
	Manual de prácticas del Laboratorio de Mediciones Mecánicas (Modalidad a distancia)	Código:	MADO-60
		Versión:	01
		Página	1/29
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	21 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Mediciones Mecánicas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Manual de prácticas del Laboratorio de Manufactura I Modalidad a distancia


Elaborado por:	Revisado por:	Autorizado por:	Vigente desde:
M. A. Jesús Rovirosa López Ing. Jesús Rodríguez Castro Ing. Martín Reyes Farías M. C. Juan Armando Ortiz Valera M. I. Hermógenes Gustavo Rojas Coca M. I. Efraín Ramos Trejo	M. A. Jesús Rovirosa López Ing. Jesús Rodríguez Castro Ing. Martín Reyes Farías M. C. Juan Armando Ortiz Valera M. I. Hermógenes Gustavo Rojas Coca Dr. Armando Ortiz Prado	Dr. Francisco Javier Solorio Ordaz	21 de septiembre de 2020

	Manual de prácticas del Laboratorio de Mediciones Mecánicas (Modalidad a distancia)	Código:	MADO-60
		Versión:	01
		Página	2/29
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	21 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Mediciones Mecánicas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Indice de prácticas


Práctica 1 Calibrador Vernier

Práctica 2 Micrómetro

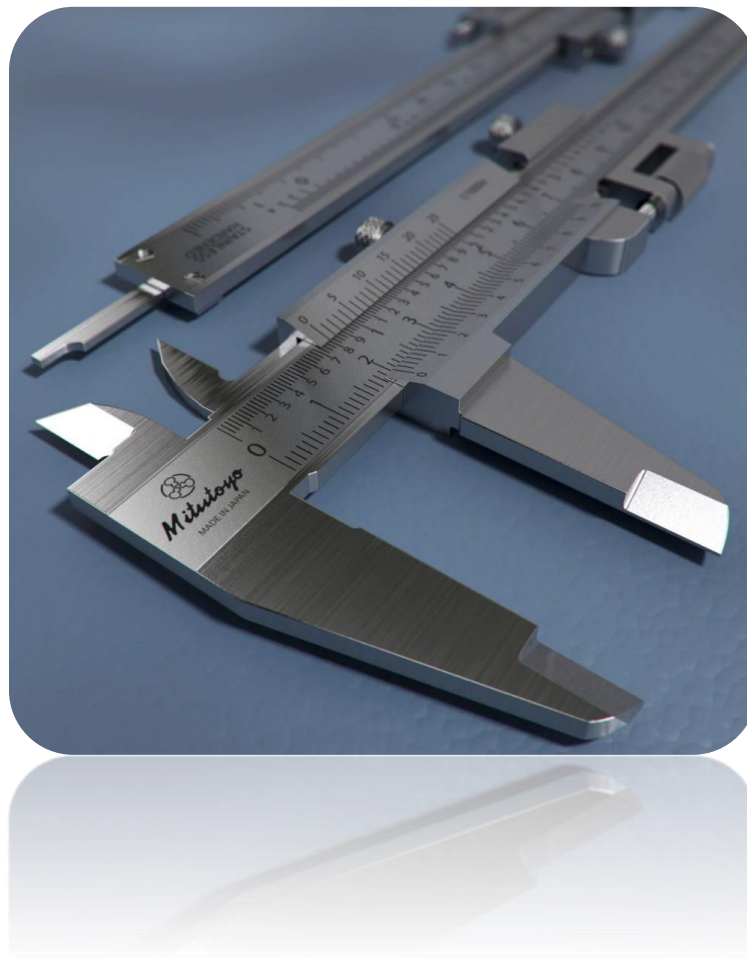
	Manual de prácticas del Laboratorio de Mediciones Mecánicas (Modalidad a distancia)	Código:	MADO-60
		Versión:	01
		Página	3/29
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	21 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Mediciones Mecánicas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


Contenido

Práctica 1 Calibrador Vernier	4
1. OBJETIVOS	5
2. MATERIAL	5
3. INTRODUCCIÓN	5
4. DESARROLLO PARTE PRÁCTICA VIRTUAL.....	13
5. REPORTE	13
6. BIBLIOGRAFÍA	13
Práctica 2 Micrómetro	15
1. OBJETIVOS	16
2. MATERIAL	16
3. INTRODUCCIÓN	16
4. DESARROLLO PARTE PRÁCTICA VIRTUAL.....	28
5. REPORTE	28
6. BIBLIOGRAFÍA	29

	Manual de prácticas del Laboratorio de Mediciones Mecánicas (Modalidad a distancia)	Código:	MADO-60
		Versión:	01
		Página	4/29
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	21 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Mediciones Mecánicas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 1 Calibrador Vernier



	Manual de prácticas del Laboratorio de Mediciones Mecánicas (Modalidad a distancia)	Código:	MADO-60
		Versión:	01
		Página	5/29
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	21 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Mediciones Mecánicas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. OBJETIVOS

- Que el alumno conozca el calibrador vernier, identifique sus partes, clasificación, errores de medición y aplicaciones particulares, asimismo adquiera los conocimientos necesarios para realizar una lectura correcta mediante el uso de una herramienta virtual.
- Que el alumno realice los ejercicios propuestos para que clarifique la forma en cómo se toma una lectura en las diferentes escalas del instrumento.

2. MATERIAL


- ❖ Presentación web
- ❖ Simulador vernier en diferentes escalas

3. INTRODUCCIÓN

Se denomina calibrador o vernier al instrumento que tiene la particularidad de medir mediante el auxilio de un sistema de escalas denominadas nonio o vernier; en esencia se trata una regla graduada perfeccionada para aumentar el grado de precisión de las mediciones y que facilite la toma de lecturas para distintos tipos de geometría. Su principio de lectura está basado en la escala vernier inventada por el matemático portugués Petrus Nonius (1492-1577), el diseño que se utiliza actualmente de escala deslizante debe su nombre al francés Pierre Verni (1580-1637), quien perfecciono el sistema.

El calibrador vernier fue desarrollado para satisfacer la necesidad de contar con un instrumento de lectura directa, que pudiera tomar una medida fácilmente en una operación, además, teniendo la ventaja de no ser necesaria la apreciación visual del cero de referencia y la simplificación de la lectura al hacerse coincidir dos trazos auxiliándose de la reglilla del nonio.

El calibrador vernier está constituido por una regla de acero graduada cuyo origen se prolonga en forma perpendicular formando un brazo o punta de medición. Este elemento sirve como superficie de referencia para apoyar la pieza a medir. El cursor es un elemento deslizante, similar al brazo y está montado sobre la regleta graduada. El movimiento deslizante permite

	Manual de prácticas del Laboratorio de Mediciones Mecánicas (Modalidad a distancia)	Código:	MADO-60
		Versión:	01
		Página	6/29
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	21 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Mediciones Mecánicas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

modificar la apertura de las puntas y por ende la medida entre ellas. En el cursor se encuentra dispuesta la escala vernier o nonio que permiten medir con mayor precisión (Figura 1).

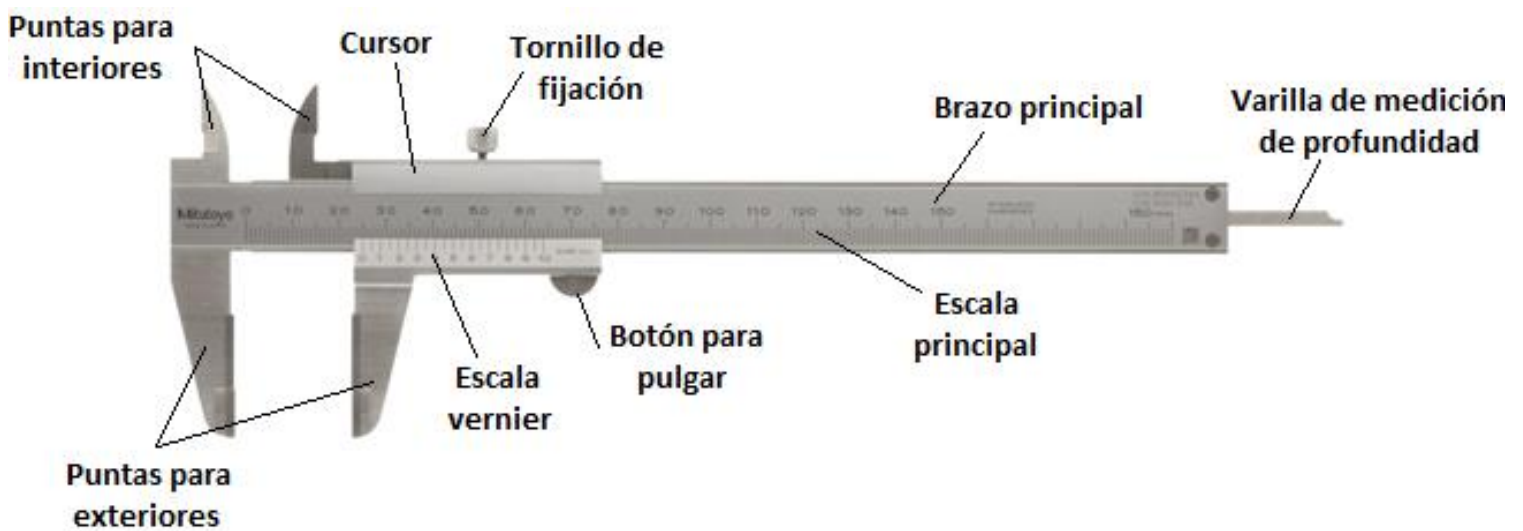



Figura 1. Partes de un calibrador vernier

USO DEL CALIBRADOR VERNIER

El calibrador vernier típico puede realizar cuatro tipos de medición: exteriores, interiores, peldaños y profundidades. Para este fin se usan las distintas puntas que están dispuestas en el instrumento. Las puntas largas sirven para medir exteriores, las dispuestas en la parte superior permiten medir diámetros interiores o ancho de canales, en tanto que, para profundidades se usa la barra dispuesta en el final de brazo principal. Finalmente se utilizan los cantos del instrumento formados por el curso y el brazo principal para medir peldaños o escalones (Figura 2). Por lo general, en la parte superior de la regla móvil tiene un tornillo que tiene la función de fijar este en la medida determinada.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Mediciones Mecánicas (Modalidad a distancia)	Código:	MADO-60
		Versión:	01
		Página	7/29
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	21 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Mediciones Mecánicas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

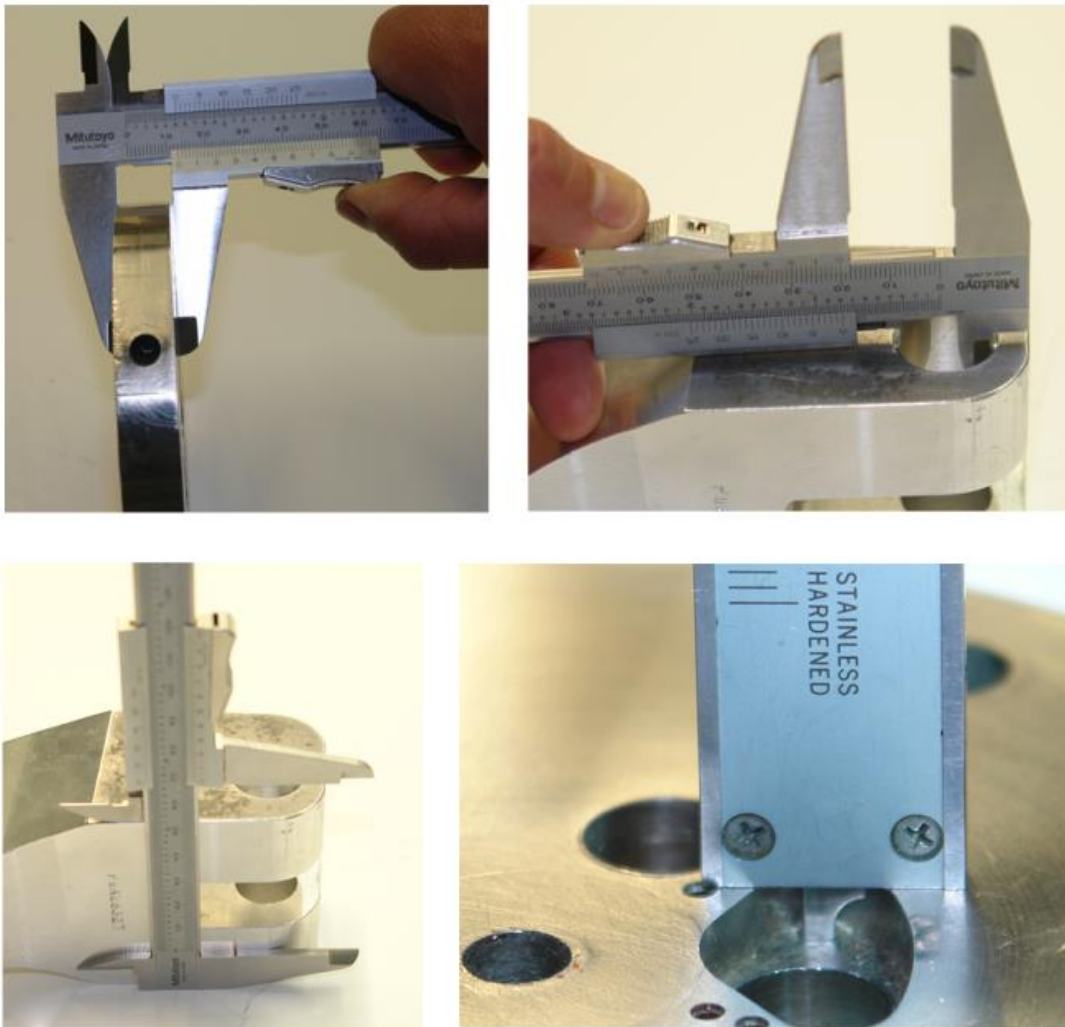



Figura 2. Tipos de medida que se pueden realizar con el calibrador vernier. Imagen superior izquierda, donde se toma una lectura de exteriores, se continua con ejemplos para la de interiores, peldaño y profundidad respectivamente.

TIPOS DE ESCALAS VERNIER

Como se hizo mención, el principio de lectura para este instrumento se realiza mediante la escala auxiliar que se desliza a lo largo de la escala principal, permita realizar lecturas fraccionales exactas de la mínima división de la escala principal. Para graduaciones hechas en

	Manual de prácticas del Laboratorio de Mediciones Mecánicas (Modalidad a distancia)	Código:	MADO-60
		Versión:	01
		Página	8/29
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	21 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Mediciones Mecánicas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

el sistema métrico decimal, la escala del nonio se gradúa en un número (n-1) divisiones de tal modo que diez de sus partes corresponden a nueve de la regla principal.

La distancia mínima que puede ser leída en la escala principal corresponde con 1 mm, por lo que la escala en el nonio corresponde a 9 mm. Si se divide esta escala en diez partes iguales, la precisión de la lectura está dada por la relación (1.1):

$$P = \frac{S}{n} \quad (1.1)$$

P = Legibilidad

S = mínima graduación en la escala principal

n = número de divisiones en la escala vernier

$$P = \frac{1}{10} \quad \therefore \quad P = 0.1 \text{ mm}$$

Los calibradores vernier métricos pueden tener 20 divisiones que ocupan 19 divisiones de la escala principal que se gradúa en incrementos de 1 mm, o en 50 divisiones que ocupan 49 divisiones sobre la escala principal graduada en incrementos de 1 mm, legibilidad de 0.05 y 0.02 mm respectivamente.

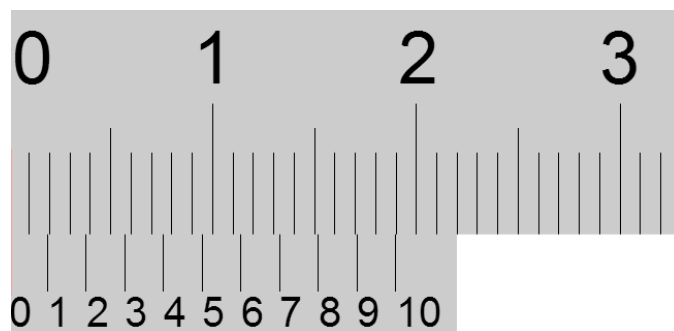



Figura 3. Escala en sistema métrico y nonio correspondiente

Dependiendo del tipo de calibrador vernier, la escala principal se gradúa sobre uno o dos lados de la regleta principal. Asimismo, puede tener combinaciones de sistema métrico e inglés (milímetros y pulgadas).

	Manual de prácticas del Laboratorio de Mediciones Mecánicas (Modalidad a distancia)	Código:	MADO-60
		Versión:	01
		Página	9/29
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	21 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Mediciones Mecánicas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Graduaciones en la escala principal y vernier

La tabla 1 muestra diferentes tipos de graduaciones sobre las escalas principales y vernier. Hay cinco tipos para la escala principal y ocho tipos para la escala vernier, incluyendo los sistemas métrico e inglés.

Tabla 1. Tipos de graduaciones sobre las escalas principales y vernier

MINIMA DIVISION ESCALA PRINCIPAL	GRADUACIONES ESCALA VERNIER	LECTURA DEL VERNIER
0.5 mm	25 divisiones en 12 mm	0.02 mm
	25 divisiones en 24.5 mm	0.02 mm
1 mm	50 divisiones en 49 mm	0.02 mm
	20 divisiones en 19 mm	0.05 mm
	20 divisiones en 39 mm	0.05 mm
1/16 pulg.	8 divisiones en 7/16 pulg	1/128 pulg
1/40 pulg.	25 divisiones en 1.225 pulg	1/1000 pulg
1/20 pulg.	50 divisiones en 2.45 pulg	1/1000 pulg


TOMA DE LECTURA CON EL CALIBRADOR VERNIER

Antes de realizar cualquier lectura con un calibrador vernier, es necesario determinar las unidades en las que esta graduada la regla principal y posteriormente su legibilidad.

Calibrador vernier en milímetros

La forma correcta de realizar la lectura en el calibrador vernier es:

- El primer paso y uno de los más importantes es la correcta colocación de las puntas para interiores, puntas para exteriores, peldaños y/o la varilla de medición de profundidad, según sea el caso, así como un apriete adecuado sobre el elemento a medir
- Tomar la lectura del valor entero en milímetros y/o pulgadas decimales en la escala principal, tomando en cuenta las subdivisiones, del valor más próximo a la izquierda del cero marcado en la escala vernier.
- Como valor decimal, según su legibilidad, se deberá tomar la división coincidente de la escala vernier con la escala principal. Es importante hacer notar que la coincidencia de las divisiones solo debe ser una (Figura 4, 5 y 6).

	Manual de prácticas del Laboratorio de Mediciones Mecánicas (Modalidad a distancia)	Código:	MADO-60
		Versión:	01
		Página	10/29
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	21 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Mediciones Mecánicas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

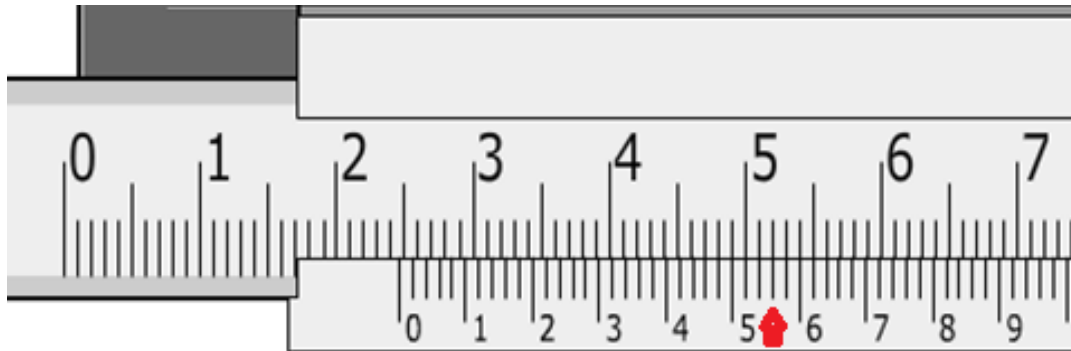


Figura 4. Lectura en un calibrador vernier con escala en milímetros

Para el primer ejemplo (figura 4) se tiene un calibrador vernier en milímetros, la legibilidad está definida a partir de identificar el número de divisiones de la escala vernier igual a 50 divisiones y aplicar la siguiente relación (1.1):

$$P = \frac{S}{n} \quad \therefore \quad P = \frac{1}{50} = 0.02 \text{ mm}$$

P = Legibilidad

S = mínima graduación en la escala principal


n = número de divisiones en la escala vernier

De acuerdo a la figura 4, en la escala principal el valor más próximo al cero de la escala vernier corresponde con 24 mm; después tomamos la escala vernier para completar el valor decimal. En este caso se busca el índice en el que ambas escalas coincidan o queden alineadas. El índice de la escala vernier es el marcado en rojo por lo que la lectura será:

Escala principal	24 mm
Escala vernier (Índice alineado*valor de legibilidad)	(28 X 0.02) = 0.56 mm
Lectura del instrumento	24.56 mm

Calibrador vernier en milésimas de pulgada

En el ejemplo de la figura 5 se tiene un calibrador vernier en milésimas de pulgada. La legibilidad se define de manera similar al caso anterior donde el número de divisiones de la escala vernier es 25 y al aplicar la relación (1.1) se tiene:

	Manual de prácticas del Laboratorio de Mediciones Mecánicas (Modalidad a distancia)	Código:	MADO-60
		Versión:	01
		Página:	11/29
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión:	21 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Mediciones Mecánicas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

$$P = \frac{S}{n} \quad \therefore \quad P = \frac{.025}{25} = .001''$$

P = Legibilidad

S = mínima graduación en la escala principal

n = número de divisiones en la escala vernier

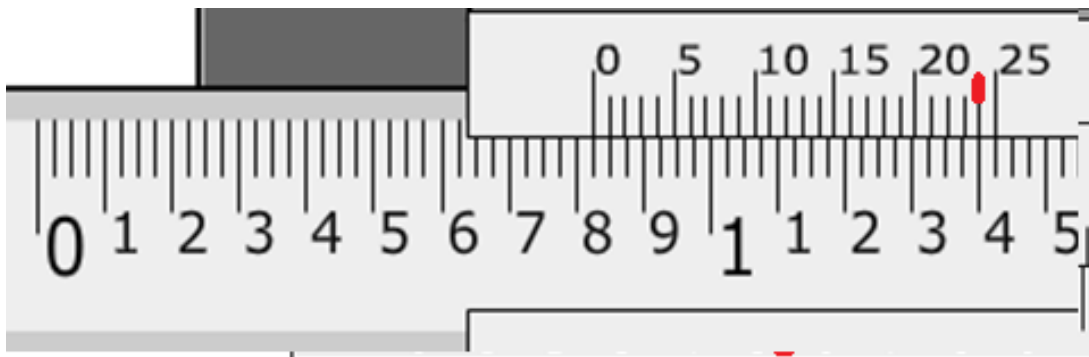


Figura 5. Lectura en un calibrador vernier con escala en pulgadas milésimas

Como se puede ver en la figura 5, el valor más próximo en la escala principal respecto al cero de la escala vernier corresponde con .8"; en tanto, el índice en el que ambas escalas coinciden o quedan alineadas corresponde con la marca en rojo, por lo que la lectura será:


Escala principal	.8 "
Escala vernier (Índice alineado*valor de legibilidad)	(24 X 0.001") = .024"
Lectura del instrumento	.824"

Calibrador vernier en pulgadas fraccionales.

Para el caso del instrumento en pulgadas fraccionadas (Figura 6), la legibilidad se define por:

$$P = \frac{S}{n} \quad \therefore \quad P = \frac{1}{16} \div \frac{8}{8} = \frac{1}{128}''$$

En este caso, el instrumento con pulgadas fraccionadas cumple con el mismo principio descrito; tomamos lectura en unidades de pulgada y la conservamos para solo completar la medida

	Manual de prácticas del Laboratorio de Mediciones Mecánicas (Modalidad a distancia)	Código:	MADO-60
		Versión:	01
		Página	12/29
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	21 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Mediciones Mecánicas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

fraccional. Como se puede observar, este instrumento nos permite medir fracciones de 1/16" como mínimo en la escala principal.

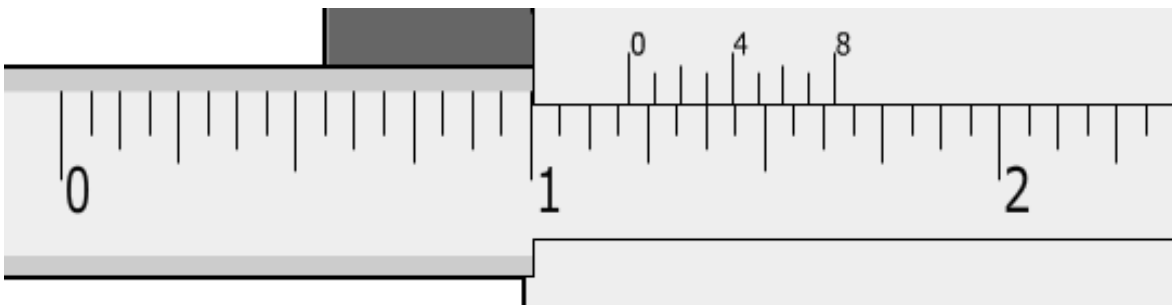



Figura 6. Lectura en un calibrador vernier con escala en pulgadas fraccionadas

En este caso, la lectura del vernier será la unidad en virtud de que el cero de la escala vernier de arriba pasa la línea que indica el uno y completamos con el fraccional de la escala. Para el ejemplo, son 3/16" el valor más próximo al cero de la escala vernier. Completando la lectura con el valor fraccional, se busca el índice en el que ambas escalas queden coincidiendo o estén alineadas y se suma, por lo que la lectura será:

Escala principal	$1" + \frac{3}{16}"$
Escala vernier (Índice alineado*valor de legibilidad)	$\left(\frac{1}{128}" \times 3\right) = \frac{3}{128}"$
Lectura del instrumento	$1" + \frac{3}{16}" + \frac{3}{128}" = 1 \frac{27}{128}"$

Para este instrumento en particular se debe buscar simplificar la fracción para expresar la lectura.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Mediciones Mecánicas (Modalidad a distancia)	Código:	MADO-60
		Versión:	01
		Página	13/29
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	21 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Mediciones Mecánicas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

4. DESARROLLO PARTE PRÁCTICA VIRTUAL

Se realizarán las siguientes actividades con el auxilio del calibrador virtual coordinadas por el profesor.

A partir de la presentación se deberá:

- ♣ Describir de las partes del calibrador vernier.
- ♣ Cuidados y precauciones en el manejo del instrumento.
- ♣ Descripción de unidades que maneja el calibrador.
- ♣ Procedimiento para realizar una lectura correcta en las diferentes escalas (milímetros, milésimas y fracciones de pulgada).
- ♣ Realizar lecturas en las diferentes escalas con las que cuenta el calibrador vernier con el auxilio de la herramienta virtual. (se deberá al menos realizar 5 lecturas para cada escala, procurando que los alumnos participen en la lectura del instrumento)
- ♣ Analizar la variación en los datos obtenidos en caso de que existan discrepancias
- ♣ El profesor deberá de corroborar que todos los asistentes al desarrollo de la práctica efectúen de manera correcta la lectura y no tengan dudas al respecto.


5. REPORTE

Para reforzar el desarrollo visto en clase se deberá contestar el formulario que será enviado por el profesor de manera **individual** con el siguiente contenido:


- Realizar los ejercicios propuesto, indicando las lecturas correctas en cada uno de los ejercicios propuestos.
- Generar conclusiones de la práctica donde el alumno indique si comprendió la parte sustancial de la lectura del instrumento virtual e indique si se alcanzaron los objetivos planteados

6. BIBLIOGRAFÍA

- Dotson C., “Fundamentals of dimensional metrology”, Delmar Cengage Learning, USA, 2006
- Manrique, E. Casanova A. Metrología Básica, Edebé Profesional. Barcelona, 2011
- Escamilla, A. Metrología y sus aplicaciones. Grupo Editorial Patria, México 2015


	Manual de prácticas del Laboratorio de Mediciones Mecánicas (Modalidad a distancia)	Código:	MADO-60
		Versión:	01
		Página	14/29
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	21 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Mediciones Mecánicas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- Stefanelli, Eduardo José (2020). Calibre Virtual Simulador.
Recuperado de <https://www.stefanelli.eng.br/es/category/simulador-es/>

	Manual de prácticas del Laboratorio de Mediciones Mecánicas (Modalidad a distancia)	Código:	MADO-60
		Versión:	01
		Página	15/29
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	21 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Mediciones Mecánicas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 2 Micrómetro



	Manual de prácticas del Laboratorio de Mediciones Mecánicas (Modalidad a distancia)	Código:	MADO-60
		Versión:	01
		Página	16/29
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	21 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Mediciones Mecánicas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. OBJETIVOS

- Que el alumno conozca el micrómetro, identifique sus partes, las variantes, accesorios que complementan su uso y aplicaciones particulares, asimismo, adquiera los conocimientos necesarios para realizar una lectura correcta mediante el uso de una herramienta virtual.
- Que el alumno realice los ejercicios propuestos para que clarifique la forma en cómo se toma una lectura en las diferentes escalas del instrumento.

2. MATERIAL


- ❖ Presentación web
- ❖ Simulador de micrómetro en diferentes escalas

3. INTRODUCCIÓN

El micrómetro (del griego micros, pequeño, y metros, medición), denominado también Tornillo de Palmer, es un instrumento de medición cuyo funcionamiento está basado en un tornillo micrométrico (Figura 1) que se desplaza axialmente longitudes pequeñas al girar el mismo dentro de una tuerca, dichos desplazamientos se trasladan a un husillo que se aproxima a la pieza a medir. El desplazamiento puede ser de $\frac{1}{2}$ mm y de 1mm para giros completos en los instrumentos milimétricos y por lo general de 0,025" en los de micrómetros graduados en pulgadas, a diferencia del vernier, la versatilidad de medidas en este tipo de instrumento está limitada, sin embargo, existen diferentes configuraciones de micrómetros para cada tipo de medición.



Figura 1. Cabeza micrométrica, dispositivo típico de un micrómetro

	Manual de prácticas del Laboratorio de Mediciones Mecánicas (Modalidad a distancia)	Código:	MADO-60
		Versión:	01
		Página	17/29
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	21 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Mediciones Mecánicas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

El rango máximo de medida del micrómetro es limitado a comparación de un vernier, en general las longitudes de medición de este tipo de instrumento se encuentran entre 25 mm ó 1 pulgada, pero la configuración de los mismos permite cumplir con mayores dimensiones. La ventaja es que ofrecen una exactitud y precisión superior. Es por esto que el micrómetro es ampliamente usado en las áreas de ingeniería mecánica para medir con precisión medidas internas, externas, grosores, profundidades y algunas geometrías especiales, las medidas mínimas que pueden detectar están del orden de milésimas de milímetros (0,001 mm) y de diezmilésimas de milímetros (0,0001mm).

Existen tres clases principales de micrómetros basados en su aplicación, estos son: micrómetro externo, micrómetro interno y micrómetro de profundidades; existen así mismo, otros micrómetros de aplicaciones especiales como son: micrómetro de cuchillas, micrómetro para tubos, micrómetro para roscas y micrómetro con tope en "V" (Figura 2). Sin embargo, el más común es el micrómetro de exteriores y por lo tanto esta práctica se centrará en el mismo.

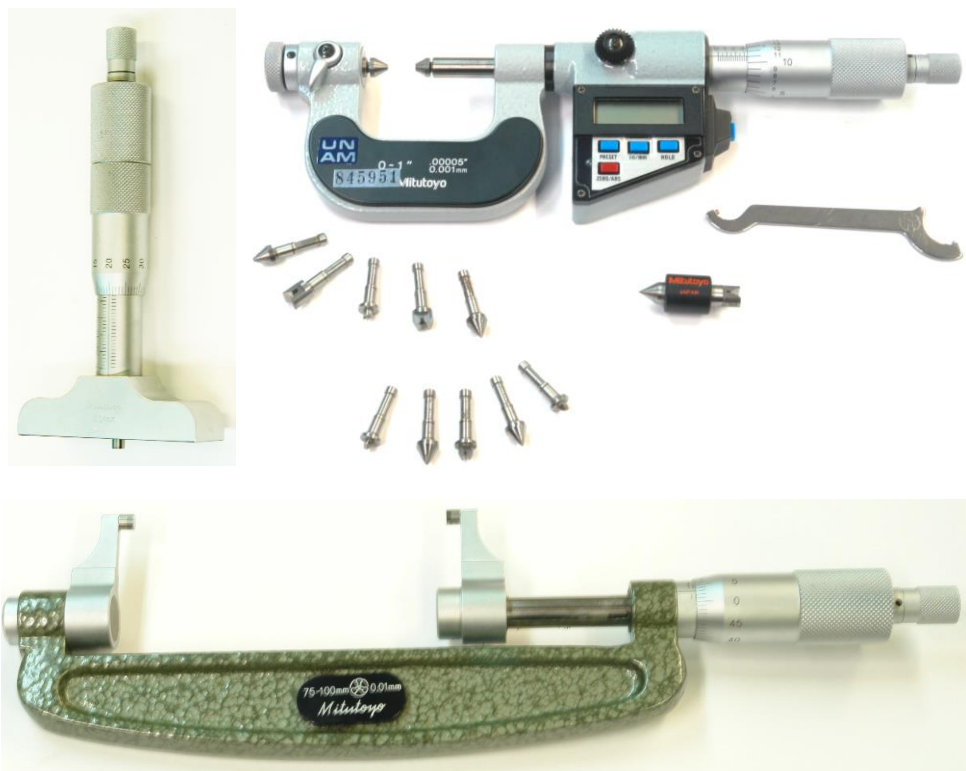




Figura 2. Diferentes configuraciones de micrómetros (Profundidades, de puntas intercambiables y exteriores)

	Manual de prácticas del Laboratorio de Mediciones Mecánicas (Modalidad a distancia)	Código:	MADO-60
		Versión:	01
		Página	18/29
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	21 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Mediciones Mecánicas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

La configuración típica del micrómetro consiste en dos puntas (husillo y yunque) que se aproximan entre sí mediante el giro del tornillo, la denominada cabeza micrométrica contiene una escala mientras el tambor que gira contiene al nonio (Figura 3).

Las partes principales que constituyen al micrómetro de exteriores son las siguientes:

- a) Arco de herradura o mango: permite la sujeción del instrumento.
- b) Yunque o punto fijo: Es la superficie de referencia donde se apoya la pieza a medir, su cara es perfectamente plana.
- c) Cilindro interior o husillo: Es el eje móvil cuya punta es plana y paralela al yunque, estos dos son los extremos que están en contacto con la pieza que se desea medir
- d) Cilindro exterior: Corresponde al cuerpo graduado sobre el que está marcada la escala lineal o principal en milímetros o pulgadas según sea el caso.
- e) Tambor giratorio graduado: Permite medir el avance del husillo mediante el auxilio de la graduación dispuesta en la periferia del mismo, estas graduaciones están uniformemente distribuidas.
- f) Tornillo de fijación o freno: Se encarga de fijar el eje móvil en una medida determinada para poder hacer la lectura.
- g) Trinquete: El objetivo del trinquete es hacer girar al husillo de manera que la punta plana del mismo se ajuste a la parte que se desee medir sin dañar el mecanismo de la tuerca tornillo.
- h) Línea de referencia: Permite calibrar el micrómetro y conocer cuando esta calibración se pierda debido al uso

	Manual de prácticas del Laboratorio de Mediciones Mecánicas (Modalidad a distancia)	Código:	MADO-60
		Versión:	01
		Página	19/29
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	21 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Mediciones Mecánicas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

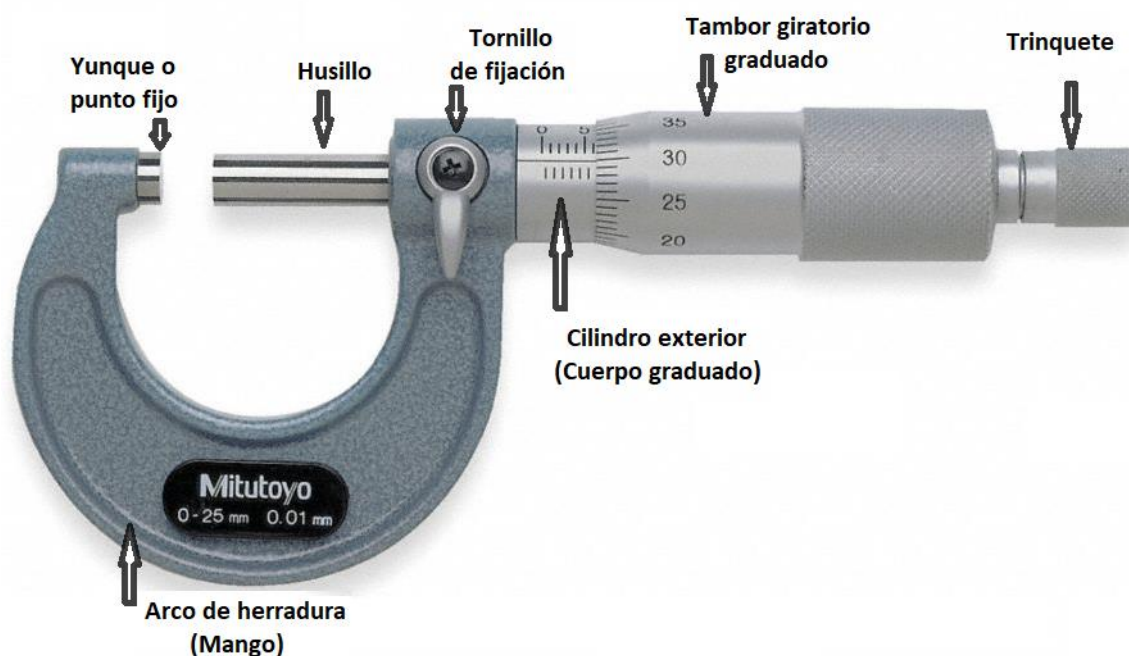



Figura 3. Configuración y partes de un micrómetro típico

USO DEL MICRÓMETRO

Antes de realizar cualquier lectura con un micrómetro, es necesario determinar las unidades en las que está graduado el instrumento y posteriormente su legibilidad. Asimismo, antes de realizar la medición es importante verificar que los extremos del yunque y el husillo se encuentren limpios y sin imperfecciones ya que, en caso de no ser así, podrían obtenerse mediciones erróneas. Cuando el micrómetro se usa constantemente o de una manera inadecuada, el punto cero del micrómetro puede estar desfasado, es importante asegurarse que esté se encuentre alineado y calibrado.

La manera de realizar una medición con un micrómetro de exteriores es muy simple; se coloca la parte que se va a medir entre el yunque y el extremo plano del husillo, con ayuda del trinquete, se ajustan los dos extremos hasta sujetarlo firmemente, es necesario verificar que el instrumento esté firmemente colocado sobre las caras de la pieza para evitar así variaciones en las lecturas. Para realizar mediciones en piezas fijas, se sostiene el micrómetro por la mitad del mango con una mano, y el trinquete con la otra, es importante mantener la mano fuera del borde del yunque. (Figura 4a). Para realizar mediciones a piezas mecánicas sueltas, el micrómetro se sostiene como se muestra en

	Manual de prácticas del Laboratorio de Mediciones Mecánicas (Modalidad a distancia)	Código:	MADO-60
		Versión:	01
		Página	20/29
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	21 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Mediciones Mecánicas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

la siguiente imagen, de esta manera se garantiza una correcta y firme sujeción de la pieza y por tanto una correcta medición (Figura 4b).



a)



b)

Figura 4. a) Sujeción adecuada del micrómetro para medición de piezas fijas, b) Sujeción adecuada del micrómetro para medición de piezas sueltas.

Usualmente, la longitud máxima a medir en este tipo de instrumento es de 25 mm o 1 pulgada, por lo que es necesario disponer de un micrómetro para cada campo de medidas que se quieran tomar 0-25 mm, 25-50 mm, 50-75 mm, etc.

TIPOS DE ESCALAS EN EL MICRÓMETRO

El principio de lectura para este instrumento se realiza mediante la escala micrométrica auxiliar que gira a lo largo de la escala principal (Cuerpo graduado), permite para el caso de micrómetros en milésimas de milímetro y diezmilésimas de pulgada, realizar lecturas fraccionales exactas de la mínima división de la escala principal. Para graduaciones que no cuentan con la precisión antes mencionadas, la escala micrométrica se gradúa en un número de divisiones de tal modo tendremos un margen de error de la escala principal.

Para ejemplificar este tipo de lecturas se tiene los siguientes esquemas instrumentos con dos tipos de resolución


	Manual de prácticas del Laboratorio de Mediciones Mecánicas (Modalidad a distancia)	Código:	MADO-60
		Versión:	01
		Página	21/29
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	21 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Mediciones Mecánicas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			




Figura 5. Micrómetro en milímetros con resolución de 0.01 y 0.001 mm

Para el caso de ambos instrumentos (Figura 5) la escala principal se encuentra en milímetros, por lo que se tiene que la escala mínima que puede ser leída en la escala principal corresponde con 0.5 mm, por lo tanto, la escala en el tambor giratorio tiene 50 divisiones y cada una corresponde a 0.01 mm. En el caso del instrumento de lado derecho es posible visualizar una escala extra graduada en el tambor fijo, esta se divide en diez partes iguales y permite la lectura aumentando un dígito la precisión (0.001 mm).



Figura 6. Micrómetro en pulgadas con resolución de 0.001 y 0.0001 in

	Manual de prácticas del Laboratorio de Mediciones Mecánicas (Modalidad a distancia)	Código:	MADO-60
		Versión:	01
		Página	22/29
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	21 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Mediciones Mecánicas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Para el caso de la figura 6 ambos instrumentos se encuentran graduados en pulgadas, por lo que se tiene que la escala mínima que puede ser leída en la escala principal corresponde con 0.025 in, por lo tanto, la escala en el tambor giratorio tiene 25 divisiones y cada una corresponde a .001 in. En el caso del instrumento de lado derecho es posible visualizar una escala extra graduada en el tambor fijo, esta se divide en diez partes iguales y permite la lectura aumentando un dígito la precisión (.0001 in).

Tabla 1. Tipos de graduaciones sobre las escalas principales y micrométricas

MINIMA DIVISION ESCALA PRINCIPAL	GRADUACIONES EN LA ESCALA MICROMETRICA	RESOLUCIÓN DEL MICRÓMETRO
0.5 mm	50 divisiones	0.01 mm
0.5 mm	50 divisiones y 10 divisiones extra en el tambor fijo	0.001 mm
.025 pulg	25 divisiones	.001 pulg
.025 pulg	25 divisiones y 10 divisiones extra en el tambor fijo	.0001 pulg


TOMA DE LECTURA CON EL MICRÓMETRO

Antes de realizar cualquier lectura con un micrómetro, es necesario determinar las unidades en las que esta graduada la escala principal y posteriormente su legibilidad. Como se hizo mención, el principio de lectura para este instrumento se realiza mediante el auxilio del tambor giratorio graduado que se desliza a lo largo de la escala principal.

Toma de lectura en un micrómetro en milímetros

Para interpretar la lectura del instrumento graduado en milímetros se parte de saber cuál es la mínima lectura del cuerpo graduado (escala principal), usualmente 0.5 mm.

El cuerpo graduado, como se observa en la Figura 7, presenta varias divisiones, cada una de las divisiones superiores representa 1 mm, y dará el valor entero de la lectura, mientras que cada una de las divisiones inferiores representa 0.5 mm y representan el valor decimal mínimo que se puede leer. De igual forma el tambor presenta una graduación, se encuentra dividido en 50 partes, por lo que, la legibilidad del instrumento está definida a partir de este valor y aplicar la siguiente relación (1.1):

	Manual de prácticas del Laboratorio de Mediciones Mecánicas (Modalidad a distancia)	Código:	MADO-60
		Versión:	01
		Página:	23/29
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión:	21 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Mediciones Mecánicas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

$$P = \frac{S}{n} \quad \therefore \quad P = \frac{0.5}{50} = 0.01 \text{ mm}$$

P = Legibilidad

S = mínima graduación en la escala principal

n = número de divisiones en la escala micrométrica giratoria

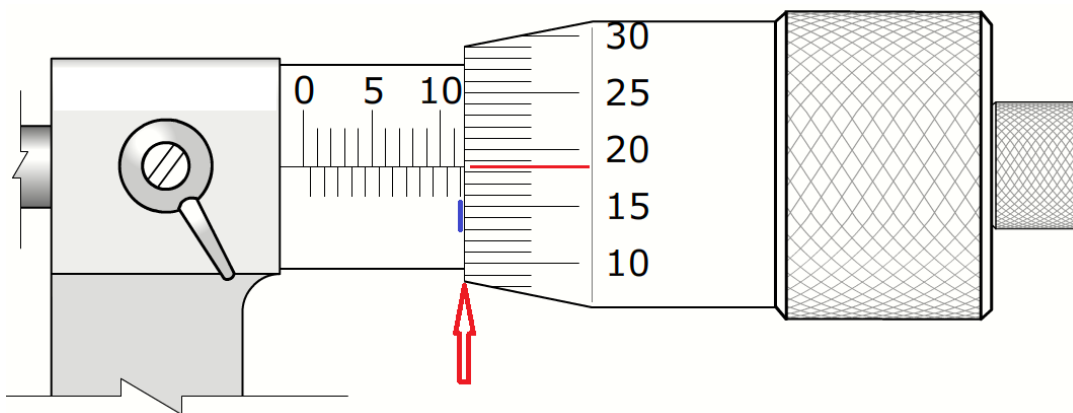



Figura 7. Configuración de un micrómetro en milímetros resolución 0.01

Para el primer ejemplo (figura 7) la lectura se haría de la siguiente:

En el cuerpo graduado se toma el valor (línea azul) que se encuentra antes del filo del tambor (flecha roja), en este caso se observa que el paño del tambor pasa once líneas de valor 1 mm, además de sobrepasar una de valor 0.5 mm. Existe un desfase aun entre esta última línea de la escala y el paño del tambor, esta distancia se puede leer con la ayuda de la escala micrométrica que se encuentra en el tambor giratorio, en este caso se busca el valor de la escala que se encuentre alineado a la línea de referencia de la escala fija (línea roja). Para el caso del ejemplo sucede que no hay ninguna alineación, los valores se encuentran entre la escala 18 y 19. En este caso se tomará la inmediata inferior, por lo que la lectura será:

Escala principal	(11 X 1) = 11 mm (1 x 0.5) = 0.5mm
Escala tambor giratorio	(18 X 0.01) = 0.18 mm
Lectura del instrumento	11.68 mm

	Manual de prácticas del Laboratorio de Mediciones Mecánicas (Modalidad a distancia)	Código:	MADO-60
		Versión:	01
		Página	24/29
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	21 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Mediciones Mecánicas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Para interpretar la lectura del instrumento graduado en milímetros con resolución de 0.001 mm que representan milésimas de milímetro (Figura 8), se parte de saber cuál es la mínima lectura del cuerpo graduado (escala principal). El cuerpo graduado, como se observa en la Figura 8, presenta divisiones superiores que representan 1 mm y divisiones inferiores que representa 0.5 mm y es el valor mínimo legible en el cuerpo graduado. De igual forma el tambor se encuentra dividido en 50 partes, de las cuales cada una representa 0.01 mm. En este caso se puede observar una escala extra dispuesta en forma de líneas horizontales en el cuerpo graduado y estas representan los valores milésimos de la lectura, la legibilidad del instrumento está definida a partir de este valor y aplicar la siguiente relación (1.1):

$$P = \frac{S}{n} \quad \therefore \quad P = \frac{0.01}{10} = 0.001 \text{ mm}$$

P = Legibilidad

S = mínima graduación en la escala micrométrica giratoria

n = número de divisiones en la escala superior fija

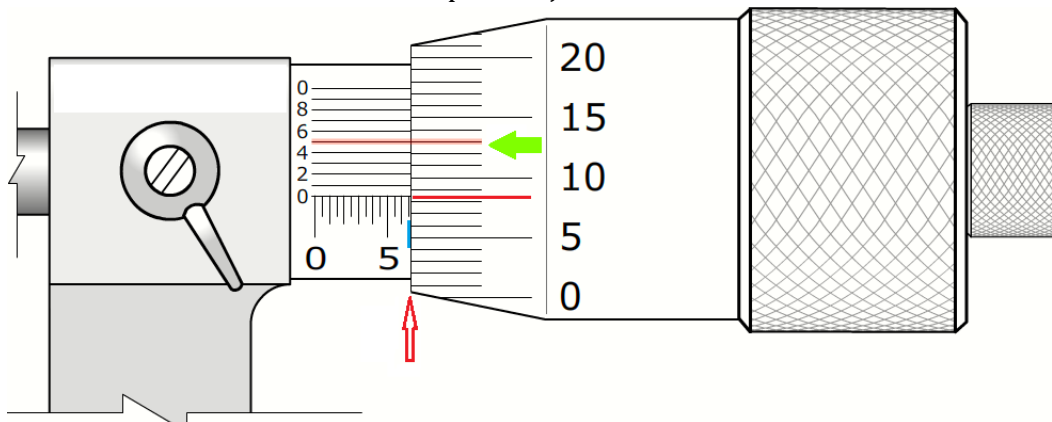



Figura 8. Configuración de un micrómetro en milímetros resolución 0.001

Para el caso del ejemplo figura 8, la lectura se obtendrá de la manera siguiente:

En el cuerpo graduado se toma el valor (línea azul) que se encuentra antes del filo del tambor (flecha roja), en este caso se observa que el paño del tambor pasa seis líneas de valor 1 mm, además de sobrepasar una de valor 0.5 mm. Existe un desfase aun entre esta última línea de la escala y el paño del tambor, esta distancia se puede leer con la ayuda de la escala micrométrica que se encuentra en el tambor giratorio, en este caso se busca el valor de la escala que se encuentre alineado a la línea de referencia de la escala fija (línea roja). Para el caso del ejemplo sucede que no hay ninguna alineación, los valores se encuentran entre la escala 8 y 9. En este caso se tomará la

	Manual de prácticas del Laboratorio de Mediciones Mecánicas (Modalidad a distancia)	Código:	MADO-60
		Versión:	01
		Página	25/29
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	21 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Mediciones Mecánicas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

inmediata inferior. Para completar la lectura que representa el valor de desfase de los dos últimos valores se recurrirá a la escala extra dispuesta en el cuerpo graduado, en este caso se buscare cuál de las líneas se encuentra coincidente con las del tambor giratorio (flecha verde) asignando el valor correspondiente, para este caso 5, por lo que la lectura será:

Escala principal	$(6 \times 1) = 6 \text{ mm}$ $(1 \times 0.5) = 0.5 \text{ mm}$
Escala tambor giratorio	$(8 \times 0.01) = 0.8 \text{ mm}$
Escala extra-cuerpo graduado	$(5 \times 0.001) = 0.005 \text{ mm}$
Lectura del instrumento	6.585 mm

Toma de lectura en un micrómetro en pulgadas

Para interpretar la lectura del instrumento graduado en pulgadas se parte de saber cuál es la mínima lectura del cuerpo graduado (escala principal), usualmente estas son .025”.


El cuerpo graduado, como se observa en la Figura 9, presenta varias divisiones, cada una de las divisiones graduadas con números entero .100 in, mientras que cada una de las divisiones contenidas menores representa .025 in y representan el valor decimal mínimo que se puede leer. De igual forma el tambor presenta una graduación, se encuentra dividido en 25 partes, por lo que, la legibilidad del instrumento está definida a partir de este valor y aplicar la siguiente relación (1.1):

$$P = \frac{S}{n} \quad \therefore \quad P = \frac{0.025}{25} = 0.001 \text{ in}$$

P = Legibilidad

S = mínima graduación en la escala principal

n = número de divisiones en la escala micrométrica giratoria

	Manual de prácticas del Laboratorio de Mediciones Mecánicas (Modalidad a distancia)	Código:	MADO-60
		Versión:	01
		Página:	26/29
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión:	21 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Mediciones Mecánicas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

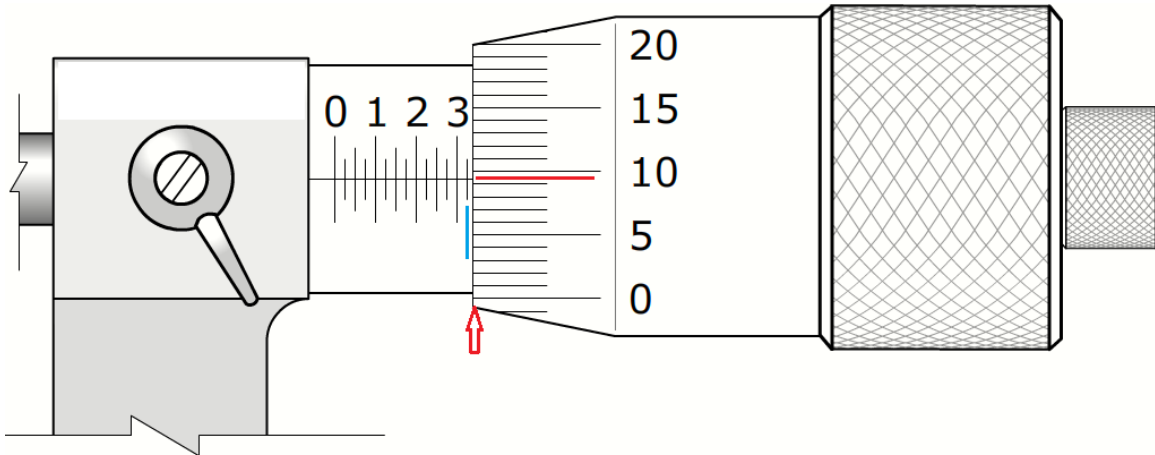



Figura 9. Configuración de un micrómetro en pulgadas resolución 0.001 in

Para el primer ejemplo de la figura 9 la lectura se haría de la siguiente forma:

En el cuerpo graduado se toma el valor (línea azul) que se encuentra antes del filo del tambor (flecha roja), en este caso se observa que el paño del tambor pasa tres líneas de valor .100 in, además de sobrepasar una de valor 0.025 in. Existe un desfase aun entre esta última línea de la escala y el paño del tambor, esta distancia se puede leer con la ayuda de la escala micrométrica que se encuentra en el tambor giratorio, en este caso se buscara el valor de la escala que se encuentre alineado a la línea de referencia de la escala fija (línea roja). Para el caso del ejemplo sucede que no hay ninguna alineación, los valores se encuentran entre la escala 9 y 10. En este caso se tomará la inmediata inferior, por lo que la lectura será:

Escala principal	$(3 \times .100) = .300 \text{ in}$ $(1 \times .025) = .025 \text{ in}$
Escala tambor giratorio	$(9 \times .001) = .009 \text{ in}$
Lectura del instrumento	.334 in

Para interpretar la lectura del instrumento graduado en pulgadas con resolución de 0.0001 in que representan diezmilésimas de pulgada (Figura 10), se parte de saber cuál es la mínima lectura mínimo legible en el cuerpo graduado (.025in). De igual forma el tambor se encuentra dividido en 25 partes, de las cuales cada una representa 0.001 in. En este caso se puede observar una escala extra dispuesta en forma de líneas horizontales en el cuerpo graduado y estas

	Manual de prácticas del Laboratorio de Mediciones Mecánicas (Modalidad a distancia)	Código:	MADO-60
		Versión:	01
		Página	27/29
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	21 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Mediciones Mecánicas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

representan los valores de diezmilésimos de la lectura, la legibilidad del instrumento está definida a partir de este valor y aplicar la siguiente relación (1.1):

$$P = \frac{S}{n} \quad \therefore \quad P = \frac{.001}{10} = 0.0001 \text{ in}$$

P = Legibilidad

S = mínima graduación en la escala micrométrica giratoria

n = número de divisiones en la escala superior fija

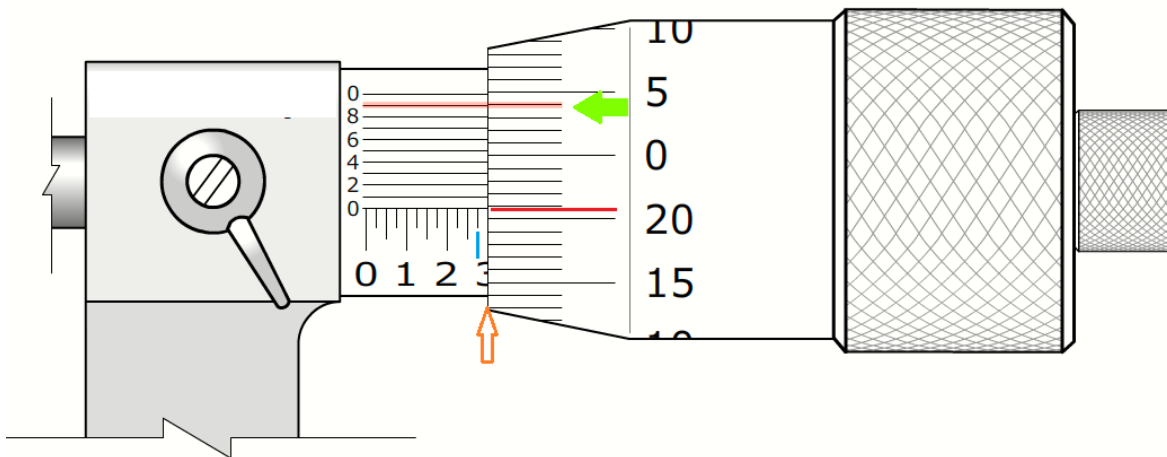



Figura 10. Configuración de un micrómetro en pulgadas resolución .0001 in

Para el caso del ejemplo figura 10, la lectura se obtendrá de la manera siguiente:

En el cuerpo graduado se toma el valor (línea azul) que se encuentra antes del filo del tambor (flecha roja), en este caso se observa que el paño del tambor pasa dos líneas de valor .100 in, además de sobrepasar tres de valor .025 in. Existe un desfase aun entre esta última línea de la escala y el paño del tambor, esta distancia se puede leer con la ayuda de la escala micrométrica que se encuentra en el tambor giratorio, en este caso se busca el valor de la escala que se encuentre alineado a la línea de referencia de la escala fija (línea roja). Para el caso del ejemplo sucede que no hay ninguna alineación, los valores se encuentran entre la escala 20 y 21. En este caso se tomará la inmediata inferior. Para completar la lectura que representa el valor de desfase de los dos últimos valores se recurrirá a la escala extra dispuesta en el cuerpo graduado, en este caso se busca cuál de las líneas se encuentra coincidente con las del tambor giratorio (flecha verde) asignando el valor correspondiente, para este caso 9, por lo que la lectura será:

	Manual de prácticas del Laboratorio de Mediciones Mecánicas (Modalidad a distancia)	Código:	MADO-60
		Versión:	01
		Página	28/29
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	21 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Mediciones Mecánicas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Escala principal	$(2 \times .100) = .200 \text{ in}$ $(3 \times .025) = .075$
Escala tambor giratorio	$(20 \times .001) = .020 \text{ in}$
Escala extra-cuerpo graduado	$(9 \times .0001) = .0009 \text{ in}$
Lectura del instrumento	.2959 in

4. DESARROLLO PARTE PRÁCTICA VIRTUAL

Se realizarán las siguientes actividades con el auxilio del micrómetro virtual coordinadas por el profesor.


A partir de la presentación se deberá:

- ♣ Describir de las partes del micrómetro.
- ♣ Cuidados y precauciones en el manejo del instrumento.
- ♣ Descripción de unidades que maneja el micrómetro.
- ♣ Procedimiento para realizar una lectura correcta en las diferentes escalas (milímetros y pulgadas).
- ♣ Realizar lecturas en las diferentes escalas con las que cuenta el micrómetro con el auxilio de la herramienta virtual. (se deberá al menos realizar 5 lecturas para cada escala, procurando que los alumnos participen en la lectura del instrumento)
- ♣ Analizar la variación en los datos obtenidos en caso de que existan discrepancias
- ♣ El profesor deberá de corroborar que todos los asistentes al desarrollo de la práctica efectúen de manera correcta la lectura y no tengan dudas al respecto.

5. REPORTE

Para reforzar el desarrollo visto en clase se deberá contestar el formulario que será enviado por el profesor, de manera **individual** con el siguiente contenido:

- Realizar los ejercicios propuesto, indicando las lecturas correctas en cada uno de los ejercicios propuestos.
- Generar conclusiones de la práctica donde el alumno indique si comprendió la parte sustancial de la lectura del instrumento virtual e indique si se alcanzaron los objetivos planteados

	Manual de prácticas del Laboratorio de Mediciones Mecánicas (Modalidad a distancia)	Código:	MADO-60
		Versión:	01
		Página	29/29
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	21 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Mediciones Mecánicas	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

6. BIBLIOGRAFÍA

- Dotson C., “Fundamentals of dimensional metrology”, Delmar Cengage Learning, USA, 2006
- Manrique, E. Casanova A. Metrología Básica, Edebé Profesional. Barcelona, 2011
- Escamilla, A. Metrología y sus aplicaciones. Grupo Editorial Patria, México 2015
- Stefanelli, Eduardo José (2020). Calibre Virtual Simulador.
Recuperado de <https://www.stefanelli.eng.br/es/category/simulador-es/>