



Universidad Técnica del Norte
Facultad de Educación Ciencia y Tecnología
Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz

Tema:

Elaboración de guías de práctica de equipos de metrología en el ámbito automotriz

Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento
Automotriz

Autores: Jairo David Chacón Grijalba
Fernando Ramiro Tulcán Hernández

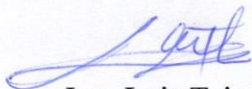
Director: Ing. Luis Tejada

Ibarra, 2015

Aceptación del director

Luego de haber sido designado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Educación, Ciencia y Tecnología de la Universidad Técnica del Norte de la ciudad de Ibarra, he aceptado con satisfacción participar como director del Trabajo de Grado titulado **“Elaboración de guías de práctica de equipos de metrología en el ámbito automotriz”**. De autoría de los señores Jairo David Chacón Grijalba, Fernando Ramiro Tulcán Hernández, previo a la obtención del Título de título de Ingeniero en Mantenimiento Automotriz. A ser testigo presencial, y corresponsable directo del desarrollo del presente trabajo de investigación, afirmo que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sustentado públicamente ante el tribunal que sea designado oportunamente.

Esto es lo que puedo certificar por ser justo y legal.



Ing. Luis Tejada

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO

Dedicatoria

Este trabajo dedico a mi familia, mi madre Soraya que siempre ha estado a mi lado, siempre pendiente, abnegada con su trabajo velando por el cuidado de sus hijos, a mi padre Edwin que me ha enseñado el valor del trabajo, a mis hermanas Joselyn y Alison para que sigan adelante y culminen sus metas, a mi novia Carolina que ha sido mi amiga, compañera y gran apoyo en esta vida Universitaria, ha estado en las buenas y en las malas siempre juntos.

Jairo David Chacón

El presente trabajo de titulación se lo dedico a mi hija Nazly por ser la persona que más quiero en este mundo, que me inspira a superarme a trabajar cada día por su futuro, a mi abuelita por apoyarme incondicionalmente en las decisiones que he tomado y a mi esposa por estar junto a mí durante todo este tiempo, por apoyarme en mis decisiones y por ayudarme a forjar juntos un futuro ideal para nuestra hija.

Fernando Tulcán

Agradecimiento

En primer lugar agradezco a Dios por haberme dado fuerzas en todo el proceso de mi carrera, agradezco a mis padres que han sido un apoyo fundamental y han velado para que no me falte nada.

Agradezco a la Universidad Técnica del Norte por haberme acogido en sus aulas y permitirme obtener una profesión para mi futuro, un agradecimiento infinito a mis maestros por compartir sus conocimientos y permitir que podamos llevarnos el conocimiento.

Un sincero agradecimiento al Ing. Luis tejada y a mi compañero Fernando Tulcán por ser un gran apoyo en la elaboración de este trabajo.

Jairo David Chacón

Agradezco a Dios por la salud y las bendiciones recibidas hacia todas las personas que me rodean. Agradezco a mis padres por apoyarme incondicionalmente durante todo este tiempo, para poder alcanzar mi sueño de ser un buen profesional. A mis hermanos por apoyarme en las decisiones que he tomado y por brindarme todo su cariño y amistad.

Agradezco de todo corazón al Ing. Luis Tejada por su apoyo y dirección y al Sr Jorge Palacios por apoyarme y por haber formado un buen profesional.

Fernando Tulcán

Índice Temático

Tema	I
Aceptación del director.....	II
Dedicatoria.....	III
Agradecimiento	IV
Índice Temático	V
Índice de Figuras	IX
Índice de graficas.....	XII
Resumen	XIII
Abstract.....	XIV
Capítulo I.....	1
Problema de Investigación.....	1
Antecedentes.....	1
Planteamiento del problema	1
Formulación del problema.....	2
Delimitación	2
Delimitación Temporal.....	2
Delimitación Espacial.....	2
Objetivos.....	2
Objetivo general.	2
Objetivos Específicos.	2
Justificación	3
Capítulo II.....	4
Marco Teórico	4
Introducción a la Metrología	4
Sistema internacional de medidas SI.....	4
Unidad de longitud (metro).	6
Unidad de masa (kilogramo).	6
Unidad de tiempo (segundo).....	6
Unidad de intensidad de corriente eléctrica (amperio).....	7
Unidad de temperatura termodinámica (kelvin).....	8

Unidad de cantidad de sustancia (mol).....	8
Unidad de intensidad luminosa (candela).....	9
Sistema métrico decimal.....	11
Sistema Anglosajón de Unidades	11
Breve historia sobre los equipos de medición	12
Equipos de medición	17
Base magnética.....	17
Calibrador pie de rey.....	17
Mármol de medición.....	18
Regla calibrada.L.....	19
Goniómetro.....	20
Reloj comparador.....	20
Alesómetro.....	21
Tornillos micrométricos.....	22
Tornillo micrométrico de medidas externas.....	22
Tornillo micrométrico para medidas internas.....	23
Errores de medición.....	24
Errores del equipo.....	24
Defectos de construcción.....	24
Deformaciones mecánicas	25
Error de paralaje	26
Error de precisión	26
Error de posición	26
Error por el medio ambiente.....	27
Error por temperatura	27
Proceso de medición.....	28
Medición directa.....	28
Medición indirecta.....	28
Apreciación de equipos de Metrología.....	28
Apreciación del nonio en el sistema métrico.....	28
Apreciación de nonio en el sistema inglés.....	32
Apreciación de un micrómetro.....	32
Sensibilidad, precisión y cálculo de error.....	33
Sensibilidad.....	33

Precisión.....	33
Cálculo de error.....	33
Error absoluto.....	34
Error relativo.....	34
Cifras significativas.....	34
Capítulo III.....	36
Metodología de la investigación.....	36
Tipos de investigación.....	36
Investigación aplicada.....	36
Métodos.....	36
Método de análisis.....	36
Técnicas e instrumentos.....	36
Técnicas.....	36
Instrumentos.....	36
Capítulo IV.....	38
Proceso y Resultados.....	38
Guías de prácticas de equipos de Metrología en el ámbito automotriz para los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz.....	38
Práctica de Laboratorio N° 1.....	38
Tema:Manejo de calibrador pie de rey o vernier.....	38
Objetivo:.....	38
Uso, normas y cuidados al utilizar un calibrador vernier.....	39
Medición de exteriores.....	41
Medición de interiores.....	42
Medición de profundidad.....	42
Cuidados del calibrador después de usarlo.....	43
Procesos de lectura con un calibrador pie de rey o vernier.....	44
Sistema métrico.....	44
Sistema inglés.....	45
Práctica de Laboratorio N° 2.....	49
Tema:Manejo de micrómetro de exterior o tornillo micrométrico.....	49
Objetivo:.....	49

Principio de funcionamiento del micrómetro	50
Precauciones al medir utilizando un micrómetro	51
Verificar la limpieza del micrómetro.	51
Manejo adecuado del micrómetro.El.....	52
Verificación de alineación del micrómetro.	52
Proceso de lectura utilizando un micrómetro	53
Sistema métrico.	54
Sistema inglés.	55
Nonio con el sistema inglés.	56
Registro de datos	57
Práctica de Laboratorio N° 3	59
Tema:Manejo de un reloj comparador.	59
Objetivos:	59
Aplicaciones de un reloj comparador	60
Recomendaciones y cuidado de un reloj comparador	62
Procesos de lectura utilizando un reloj comparador	64
Práctica de Laboratorio N° 4	69
Tema:Manejo de un alesómetro.	69
Normas de seguridad y modo de usodel alesómetro	70
Modo de uso.	70
Procesos de lectura utilizando un alesómetro.....	71
Práctica de Laboratorio N° 5	75
Tema:Manejo de un gramil de altitud.....	75
Aplicacionesdel gramil de altura	76
Proceso de lectura utilizando un gramil de altitud	77
Precauciones de uso para el gramil de altura.....	78
Capítulo V	81
Conclusiones y recomendaciones	81
Conclusiones.....	81
Recomendaciones	82
Bibliografía.....	83
Anexos	85

Índice de Figuras

Figura 1: Palma, cuarta, dedo y pulgada	13
Figura 2: Base magnética	17
Figura 3: Partes de un calibrador	18
Figura 4: Superficies planas	19
Figura 5: Mármol de medición	19
Figura 6: Regla para superficies planas	20
Figura 7: Goniómetro	20
Figura 8: Reloj comparador.....	21
Figura 9: Alesómetro	22
Figura 10: Tornillo micrométrico de medidas externas.....	23
Figura 11: Micrómetro de interiores.....	23
Figura 16: Errores de medición.	25
Figura 17: Error de paralaje.....	26
Figura 18: Error de posición de un comparador	27
Figura 12: nonio de 10 divisiones en 9mm	29
Figura 13: nonio de 10 divisiones en 19mm	29
Figura 14: nonio de 20 divisiones	30
Figura 15: Calibrador con nonio de 50 divisiones.....	31
Figura 19: Uso adecuado del calibrador vernier.....	39
Figura 20: Verificando el contacto nivelado	40
Figura 21: Verificación del medidor de profundidad	40
Figura 22: Posición para mediciones de exteriores	41
Figura 23: Posición incorrecta del vernier.....	41
Figura 24: Ejemplos de métodos de medición correctos e incorrectos	42
Figura 25: Ejemplos de métodos de medición de diámetros interiores.....	42
Figura 26: Ejemplo de métodos de medición de profundidad.....	43
Figura 27: Ejemplo de posición ideal para medir una profundidad	43
Figura 28: No poner objetos sobre los equipos de medición.....	43
Figura 29: No utilizar el calibrador vernier para golpear	44
Figura 30: No utilizar con objetos en movimiento	44
Figura 31: Ejemplo de lectura con nonio en sistema métrico.....	44
Figura 32: División de una pulgada.....	45

Figura 33: Nonio en sistema inglés	45
Figura 34: Ejemplo de lectura con nonio calibrado en el sistema inglés	46
Figura 35: Partes de un calibrador	47
Figura 36: Micrómetro de exteriores	49
Figura 37: Partes de un micrómetro de exteriores	50
Figura 38: Limpieza de un micrómetro	51
Figura 39: Manejo adecuado de un micrómetro	52
Figura 40: Método de medición de un micrómetro	52
Figura 41: Alineación de un micrómetro.....	53
Figura 42: Contacto de un micrómetro sobre una superficie.....	53
Figura 43: Escala de un micrómetro en el sistema métrico.....	53
Figura 44: Ejemplo 1 de lectura de un micrómetro en el sistema métrico.....	54
Figura 45: Ejemplo 2 de lectura de un micrómetro en el sistema métrico.....	54
Figura 46: Ejemplo 1 de lectura de un micrómetro en el sistema inglés.....	55
Figura 47: Ejemplo de lectura de un micrómetro con nonio en sistema métrico.....	55
Figura 48: Ejemplo de lectura de un micrómetro con nonio en sistema inglés.....	56
Figura 49: Partes de un micrómetro	57
Figura 50: Reloj comparador.....	59
Figura 51: Partes de un reloj comparador.....	60
Figura 52: Excentricidad del árbol de levas.....	60
Figura 53: Juego longitudinal del árbol de levas.....	61
Figura 54: Excentricidad del engrane del árbol de levas.....	61
Figura 55: Excentricidad del cigüeñal.....	61
Figura 56: Deflexión del volante de inercia.....	62
Figura 57: Descentramiento de los discos de freno.....	62
Figura 58: Observar el reloj comparador de forma frontal.....	62
Figura 59: Posición de un reloj comparador.....	63
Figura 60: Posición de un reloj comparador en una base magnética.....	63
Figura 61: Procesos de lectura de un reloj comparador.....	64
Figura 62: Ejemplo de lectura en el sistema métrico.....	65
Figura 63: Ejemplo de lectura en el sistema inglés.....	65
Figura 64: Medición y comparación con un reloj comparador.....	66
Figura 65: Medición y comparación con un reloj comparador.....	66
Figura 66: Componentes de un alesómetro.....	69

Figura 67: Puntos de medición de un cilindro.....	72
Figura 68: Gramil de altitud.	75
Figura 69: Gramil de altitud.	76
Figura 70: Partes de un gramil de altitud.....	77
Figura 71: Partes de un gramil de altura.....	79
Figura 72: Estado de aula para la adecuación del Laboratorio de Metrología.	88
Figura 73: Estado actual del Laboratorio de Metrología.....	88
Figura 74: Estado actual del Laboratorio de Metrología.....	89
Figura 75: Equipos de Metrología.....	89
Figura 76: Socialización del trabajo de grado.	90
Figura 77: Socialización del trabajo de grado.	90

Índice de graficas

Tabla 1 Unidades base (Metrología C. E., 2006).	5
Tabla 2 Tabla de prefijos SI (Metrología C. E., 2006).....	10
Tabla 3 Unidades antropométricas (Prieto, 2005).....	14

Resumen

Este trabajo responde a la necesidad de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de contar con material didáctico conjuntamente con la adecuación de un espacio donde los docentes puedan impartir la materia de Metrología a sus estudiantes de una forma práctica. Se elaboraron cinco guías de práctica de equipos de Metrología, sobre el calibrador pie de rey, el tornillo micrométrico, reloj comparador, alesómetro y gramil de altura, con las cuales los estudiantes puedan tener una práctica con los métodos técnicos esenciales para el desempeño en el área automotriz. Estas guías de práctica se elaboraron en base a los diferentes procesos de medición que se utiliza dentro del sector automotriz, como son la medición de diámetros interiores, exteriores, superficies planas, cóncavas, ovalamientos y deflexiones, de piezas fijas y móviles de un motor y en general de otras piezas mecánicas. Las guías de práctica poseen actividades de aplicación de fórmulas matemáticas y razonamiento lógico, convirtiéndose así en un instrumento de trabajo intelectual. Saber utilizar correctamente una herramienta de medición, garantiza la calidad de un proceso, por lo tanto es importante que un estudiante tenga la capacitación adecuada. El método seguido en este trabajo fue básicamente analítico, por la cantidad grande de información que ha tenido que procesarse. Entre las conclusiones más importantes se destaca que las guías son un buen método para organizar el trabajo, optimizar materiales y tiempo, así como planear mejor los objetivos y su cumplimiento, por lo que una recomendación importante de este trabajo es la aplicación de las guías con los estudiantes, para de esta manera lograr una buena capacitación en el uso de los modernos equipos y precautelar de esta manera la integridad de los mismos. Los instrumentos con los que se ha equipado el laboratorio de Metrología son de marca INSIZE de procedencia americana y equipan en la medida de los requerimientos del consejo de educación superior CES sobre este tipo de laboratorio.

Abstract

This paper addresses the need of the career of Engineering in Automotive Maintenance of having teaching materials together with the adequacy of a space where teachers can teach the subject to students metrology in a practical way five guides practical metrology equipment on the caliper gauge, the micrometer, dial indicator, alesómetro and gage height were developed, with which students may practice with the essential technical methods for performance in the automotive area. These practice guidelines were developed based on different measurement processes used in the automotive sector, such as the measurement of indoor, outdoor, flat surfaces diameters, concave, ovalamientos and deflections, fixed and moving parts of an engine and generally other mechanical parts. Practice guidelines implementation activities have mathematical formulas and logical reasoning, thus becoming an instrument of intellectual work. Know how to properly use a measuring tool ensures the quality of a process, therefore it is important that a student has the proper training. The method used in this work was mainly analytical, by the large amount of information that had to be processed. Among the most important findings it highlights that the guides are a good way to organize work, optimize materials and time and better plan objectives and compliance, so that a major recommendation of this paper is the application of gays with students, to thereby achieve good training in the use of modern equipment and precautionary thus the integrity of the same. The instruments with which it has equipped the laboratory of metrology are of American origin brand Insize and equipped in accordance with the requirements of the higher education council CES this kind of laboratory.

Introducción

La Metrología estudia los procesos de medida de magnitudes físicas relacionadas con la longitud, ángulos, formas y diferentes características geométricas, por lo que es necesario gran destreza y técnica en la manipulación de herramientas.

Las guías son necesarias en el proceso de enseñanza aprendizaje, ya que facilitan al docente la enseñanza de la Metrología, por medio de las prácticas y los estudiantes pueden realizarlas con los diferentes equipos de medición de alta precisión, como son calibradores pie de rey, micrómetros de interiores y de exterior, relojes comparadores, alesómetro, gramil de altura y verificadores de superficies planas.

Las guías de práctica permitirán al estudiante utilizar cada uno de los equipos de medición en los diferentes procesos de lectura, evitando cometer errores durante la medición, aprovechando el tiempo durante la medición y cuidando los equipos de Metrología para prolongarla vida útil de los equipos.

De esta forma las guías propuestas son un instrumento por el cual se puede mejorar la educación de los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, para que logren un conocimiento técnico de calidad en Metrología ya que este conocimiento mejorará la capacidad de realizar un diagnóstico de calidad.

Capítulo I

Problema de Investigación

Antecedentes

La Metrología es la ciencia que se dedica a la medición por medio de instrumentos del más alto grado de calibración. El objetivo primordial de la Metrología es garantizar que las mediciones realizadas en un mecanismo posean un alto grado de precisión.

La Metrología es una ciencia en constante evolución y desarrollo, ya que en sus inicios las personas utilizaban como instrumento de medición materiales rústicos como: una cuerda, una vara de madera, la palma de la mano, un dedo, una cuarta de la mano, hasta llegar a establecer estándares de medición tales como: un pie, una pulgada, el metro. Desde ese punto empieza a la evolución de los equipos de medición, como calibradores pie de rey, micrómetros, reglas calibradas entre otros.

Muchos de los progresos tecnológicos de la actualidad se han dado gracias al avance de la Metrología, ya que la tecnología revoluciona el método de medir y calibrar mecanismos, facilitando al operador su manera de uso.

Planteamiento del problema

Es necesario que la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz cuente con guías de práctica y un laboratorio de Metrología, para que el estudiante pueda adquirir conocimientos sobre la utilización de los equipos de Metrología y con esto pueda generar habilidades para emitir un diagnóstico de desgaste de piezas móviles y fijas de un motor, por lo que es preciso implementar los equipos y guías de práctica necesarias para que el

estudiante mejore las destrezas adquiridas en el aula sobre el diagnóstico y utilización de los equipos de Metrología en el ámbito automotriz.

Formulación del problema

¿Cómo deben ser elaboradas las guías de práctica sobre los equipos de Metrología en el ámbito automotriz?

Delimitación

Delimitación Temporal. El trabajo de grado sobre la elaboración de guías de práctica de equipos de Metrología se desarrolló desde el mes de enero de 2014 hasta el mes de marzo de 2015.

Delimitación Espacial. El proyecto de elaboración de guías de práctica y la adecuación del laboratorio de Metrología se desarrolló en el taller de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la “Universidad Técnica del Norte” del Colegio Universitario UTN en Ibarra.

Objetivos

Objetivo general.

Elaborar guías de práctica de equipos de Metrología en el ámbito automotriz.

Objetivos Específicos.

1. Investigar sobre metrología y funcionamiento de equipos de medición en el ámbito automotriz.

2. Diseñar las guías de práctica de los diferentes equipos de medición en el campo automotriz
3. Realizar pruebas de medición utilizando equipos de metrología en base a procedimientos pedagógicos
4. Adecuar el laboratorio de metrología con los equipos necesarios.

Justificación

La elaboración de guías de práctica y la adecuación del taller de Metrología brindará a los docentes y los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, un material didáctico con el cual se puede mejorar la habilidad de utilizar equipos de medición, permitiéndoles mejorar sus diagnósticos sobre el desgaste de las piezas fijas y móviles de un motor.

Las guías de práctica se realizaron de una forma organizada permitiéndole al estudiante obtener mediciones con alto grado de precisión, además, las guías de práctica permiten dar a conocer al estudiante los distintos tipos de medición en los sistemas métrico y decimal. El formato de guías de práctica permite dar a conocer a los estudiantes, las normas de operación, mantenimiento y seguridad que los distintos equipos de medición poseen y que garantizan una medición exacta y una larga vida útil de los mismos equipos.

Capítulo II

Marco Teórico

Introducción a la Metrología

La Metrología dimensional es la ciencia que se dedica a los procesos de medida de magnitudes relacionadas con la longitud: distancias, formas, ángulos, características geométricas, etc. Incluye la medición de todas aquellas propiedades que se determinen mediante la unidad de longitud, como por ejemplo distancia, posición, diámetro, redondez, planitud, rugosidad (Rodríguez, 2010).

La Metrología ha jugado un gran papel en la producción industrial, pero muy especialmente en los procesos de manufactura, ya que la geometría de los componentes de un producto son características esenciales del mismo, ya que, entre otras razones, la fabricación de diferentes productos deben ser dimensionalmente iguales, de tal manera que un producto fabricado pueda ser exportado a diferentes lugares, cumpliendo con los estándares de normalización exigidos como por ejemplo en distintos negocios, empresas, países vecinos entre otras razones por las cuales la normalización garantiza la fabricación y exportación de productos (Rodríguez, 2010).

Sistema internacional de medidas SI

El centro español de Metrología (2006) informa que el Sistema Internacional de Unidades es conocido a nivel mundial como SI del francés *Système International d'Unités*. El SI fue establecido y definido por la Conferencia General de Pesas y Medidas CGPM. El sistema internacional de unidades se lo puede utilizar incluyendo las ecuaciones que relacionan las magnitudes físicas, bien conocidas por los científicos, técnicos e ingenieros.

La mayoría de las magnitudes, sus nombres y símbolos recomendados y las ecuaciones que las relacionan, están recogidas en las normas internacionales ISO 31 y CEI 60027 realizadas por el Comité Técnico 12 de la Organización Internacional de Normalización, ISO/TC 12 y por el Comité Técnico 25 de la Comisión Electrotécnica Internacional, IEC/TC 25. Las normas ISO 31 y CEI 60027 están siendo revisadas en la actualidad, de manera conjunta, por estas dos organizaciones de normalización. La norma armonizada revisada se conocerá como ISO/ IEC 80000, Magnitudes y Unidades, y en ella se propone que las magnitudes y ecuaciones utilizadas con el SI sean conocidas como Sistema Internacional de Magnitudes (Metrología C. E., 2006).

Las magnitudes fundamentales utilizadas en el sistema internacional de unidades SI son longitud, masa, tiempo, intensidad de corriente eléctrica, temperatura termodinámica, cantidad de sustancia e intensidad luminosa, se consideran independientes, por convención como se indica en la tabla 1.

Las unidades básicas elegidas por la Conferencia General de Pesas y Medidas CGPM, son el metro, el kilogramo, el segundo, el amperio, el kelvin, el mol y la candela. Las unidades derivadas del SI se forman como producto de potencias de las unidades básicas, según las relaciones algebraicas que definen las magnitudes derivadas correspondientes, en función de las magnitudes básicas (Metrología C. E., 2006).

Tabla 1 Unidades base (Metrología C. E., 2006).

Especie	Unidad	Símbolo	Dimensión
Longitud	Metro	m	L
Masa	Kilogramo	kg	M
Tiempo	Segundo	s	T
Intensidad de corriente eléctrica	ampere	A	I
Temperatura	grado kelvin	K	Θ
Intensidad luminosa	candela	cd	I
Cantidad de sustancia	mole	mol	mol

Unidad de longitud (metro). (Metrología C. E., 2006) Informa que la definición del metro de 1889 basada en el prototipo internacional de platino iridiado fue reemplazada durante la 11ª CGPM (1960) por una definición basada en la longitud de onda de una radiación del kriptón 86. Se adoptó este cambio para mejorarla exactitud con la que se podía realizar la definición del metro; esta realización se efectuaba mediante un interferómetro y un microscopio móvil utilizado para medir la diferencia de camino óptico por conteo de franjas. A su vez, en 1983, esta definición fue reemplazada por la 17ª CGPM, que estableció la definición actual:

“El metro es la longitud de la trayectoria recorrida en el vacío por la luz durante un tiempo de $1/299\,792\,458$ de segundo”.

Unidad de masa (kilogramo). (Metrología C. E., 2006) Informa que el prototipo internacional del kilogramo, un patrón materializado fabricado en platino iridiado, se conserva en el la Oficina Internacional de Pesas y Medidas BIPM en las condiciones establecidas por la 1ª CGPM en 1889 que aprobó este prototipo y declaró: Este prototipo será considerado en lo sucesivo como unidad de masa. La 3ª CGPM (1901, CR, 70), en una declaración tendente a eliminar la ambigüedad que se presentaba en el uso corriente del término “peso”, confirmó que:

“El kilogramo es la unidad de masa; es igual a la masa del prototipo internacional del kilogramo”.

La masa del prototipo internacional del kilogramo es siempre igual a 1 kilogramo exactamente, $m(K) = 1 \text{ kg}$. Sin embargo, debido a la inevitable acumulación de partículas sobre sus superficies, el prototipo internacional está sujeto a una contaminación superficial reversible del orden de $1 \mu\text{g}$ de masa por año. Por ello el CIPM ha declarado que, dependiendo de posteriores investigaciones, la masa de referencia del prototipo internacional es la que posee inmediatamente después de una limpieza y lavado según un método específico. La masa de referencia así definida se emplea para calibrar los patrones nacionales de platino iridiado (Metrología C. E., 2006).

Unidad de tiempo (segundo). (Metrología C. E., 2006) Informa que el segundo, unidad de tiempo, se definió originalmente como la fracción $1/86\,400$ del día solar medio. La

definición exacta del “día solar medio” se dejó a los astrónomos. Las observaciones demostraron que esta definición no era satisfactoria por culpa de las irregularidades de la rotación de la Tierra. Para conseguir una definición más precisa de la unidad de tiempo, la 11ª CGPM aprobó una definición, proporcionada por la Unión Astronómica Internacional, que se basaba en el año trópico 1900.

Sin embargo, las investigaciones experimentales habían demostrado ya que un patrón atómico de tiempo, basado en una transición entre dos niveles de energía de un átomo o de una molécula, podría realizarse y reproducirse con una exactitud muy superior (Metrología C. E., 2006).

Considerando que para la ciencia y la tecnología era indispensable una definición muy precisa de la unidad de tiempo, la 13ª CGPM reemplazó la definición del segundo por la siguiente:

“El segundo es la duración de 9 192 631 770 periodos de la radiación correspondiente a la transición entre los dos niveles hiperfinos del estado fundamental del átomo de cesio 133”.

De aquí resulta que la frecuencia de la transición hiperfina del estado fundamental del átomo de cesio es igual a 9 192 631 770 hercio, ν (hfs Cs) = 9 192 631 770 Hz.

En su reunión de 1997, el Comité Internacional de Pesas y Medidas CIPM confirmó que esta definición se refiere a un átomo de cesio en reposo, a una temperatura de 0 K. Esta nota tiene por objeto precisar que la definición del segundo del SI se basa en un átomo de cesio no perturbado por las radiaciones del cuerpo negro, es decir en un ambiente cuya temperatura termodinámica sea de 0 K. Las frecuencias de todos los patrones primarios de frecuencia deben corregirse para tener en cuenta el desplazamiento debido a la radiación ambiente, como declaró el Comité Consultivo de Tiempo y Frecuencia en 1999 (Metrología C. E., 2006).

Unidad de intensidad de corriente eléctrica (amperio). (Metrología C. E., 2006)

Informa que Las unidades eléctricas, llamadas “internacionales”, de corriente y resistencia, fueron introducidas por el Congreso Internacional de Electricidad, celebrado en Chicago

en 1893, y las definiciones del amperio “internacional” y del ohmio “internacional” fueron confirmadas por la Conferencia Internacional de Londres en 1908.

Aunque ya era obvio con ocasión de la 8ª CGPM en 1933 que había un deseo unánime de reemplazar aquellas unidades “internacionales” por las llamadas “unidades absolutas”, la decisión oficial de suprimirlas no se adoptó hasta la 9ª CGPM (1948) que adoptó el amperio como unidad de intensidad de corriente eléctrica (Metrología C. E., 2006).

El amperio es la intensidad de una corriente constante que, manteniéndose en dos conductores paralelos, rectilíneos, de longitud infinita, de sección circular despreciable y situados a una distancia de 1 metro uno del otro, en el vacío, produciría entre estos conductores una fuerza igual a 2×10^{-7} newton por metro de longitud (Metrología C. E., 2006).

De aquí resulta que la constante magnética, μ_0 , también conocida como permeabilidad del vacío, es exactamente igual a $4\pi \times 10^{-7}$ henrio por metro, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ H/m.

Unidad de temperatura termodinámica (kelvin). (Metrología C. E., 2006) Informa que la definición de la unidad de temperatura termodinámica fue establecida por la 10ª CGPM en 1954, eligió el punto triple del agua como punto fijo fundamental, asignándole la temperatura de 273,16 K por definición. La 13ª CGPM en 1967/68, adoptó el nombre “kelvin”, símbolo K, definió la unidad de temperatura termodinámica del siguiente modo:

El kelvin, unidad de temperatura termodinámica, es la fracción $1/273,16$ de la temperatura termodinámica del punto triple del agua (Metrología C. E., 2006).

De aquí resulta que la temperatura termodinámica del punto triple del agua es igual a 273,16 kelvin exactamente, $T_{tpw} = 273,16$ K.

Unidad de cantidad de sustancia (mol). (Metrología C. E., 2006) Informa que tras el descubrimiento de las leyes fundamentales de la química, se usaban unidades denominadas por ejemplo “átomo-gramo” y “molécula-gramo” para especificar las cantidades de elementos y compuestos químicos. Estas unidades estaban directamente ligadas a los “pesos atómicos” y a los “pesos moleculares” que en realidad son masas relativas.

La magnitud utilizada por los químicos para especificar la cantidad de elementos o de compuestos químicos se denomina “cantidad de sustancia”. La unidad de cantidad de sustancia se denomina mol, símbolo mol y el mol se define fijando la masa de carbono 12 que constituye un mol de átomos de carbono 12. Por acuerdo internacional, esta masa se ha fijado en 0,012 kg, o sea 12 g. Siguiendo las propuestas de la IUPAP, la IUPAC y la ISO, el CIPM dio en 1967, y confirmó en 1969, una definición del mol que fue adoptada finalmente por la 14ª CGPM en 1971 (Metrología C. E., 2006), es: El mol es la cantidad de sustancia de un sistema que contiene tantas entidades elementales como átomos hay en 0,012 kilogramos de carbono 12; su símbolo es “mol” (Metrología C. E., 2006).

Cuando se emplee el mol, deben especificarse las entidades elementales, que pueden ser átomos, moléculas, iones, electrones u otras partículas o grupos especificados de tales partículas (Metrología C. E., 2006).

Unidad de intensidad luminosa (candela). (Metrología C. E., 2006) Informa que las unidades de intensidad luminosa basadas en patrones de llama o de filamento incandescente, que estuvieron en uso en diferentes países antes de 1948, fueron sustituidos por la “nueva candela” basada en la luminancia del emisor de radiación de Planck (cuerpo negro) a la temperatura de congelación del platino. Esta modificación se había preparado por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) y por el Comité Internacional antes de 1937; la decisión fue promulgada por el CIPM en 1946. Fue ratificada en 1948 por la 9ª CGPM que adoptó para esta unidad un nuevo nombre internacional, la candela, símbolo cd; en 1967, la 13ª CGPM hizo una enmienda a esta definición. En 1979, debido a las dificultades experimentales para realizar un emisor de radiación de Planck a altas temperaturas y a las nuevas posibilidades ofrecidas por la radiometría, es decir, la medida de la potencia de la radiación óptica, la 16ª CGPM en 1979 adoptó una nueva definición de la candela (Metrología C. E., 2006). La candela es la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia 540×10^{12} hercio y cuya intensidad energética en dicha dirección de $1/683$ vatio por estereorradián (Metrología C. E., 2006).

De aquí resulta que la eficacia luminosa espectral de una radiación monocromática de frecuencia igual a 540×10^{12} hercio es igual a 683 lúmenes por vatio, exactamente, $K = 683 \text{ lm/W} = 683 \text{ cd sr/W}$ (Metrología C. E., 2006).

Prefijos SI

(Metrología C. E., 2006) Informa que la 11ª CGPM adoptó una serie de nombres y símbolos de prefijos para formar los nombres y símbolos de los múltiplos y submúltiplos decimales de las unidades SI desde 10^{12} hasta 10^{-12} .

Los prefijos para 10^{-15} y 10^{-18} fueron añadidos por la 12ª CGPM en 1964, y para 10^{15} y 10^{18} por la 15ª CGPM en 1975. Asimismo, los prefijos para 10^{21} , 10^{24} , 10^{-21} y 10^{-24} se añadieron en la 19ª CGPM en 199. La tabla 4 enumera los nombres y símbolos de los prefijos aprobados.

Tabla 2 Tabla de prefijos SI (Metrología C. E., 2006).

Prefijo	Símbolo	Factor
deca	da	10^1
hecto	h	10^2
kilo	k	10^3
mega	M	10^6
giga	G	10^9
tera	T	10^{12}
peta	P	10^{15}
exa	E	10^{18}
zetta	Z	10^{21}
yotta	Y	10^{24}
deci	d	10^{-1}
centi	c	10^{-2}
mili	m	10^{-3}
micro	μ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
pico	p	10^{-12}
femto	f	10^{-15}
atto	a	10^{-18}
zepto	z	10^{-21}
yocto	y	10^{-24}

Sistema métrico decimal

(Educa Bolivia, 2002) Informa que el sistema métrico es un sistema de unidades basado en el metro, en el cual los múltiplos y submúltiplos de una unidad de medida están relacionadas entre sí por múltiplos o submúltiplos de 10. Fue implantado por la 1ª Conferencia General de Pesos y Medidas en París en el año de 1889, con el que se pretendía buscar un sistema único para todo el mundo para facilitar el intercambio, ya que hasta entonces cada país, e incluso cada región, tenía su propio sistema, a menudo con las mismas denominaciones para las magnitudes, pero con distinto valor.

Según (Educa Bolivia, 2002) como unidad de medida de longitud se adoptó el metro, definido como la diezmillonésima parte del cuadrante del meridiano terrestre, cuyo patrón se reprodujo en una barra de platino iridiado. El original se depositó en París y se hizo una copia para cada uno de los veinte países firmantes del acuerdo. Como medida de capacidad se adoptó el litro, equivalente al decímetro cúbico. Como medida de masa se adoptó el kilogramo, definido a partir de la masa de un litro de agua pura y materializado en un kilogramo patrón.

En el sistema se adoptaron los múltiplos deca, 10, hecto, 100 y kilo, 1000 y submúltiplos deci 0,1; centi 0,01; y mili, 0,001 y un sistema de notaciones para emplearlos.

Su forma moderna es el Sistema Internacional de Unidades (SI), al que se han adherido muchos de los países que no adoptaron el sistema métrico decimal con anterioridad (Educa Bolivia, 2002).

Sistema Anglosajón de Unidades

Según (Educa Bolivia, 2002) el Sistema Inglés, o Sistema Imperial de Unidades es el conjunto de las unidades no métricas que se utilizan actualmente en el Reino Unido y en muchos territorios de habla inglesa (como en Estados Unidos de América), pero existen discrepancias entre los sistemas de Estados Unidos e Inglaterra, e incluso sobre la diferencia de valores entre otros tiempos y ahora. Este sistema se deriva de la evolución de las unidades locales a través de los siglos, y de los intentos de estandarización en Inglaterra. Las unidades mismas tienen sus orígenes en la antigua Roma.

Hoy en día, estas unidades están siendo lentamente reemplazadas por el Sistema Internacional de Unidades, aunque en Estados Unidos la inercia del antiguo sistema y el alto costo de migración ha impedido en gran medida el cambio (Educa Bolivia, 2002).

El sistema para medir longitudes en los Estados Unidos se basa en la pulgada, el pie, la yarda y la milla. Cada una de estas unidades tiene dos definiciones ligeramente distintas, lo que ocasiona que existan dos diferentes sistemas de medición (Educa Bolivia, 2002).

Según (Educa Bolivia, 2002) una pulgada de medida internacional es exactamente 25,4 mm, mientras que una pulgada de agrimensor de los EEUU se define para que 39,37 pulgadas sean exactamente un metro.

Para la mayoría de las aplicaciones, la diferencia es insignificante, aproximadamente 3 mm por milla. La medida internacional se utiliza en la mayoría de las aplicaciones, incluyendo ingeniería y comercio, mientras que la de examinación es solamente para agrimensura. La medida internacional utiliza la misma definición de las unidades que se emplean en el Reino Unido y otros países del Commonwealth. Las medidas de agrimensura utilizan una definición más antigua que se usó antes de que los Estados Unidos adoptaran la medida internacional (Educa Bolivia, 2002).

- 1 Pulgada (in) = 2,54 cm
- 1 Pie (ft) = 12 in = 30,48 cm
- 1 Yarda (yd) = 3 ft = 91,44 cm
- 1 Milla (mi) = 1760 yd = 1.609,344 m
- 1 Legua = 5280 yd = 4.828,032 m
- 1 Rod (rd) = 16,5 ft = 198 in = 5,0292 m
- 1 Furlong (fur) = 40 rd = 110 yd = 660 ft = 201,168 m
- 1 Milla = 8 fur = 5280 ft = 1,609347 km (agricultura)

Breve historia sobre los equipos de medición

Según (Prieto, 2005) informa que antes del Sistema Métrico Decimal, los humanos no tenían más remedio que utilizar que tenían cerca de su propio cuerpo, para contabilizar e intercambiar productos. Así aparece el pie, casi siempre apoyado sobre la tierra, como

unidad de medida útil para medir pequeñas parcelas, del orden de la cantidad de suelo que uno necesita, por ejemplo, para hacerse una choza.

Aparece el codo, útil para medir piezas de tela u otros objetos que se pueden colocar a la altura del brazo, en un mostrador o similar. Aparece el paso, útil para medir terrenos más grandes, caminando por las lindes. Para medidas más pequeñas, de objetos delicados, aparece la palma y, para menores longitudes, el dedo (Prieto, 2005).

Pero hay un dedo más grueso que los demás, el pulgar, el cual puede incluirse en el anterior sistema haciendo que valga $\frac{4}{3}$ de dedo normal. Con ello, el pie puede dividirse por 3 o por 4 según convenga. Y dividiendo la pulgada en 12 partes, se tiene la línea para medidas muy pequeñas (Prieto, 2005).

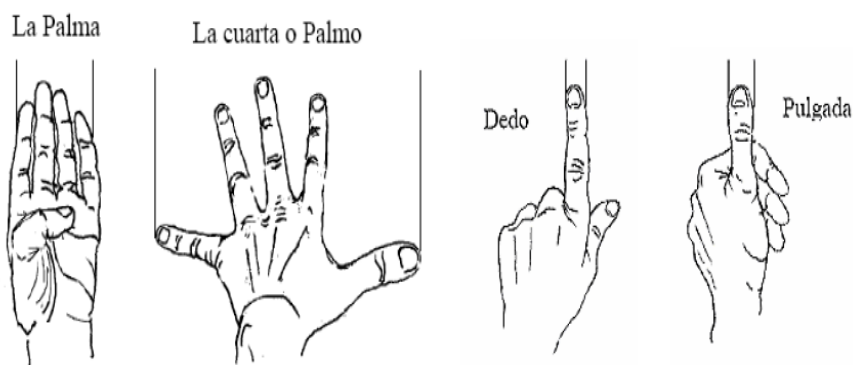


Figura 1: Palma, cuarta, dedo y pulgada.

Con el pasar del tiempo al necesitarse una correspondencia entre unas unidades y otras, aparecen las primeras equivalencias: una palma tiene cuatro dedos; un pie tiene cuatro palmas; un codo ordinario tiene un pie y medio, esto es, 6 palmas; y si a ese codo se le añade un pie más, tenemos el grado o medio paso que es igual, por tanto, a un codo más un pie, o dos pies y medio, o diez palmas; y por fin el paso que es la distancia entre dos apoyos del mismo pie al caminar (Prieto, 2005).

Así que una vez decidido cuanto mide un pie, o un codo, todas las demás medidas se obtienen a partir de él, con lo cual puede hacerse un primer esbozo de un sistema antropométrico coherente, como el que muestra la Tabla 3 (Prieto, 2005).

Tabla 3: Unidades antropométricas (Prieto, 2005).

	Dedo	Pulgada	Palma	Pie	Codo	Vara
Línea	1/9	1/12				
Gramo	1/4	3/16				
Dedo		3/4				
Pulgada	4/3			1/12		
Palma	4	3		1/4		
Cuarta o palmo	12		3	3/4		1/4
Pie	16	12	4			
Codo	24		6	1,5		
Grado	40		10	2,5	5/3	
Vara	48		12	3	2	
Paso	80		20	5	10/3	
Braza	96		4	6	4	

Cada una de estas medidas, además, se corresponde con un gesto humano característico. Así, la braza es la altura del cuerpo humano, pero se forma al poner los brazos en cruz con las puntas de los dedos estiradas; y la vara, al doblar los brazos, es lo que mide el hombre de codo a codo (Prieto, 2005).

Hasta la época del Renacimiento, la mayor parte de la información existente sobre metrología se refiere a su aplicación en las transacciones comerciales y en las exacciones de impuestos. Solo a partir del Renacimiento se hace visible la distinción entre metrología científica y otras actividades metrológicas, que podríamos denominar de aplicación (Prieto, 2005).

Una regla general observada a lo largo de la historia es que cuanto más barato es un género, más deprisa se hace su medición y con menor precisión. Hoy día diríamos que tanto la técnica de medición como el instrumento deben adaptarse a la tolerancia de medida que deseamos comprobar y que, en efecto, mayores tolerancias permiten una medición más rápida y menos cuidada (Prieto, 2005).

Un hecho que parece claro es el de la aceptación del nacimiento de la ciencia, entendida en el mismo sentido que hoy día, en la ciudad griega de Mileto, en el siglo VI a.C. y,

posteriormente, en la Alejandría de los Ptolomeos, hacia el año 250 a.C., nacida de una necesidad puramente práctica. La medición de largas distancias, basándose en la semejanza de triángulos, según Tales, ha permitido el levantamiento de planos por triangulación hasta nuestros días (Prieto, 2005).

La Ciencia, entendida como tal, llegó al Islam con la dinastía de los Omeyas, que en el año 661 trasladaron su capital a Damasco, tras haber estado afincados en Siria y haber vivido “helenizados”. De nuevo, el espíritu “helenizador” fue la correa de transmisión de la Cultura. En el año 827, el califa Al-Ma'mun ordenó volver a medir el grado de meridiano, tratando de cotejar el cálculo efectuado en su tiempo por Ptolomeo (Prieto, 2005).

El primer erudito que estudió la metrología árabe parece que fue Sylvestre de Sacy, el cual efectuó la traducción del tratado metrológico de Makrizi. Este tratado es una recopilación del sistema de medidas y monetario empleado por los árabes. En las obras de Ruiz-Castillo y Sánchez Pérez figura una relación importantísima de instrumentos científicos, en su mayoría astronómicos, desarrollados en este periodo (Prieto, 2005).

Posteriormente, entre el final del siglo XV y el XVIII, se consiguieron importantes avances en la astronomía, la geodesia y la medida del tiempo. La aparición de nuevas ideas marca para siempre el devenir de la ciencia en los países desarrollados. La metrología acompaña y precede en muchos casos a los avances científicos. Todo esto tiene lugar cuando se establece con firmeza la superioridad del método experimental frente a la especulación. A partir de esta idea, los científicos exigen ya instrumentos cada vez más perfectos, pudiendo ser considerados como metrólogos aquellos que fueron capaces de construirlos por sí mismos (Prieto, 2005).

Considerando en este largo periodo figuras como Copérnico, Johann Müller, Bernard Walther, Peurbach, Tycho Brahe, Johannes Kepler, Galileo, etc., se comprende que ya estamos hablando de otro nivel de conocimientos y de filosofía subyacente en la aproximación a la ciencia.

Aquí, el espíritu del Renacimiento se manifiesta en su vigor pleno. Aunque todos los descubrimientos e innovaciones tienen más importancia en campos como la astronomía y

la geodesia, también en la metrología aparece, a cargo de Galileo, una clara e importante distinción entre propiedades mensurables y no mensurables de la materia (Prieto, 2005).

En la época del renacimiento y la Revolución Industrial había un gran interés en poder medir las cosas con gran precisión, ninguno de los instrumentos empleados en esa época se parecen a los metros, calibres o micrómetros empleados en la actualidad, el término micrómetro fue acuñado, seguramente, por ese interés (Simón, 2006).

Los primeros experimentos para crear una herramienta que permitiría la medición de distancias con precisión en un telescopio astronómico es de principios del siglo XVII, como el desarrollado por Galileo Galilei para medir la distancia de los satélites de Júpiter (Simón, 2006).

La invención en 1640 por Wiliam Gascoigne del tornillo micrométrico suponía una mejora del vernier o nonio empleado en el calibre, y se utilizaría en astronomía para medir con un telescopio distancias angulares entre estrellas (Simón, 2006).

La cultura de la precisión y la exactitud de las medidas, en los talleres, se hizo fundamental durante la era del desarrollo industrial, para convertirse en una parte importante de las ciencias aplicadas y de la tecnología.

A principios del siglo XX, la precisión de las medidas era fundamental en la industria de matriceria y moldes, en la fabricación de herramientas y en la ingeniería, lo que dio origen a las ciencias de la metrología y metrotecnica, y el estudio de los distintos instrumentos de medida (Simón, 2006).

Las mediciones realizadas con equipos de metrología ofrecen los medios exactos y precisos para describir las características y el tamaño de las partes.

En la época del Renacimiento, la Revolución Industrial y la producción en masa, permite que las partes se hagan en un lugar para posteriormente ser ensamblado en otro. Las mediciones proporcionan el control de calidad para brindar información técnica en términos comprensibles para todos los consumidores.

Equipos de medición

Base magnética. La base magnética consiste en un soporte que posee un imán potente que sirve para fijarse a superficies planas o curvas a través de una superficie en “V”. Posee doble poder de fijación y un botón giratorio encendido /apagado. Posee una articulación con dos orificios de fija el reloj comparador en cualquier altura y cualquier ángulo vertical, que permite un giro de 360° del vástago (Starret, 2007).

La base magnética permite la fijación del reloj comparador, los ajustes finales se hacen a través de los reguladores independientes en los extremos del vástago. Los agujeros roscados en uno de los lados de la base sirven para montar el vástago horizontalmente o agregar otro vástago para trabajos de múltiple inspección. Los acabados superficiales de una base magnética son de gran ayuda en este equipo ya que permite aumentar la vida útil de mecanismo, por lo que está sometido a contacto con materiales duros (Starret, 2007).



Figura 2: Base magnética.

Fuente: <http://www.ferrovicmar.com/herramientas-electricas.asp?producto=base-magnetica-ins1620280>

Calibrador pie de rey. El calibrador pie de rey o vernier basa sus inicios hacia el siglo VI a. C. cerca de la costa italiana. En los años 1492 a 1577 el inventor Pedro Núñez desarrolló el nonio o nonius. El calibrador también puede ser llamado como vernier, porque hay quien atribuye el invento de la regla de cálculo Vernier en 1580 que es confundida con el nonio inventado por Pedro Núñez (Rodríguez, 2010).

Rodríguez (2010) menciona que el calibrador con vernier es un instrumento de medición indirecta, que es usado ampliamente debido a su versatilidad de aplicación ya

que es posible utilizarlo para medir exteriores, interiores y profundidades dentro de su capacidad de lectura y la legibilidad del mismo.

Los calibradores con vernier más corrientes, consisten de una regla graduada que forma una escuadra, en esta regla se desliza otra escuadra más pequeña también graduada llamada nonio o vernier, como se puede observaren la figura 2 (Rodríguez, 2010).

Según Rodríguez (2010) el calibrador pie de rey está constituido por una regla de acero graduada, en cuyo extremo del lado del origen de la escala se prolonga hacia abajo en forma de un brazo preservando la forma de una escuadra, el brazo antes mencionado recibe el nombre de palpador fijo y es donde se apoyan un lado de la pieza por medir. El otro lado de la pieza, que apoya en otros brazo llamado palpador móvil similar al anterior, formando otra escala graduado pero más pequeña llamada nonio o vernier, esta segunda escala o nonio, se desliza longitudinalmente sobre la regla o escala principal tal modo que los escalones de ambos están una frente a la otra, es decir, la pieza colocada la entre los dos palpadores móvil y fijo determinan una posición de la escala móvil con respecto al origen de la escala fija.

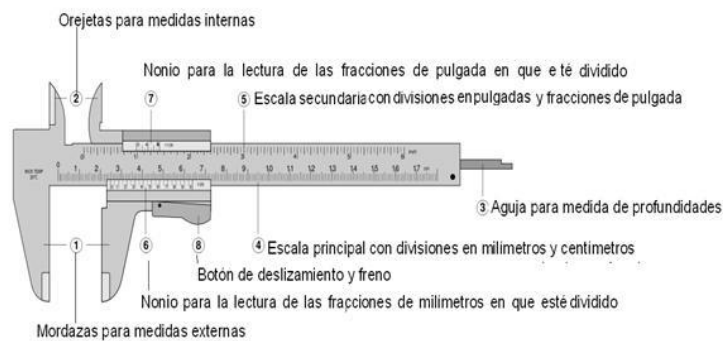


Figura 3: Partes de un calibrador.

Fuente: <http://cuentamenenaulaz.blogspot.com/2010/05/una-descripcion-objetiva-el-pie-de-rey.html>

Mármol de medición. El mármol de medición es una superficie plana, contiene a todos los puntos de una línea recta, en todas sus direcciones.

Fundándose en este principio, fácilmente se deduce que una superficie plana puede verificarse apoyando sobre ella la arista de una regla, ya que dicha arista es la

materialización de una línea recta formada por la intersección de dos caras planas (Badilla, 2004).

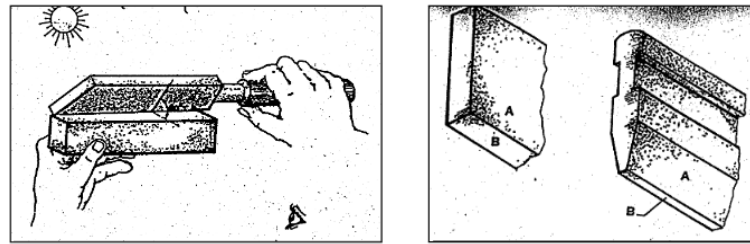


Figura 4: Superficies planas.

Fuente: <http://books.google.com.mx/books?id=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

La ciencia de la Metrología considera al mármol de medición a un bloque de fundición con una superficie plana que constituye la superficie de referencia. La parte inferior del mármol está constituida por una serie de nervios para evitar la deformación de la citada superficie de referencia (Badilla, 2004).



Figura 5: Mármol de medición.

Regla calibrada. La regla calibrada es un instrumento formado de acero inoxidable al carbón, es un instrumento para medir las curvaturas o deformaciones sobre una superficie plana como culatas, blogs de motor, calibración de válvulas, entre otras.

Las dimensiones de una regla calibrada dependerán mucho de las aplicaciones a las que vaya a ser dedicadas (Melillo, 2010).



Figura 6: Regla para superficies planas.

Goniómetro. El goniómetro es un instrumento que a diferencia del pie de metro y el micrómetro sirve para controlar medidas angulares. Los Goniómetros son también conocidos como transportadores de grados son utilizados en las medidas angulares que no necesitan de extremo rigor de control, su menor desviación es de 1° (Rodríguez, 2010).



Figura 7: Goniómetro.

Reloj comparador. El reloj comparador es un instrumento de medición utilizado en los talleres o industrias para la verificación de piezas y la comparación del producto, resulta útil comparar las diferencias que existen en la cota de varias piezas que se quiera supervisar (Briezo, 2009).

El funcionamiento de un reloj comparador es posible gracias a un mecanismo de engranajes y palancas, que se encuentran metidos dentro de una caja metálica de forma circular. Dentro de esta caja se desliza un eje, que tiene una punta esférica que hace contacto con la superficie. Este eje al momento de desplazarse mueve la aguja del reloj,

haciendo que las agujas de reloj ofrezcan una medida directa y de fácil supervisión (Briezo, 2009).

Los relojes comparadores poseen una precisión de centésimas de milímetros o incluso de milésimas de milímetros, o micras según la escala a la que se encuentre calibrado. También se puede presentar en milésimas de pulgada (Briezo, 2009).

El principio de funcionamiento consiste en transformar el movimiento lineal de una barra deslizante de contacto en movimiento circular que describe la aguja del reloj. Para la mejor utilización el reloj comparador debe anclarse en una base para que permita colocarlo en la zona de la máquina que se desee con una gran facilidad. La utilización de un reloj es muy útil para la verificación de diferentes tareas de mecanizado, especialmente la excentricidad de ejes de rotación y los desniveles en superficies planas (Briezo, 2009).



Figura 8: Reloj comparador.

Fuente:http://www.femto.es/productos/imagenes/img_260_e59b76ee1eedbe628af6bb2f1f33aec1_1.jpg

Alesómetro. El alesómetro es un instrumento conocido comúnmente como comparador para interiores, denominado así porque permite verificar diámetros internos, por ejemplo el diámetro de los cilindros de un motor de explosión, ya que es indispensable en el motor tener la superficie del cilindro lo más recta posible.

Su composición consta esencialmente, de un comparador de reloj acoplado a una barra cilíndrica; en el extremo opuesto al reloj, lleva otra barra en cuyo interior tiene un mecanismo articulado, que se relaciona con el comparador, al cambiar éste de posición (Goya, 2010).



Figura 9: Alesómetro.

Fuente: <https://encryptedtbn3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTGMNwCbJhU39ptDZR85INFrICvbZ85mArmyYIFjB4woR17ofC1XA>

Tornillos micrométricos. Los tornillos micrométricos usados comúnmente en el sector automotriz son:

Tornillo micrométrico de medidas externas. Los tornillos micrómetros son instrumentos de gran precisión que permiten medidas de longitud cilíndrica interna, cilíndrica externa, plana, entre otros. La capacidad de medida puede variar de 0 a 1500 mm o su equivalente en pulgadas de 0 – 60”. Los modelos menores varían de 0 – 300 mm y se escalonan de 25 en 25 mm o bien en pulgadas de 0 – 12” variando de 1” en 1”. Su resolución puede ser muy variada que puede ser desde 0,01 mm hasta 0,0001 mm (Valdivia, 2007).

El cuerpo del micrómetro posee forma de herradura, en uno de los extremos hay un tope o punta, en el otro extremo posee fija una regla cilíndrica graduada, que sostiene la tuerca fija; el extremo del tornillo tiene forma de varilla cilíndrica y forma el tope móvil; mientras su cabeza está unida al tambor graduado (Valdivia, 2007).

Al hacer girar el tambor, el tornillo se enrosca o desenrosca en la tuerca fija y el tambor avanza o retrocede junto con el tope. Cuando los topes están en contacto, el tambor cubre completamente la regla graduada y la división 0 del tambor graduado coincide con la línea o de la regla graduada. Al irse separando los topes, se va descubriendo la regla y la distancia entre ellos es igual a la medida descubierta sobre la escala fija sumado con las

décimas, centésimas y milésimas indicadas en el tambor graduado que se encuentra en coincidencia con la línea de la regla fija (Valdivia, 2007).

Una presión excesiva sobre la pieza que se mide entre los topes, puede dañar el instrumento como resultado de un mal manejo de equipos resultado de la medición, además puede ocasionar daños dentro del micrómetro; para evitar este inconveniente, el mando del tornillo se hace por medio del tambor moleteado, el cual tiene un dispositivo limitador de presión. Este dispositivo permite obtener una presión máxima entre los topes que es imposible de sobrepasar (Valdivia, 2007).



Figura 10: Tornillo micrométrico de medidas externas.

Fuente: <http://www.ar.all.biz/img/ar/catalog/19659.jpeg>

Tornillo micrométrico para medidas internas. El tornillo micrométrico de medidas internas consta de un manguito al cual se le pueden agregar varillas calibradas para medir distintas medidas interiores. El tornillo micrométrico tiene una longitud de 25 mm pudiendo llegar con las varillas calibradas hasta 800 mm y aún más. En pulgadas inglesas varía desde 1” hasta 32”. Para efectuar la medición se hace oscilar la punta de la varilla calibrada, manteniendo el tope del otro extremo del tambor en contacto con uno de los puntos límites de la medición, hacia ambos costados (hasta lograr la mayor medida) y hacia abajo y arriba (hasta lograr la menor medida) a fin de estar en el diámetro de la pieza (Rodríguez, 2010).

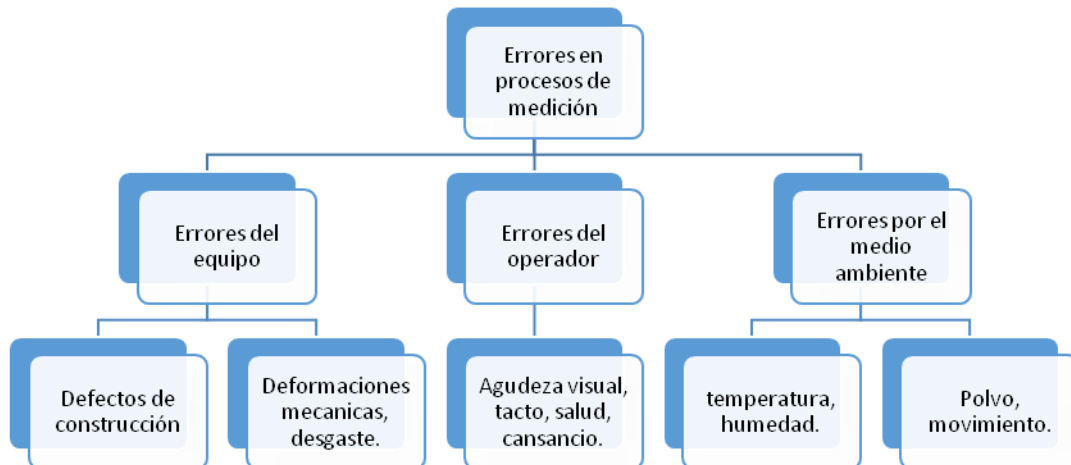


Figura 11: Micrómetro de interiores.

Fuente: http://www.neurmet.com/1702-thickbox_default/micrometro-de-interiores-de-dos-contactos-con-prolongaciones-analogico-insize-3222-500.jpg

Errores de medición

Cuando se realiza un proceso de medición, no es posible evitar una serie de errores pero si buscar que estos sean mínimos. En la siguiente grafica se muestra un cuadro en el que se resume las distintas causas de error que se presentan en un proceso de medición.



Gráfica 1: Errores de procesos de medición.



Gráfica 2: Tipos de error.

Errores del equipo

Defectos de construcción. Los equipos de medición llegan a las manos del usuario u operador con un cierto error, el cual, al usarse se debe corregir la medición realizada, al aplicar un factor de corrección que el mismo fabricante proporciona para este propósito (Rodríguez, 2010).

Este error se debe a las imperfecciones de maquinado y construcción del aparato o equipo de medición, como es sabido, es difícil y sumamente costoso hacer piezas

exactamente iguales, pero si se busca que estas piezas estén dentro del rango dimensional permisible (Rodríguez, 2010).

El factor de corrección mencionado anteriormente, es obtenido por el fabricante a través de estudios y ensayos, el cual trata de compensar el error involuntario con que funciona el aparato o equipo de medición (Rodríguez, 2010).

Los factores que generan error debido al equipo de medición pueden ser los siguientes:

- Articulaciones y juegos
- Defectos de rectitud y forma
- Peso, concetricidad, inclinación de contactos
- Defectos de alineamientos y centrado

Deformaciones mecánicas. Las deformaciones mecánicas pueden ser debido a las deformaciones permanentes provocadas por el desgaste del material y por las deformaciones elásticas debidas a la compresión general, compresión local, por la flexión y la torsión. Por las razones antes descritas, se recomienda que los equipos de medición se verifiquen convenientemente con cierta frecuencia, los elementos necesarios para hacerlo correctamente los veremos más adelante (Rodríguez, 2010).

Errores del operador. Los errores de medición personales son naturalmente inevitables pero pueden disminuirse mediante la práctica, de tal modo que el operador en su función de medir deberá tener cuidado en incurrir en ellos en el menor grado posible (Rodríguez, 2010).

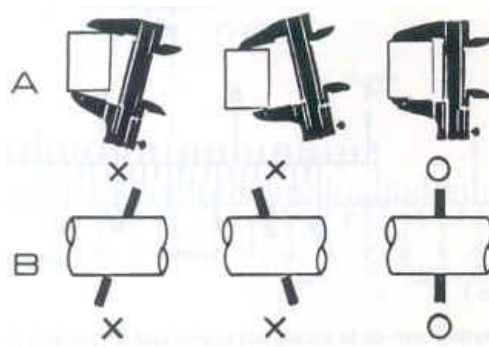


Figura 12: Errores de medición.

Los errores principales que el operador puede cometer son los siguientes:

Error de paralaje. Este error resulta de la incorrecta posición del operador para leer la lectura que indica el aparato, como se puede apreciar en la figura 16 la manera más recomendable es que el operador se coloque en posición perpendicular a la escala o caratula donde deberá hacer la lectura (Rodríguez, 2010).

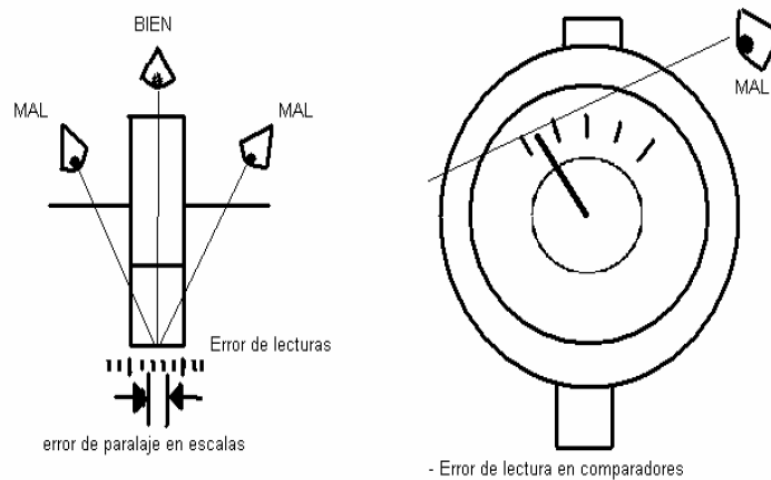


Figura 13: Error de paralaje.

Fuente: <http://es.slideshare.net/nurrego/metrologia-manejo-del-comparador-de-caratula>

Error de precisión. Este sucede cuando el aparato o instrumento carece en su construcción, de algún elemento que neutralice o regule un exceso de esfuerzo utilizado en el manejo del aparato (Rodríguez, 2010).

En la medición propiamente dicha no debe olvidarse que si la acción se efectúa con mayor o menor esfuerzo, se producirá una medición de lectura de valor distinto que dependerá del grado de esfuerzo utilizado debido a aplanamientos de las superficies de contacto de dicho instrumento. También se tiene el caso, cuando se utilizan calibres que al sujetarlo manualmente con una fuerza mayor a la necesaria, la sensibilidad disminuye (Rodríguez, 2010).

Error de posición. Otra fuente de errores es la colocación incorrecta de los aparatos o instrumentos a utilizar o también de las piezas a medir como se puede observar en la figura 17. En casi todos los procesos de medición de longitudes, los instrumentos o aparatos

deberán colocarse perpendicular paralelamente a la superficie de cuya dimensión se desea medir (Rodríguez, 2010).

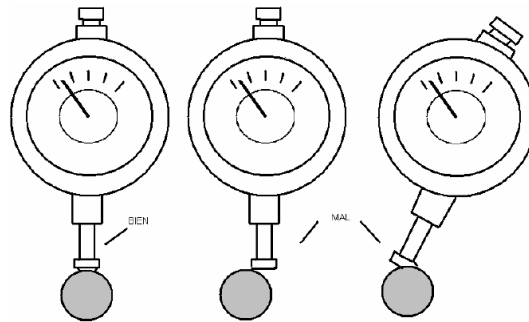


Figura 14: Error de posición de un comparador.

Fuente: <http://es.slideshare.net/nurrego/metrologia-manejo-del-comparador-de-caratula>

Error por el medio ambiente. En todas las mediciones efectuadas, en la construcción de elementos de máquinas de precisión, así como en la determinación o verificación de dimensiones de precisión, el medio ambiente en el cual se trabaja es de suma importancia para obtener resultados satisfactorios y de mayor seguridad (Rodríguez, 2010).

Los factores que intervienen en el error por medio ambiente son el polvo, humedad y temperatura. De estos factores ya se mencionaron anteriormente los dos primeros incisos, por lo que ahora nuestra atención estará en el factor temperatura (Rodríguez, 2010).

Error por temperatura. Las dimensiones de los cuerpos sólidos varían al cambiar la temperatura a que se encuentran, se ha fijado para la medición de los productos de precisión una temperatura de referencia internacional ya antes mencionada ($20^{\circ} \text{C} \pm 0.5$). Por temperatura de referencia se entiende a la temperatura a la que los equipos y las piezas presentan su valor nominal (Rodríguez, 2010).

En el error por temperatura interviene a su vez los siguientes factores:

- Variaciones de temperatura en la sala de mediciones.
- Influencia del calor debido a la iluminación artificial y de las radiaciones solares.
- Temperatura del cuerpo humano.

Cuando se realizan mediciones por primera vez con equipos de precisión las lecturas que se obtienen nunca son exactamente iguales, más aún cuando las realice la misma persona, la misma pieza, el mismo instrumento, mismo método y en el mismo ambiente. La mayoría de los errores surgen debido al mal uso de los equipos, de los medios, de la observación, de la teoría que se aplica, de los aparatos de medición, condiciones ambientales y de otras causas (Orizaba, 2008).

Proceso de medición

Durante un proceso de medición, se puede conocer qué tan confiable es la medición realizada de un elemento cualquiera para su posterior interpretación y evaluación. Una medición puede ser directa e indirecta.

Medición directa. Una medición es directa cuando el valor de la magnitud obtenida por cualesquier equipo de medición se obtiene o por comparación con una unidad conocida como patrón.

Medición indirecta. Una medición indirecta es cuando el valor se obtiene calculándolo a partir de fórmulas que vinculan una o más medidas directas.

Apreciación de equipos de Metrología

Apreciación del nonio en el sistema métrico. Según (Martínez, 2010), determinar la apreciación en los equipos de Metrología son procedimientos esenciales cuando empezamos a trabajar con equipos de medición. Las escalas del nonio poseen características que la definen, en las cuales se presenta:

n: número de divisiones del nonio

A: apreciación, medida más pequeña que puede representar.

k: constante de extensión, que determina la longitud del nonio para una misma apreciación

L: su longitud en las mismas unidades de la regla

Las variables **n** y **k** son independientes, **A** y **L** dependen de las primeras del siguiente modo la apreciación es:

$$A = \frac{1}{n}$$

La longitud del nonio es:

$$L = k * n - 1$$

k es un número entero mayor o igual que 1, normalmente 1 o 2 cuando se quiere facilitar la lectura.

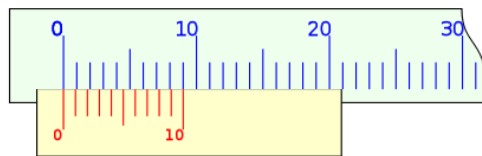


Figura 15: nonio de 10 divisiones en 9 mm.

Fuente http://www.tecnologia.maestrojuandeavila.es/temas/her/imagenes_calibre/450px-Nonio_10_19.svg.png

En la figura 11 podemos observar un valor de **n** = 10, por lo que tenemos:

$$A = \frac{1}{10}$$

$$A = 0,1$$

En este caso **k** = 1, por tanto:

$$L = 1 * 10 - 1 = 9 \text{ mm}$$

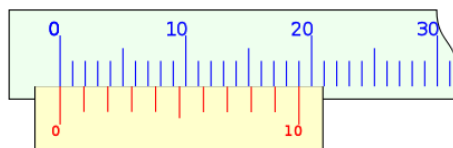


Figura 16: nonio de 10 divisiones en 19 mm.

Fuente http://www.tecnologia.maestrojuandeavila/450px-Nonio_10_19.svg.png

En el caso de que **k** = 2, tendríamos:

$$L = 2 * 10 - 1$$

$$L = 19$$

(Martínez, 2010) Informa que un nonio de 19 mm de longitud y 10 divisiones tendrá la misma apreciación en el doble de longitud, lo que facilita su lectura, al estar sus divisiones más separadas.

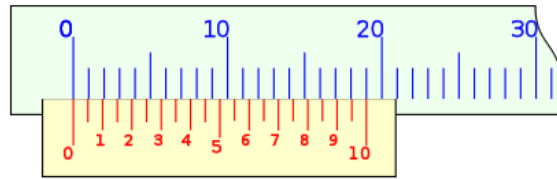


Figura 17: nonio de 20 divisiones.

Fuente http://www.tecnologia.maestrojuandeavila.es/temas/her/imagenes_calibre/450px-Nonio_10_19.svg.png

Como se puede observar en la figura 13 un nonio de 20 divisiones, como el anterior caso, son los equipos más utilizados en el sistema decimal. Con un nonio de 19 de longitud y 20 divisiones, con lo que tendríamos una apreciación:

$$A = \frac{1}{n}$$

Con el respectivo procedimiento, sería:

$$A = \frac{1}{20}$$

$$A = 0,05$$

Utilizando un valor de $k = 1$, resulta:

$$L = 1 * 20 - 1$$

$$L = 19$$

Según (Martínez, 2010) Las longitudes del nonio de 10 divisiones cuando $k=1$ es de 9 mm y de 20 divisiones cuando $k=2$ la longitud es de 19 mm.

Cuando un nonio posee 20 divisiones el calibrador tiene una apreciación de 0,05, y cuando un nonio posee 10 divisiones su apreciación es de 0,1.

Si un calibrador Pie de Rey posee una apreciación más grande poseerá divisiones más pequeñas y no serían apreciables a simple vista, ya que sería necesaria la utilización de un equipo óptico auxiliar, como se puede mostrar en el siguiente caso:

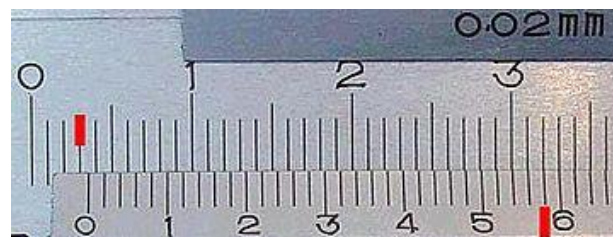
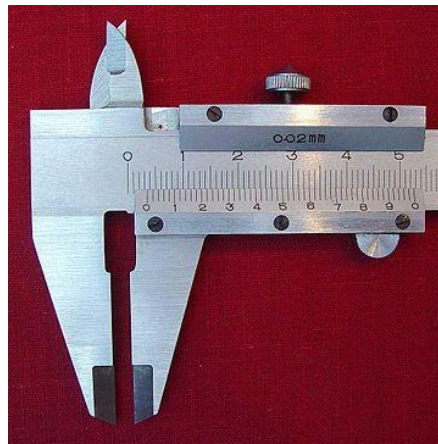


Figura 18: Calibrador con nonio de 50 divisiones.

Fuente: http://www.tecnologia.maestrojuandeavila.es/temas/her/imagenes_calibre/360px-Messschieber.jpg

Con un nonio de 50 divisiones como se muestra en la figura 14 se puede determinar la apreciación de este calibre, utilizando los procedimientos anteriores que corresponde a la expresión:

$$A = \frac{1}{n}$$

Se sustituye los valores y obtenemos:

$$A = \frac{1}{50}$$

Obtenemos como resultado:

$$A = 0,02$$

Utilizando un valor de $k=1$ su longitud tendrá un valor de:

$$L = 1 * 50 - 1$$

$$L = 49$$

La mayoría de apreciaciones se encuentran gravadas en la parte superior del calibre como se puede ver en la figura 14.

Apreciación de nonio en el sistema inglés. Al igual que en el sistema métrico el calibrador pie de rey posee un nonio en el respectivo sistema inglés. El nonio está dividido en $1''/16$ y el nonio abarca 7 divisiones de la regla estando a su vez dividido en 8 partes cada una de las cuales valdrá por tanto:

$$\frac{\frac{7''}{16}}{8} = \frac{7''}{8 \cdot 16}$$

La apreciación del nonio será:

$$a = \frac{1''}{16} - \frac{7''}{8 \cdot 16} = \frac{8 - 7}{8 \cdot 16} = \frac{1''}{128}$$

Vemos que siempre nos resulta un quebrado en el cual el numerador es el valor de la división de la regla y el denominador el número de divisiones del nonio de donde podremos deducir la siguiente regla:

“La apreciación del nonio es igual al valor de la menor división de la regla dividido por el número de divisiones del nonio, la apreciación se expresa por medio de la fórmula: $a = d/n$ ”.

Apreciación de un micrómetro. En un micrómetro la apreciación se obtiene dividiendo el paso del tornillo con el número de divisiones del tambor. Los equipos más conocidos tienen un paso de 1 mm con 50 divisiones en el tambor. Por lo que es necesario calcular con la fórmula:

$$a = \frac{p}{d}$$

Reemplazando los datos obtenemos

$$a = \frac{1mm}{50} = 0,02mm$$

Obtenemos 0,02 mm ó 5 centésimas de milímetro.

Los equipos que poseen una apreciación mayor poseen un paso de 0,5 mm con 100 divisiones en el tambor. Como se puede demostrar en la siguiente ecuación:

$$a = \frac{0,5mm}{100} = 0,005mm$$

Obtenemos 0,005 mm ó 5 milésimas de milímetro.

Sensibilidad, precisión y cálculo de error

Según (Martínez, 2010) menciona que una parte esencial en un proceso de medición es la comparación de una magnitud que se desea medir con otra cantidad de la misma que se ha elegido como unidad patrón. Todos los instrumentos de medida permiten realizar medidas directas de una magnitud, se caracteriza por los siguientes factores:

Sensibilidad. Se define como la variación de la magnitud a medir que es capaz de apreciar el instrumento. Mayor sensibilidad de un aparato indica que es capaz de medir variaciones más pequeñas de la magnitud medida (Martínez, 2010).

Precisión. Es la medida que es capaz de apreciar un instrumento. Está relacionada con la sensibilidad. A mayor sensibilidad, menores variaciones es capaz de apreciar, medidas más pequeñas nos dará el instrumento (Martínez, 2010).

Los equipos de medición deben ser capaces de medir la cifra más pequeña de su escala. La incertidumbre está relacionada con el proceso de medida. Se trata del máximo error de la medida. Evidentemente, está relacionada con la precisión del instrumento. Por regla general se toma como incertidumbre la precisión del aparato, algunas veces aunque no sea demasiado correcto se toma la mitad de la precisión como incertidumbre (Martínez, 2010).

Cálculo de error. Para una medida directa o indirecta existe un tratamiento, los cuales permite encontrar los errores de medida. Hay que distinguir dos tipos de errores que se utilizan dentro de los procesos de cálculo:

Error absoluto. El error absoluto se define como la diferencia entre el valor de la medida real y el valor tomado como exacto en otras palabras la medición.

El resultado puede tener un valor positivo o negativo, si la medida es superior al valor real o inferior (Martínez, 2010).

$$\text{Error absoluto (Ea)} = \text{Medida real} - \text{Medición}$$

Error relativo. El error relativo es el cociente entre el error absoluto y el valor exacto. Hay que multiplicar por 100 para obtener el porcentaje de error. El error relativo puede tener un valor positivo o negativo, no tiene unidades de medida.

$$\text{Error relativo (Er)} = \frac{\text{Medida real} - \text{Medición}}{\text{Medida real}}$$

Error relativo porcentual

$$\epsilon r = Er * 100$$

Cifras significativas

Según (Martínez, 2010) menciona que las cifras significativas de una medida se encuentran formadas por los dígitos que se conocen no afectados por el error, más una última cifra sometida al error de la medida. Como por ejemplo, si el resultado de una medida es 5,62 m, las cifras significativas serán 5, 6 y 2. Los dígitos 5 y 6 son cifras exactas, el dígito 2 puede ser erróneo. Por tanto, hay que tener en cuenta que:

- No es lo mismo interpretar una medida de 5,80 m que 5,8 m. En el primer caso la apreciación es de centímetros mientras que en el segundo caso sólo hasta los decímetros.
- En un equipo de medición se debe interpretar que en el último dígito que es capaz de medir, se puede encontrar el error de la medición. Por ejemplo si en una regla la escala alcanza hasta los milímetros, el error debería ser de más o menos un milímetro. Si el error estuviese en los centímetros no tendría sentido la escala hasta los milímetros.

Cuando se trabaja con datos experimentales es necesario tener un estudio estadístico el cual nos indique cuantos datos debemos tomar y la forma como se debe estudiarlos. Las reglas que se deben utilizar con datos experimentales son las siguientes:

- Una medida se debe repetir tres o cuatro veces para neutralizar el error accidental.
- Se debe tomar como valor real la media aritmética simple que más se acerque al valor exacto.
- El error absoluto de cada medida será la diferencia entre cada una de las medidas y ese valor tomado como exacto.
- El error relativo de cada medida será el error absoluto de la misma dividido por el valor tomado como exacto.

Capítulo III

Metodología de la investigación

Tipos de investigación

Investigación aplicada. En este trabajo de grado se utilizó una investigación aplicada ya que los equipos que se utilizaron en el transcurso de la elaboración del informe, fueron desarrollados con la más alta tecnología de calibración y medición. Lo cual permitió investigar sobre las tendencias de la tecnología en el campo de la Metrología.

Métodos

El método que se utilizó durante el desarrollo del trabajo de grado fue:

Método de análisis. El método de análisis se aplicó durante la elaboración de este trabajo, ya que nos permitió hacer un estudio de forma organizada sobre la Metrología, los procedimientos de uso y sus respectivas normas de conservación de los equipos de medición. De igual manera, con la utilización de este método permitió llegar a una conclusión exacta sobre las maneras más adecuadas para la utilización de los equipos.

Técnicas e instrumentos

Técnicas. Las técnicas de investigación que se utilizó en este trabajo de grado fueron:

- Mediciones
- Prácticas
- Cálculos


Instrumentos. Los instrumentos que se utilizaron en este trabajo de grado son de gran importancia para la investigación, entre los cuales se tiene:

#	Equipos de Metrología
1	Micrómetro exterior 0-25 mm
2	Micrómetro exterior 0-1 plg
3	Micrómetro exterior 25-50 mm
4	Micrómetro exterior 1-2 plg
5	Micrómetro exterior 50-75 mm
6	Micrómetro exterior 2-3 plg
7	Micrómetro exterior 75-100 mm
8	Micrómetro exterior 3-4 plg
9	Micrómetro exterior 100-125 mm
10	Micrómetro exterior 4-5 plg
11	Micrómetro exterior 125-150 mm
12	Micrómetro exterior 5-6 plg
13	Micrómetro de interiores 25-50 mm
14	Micrómetro interiores 50-150 mm
15	Calibrador pie de rey 200 mm
16	Calibrador pie de rey 150 mm
17	Alesómetro con reloj análogo 50-160 mm
18	Reloj comparador 1"
19	Reloj comparador 10 mm
20	Reloj comparador doble función 0,5" y 12,5 mm
21	Base magnética 60 kg
22	Base magnética 60 kg
23	Regla calibrada 300 mm
24	Goniómetro
25	Mármol de medición con base 400 x 250 x 70 grado 0
26	Gramil 0 – 300 mm /0 - 12 " (0,01 mm/0,0005 ")

Capítulo IV

Proceso y Resultados

Guías de prácticas de equipos de Metrología en el ámbito automotriz para los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz.

	<p>Facultad de Educación Ciencia y Tecnología Escuela de Educación Técnica Guías de Práctica</p>	<p>Edición: 1 Revisión: 1</p>
Laboratorio de Metrología		Fecha:

Práctica de Laboratorio N° 1

Tema: Manejo de calibrador pie de rey o vernier.

Objetivo: Realizar mediciones de piezas mecánicas de un motor utilizando un calibrador pie de rey y realizar los respectivos cálculos de error.

Marco teórico:

El calibrador pie de rey es un instrumento de medición, se usa ampliamente debido a su versatilidad de aplicación de aquel es posible utilizarlo para medir exteriores, interiores y profundidades dentro de su capacidad lectura y la legibilidad del mismo (Rodríguez, 2010).

El calibrador pie de rey está constituido por una regla de acero graduada en centímetro, milímetros y pulgadas, se denomina palpador fijo y es donde se apoya un lado de la pieza que se va a medir (Rodríguez, 2010).

La regla móvil está formada por una pequeña escala graduada llamada nonio o vernier, la escala o nonio, se desplaza horizontalmente sobre la regla o escala principal de forma que los escalones de ambos están frente con frente. La pieza que se desee medir determina una posición de la escala móvil con respecto al origen de la escala fija (Rodríguez, 2010).

Uso, normas y cuidados al utilizar un calibrador vernier

Cuando se usa un calibrador pie de rey se debe colocar el objeto a medir sobre una mesa rígida y posteriormente proceder a medirlo, hay que sostener el calibrador con las dos manos, colocar el dedo pulgar sobre el botón del nonio y empújelo contra el objeto a medir, aplicar solo una fuerza moderada (Rodríguez, 2010).

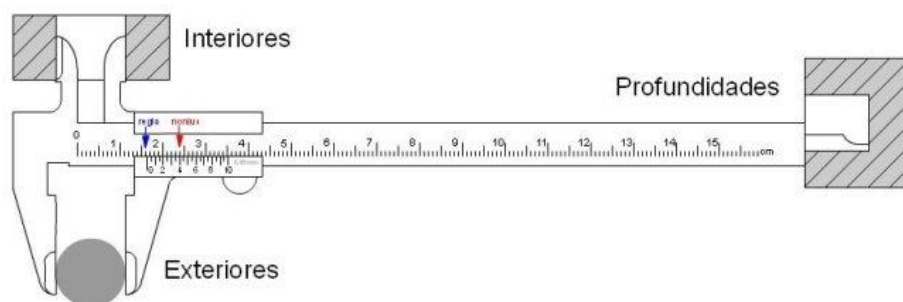


Figura 19: Uso adecuado del calibrador vernier.

Fuente: http://www.portaleso.com/usuarios/medicion/imagenes/pie_de_rey_portada.jpg

Si el calibrador es usado con frecuencia sin tener muy en cuenta la fuerza con la cual se lo utiliza, reducirá su vida útil considerablemente, es preciso tener precauciones al momento de utilizarlo por lo cual se recomienda:

- Limpiar el polvo o suciedad las superficies del calibrador, principalmente retirar el polvo de los elementos deslizantes, por lo que puede obstruir el deslizamiento normal del calibrador.
- Asegúrese que las superficies de contacto de las mordazas y los picos estén libres de golpes o desportilladuras.

- Compruebe que las zonas deslizantes de la regleta estén libres de daño o con imperfecciones en las numeraciones.

Para obtener mediciones correctas se debe realizar lo siguiente:

- Como se muestra en la figura 19 se debe asegurarse de que el cursor está completamente cerrado, el número cero de la escala de la regleta y del nonio están alineados, de igual manera hay que verificar que las superficies de medición de las mordazas el contacto es correcto.



Figura 20: Verificando el contacto nivelado.

- En la figura 20 se muestra la posición ideal en la que el calibrador es ubicado hacia arriba sobre una superficie plana con el medidor de profundidad hacia abajo posteriormente hay que empujar el medidor de profundidad. Cuando las graduaciones de cero en la regla y la escala del nonios encuentran desalineados, el medidor de profundidad se encuentra en mal estado.

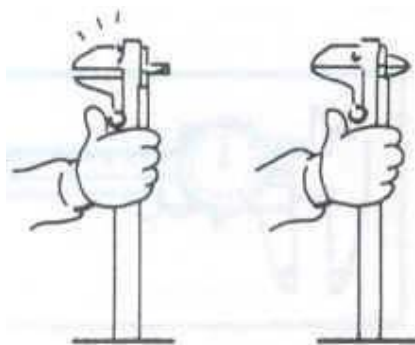


Figura 21: Verificación del medidor de profundidad.

Fuente: <http://galeon.hispavista.com/calibrdorvernier/img/ber9.jpg>

- Comprobar si el cursor se desplaza suavemente a lo largo de la regla principal.

Medición de exteriores. Colocar el objeto a medir lo más profundo como sea posible entre las mordazas.

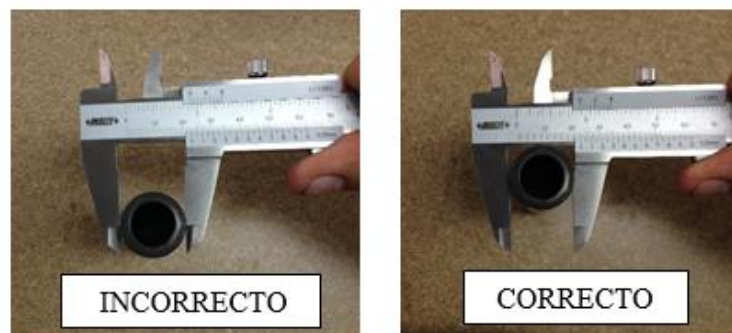


Figura 22: Posición para mediciones de exteriores.

Cuando las lecturas se hacen en el extremo de las mordazas, el cursor puede inclinarse resultando una medición incorrecta por causa del desgaste del calibrador.



Figura 23: Posición incorrecta del vernier.

Fuente: <http://galeon.hispavista.com/calibrdorvernier/img/ber9.jpg>

Sostener el calibrador a nivel con las mordazas como se indica en las figuras (A) y (B). Las malas ubicaciones de las mordazas del calibrador provocan mediciones incorrectas.

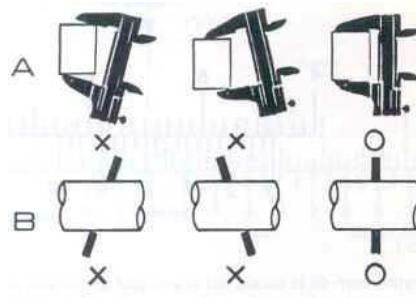


Figura 24: Ejemplos de métodos de medición correctos e incorrectos.

Fuente: <http://galeon.hispavista.com/calibrdorvernier/img/ber9.jpg>

Medición de interiores. En la medición de interiores se puede cometer muchos errores, se los puede evitar si se los realiza cuidadosamente, hay que introducir los picos del calibrador dentro del objeto que se va a medir; se debe asegurar un contacto apropiado con las superficies de medición.

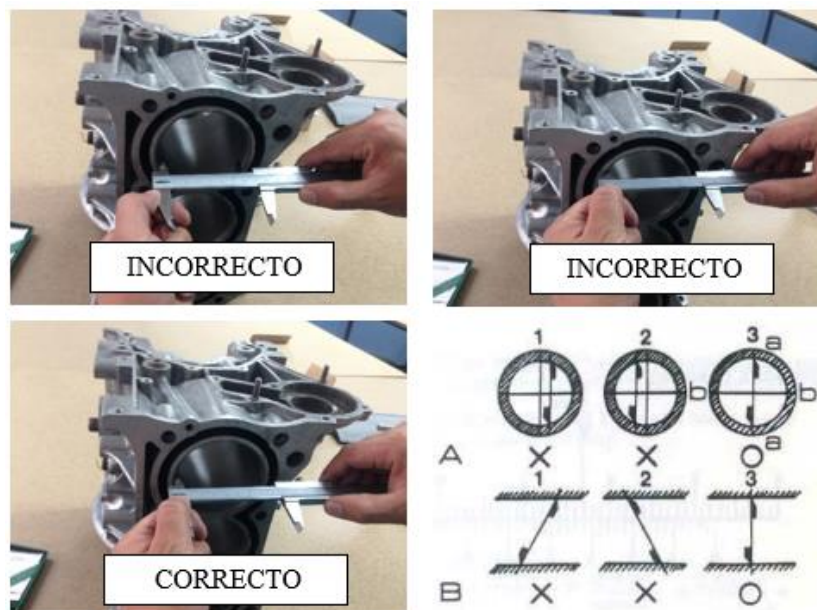


Figura 25: Ejemplos de métodos de medición de diámetros interiores.

Las buenas prácticas para medir diámetros de interiores se indica la figura 25 para asegurar una correcta medición en un diámetro interno.

Medición de profundidad. Para la medición de profundidad de un elemento cualquiera, nivele el extremo del calibrador sobre la superficie del material y no permita que el

extremo del instrumento se incline, esto provocara fallas en el dimensionamiento del material como se observa en la figura 26.

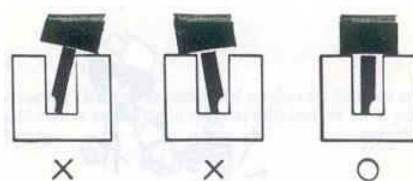


Figura 26: Ejemplo de métodos de medición de profundidad.

Fuente: <http://galeon.hispavista.com/calibrdorvernier/img/ber9.jpg>

Si la esquina del objeto a medir es redonda, gire el calibrador colocando la superficie circular opuesta a la del calibrador como se muestra en la figura 27.

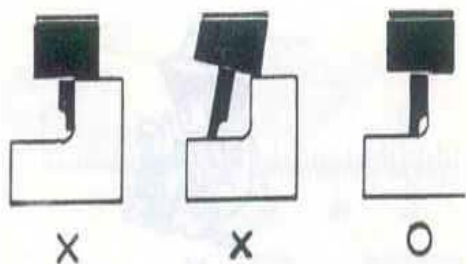


Figura 27: Ejemplo de posición ideal para medir una profundidad.

Fuente: <http://galeon.hispavista.com/calibrdorvernier/img/ber9.jpg>

Cuidados del calibrador después de usarlo. Después de usar el calibrador, se debe limpiar el calibrador frotándolo con un paño, y aplicar cantidades pequeñas de aceite sobre las superficies deslizantes del equipo antes de guardarlo. No se debe colocar materiales pesados sobre el calibrador, puede torcerse la regla.



Figura 28: No poner objetos sobre los equipos de medición.

Fuente: <http://galeon.hispavista.com/calibrdorvernier/img/ber9.jpg>

No utilice el calibrador como un elemento de golpe.



Figura 29: No utilizar el calibrador vernier para golpear.

Fuente: <http://galeon.hispavista.com/calibrdorvernier/img/ber9.jpg>

No utilizar el calibrador para medir algún objeto en movimiento.



Figura 30: No utilizar con objetos en movimiento.

Fuente: <http://galeon.hispavista.com/calibrdorvernier/img/ber9.jpg>

Procesos de lectura con un calibrador pie de rey o vernier

Sistema métrico. Para determinar una lectura en una escala graduada en el sistema inglés, es necesario seguir los siguientes pasos:

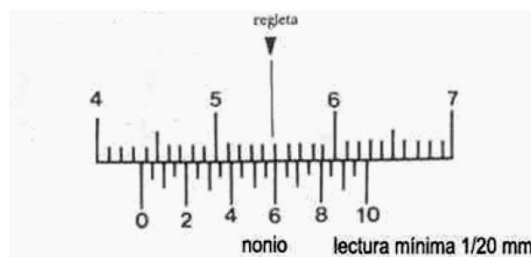


Figura 31: Ejemplo de lectura con nonio en sistema métrico.

Fuente: <http://desarrollomec2012.blogspot.com>

- El punto cero de la escala del nonio se encuentra localizado entre las distancias 43 mm y 44 mm sobre la escala de la regleta, para este caso se utilizará la medida de 43 mm.
- Sobre la escala del nonio, localice la graduación que coincida con la graduación de la regla principal. La graduación indica un valor de "6", que en este caso sería un valor de 0.6 mm.
- Sumamos las lecturas del paso 1 y 2 ($43 + 0.6$).
- Obtenemos un valor de 43.6 mm

Sistema inglés. Para determinar una lectura utilizando un calibrador pie de rey calibrado en el sistema inglés, es necesario conocer cómo está dividida una pulgada. Una pulgada se divide en 16 partes cada una de estas divisiones vale $1/16$ de pulgada como se puede apreciar en la figura 32.

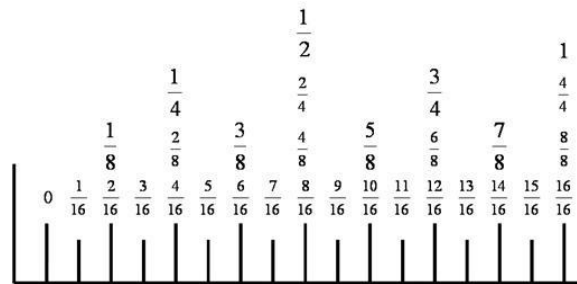


Figura 32: División de una pulgada.

Fuente: <https://tallereducacional.files.wordpress.com/2011/01/partes-de-una-pulgada1.jpg>

En los calibradores pie de rey el nonio de la pulgada se divide en 8 partes y cada parte vale $1/128$ pulgadas como se muestra en la figura 33. El valor de $1/128$ de pulgada indica la legibilidad del instrumento.

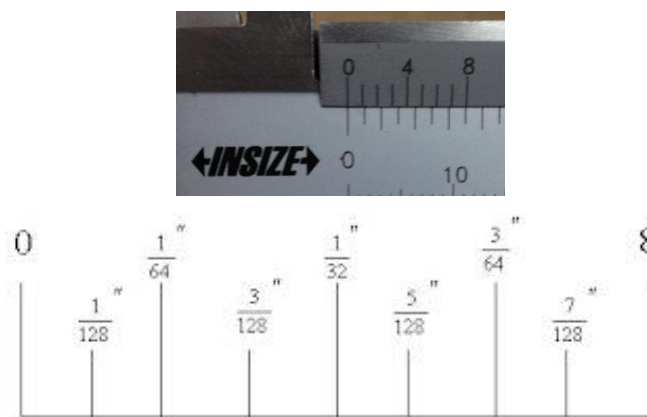


Figura 33: Nonio en sistema inglés.

La medida queda definida por una lectura inmediata, la cual se toma, observando la posición del cero del nonio sobre la escala fija, si la línea del cero queda exactamente, coincidiendo con alguna división de la escala fija o principal, el valor se dará a en forma inmediata, siendo este la distancia que se desplazado del cero del nonio son respecto a la escala fija (Rodríguez, 2010).

En el caso que la coincidencia no se efectuó, es decir cuando el cero del nonio se encuentra ligeramente desplazado de alguna división de la escala fija, se toma como lectura inmediata el valor de la división anterior al cero del nonio y se le agrega el valor de la lectura auxiliar. Esta lectura auxiliar se determina, observando cual división del nonio coincide con cualquiera de la escala principal, conociendo el valor de cada división se podrá determinar esta lectura auxiliar y finalmente la lectura de la medición realizada (Rodríguez, 2010).

A continuación se muestra los pasos necesarios para realizar una lectura utilizando el nonio en el sistema inglés.

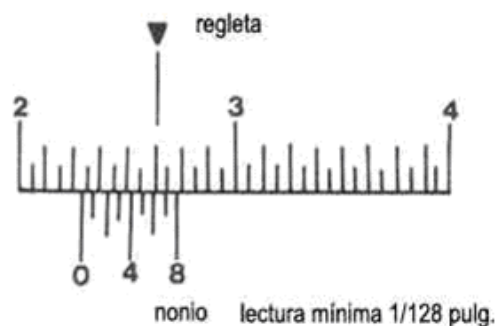


Figura 34: Ejemplo de lectura con nonio calibrado en el sistema inglés.

Fuente: <http://www.taringa.net/post/ciencia-educacion/10847377/Como-usar-el-pie-de-metro-o-calibre.html>

1. En la figura 34 se puede observar que el punto cero de la escala del nonio se encuentra localizado entre $2 \frac{4}{16}$ plg., y $2 \frac{5}{16}$ plg., sobre la escala de la regleta, para este ejemplo se utilizará el valor de $2 \frac{4}{16}$ plg.
2. Sobre la escala del nonio, se localiza la graduación la cual coincida con una graduación sobre la escala de la regla principal. El valor de la graduación es de "6", este 6 sobre el nonio indica $\frac{6}{128}$ plg.
3. Sumamos las lecturas del paso 1 y 2.

$$2 \frac{4}{16} + \frac{6}{128} = 2 \frac{4 \times 8}{16 \times 8} + \frac{6}{128} =$$

$$2 \frac{32}{128} + \frac{6}{128} = 2 \frac{38}{128} = \left[2 \frac{19}{64} \right] =$$

$$2 \frac{19}{64}$$

4. Obtenemos un valor de $2 \frac{19}{64}$ plg.

Registro de datos

En la tabla que se presenta a continuación se debe registrar las lecturas en milímetros y pulgadas, siguiendo los pasos para las mediciones en sus diferentes unidades de medida de los cuerpos que serán entregados a los estudiantes para su posterior análisis.

		Medida N° 1	Medida N° 2	Medida N° 3	Medida N° 4	Promedio
Cuerpo 1	mm					
	plg					
Cuerpo 2	mm					
	plg					
Cuerpo 3	mm					
	plg					
Cuerpo 4	mm					
	plg					

Tareas a realizar

- Utilizando la siguiente imagen como referencia registrar cada una de las partes en su lugar correspondiente.

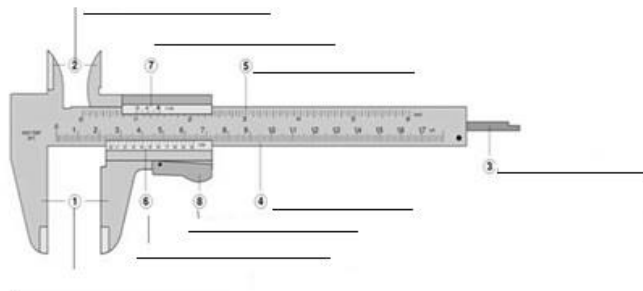


Figura 35: Partes de un calibre.


- Realizar los cálculos correspondientes al error absoluto y relativo.

Conclusiones

Las conclusiones se presentarán en forma resumida, el resultado del análisis realizado por el estudiante en cuanto a la actividad realizada, basado en el registro de datos y de las tareas propuestas hacia el estudiante.

Recomendaciones

Las recomendaciones están dirigidas a proporcionar sugerencias sobre los resultados obtenidos durante la investigación, de igual manera a la forma de mejorar los métodos de estudio y la utilización de los equipos de medición. Las recomendaciones permiten implementar sugerencias para acciones e investigaciones futuras.

	<p>Facultad de Educación Ciencia y Tecnología</p> <p>Escuela de Educación Técnica</p> <p>Guías de Práctica</p>	<p>Edición: 1</p> <p>Revisión: 1</p>
Laboratorio de Metrología		Fecha:

Práctica de Laboratorio N° 2

Tema: Manejo de micrómetro de exterior o tornillo micrométrico.

Objetivo: Realizar mediciones de piezas mecánicas de un motor utilizando un tornillo micrométrico y realizar los respectivos cálculos de error.

Marco teórico

El micrómetro es un instrumento de medición directa que por lo general se los utiliza cuando se requiere hacer lecturas del orden de centésimas de milímetro y hasta milésimas de milímetro en el sistema métrico decimal, en el sistema inglés lo más común es tener instrumentos que tienen una milésima de pulgada de legibilidad (Rodríguez, 2010). Al micrómetro se le conoce con el nombre del tornillo micrométrico o palmer, este último en honor de su inventor el francés Palmer en el año de 1848. Sus principales partes son cuerpo/tuerca - graduación, tornillo/tambor – graduación (Rodríguez, 2010).



Figura 36: Micrómetro de exteriores.

Fuente: <http://www.ferrovicmar.com/herramientas-electricas.asp?producto=micrometro-exterior-ins13210>

Principio de funcionamiento del micrómetro

Un micrómetro consiste en transformar pequeñas distancias que son demasiado pequeñas para ser medidas directamente, en grandes rotaciones que son lo suficientemente grandes como para leerlas en una escala. La precisión de un micrómetro se deriva de la exactitud del tornillo roscado que está en su interior (Esteves, 2011).

Los principios básicos de funcionamiento de un micrómetro son los siguientes:

1. La cantidad de rotación de un tornillo de precisión puede ser directa y precisamente relacionada con una cierta cantidad de movimiento axial (y viceversa), a través de la constante conocida como el paso del tornillo. El paso es la distancia que avanza axialmente el tornillo con una vuelta completa de (360°) (Esteves, 2011).
2. Con un tornillo de paso adecuado y de diámetro mayor, una determinada cantidad de movimiento axial será transformada en el movimiento circular resultante (Esteves, 2011).

Identificación de las partes y características del micrómetro

Utilizando un micrómetro con una calibración de 0 a 25 mm, de medida de exteriores, se puede identificar las siguientes partes:

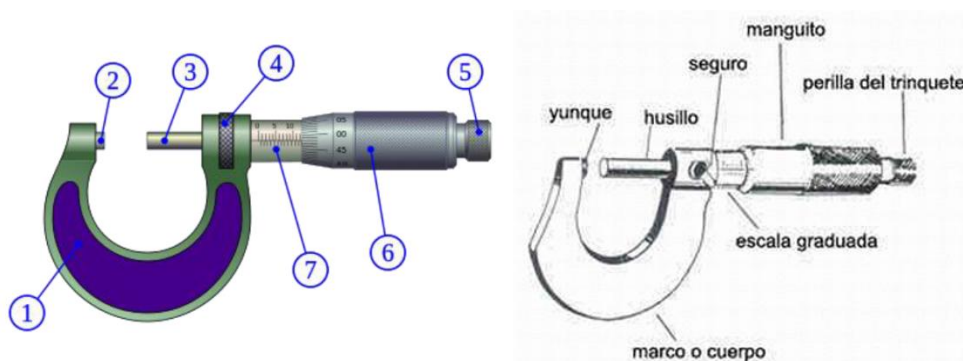


Figura 37: Partes de un micrómetro de exteriores.

Fuente: <http://metrologia.fullblog.com.ar/micrometro-871228131459.html>

1. El cuerpo es el armazón del micrómetro, está compuesto de placas con aislante térmico, para evitar la variación de medida por dilatación.
2. El tope o yunque determina el punto cero de la medida, es de un material duro para evitar el desgaste así como optimizar la medida.
3. La espiga o husillo es el elemento móvil que determina la lectura del micrómetro, la punta del husillo está compuesto de un metal duro para evitar desgaste por el uso continuo.
4. La tuerca de fijación o seguro: permite bloquear el desplazamiento de la espiga.
5. El trinquete limita la fuerza que se aplica para realizar una medición.
6. Tambor móvil o manguito se encuentra junto a la espiga, se encuentra grabado la escala móvil de 50 divisiones.
7. El tambor fijo con la escala graduada se encuentra junto al cuerpo donde está grabada la escala fija.

Precauciones al medir utilizando un micrómetro

Verificar la limpieza del micrómetro. En un mantenimiento adecuado del micrómetro antes de guardarlo es indispensable, ya que limpiar frecuentemente las superficies del husillo, yunque, y otras partes, remueve el sudor, polvo y manchas de aceite de las partes fijas y móviles del micrómetro, se debe aplicar de igual manera aceite anticorrosivo después de completar la limpieza.



Figura 38: Limpieza de un micrómetro.

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos39/calibre-micrometro/Image11297.gif>

Hay que limpiar completamente las caras de medición del husillo y el yunque, de lo contrario no se obtendrá mediciones exactas. Es esencial que el objeto a medir se limpie perfectamente del aceite y polvo acumulado.

Manejo adecuado del micrómetro. El manejo adecuado de micrómetro hay que sostener la mitad del cuerpo en la mano izquierda, y el manguito o trinquete del micrómetro en la mano derecha, mantenga la mano fuera del borde del yunque (Esteves, 2011).



Figura 39: Manejo adecuado de un micrómetro.

La mayoría de cuerpos micrómetros están equipados con aisladores de calor, si se usa un cuerpo de éstos, sosténgalo por la parte aislada, y el calor de la mano no afectará al instrumento. Si se acerca la superficie del objeto directamente girando el manguito del micrómetro, el husillo puede aplicar una fuerza excesiva de medición al objeto y provocara una medición errónea del material (Esteves, 2011).

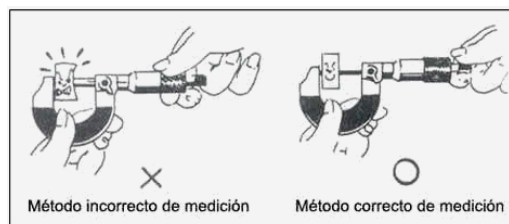


Figura 40: Método de medición de un micrómetro.

Fuente: <http://practicaindustrial.blogspot.com/2011/08/instrumentos-de-medicion-micrometro.html>

Cuando una medición se haya completado, aleje el husillo de la superficie del objeto, girando el trinquete en dirección contraria para evitar daños en el micrómetro.

Verificación de alineación del micrómetro. El manejo inadecuado de un micrómetro puede provocar que el punto cero del micrómetro puede desalinearse. Si el micrómetro

sufre una caída o golpe fuerte, el paralelismo la lisura del husillo y el yunque, en algunas ocasiones el movimiento del husillo es anormal.

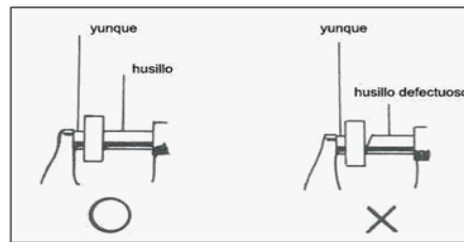


Figura 41: Alineación de un micrómetro.

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos39/calibre-micrometro/Image11301.gif>

Se debe asegurar que los contactos entre el micrómetro y los objetos a medir sean correctos. Se debe usar el micrómetro en ángulo recto 90° con las superficies a medir (Esteves, 2011).

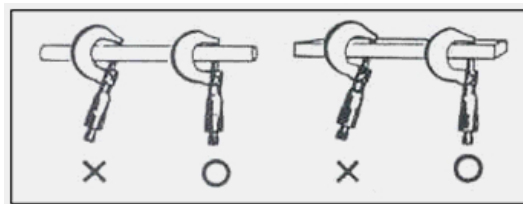


Figura 42: Contacto de un micrómetro sobre una superficie.

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos39/calibre-micrometro/Image11303.gif>

Proceso de lectura utilizando un micrómetro

La escala de un micrómetro se divide en dos partes, una horizontal y otra vertical, la primera mide de 0.5 mm, la escala vertical mide centésimas de milímetro, una vuelta completa del manguito significa medio milímetro, como está dividido de 0 a 50, cada separación significa una centésima de milímetro.



Figura 43: Escala de un micrómetro en el sistema métrico.

Fuente: https://encryptedtbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS4nyoIS_FAUi6Wkik5Q

Sistema métrico. En la figura 44 se puede observar dos rayas por lo que cada una tiene un valor de 0.5 mm y la suma de las dos nos da un valor de 1,00 mm y 0 centésimas en la escala vertical.



Figura 44: Ejemplo 1 de lectura de un micrómetro en el sistema métrico.

Fuente:https://encryptedtbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS4nyoIS_FAUi6Wkik5QaW1hmcR81ZOxkgJkJTHLRb1Y5LLGccrOg

En este caso la figura 45 nos indica que partimos desde que se ve el número 5, lo que equivale a 5 mm, más 4 líneas superiores hacen 9 mm y más 23 centésimas del indicador vertical o tambor nos da un total de 9.23 mm.



Figura 45: Ejemplo 2 de lectura de un micrómetro en el sistema métrico.

Fuente:https://encryptedtbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS4nyoIS_FAUi6Wkik5QaW1hmcR81ZOxkgJkJTHLRb1Y5LLGccrOg

Sistema inglés. En la figura 46 se muestra que es un micrómetro para medidas entre el rango de 2 a 3 pulgadas.

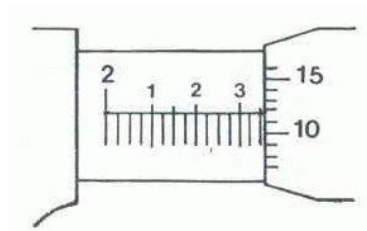


Figura 46: Ejemplo 1 de lectura de un micrómetro en el sistema inglés.

Fuente: http://2.bp.blogspot.com/_qk5hfMYkdrE/S4xA5EWTA2I/AAAAAAAAAFQ/6z471ndvbFI/s320/AAA.gif

La línea de revolución sobre la escala está graduada en .025 de pulgada.

En consecuencia, los dígitos 1, 2 y 3 sobre la línea de revolución representan 0,100, 0,200, y 0,300 pulgadas respectivamente. En la figura 46 la posición del tambor para una separación de los topos de 2,362 plg. En este caso el tambor indica 0,012 plg. Pero, como en la escala fija hay descubiertos 2.350 plg, la medida indicada es de $2.350 + 0.012 = 2.362$ plg.

Nonio con sistema métrico. En la figura 47 se observa las divisiones tanto de los milímetros como de los medios milímetro ambas en su lado inferior, siendo idéntica la del tambor móvil, con sus 50 divisiones, la diferencia es que sobre la línea longitudinal en lugar de la escala milimétrica se añaden las divisiones de la escala del nonio con 10 marcas, numeradas de dos en dos, siendo la propia línea longitudinal del fiel la que sirve de origen de dicha numeración. De este modo se alcanza un nivel de precisión de 0,001 mm (1 μ m) (Esteves, 2011).



Figura 47: Ejemplo de lectura de un micrómetro con nonio en sistema métrico.

Fuente: https://encryptedtbn1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSA6mCy1yJ00jwHMM_C_kSySuoMjsbkLIXhO_WqOt7ZAzCLuIg_A

En la figura se puede apreciar que la tercera raya del nonio resulta coincidente con una de la del tambor móvil, significando que el tamaño del objeto sobrepasa en $3/10$ el valor medido con el mismo.

La división visible en la escala longitudinal es la subdivisión del medio milímetro siguiente a la de 5 mm, por su parte en el tambor móvil la línea longitudinal del fiel supera la marca del 28, y por último en el nonio se observa que la tercera raya la que se alinea con una del tambor, de ahí que la medición resultante será:

5	Milímetros
0,5	Medio milímetro
0,28	Centésimas en el tambor
0,003	La tercera división del nonio coincide con una división del tambor
5,783	Lectura en milésimas de milímetro

La combinación de estos métodos de medición da lugar a un instrumento, quizá un poco sofisticado, por la que puede dar la lectura con una apreciación de una micra. Una enorme precisión para los usos empíricos usuales (Esteves, 2011).

Nonio con el sistema inglés. En el caso del micrómetro con nonio este tiene en la parte superior de la guía tubular un nonio, el cual tiene 10 divisiones iguales, cada división del nonio equivale a $0,0001''$. La lectura se la realiza igual que si se tratara del micrómetro estándar pero se tendrá que añadir la lectura del nonio.

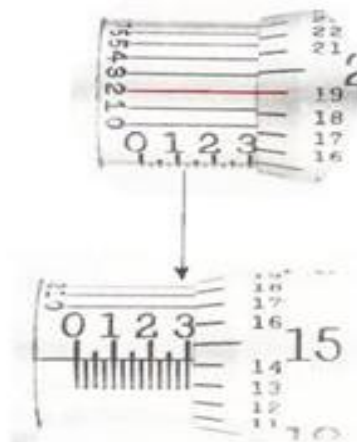


Figura 48: Ejemplo de lectura de un micrómetro con nonio en sistema inglés.

Fuente: <http://img.youtube.com/vi/-PFj0-jTsHs/0.jpg>

Como se puede observar en la figura 48 la Guía tubular nos indica un valor de 0,300 plg el tambor 0,014, el nonio 0,0002 plg. Procedeos a sumar los valores obtenidos y tenemos la lectura definitiva de 0, 3142 plg.

Registro de datos

En la tabla que se presenta a continuación hay que registrar las lecturas en milímetros y pulgadas, siguiendo los pasos para las mediciones en sus diferentes unidades de medida de los cuerpos que serán entregados a los estudiantes para su posterior análisis.

		Medida N° 1	Medida N° 2	Medida N° 3	Medida N° 4	Promedio
Cuerpo 1	mm					
	plg					
Cuerpo 2	mm					
	plg					
Cuerpo 3	mm					
	plg					
Cuerpo 4	mm					
	plg					

Tareas para realizar

- Utilizando la siguiente imagen como referencia registrar cada una de las partes en su lugar correspondiente.

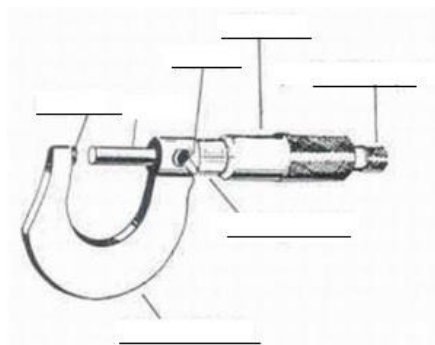


Figura 49: Partes de un micrómetro


- Realizar los cálculos correspondientes al error absoluto y relativo.

Conclusiones

Las conclusiones se presentarán en forma resumida, el resultado del análisis realizado por el estudiante en cuanto a la actividad realizada, basado en el registro de datos y de las tareas propuestas hacia el estudiante.

Recomendaciones

Las recomendaciones están dirigidas a proporcionar sugerencias sobre los resultados obtenidos durante la investigación, de igual manera a la forma de mejorar los métodos de estudio y la utilización de los equipos de medición. Las recomendaciones permiten implementar sugerencias para acciones e investigaciones futuras.

	<p>Facultad de Educación Ciencia y Tecnología</p> <p>Escuela de Educación Técnica</p> <p>Guías de Práctica</p>	<p>Edición: 1</p> <p>Revisión: 1</p>
Laboratorio de Metrología		Fecha:

Práctica de Laboratorio N° 3

Tema: Manejo de un reloj comparador.

Objetivos: Realizar mediciones de piezas mecánicas de un motor utilizando un reloj comparador y realizar los respectivos cálculos de error.

Marco teórico

Un reloj comparador o comparador es un equipo de medición de dimensiones, se utiliza para comparar cotas mediante la medición indirecta del desplazamiento de una punta de contacto esférica cuando el aparato está fijo en un soporte. Consta de un mecanismo de engranajes o palancas los cuales amplifica el movimiento del vástago en un movimiento circular de las agujas sobre escalas graduadas circulares las cuales permiten obtener medidas con una precisión de centésimas o milésimas de milímetro (Rodríguez, 2010).



Figura 50: Reloj comparador.

Fuente:

http://www.femto.es/productos/imagenes/img_3345_2e0434b64efdc4285ab2be9e86dd4f4d_16.jpg

La esfera del reloj contiene la escala graduada puede girarse de manera que puede ponerse el cero del cuadrante coincidiendo con la aguja y realizar las siguientes medidas por comparación. El reloj comparador debe estar fijado a un soporte, cuya base puede ser magnética o fijada mecánicamente a un bastidor (Rodríguez, 2010).

Es un instrumento que permite realizar controles dimensionales en la fabricación de manera rápida y precisa, por lo que es muy utilizado en la inspección de la fabricación de productos en series grandes (Rodríguez, 2010).

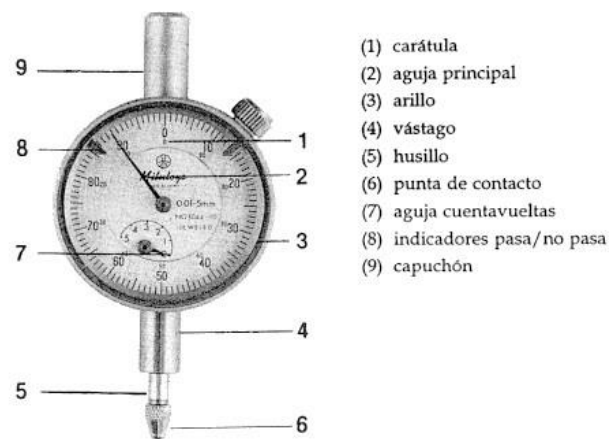


Figura 51: Partes de un reloj comparador.

Fuente: <http://polamalu.50webs.com/OF1/mecanica/imagenes/comparad.gif>

Aplicaciones de un reloj comparador

Un comparador de caratula sirve para un gran número de mediciones como: planitud, circularidad, cilindridad, esfericidad, concentricidad, desviación, desplazamiento, etc. También existen otras aplicaciones como las que se ilustran en las siguientes imágenes.

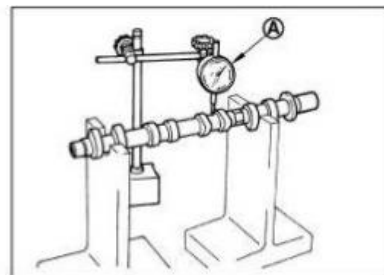


Figura 52: Excentricidad del árbol de levas.

Fuente: <https://todoingenieriaindustrial.wordpress.com/metrologia-y-normalizacionde-caratula>

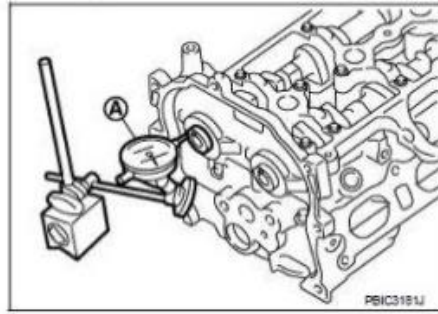


Figura 53: Juego longitudinal del árbol de levas.

Fuente: <https://todoingenieriaindustrial.wordpress.com/metrologia-y-normalizacion/comparadores-de-caratula/>

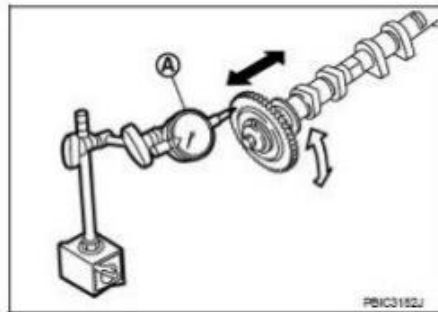


Figura 54: Excentricidad del engrane del árbol de levas.

Fuente: <https://todoingenieriaindustrial.wordpress.com/metrologia-y-normalizacion/comparadores-de-caratula/>

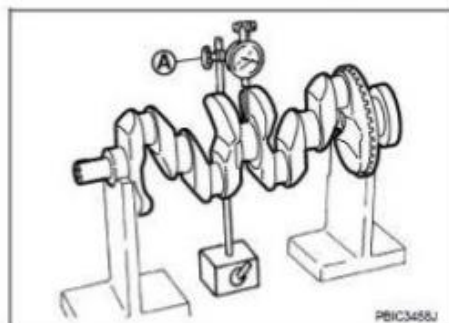


Figura 55: Excentricidad del cigüeñal.

Fuente: <https://todoingenieriaindustrial.wordpress.com/metrologia-y-normalizacion/comparadores-de-caratula/>

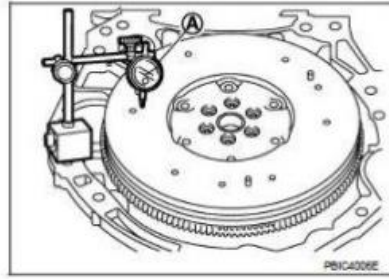


Figura 56: Deflexión del volante de inercia.

Fuente: <https://todoingenieriaindustrial.wordpress.com/metrologia-y-normalizacion/comparadores-de-caratula/>

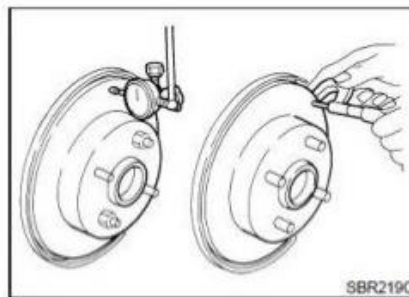


Figura 57: Descentramiento de los discos de freno.

Fuente: <https://todoingenieriaindustrial.wordpress.com/metrologia-y-normalizacion/comparadores-de-caratula/>

Recomendaciones y cuidado de un reloj comparador

Para realizar una medición se debe seleccionar el reloj comparador que esté acorde a las necesidades de medición según el trabajo que se esté realizando como por ejemplo tamaño, curso, lectura y tipo.

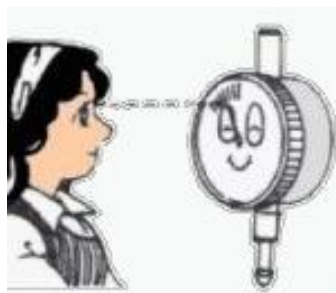


Figura 58: Observar el reloj comparador de forma frontal.

Fuente: <https://todoingenieriaindustrial.wordpress.com/metrologia-y-normalizacion>

Como se muestra en la figura 58 hay que observar la caratula desde una posición frontal para evitar errores de paralaje.

En la figura 59 se muestra como montar el reloj en posición perpendicular a la base de referencia con el objetivo de evitar errores en la lectura.

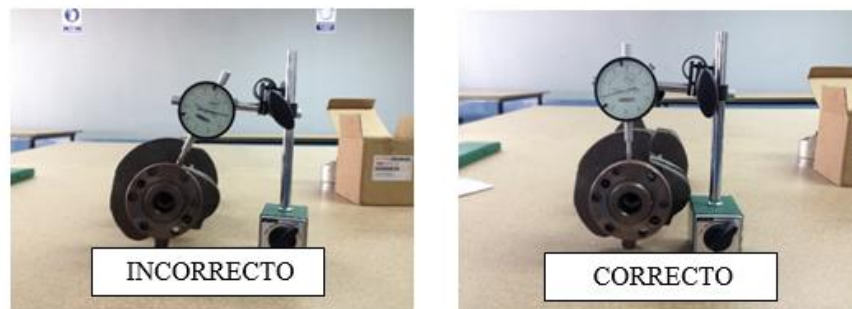


Figura 59: Posición de un reloj comparador.

Los impactos o fuerzas excesivas pueden dañar el reloj comparador.

En la figura 60 se muestra como hay que colocar el reloj comparador sobre una base rígida, procurando dejarlo lo más cercano a la base.



Figura 60: Posición de un reloj comparador en una base magnética.

Después del uso del equipo limpiar la suciedad y marcas dejadas por los dedos en el uso un paño limpio y seco.

Guardar los equipos siempre en ambiente seco y limpio, de preferencia en su estuche.

Procesos de lectura utilizando un reloj comparador

Para realizar la medición con un reloj comparador en primer lugar hay que proceder de la siguiente manera:

1. Colocar el reloj comparador en un soporte fijo.
2. Limpiar la pieza sometida a verificación.
3. Coloque la pieza según la verificación a efectuar.
4. Si la verificación se vaya a realizar por comparación, colocar la pieza sobre un mármol o una superficie lisa.
5. Si se va a verificar la excentricidad, colocar la pieza entre puntos.
6. Ajustar el reloj comparador mediante bloques o galgas patrón, si se va a verificar una magnitud por comparación, usando un plano, ajuste el cero del cuadrante en coincidencia con la aguja.
7. Sustituir el patrón de medida con la pieza a verificar, la indicación de la aguja en el cuadrante será ahora la correspondiente al desplazamiento del palpador, o sea la diferencia entre la medida de patrón y la de la pieza.
8. Para la verificación de excentricidad colocar el palpador sobre la pieza en el punto de menor dimensión desplazándolo para obtener la diferencia de cota.

Para realizar un proceso de lectura con un comparador de caratula se debe seguir los siguientes pasos:

1. Medición caratula secundaria
2. Medición caratula principal



Figura 61: Procesos de lectura de un reloj comparador.

Fuente: <https://todoingenieriaindustrial.wordpress.com/metrologia-y-normalizacion>

Procesos de lectura de un reloj comparador en el sistema métrico. Para este caso utilizaremos un reloj comparador con una calibración en centésimas de milímetro 0,01 mm, como podemos observar en la figura 62 la caratula secundaria el indicador está entre los valores de 0-1 por lo q se toma en este caso el valor de 0. En la caratula principal se obtiene un valor de 0,41 mm. El rango de medición para este comparador de caratula lo obtenemos sumando los 2 valore antes obtenidos anteriormente queson de 0,41 mm.



Ejemplo:

$$\begin{array}{r} 1. 0.00 \text{ mm} + \\ 2. \underline{0.41 \text{ mm}} \\ 0.41 \text{ mm} \end{array}$$

Figura 62: Ejemplo de lectura en el sistema métrico.

Fuente: <https://todoingenieriaindustrial.wordpress.com/metrologia-y-normalizacion>

Procesos de lectura de un reloj comparador en el sistema inglés. En este caso utilizaremos un reloj comparador con una calibración en milésimas de pulgada 0,001 plg, como podemos observar en la figura 63 la caratula secundaria el indicador esta entre los valores de 1-2 por lo q tomaremos el valor de 0,100 plg. En la caratula principal podemos se puede observar un valor de 0,006 plg. El rango de medición es de 0,106 plg.



Ejemplo:

$$\begin{array}{r} 1. 0.100 \text{ in} + \\ 2. \underline{0.006 \text{ in}} \\ 0.106 \text{ in} \end{array}$$

Figura 63: Ejemplo de lectura en el sistema inglés.

Fuente: <https://todoingenieriaindustrial.wordpress.com/metrologia-y-normalizacion>

Medición y comparación

En los casos de medición y comparación es necesario iniciar el proceso sujetando el reloj comparador a una base fija, para poder medir la variación entre algunas piezas, en segundo lugar se debe ajustar a cero el reloj comparador de caratula haciendo uso de un patrón que tenga un valor como se muestra en la figura 64. Una vez que se establece el cero, es necesario no mover el soporte para podernos asegurar que no se va a perder el cero, luego se procede a medir las piezas a las cuales se les desea saber cuánto varía la medida de la pieza con respecto al patrón como se muestra en la figura.

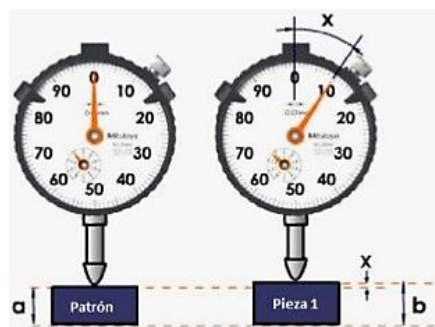


Figura 64: Medición y comparación con un reloj comparador.

Fuente: <https://todoingenieriaindustrial.wordpress.com/metrologia-y-normalizacion>

Como se puede observar en la figura 65 si la aguja del reloj comparador se mueve en sentido horario, el valor es positivo, si la aguja del dial se mueve en sentido anti horario, el valor mostrado por el comparador es negativo, entonces:

Pieza 1: 1.10 mm

Pieza 2: -0.05 mm

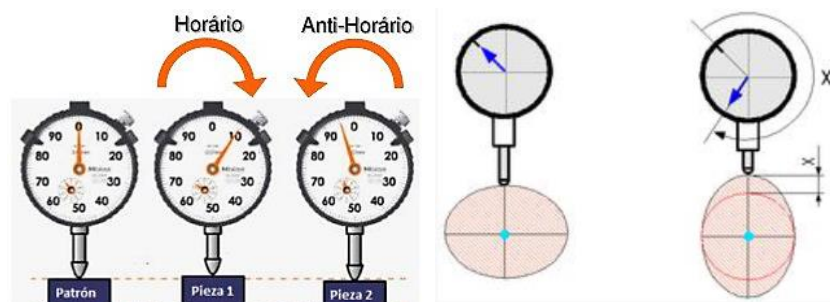


Figura 65: Medición y comparación con un reloj comparador.

Fuente: Fuente: <https://todoingenieriaindustrial.wordpress.com/metrologia-y-normalizacion>

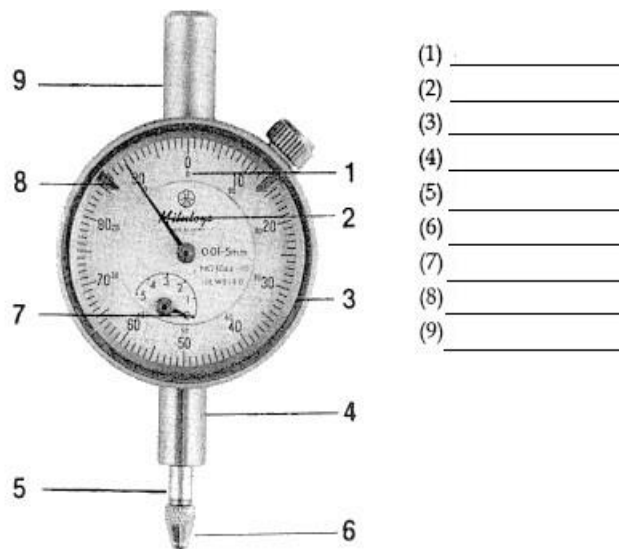
Registro de datos

En la tabla que se presenta a continuación se debe registrar las lecturas en milímetros y pulgadas, siguiendo los pasos para las mediciones en sus diferentes unidades de medida de los cuerpos que serán entregados a los estudiantes para su posterior análisis

		Medida N° 1	Medida N° 2	Medida N° 3	Medida N° 4	Promedio
Cuerpo 1	mm					
	plg					
Cuerpo 2	mm					
	plg					
Cuerpo 3	mm					
	plg					
Cuerpo 4	mm					
	plg					

Tareas para realizar

- Utilizando la siguiente imagen como referencia registrar cada una de las partes en su lugar correspondiente.




- Realizar los cálculos correspondientes al error absoluto y relativo

Conclusiones

Las conclusiones se presentarán en forma resumida, el resultado del análisis realizado por el estudiante en cuanto a la actividad realizada, basado en el registro de datos y de las tareas propuestas hacia el estudiante.

Recomendaciones

Las recomendaciones están dirigidas a proporcionar sugerencias sobre los resultados obtenidos durante la investigación, de igual manera a la forma de mejorar los métodos de estudio y la utilización de los equipos de medición. Las recomendaciones permiten implementar sugerencias para acciones e investigaciones futuras.

	<p>Facultad de Educación Ciencia y Tecnología</p> <p>Escuela de Educación Técnica</p> <p>Guías de Práctica</p>	<p>Edición: 1</p> <p>Revisión: 1</p>
<p>Laboratorio de Metrología</p>		<p>Fecha:</p>

Práctica de Laboratorio N° 4

Tema: Manejo de un alesómetro.

Objetivos: Mejorar las destrezas del estudiante al utilizar un alesómetro, utilizando métodos y equipos didácticos para el aprendizaje.

Marco teórico

El alesómetro es un instrumento de medición indirecta de diámetros interiores, consta de un reloj comparador incrustado a un eje que en el extremo, posee un contacto que hace girar las agujas del reloj comparador, de este modo poder comparar las medidas. El alesómetro es un instrumento de estructura bastante sencilla, aunque se debe tomar sus precauciones a la hora de medir y en su uso (Miño, 2010).

Componentes

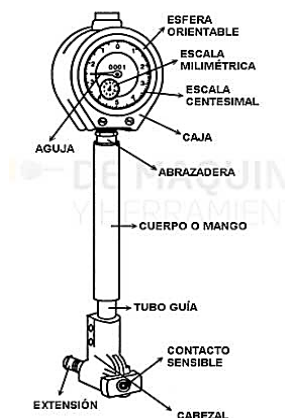


Figura 66: Componentes de un alesómetro.

Fuente: <http://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-de-medicion/alesometro>

En el cabezal de medición cuando la punta del contacto sensible se desplaza transforma el movimiento axial longitudinal de la barra que está dentro del cuerpo o mango mediante una leva pivotante y ésta acciona el reloj comparador, el cual puede estar graduado en centésimas (0,01 mm) ó en milésimas de milímetro (0,001 mm) (Miño, 2010).

Normas de seguridad y modo de uso del alesómetro

Al comenzar a desarrollar la guía de práctica hay que tener cuidado en no dañar las puntas del alesómetro para interiores y seguir los siguientes pasos:

1. Eliminar cualquier clase de polvo o suciedad y superficies de contacto.
2. Revisar que las agujas y el pistón se mueven suavemente. No debe sentirse prieto.
3. Corrija cualquier problema que encuentre ajustando los tornillos de presión y de fijación.
4. Antes de medir poner el comparador en cero, para ello moveremos la arandela que tiene en la arista del reloj y lo giraremos hasta el punto en el que creamos conveniente dejarlo y tomarlo como punto de referencia cero, sea tomándolo sin o con pieza el punto de referencia, dependiendo del uso.
5. A la hora de la lectura de la medida mirarlo al mismo nivel y paralelamente al reloj comparador para evitar visiones erróneas.
6. Medir con el alesómetro perpendicularmente al plano horizontal, asegurándonos no dejar ningún tipo de desvío.
7. Asegurarnos de que el pistón que tenemos, es el adecuado para la medición.

Modo de uso. Cada alesómetro es provisto con un juego de puntas intercambiables de distintas longitudes con lo que puede abarcarse un rango de medición mucho mayor que el que tiene el comparador. Debe seleccionarse la punta de acuerdo a la dimensión a medir (Miño, 2010).

Cuando se deban realizar mediciones frecuentes de un mismo diámetro, por ejemplo cilindros en un block, se recomienda utilizar un anillo patrón para fijar el cero. El procedimiento para ajustar el instrumento, es el mismo que se usa para medir: debe tomarse la lectura menor que acuse el comparador cuando el alesómetro es balanceado en

forma transversal dentro del cilindro. El cabezal auto centrante asegura que se está midiendo en forma diametral (Miño, 2010).

Cuando no se dispone de un anillo patrón, la puesta a cero puede realizarse con la ayuda de un micrómetro para exteriores al que se le ha fijado previamente, el nominal de la dimensión a medir.

Debe tomarse la lectura menor encontrada balanceando el alesómetro en cualquier dirección. Esta operación requiere cierta habilidad, ya que en este caso, no pueden usarse las guías para centrado automático. También puede usarse un paquete de galgas fijado en un soporte especial (Miño, 2010).

Existen alesómetros en los que es posible implementar una barra de extensión para el caso de agujeros más profundos.

Procesos de lectura utilizando un alesómetro

1. Buscar datos del fabricante sobre la longitud nominal estándar del diámetro del cilindro que deseamos medir.
2. Seleccionar la pieza de extensión adecuada para esa medida de diámetro; hay que tener en cuenta que la longitud total del cabezal, incluyendo la tolerancia máxima, debe ser apenas mayor al diámetro que se desea medir, a fin de asegurar que el alesómetro esté en contacto permanente con el cilindro.
3. Montar el alesómetro tal como indica en la figura 67 utilizando los puntos de medición para una superficie cilíndrica.
4. Tener en cuenta que el alesómetro ingrese al cilindro en la posición inclinada, ya que de esta manera no se dañarán los palpadores.
5. Desplazar suavemente el alesómetro de izquierda a derecha hasta que obtengamos una medida mínima que tomaremos como referencia.
6. Una vez dentro del cilindro, a la altura y dirección adecuadas, alinear el mango del alesómetro con el eje del cilindro y tomamos la lectura del reloj comparador.
7. Desplazar el alesómetro de izquierda a derecha hasta encontrar un punto de inflexión que es el punto exacto de medida.

8. Si ese punto coincide con el cero prefijado en la escala, la medida que estamos comparando coincidirá exactamente. Si por el contrario el punto de inflexión coincidiera, por ejemplo, con el 5 de la escala, la medida comparada sería de 0,05 mm más que la medida prefijada.
9. Para extraer el alesómetro del cilindro debemos nuevamente hacerlo con el cuerpo inclinado para evitar daños al reloj comparador

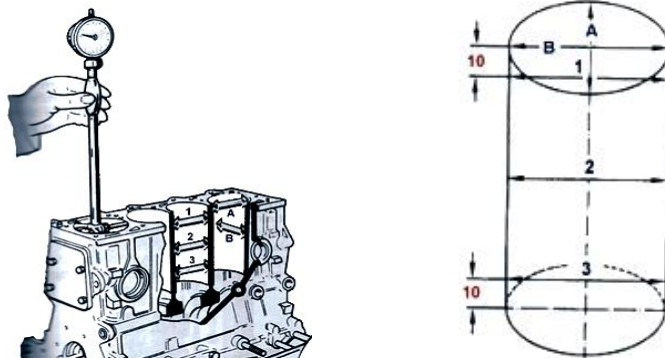
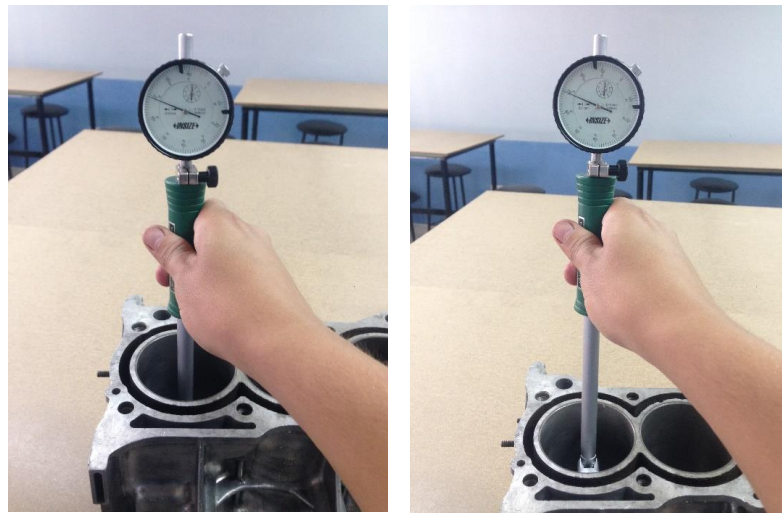


Figura 67: Puntos de medición de un cilindro.

Registro de datos


En la tabla que se presenta a continuación se debe registrar las lecturas en milímetros y pulgadas, siguiendo los pasos para las mediciones en sus diferentes unidades de medida de los cuerpos que serán entregados a los estudiantes para su posterior análisis.

Conclusiones

Las conclusiones se presentarán en forma resumida, el resultado del análisis realizado por el estudiante en cuanto a la actividad realizada, basado en el registro de datos y de las tareas propuestas hacia el estudiante.

Recomendaciones

Las recomendaciones están dirigidas a proporcionar sugerencias sobre los resultados obtenidos durante la investigación, de igual manera a la forma de mejorar los métodos de estudio y la utilización de los equipos de medición. Las recomendaciones permiten implementar sugerencias para acciones e investigaciones futuras.

	<p>Facultad de Educación Ciencia y Tecnología</p> <p>Escuela de Educación Técnica</p> <p>Guías de Práctica</p>	<p>Edición: 1</p> <p>Revisión: 1</p>
Laboratorio de Metrología		Fecha:

Práctica de Laboratorio N° 5

Tema: Manejo de un gramil de altitud.

Objetivo: Mejorar las destrezas del estudiante al utilizar un gramil de altitud, utilizando métodos y equipos didácticos para el aprendizaje.

Marco teórico

Un gramil de altura es un instrumento de medición y trazado que se utiliza en los laboratorios de Metrología y control de calidad, para realizar todo tipo de trazado en piezas como por ejemplo ejes de simetría, centros para taladros, excesos de mecanizado etc.



Figura 68: Gramil de altitud.

La forma de graduación depende del sistema métrico o inglés, es exactamente igual a los calibres pie de rey, de igual manera, la forma de interpretar los valores de una magnitud en sus escalas depende del desplazamiento del cursor sobre la escala principal.

Aplicaciones del gramil de altura

Se utilizan principalmente para medir distancias verticales, trazar y medir diferencias de alturas entre planos a diferentes niveles. Las aplicaciones se realizan colocando al medidor de alturas, un trazador o un indicador de cuadrante con palpador orientable (Rodríguez, 2010).



Figura 69: Gramil de altitud.

Los trazadores se utilizan principalmente para marcar, pero también es posible medir distancias entre planos a diferentes niveles apoyando la pieza a medir sobre la superficie de granito. El gramil de altitud tiene por objeto realizar mediciones comparativas, transportar medidas y medir diferencias de alturas entre planos (Rodríguez, 2010).

Existen distintos tipos de medidores de altura con diferentes características en base al diseño y a las normas con los que se fabrican:

1. La construcción de los medidores de altura debe ser robusta, ya que se requiere mantener estabilidad en la perpendicularidad de la escala principal con el plano de referencia.

2. Los medidores de altura con vernier, la escala principal es ajustable, esto facilita la compensación del desgaste del trazador y el ajuste a cero en cualquier punto de referencia.
3. La base y la superficie de medición son templadas, rectificadas y pulidas.
4. El acabado de las escalas es de cromo satinado lo cual evita la reflexión de la luz que lastime la vista. El procedimiento para leer las escalas de los medidores de altura es igual al de los calibres pie a colisa, tanto en la escala métrica como en la escala inglesa.

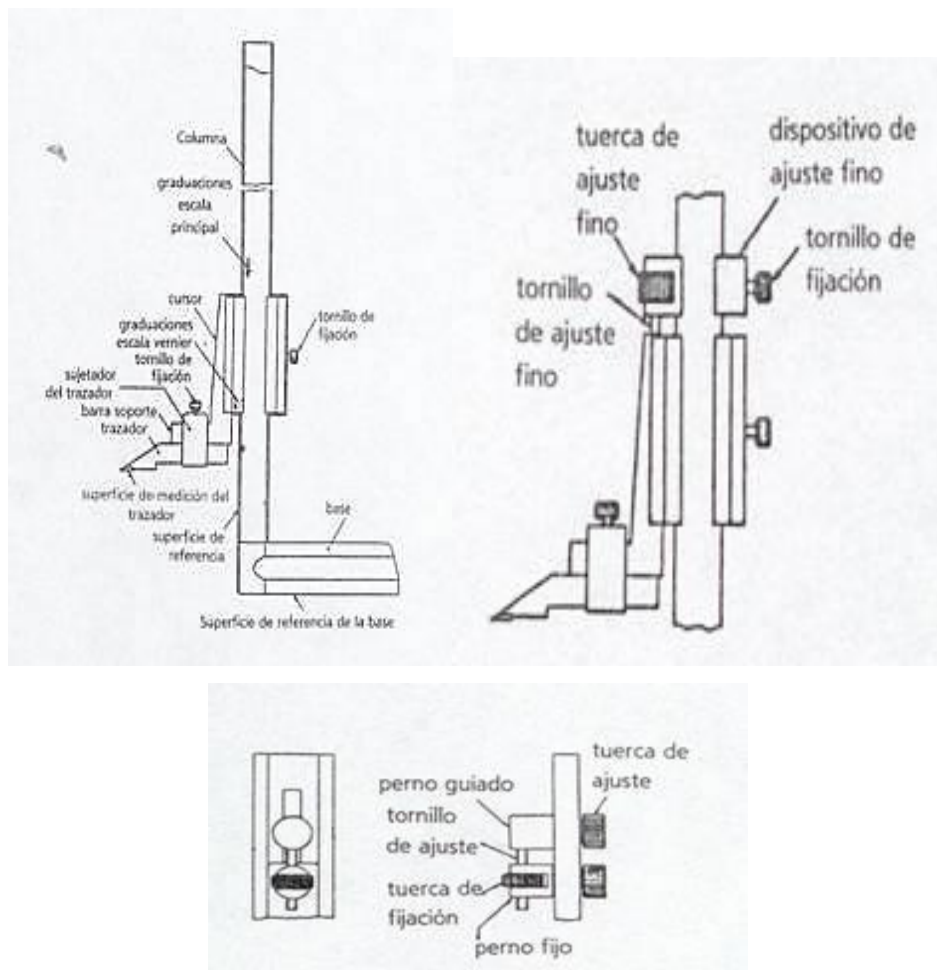


Figura 70: Partes de un gramil de altitud..

Fuente: <http://image.slidesharecdn.com/vernierdealtura-141025172421-conversion-gate02/95/vernier-de-altura-9-638.jpg?cb=1414275930>

Proceso de lectura utilizando un gramil de altitud

Para realizar un procedimiento de lectura con un gramil de altitud seleccionamos el medidor de altura que mejor se ajuste a su aplicación.

- Hay que asegurarse de que el tipo rango de medición, graduación u otras especificaciones, son apropiadas para la aplicación deseada.
- Verifique el movimiento del cursor.
- No debe sentirse suelto o tener juego.
- Corrija cualquier problema que encuentre, ajustando el tornillo de presión y el de fijación.
- Verifique la pieza a medir se encuentre limpia y en buen estado.

Durante los procesos de medición:

- La distancia desde la columna de referencia a la punta trazadora o la punta de contacto del indicador de carátula tipo palanca debe ser tan corta como sea posible.
- Ajuste la línea a cero, tomando como referencia la superficie de apoyo.
- Tomar la medida.
- Leer la medida y evitarlos errores de paralaje leyendo la escala directamente desde el frente.

Después de los procesos de medición:

- Limpiar con un trapo suave y seco cualquier suciedad o huella digital que haya en el medidor de altura.
- Ajustar la línea a cero, tomando como referencia la superficie de apoyo.
- Tomar la medida

Precauciones de uso para el gramil de altura

- No aplicar fuerza excesiva al medidor de altura.
- Tener cuidado de no dañar la punta para trazar.
- Eliminar cualquier suciedad o polvo antes de usar su medidor.
- Verificar el movimiento del cursor. No debe sentirse suelto o tener juego.
- Corregir cualquier problema que encuentre, ajustando el tornillo de presión y el de fijación.
- Asegurarse de que el aceite se distribuya uniformemente sobre las superficies.

Registro de datos

En la tabla que se presenta a continuación se debe registrar las lecturas en milímetros y pulgadas, siguiendo los pasos para las mediciones en sus diferentes unidades de medida de los cuerpos que serán entregados a los estudiantes para su posterior análisis.

		Medida N° 1	Medida N° 2	Medida N° 3	Medida N° 4	Promedio
Cuerpo 1	mm					
	plg					
Cuerpo 2	mm					
	plg					
Cuerpo 3	mm					
	plg					
Cuerpo 4	mm					
	plg					

Tareas para realizar

- Utilizando la siguiente imagen como referencia registrar cada una de las partes en su lugar correspondiente.

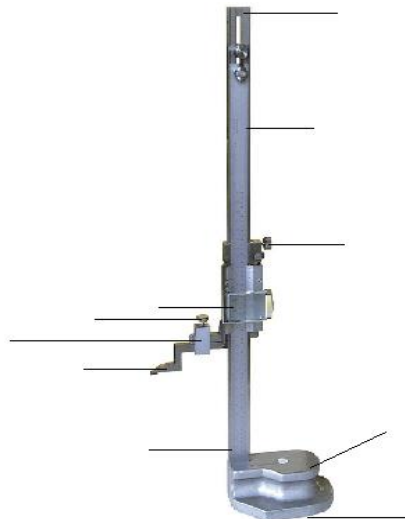


Figura 71: Partes de un gramil de altura

- Realizar los cálculos correspondientes al error absoluto y relativo.

Conclusiones

Las conclusiones se presentarán en forma resumida, el resultado del análisis realizado por el estudiante en cuanto a la actividad realizada, basado en el registro de datos y de las tareas propuestas hacia el estudiante.

Recomendaciones

Las recomendaciones están dirigidas a proporcionar sugerencias sobre los resultados obtenidos durante la investigación, de igual manera a la forma de mejorar los métodos de estudio y la utilización de los equipos de medición. Las recomendaciones permiten implementar sugerencias para acciones e investigaciones futuras.

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- La guías de práctica permiten al docente, impartir una cátedra al estudiante para mejorar la experiencia del aprendizaje, mediante la utilización adecuada del material didáctico.
- La selección adecuada de un equipo de medición permite obtener medidas acorde a la necesidad del trabajo, permitiendo disminuir la probabilidad de realizar mediciones erróneas durante un proceso de medición.
- El buen manejo de los equipos de medición y el mantenimiento adecuado de los mismos, permitirá que los equipos de Metrología tengan una larga vida útil durante el trabajo.
- Los procesos de cálculo de error ayudan a que el estudiante pueda conocer cuál es el porcentaje de error que posee al realizar una medida
- Realizar una práctica con las guías adecuadas ayuda a que el estudiante afiance sus conocimientos.

Recomendaciones

- Los equipos de Metrología deben ser inspeccionados periódicamente, de igual manera se debe llevar un registro de uso de cada equipo con el objetivo de que se encuentre en óptimas condiciones de trabajo.
- Durante los aprendizajes de los distintos equipos de Metrología es necesario que el estudiante maneje con precaución los equipos de medición, por lo que es preciso aplicar fuerzas moderadas al realizar una medición, siguiendo los procesos técnicos para impedir daños de los instrumentos.
- Se recomienda antes de la realización de medidas en un componente fijo o móvil de un motor contar con la supervisión de personal capacitado, de igual manera seguir el procedimiento para la obtención de una medida.
- Se recomienda que antes y después de cada práctica, que los equipos de Metrología sean verificados para poder identificar si posee algún daño o imperfección en su funcionamiento.
- Se recomienda que el laboratorio de Metrología exista una base de datos con medidas estándar de los componentes más comunes de un motor de combustión, como son medidas de pistones, cigüeñales, guías de válvula, camisas de cilindro, rines, alturas de culatas o cabezotes, calibración de válvulas. Para que puedan comparar con las medidas realizadas.

Bibliografía

- Badilla, M. V. (2004). *Metrología e Instrumentación*. San José, Costa Rica: Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Briezo, V. d. (2009). *Maquinaria Madrid*. Obtenido de http://www.maquinariamadrid.com/f_relojes_comparadores_metrologia_192.html
- Castro, J. M. (2010). *Mecanizado básico*. Madrid, España: Parafino S.A.
- Domínguez, F. C. (1998). *Sistema Internacional de Unidades*. Querétaro, México.
- García, J. I. (2004). *Fundamentos del Diseño Mecánico*. Cali, Colombia: Hernán Toro.
- Goya, F. d. (2010). *Metrología Instrumentos de medida directa*. Obtenido de www.educa2.madrid.org/cms.../instrumentosmedida%20directa.pdf
- Granados, C. (2005). *Breve Historia de la Metrología - Centro Español de Metrología*. Obtenido de *Breve Historia de la Metrología - Centro Español de Metrología*: www.cem.es/sites/default/files/historia.pdf
- Herrera, T. J. (2010). *La Gestión de la calidad en los servicios ISO 9001:2008*. Cartagena: Eumed-Universidad de Malaga España.
- Lehnert, R. (1979). *La construcción de las herramientas*. Barcelona : Reverte S.A.
- Melillo, G. (2010). *Metrología*. Obtenido de <http://metrologia.fullblog.com.ar/calibre-pie-de-rey-711224354220.html>
- Metrología, B. H. (27 de Enero de 2011). *Breve Hitoria de la Metrología*. Obtenido de *Breve Hitoria de la Metrología*: <http://www.cem.es/sites/default/files/historia.pdf>
- Metrología, C. E. (2006). *El Sistema Internaconal de Unidades*. Obtenido de simce.iat.es/simce/files/2012/06/Sistema_Internacional_2006.pdf
- Orizaba, I. t. (2008). *Tipos de errores en mediciones*. Obtenido de <http://ssfe.itorizaba.edu.mx/bvirtualindustrial/index.php/image-gallery/99-library/metrologia-y-normalizacion/692-313-tipos-de-errores-en-mediciones>
- Peña, A. G. (2007). *Introducción de errores en la medición* . Medellín, Colombia: Fondo editorial ITM.
- Rodríguez, F. D. (2010). *Laboratotio de tecnología de materiales* . Obtenido de olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/.../METROLOGIA.pdf
- Scribd. (2009). *Scribd*. Obtenido de es.scribd.com/doc/50244466/Multimetro-automotriz

- Starret. (2007). *Starret*. Obtenido de http://www.starrett.com.ar/catalogo/productos/base-magnEtica-para-relojes-comparadores--y-palpadores-en-estuche-de-madera_1161.php
- Valdivia, S. (2007). *Metrología Tornillo Micrométrico* . Obtenido de <http://es.scribd.com/doc/6591518/tornillo-micrometrico>

Lincografía

- Red nacional de metrología de Chile. Obtenido de: <http://www.metrologia.cl/link.cgi/Metrologia/>
- El ojímetro no está de moda, guías de metrología para pymes. Obtenido de : http://www.metrologia.cl/medios/docs/manual_metrologia_pymes.pdf
- Centro Español de Metrología, innovando en metrología para un mundo más exacto. Obtenido de: <http://www.cem.es/divulgacion>
- Instituto Nacional de Normalización. Obtenido de: <http://www.inn.cl/metrologia/portada/index.php>
- El Sistema Internacional de Unidades. Obtenido de: <http://simce.iat.es/documentos/>
- Alpe Metrología Industrial. Obtenido de: <http://www.alpemetrologia.com/>
- Todo Metrología, Una Ciencia hecha Cultura. Obtenido de: <http://todometrologia.ucoz.com/>
- Full blog, Metrología. Obtenido de: <http://metrologia.fullblog.com.ar/reloj-comparador-palpador.html>
- Todo Ingeniería Industrial. Obtenido de: <http://todoingenieriaindustrial.wordpress.com/metrologia-y-normalizacion/comparadores-de-caratula/>
- Las TIC en la educación, El progreso de la sociedad influenciado por la Metrología. Obtenido de: <http://www.e-medida.es/documentos/Numero-1/la-metrologia-motor-de-innovacion-tecnologica-y-desarrollo-industrial.htm#1>

Anexos

#	Equipos de Metrología	Cantidad	Valor Total
1	Micrómetro exterior 0-25 mm	1	40,00
2	Micrómetro exterior 0-1 plg	1	40,00
3	Micrómetro exterior 25-50 mm	1	48,00
4	Micrómetro exterior 1-2 plg	1	48,00
5	Micrómetro exterior 50-75 mm	1	54,00
6	Micrómetro exterior 2-3 plg	1	54,00
7	Micrómetro exterior 75-100 mm	1	60,00
8	Micrómetro exterior 3-4 plg	1	60,00
9	Micrómetro exterior 100-125 mm	1	75,00
10	Micrómetro exterior 4-5 plg	1	75,00
11	Micrómetro exterior 125-150 mm	1	85,00
12	Micrómetro exterior 5-6 plg	1	85,00
13	Micrómetro de interiores 25-50 mm	1	130,00
14	Micrómetro interiores 50-150 mm	1	165,00
15	Calibrador pie de rey 200 mm	1	65,00
16	Calibrador pie de rey 150 mm	1	46,00
17	Alesómetro con reloj análogo 50-160 mm	1	200,00
18	Reloj comparador 1"	1	46,00
19	Reloj comparador 15 mm	1	46
20	Reloj comparador doble función	1	90
21	Base magnética 60 kg	1	35,00
22	Base magnética 60 kg	1	35,00
23	Regla calibrada 500 mm	1	150,00
24	Regla calibrada 500 mm	1	150,00
25	Mármol de medición con base 400 x 250 x 70 grado 00	1	380,00
26	Gramil 0 – 300 mm /0 - 12 " (0,01 mm /0,0005 ")	1	270,00
27	Adecuación de laboratorio de Metrología		1.000,00
28	Gastos extras		100
29	Total		4.000



UNIVERSIDAD TENCA DEL NORTE
 FACULTAD DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA
 INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
 LABORATORIO DE METROLOGÍA

Informe

Tema de la práctica:			
Instrumentos utilizados (características)	Fecha:	Práctica N°	Calificación

Integrantes:

.....

.....

.....

.....

Objetivos: 1.....

2.....

3.....

Marco teórico

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Procedimientos

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Registro de datos:

		Medida N° 1	Medida N° 2	Medida N° 3	Medida N° 4	Promedio
Cuerpo 1	mm					
	plg					
Cuerpo 2	mm					
	plg					
Cuerpo 3	mm					
	plg					
Cuerpo 4	mm					
	plg					

Cálculo de error**Conclusiones**

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....
- 5.....

Recomendaciones

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....
- 5.....



Figura 72: Estado de aula para la adecuación del Laboratorio de Metrología.



Figura 73: Estado actual del Laboratorio de Metrología.



Figura 74: Estado actual del Laboratorio de Metrología.



Figura 75: Equipos de Metrología.



Figura 76: Socialización del trabajo de grado.



Figura 77: Socialización del trabajo de grado.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0401839113		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Tulcán Hernández Fernando Ramiro		
DIRECCIÓN:	Ibarra, El Olivo, Av. 17 de Julio		
EMAIL:	ram_1403@hotmail.es		
TELÉFONO FIJO:	062291436	TELÉFONO MÓVIL	0996869565

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"ELABORACIÓN DE GUÍAS DE PRÁCTICA DE EQUIPOS DE METROLOGÍA EN EL ÁMBITO AUTOMOTRIZ".
AUTOR (ES):	Tulcán Hernández Fernando Ramiro
FECHA: AAMMDD	2015/05/25
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Título de Ingeniero en Mantenimiento Automotriz
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Luis Tejada

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Tulcán Hernández Fernando Ramiro, con cédula de identidad Nro. 0401839113, en calidad de autor (es) y titular (es) de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 20 días del mes mayo de 2015

EL AUTOR:

(Firma).....

Nombre: Tulcán Hernández Fernando Ramiro

C.C. 0401839113



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Tulcán Hernández Fernando Ramiro, con cédula de identidad Nro. 0401839113 manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado titulado: **“ELABORACIÓN DE GUÍAS DE PRÁCTICA DE EQUIPOS DE METROLOGÍA EN EL ÁMBITO AUTOMOTRIZ”**. Que ha sido desarrollada para optar por el Título de Ingeniero en Mantenimiento Automotriz en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 20 días del mes de mayo de 2015

(Firma).....

Nombre: Tulcán Hernández Fernando Ramiro

Cédula: 0401839113



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003162193		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Chacón Grijalba Jairo David		
DIRECCIÓN:	Ibarra, Ciudadela Municipal, Calle Marco Tulio Hidrobo y el Chichaval		
EMAIL:	Jairodavidch16@hotmail.es		
TELÉFONO FIJO:	2585477	TELÉFONO MÓVIL	0969029601

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"ELABORACIÓN DE GUÍAS DE PRÁCTICA DE EQUIPOS DE METROLOGÍA EN EL ÁMBITO AUTOMOTRIZ".
AUTOR (ES):	Chacón Grijalba Jairo David
FECHA: AAMMDD	2015/05/25
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Título de Ingeniero en Mantenimiento Automotriz
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Luis Tejada

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Chacón Grijalba Jairo David, con cédula de identidad Nro. 1003162193, en calidad de autor (es) y titular (es) de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 20 días del mes mayo de 2015

EL AUTOR:



(Firma).....

Nombre: Chacón Grijalba Jairo David

C.C. 1003162193



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Chacón Grijalba Jairo David, con cédula de identidad Nro. 1003162193 manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado titulado: **"ELABORACIÓN DE GUÍAS DE PRÁCTICA DE EQUIPOS DE METROLOGÍA EN EL ÁMBITO AUTOMOTRIZ"**. Que ha sido desarrollada para optar por el Título de Ingeniero en Mantenimiento Automotriz en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 20 días del mes de mayo de 2015

(Firma)

Nombre: Chacón Grijalba Jairo David

Cédula: 1003162193