de la Pequeña y Mediana Empresa, noviembre, Showa 48 (1973)
- 72) Mitutoyo Manufacture Co., Ltd.: Catálogo de instrumentos de medición específicos de productos de plástico, No.4039, 1973, 2
- 73) Mitutoyo Manufacture Co., Ltd.: Catálogo de calibradores/medidores de altura Mitutoyo, n.º 23, edición 9 (1980), 12, 21
- 74) Mitutoyo Manufacture Co., Ltd.: Calibrador micrométrico, No. de catálogo 10203, (1962), 1
- 75) JIS B 7517: 1960 Medidores de altura
- 76) JIS B 7518: 1960 Medidores de profundidad
- 77) Mitutoyo Manufacture Co., Ltd.: Catálogo de medidores de altura de lectura directa Mitutoyo, No.192-101 (1971), 12, 1
- 78) Mitutoyo Manufacture Co., Ltd.: Catálogo Digimatic Height Gage HD (1982), 3; Novedades de nuevos productos, catálogo de medidor de altura Digimatic reforzado HDD30 (1982), 1
- 79) Corporación Mitutoyo: Instrumentos de medición de exactitud/ Catálogo completo, No.13-34 (2000), 190
- 80) Shozo Matsushiro, Hiromi Endo, Masaji Sawage, Yasuo Shimoda, Masahiro Igarashi: Micrómetro digital con transformador diferencial, Informes del Instituto de Inspección Central de Pesos y Medidas, 5-4 (1956), 337
- 81) Mitutoyo Manufacture Co., Ltd.: Mitutoyo-Sylvac 10, Catálogo completo, No.13-17, (1982), 97
- 82) Hans U. Meyer: Equipo de medición, CH4241 / 72 (22-03-1972), Boletín de patentes Showa 56-23090 (29-05-1981)
- 83) Hans U. Meyer: Método capacitivo de medición angular y de longitud, CH8600/ 80-0 (1980-11-21), Boletín de patentes Heisei 2-41685 (1990-09-19)
- 84) Ingvar Andermo: Dispositivo de medición para la posición relativa de piezas móviles, SE7714010-1 (1977-12-09), Boletín de patentes Showa 64-11883 (1989-02-27)
- 85) Corporación Mitutoyo Museo Mitutoyo: Colecciones Mitutoyo Revisión 4, (2012), 68
- 86) TESA Precision Co.: Instrumentos y sistemas para el aseguramiento de la calidad, Doc. No. 103.012.8610 (J), (1988) 1.1
- 87) Corporación Mitutoyo: Instrumentos de medición de exactitud/ Catálogo completo, No.13-28 (1990), 247
- 88) Corporación Mitutoyo: Instrumentos de medición de exactitud/ Catálogo completo, No.13-30 (1993), 118
- 89) Ingvar Andermo, Tracy Hanley: Dispositivo de detección de posición absoluta que combina luz y capacitancia, US07/661840 (1991-02-26), Patente No.2809545 (1998-07-31)
- 90) Tetsuro Kiriya, Toshitaka Shimomura, Ingvar Andermo, Yasuo Yamaguchi: Desarrollo de codificador lineal absoluto, Revista de la Sociedad Japonesa de Ingeniería de Exactitud, 61-10 (1995), 1405
- 91) I. Andermo, T. Shimomura, T. Kiriya, Y. Yamaguchi: Un codificador lineal absoluto que utiliza una combinación de tecnología de codificador capacitivo y óptico, int. J. de Japón Soc. Prec. Inglés, 29-1 (1995), 14
- 92) Ingvar Andermo, Karl Mazreliez: Dispositivo de detección de posición de tipo inducción, US08/834432 (1997-04-16), Patente No.3366855 (2002-11-01)
- 93) Corporación Mitutoyo: Instrumentos de medición de exactitud/ Catálogo completo, No.13-35 (2001), 118
- 94) Corporación Mitutoyo: Instrumentos de medición de exactitud/ Catálogo completo, No.13-36 (2004), 120
- 95) A&D Co., Ltd.: Catálogo completo, Equipos electrónicos de pesas y medidas, (2007)
- 96) TESA Precision Co.: Hexagon Metrology, TESA: calibrador estándar, catálogo de instrumentos de medición de exactitud; Catálogo de calibrador estándar, (abril de 2012), 10
- 97) TESA Precision Co.: Catálogo TESA, información de producto de calibrador digital; Tecnología TESA, (2012), 1
- 98) Ishida Precision Ltd.: Sylvac Co. Catálogo -12; Sylvac SA, Catálogo-12, (2012), 8 y 10
- 99) ISO 13385-1: 2011 Especificación geométrica de productos (GPS) – Equipos de medición dimensional – Parte 1: Calibradores – Diseño y características metrológicas

Fecha de recepción de este artículo: 3 de junio de 2013

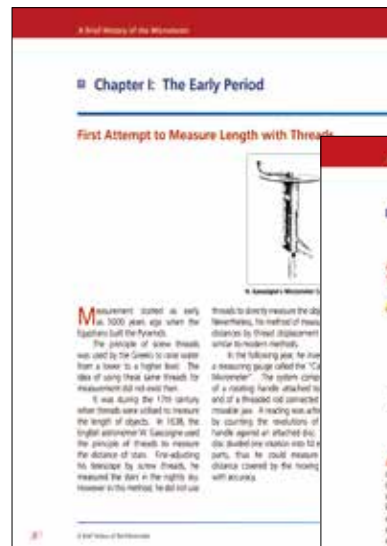
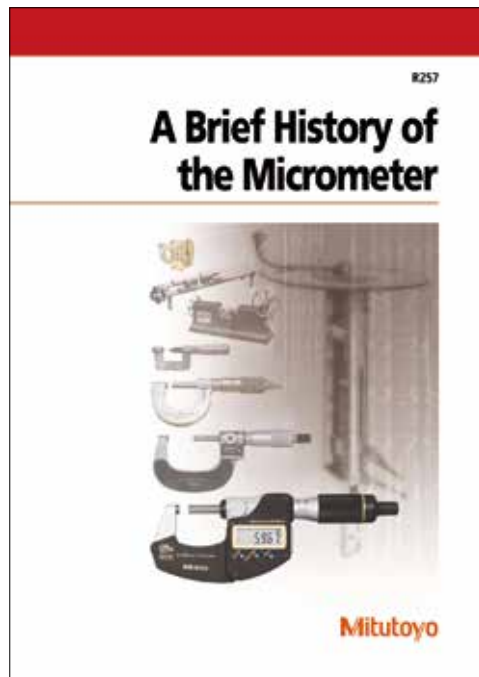
Autor: Masaji Sawabe Doctor en Ingeniería

Asesor Corporación Mitutoyo

Una breve historia del micrómetro/La historia de los bloques patrón

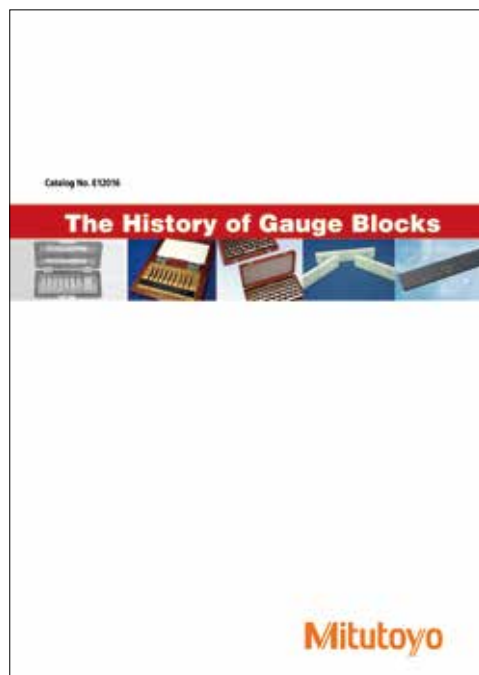
Una breve historia del micrómetro

R257



La historia de los bloques patrón

Catálogo No. E12016_ES





**Para mayor información sobre nuestros productos,
consulte nuestra página web.**

Al exportar o re-exportar cualquiera de nuestros productos usted puede cometer alguna acción que directa o indirectamente viole cualquier ley o regulación de Japón, de nuestro país o de cualquier tratado internacional. Por favor consúltenos antes, si desea trasladar nuestros productos a cualquier otro país.

Nota: Toda la información respecto a nuestros productos y en particular las ilustraciones, dibujos, datos de dimensiones y de desempeño contenidos en este folleto, así como los datos técnicos, deben considerarse como valores promedio. Por lo tanto, nos reservamos el derecho de hacer cambios a los diseños, dimensiones y pesos correspondientes

Mitutoyo Mexicana SA de CV

Industria Eléctrica No. 15
Parque Industrial
Naucalpan de Juárez, Estado de México
C.P. 53370

Tel.: (0155) 5312 5612
distribucion@mitutoyo.com.mx
www.mitutoyo.com.mx