



**UNIVERSIDAD
DE CIENFUEGOS**

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO DE DIPLOMA EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

**Título: Diseño metodológico de las prácticas de laboratorio de la asignatura Mediciones
Técnicas en función del equipamiento existente**

Autor: Luis Daniel Reguera Méndez

Tutor: MSc. Ing. Rogelio Hernández Peña.

Ing. Bernabé Juan Bravo Rodríguez

Cienfuegos, 2019



DECLARACIÓN DE AUTORIDAD
UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS



Sistema de Documentación y Proyecto.

Hago constar que el presente trabajo constituye la culminación de los estudios en la especialidad de Ingeniería Mecánica en la Universidad de Cienfuegos, autorizando a que el mismo sea utilizado por el Centro de Estudio Superior para los fines que estime conveniente, ya sea parcial o totalmente, que además no podrá ser presentado sin la aprobación de dicha institución.

Firma del autor.

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido según acuerdo de la dirección del centro y el mismo cumple los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura, referido a la temática señalada.

Información Científico Técnico

Nombre y Apellidos. Firma.

Vice Decano.

Nombre y Apellidos. Firma.

Firma del Tutor

Firma del Tutor

Sistema de Documentación y Proyecto.

Nombre y Apellido. Firma

PENSAMIENTO

“Saber no es suficiente; tenemos que aplicarlo. Tener voluntad no es suficiente tenemos que implementarla”.

Goethe (poeta, novelista, dramaturgo y científico alemán)



DEDICATORIA

A mis padres por darme su apoyo incondicional y por brindarme todo su amor.

A mi hermana por ser ejemplo de perseverancia y apoyo.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y a mi hermana que han sido mi motor impulsor y ejemplos a seguir tanto en lo académico y profesional como en la vida misma.

A mi Familia y novia por quererme tanto y apoyarme.

A mis compañeros de aula y amigos por brindarme su ayuda incondicional y al claustro de profesores de la carrera.

A mis tutores, que sin su apoyo el peldaño a escalar sería mucho más difícil, muchas gracias por su ayuda incondicional, su comprensión y dedicación, por ser incansable, por los conocimientos brindados y por las muchas horas de trabajo juntos.

RESUMEN

En el trabajo se reelaboraron las guías para la realización de las prácticas de laboratorio de la asignatura Mediciones Técnicas, con el objetivo de lograr un adecuado uso e implementación del equipamiento tecnológico que posee el laboratorio de esa especialidad. Se analizó la interrelación de las habilidades de la asignatura con respecto a las de la disciplina Procesos Tecnológicos y a las de la carrera de Ingeniería Mecánica y se trabaja con las transformaciones que para el plan E sufre la asignatura.

ABSTRACT

In the work, the guides for the accomplishment of the laboratory practices of the subject Technical Measurements were made, with the aim of achieving an adequate use and implementation of the technological equipment that the laboratory of that specialty possesses. The interrelation of the skills of the subject with respect to those of the Technological Processes discipline and those of the Mechanical Engineering career was analyzed and the transformations that for the E plan the subject undergoes are worked on.

ÍNDICE

CAPÍTULO I: GENERALIDADES SOBRE METROLOGÍA Y EL EQUIPAMIENTO EMPLEADO PARA LA IMPARTICIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE METROLOGÍA DIMENSIONAL.	12
1.1 Metrología. Conceptos.	12
1.1.2 Concepto de Metrología.	12
1.1.3 Tipos de Metrología.	12
1.2 Metrología dimensional. Conceptos.....	14
1.2.1 Objetivos, aplicaciones y alcance de la Metrología dimensional.	15
1.2.2 Otros conceptos Metrológicos.	17
1.3 Clasificación de instrumentos y aparatos de medición, en Metrología dimensional. ..	18
1.4 Reglas para efectuar mediciones.....	19
1.4.1 Clases y tipos de errores en mediciones.....	19
1.4.2 Clasificación de errores en cuanto a su origen.....	20
1.5 Historia del Proyector de Perfil.....	22
1.5.1 Proyector de Perfil.	24
1.6 Rugosímetro.....	32
1.6.1 Objetivo de la utilización del Rugosímetro.	32
1.6.2 Principio de Medición.	33
1.6.3 Características de medición delRugosímetro portátil modelo TR 200.....	33
1.7 Laboratorio. Concepto. Importancia.	34
1.7.1 Característica que debe reunir un laboratorio de Metrología dimensional.....	36
1.7.2 Reglas generales para la realización de las prácticas de laboratorio.	37
CAPÍTULO II: ESTUDIO DE LAS POSIBILIDADES QUE BRINDA EL LABORATORIO DE INTERCAMBIABILIDAD Y MEDICIONES TÉCNICAS EN LA FORMACIÓN DE HABILIDADES DE UN INGENIERO MECÁNICO.....	39
Introducción.....	39
2.1 Habilidades. Concepto.....	39
2.1.1 La formación y desarrollo de habilidades en el proceso docente – educativo.	39
2.1.2 La formación y desarrollo de habilidades en el laboratorio de Metrología dimensional.	40
2.1.3 Habilidades de la carrera Ingeniería Mecánica.....	41
2.2 Habilidades de la Disciplina Procesos Tecnológicos.....	43
2.3 Habilidades a lograr en la asignatura Mediciones Técnicas.....	44

2.3.1 Interrelación entre las habilidades de la carrera de Ingeniería Mecánica, la disciplina. Procesos tecnológicos y la asignatura, mediciones técnicas.....	45
2.4 Equipamiento existente en el laboratorio de mediciones técnicas.	46
2.5 Análisis de las prácticas de laboratorio que se pueden efectuar en el laboratorio de mediciones técnicas.....	47
2.5.1 La asignatura Mediciones técnicas en el plan de estudio.	47
2.5.2 Transformaciones para el plan E.....	50
CAPÍTULO III. PROPUESTA DE DISEÑO METODOLÓGICO DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO UTILIZANDO EL EQUIPAMIENTO EXISTENTE.	54
Introducción.....	54
3.1 Diseño de las guías de las prácticas de laboratorio.	54
3.1.1 Práctica de laboratorio No 1.	54
3.1.2 Práctica de laboratorio No 2.	57
3.1.3 Práctica de laboratorio No 3.	60
3.1.4 Práctica de laboratorio No 4.	64
3.1.5 Práctica de laboratorio No 5.	68
3.1.6 Práctica de laboratorio No 6.	72
3.2 Otras consideraciones.	75
CONCLUSIONES GENERALES.....	76
RECOMENDACIONES.....	77
BIBLIOGRAFÍA	78
ANEXOS.....	82

INTRODUCCIÓN

La universidad de Cienfuegos tiene la responsabilidad de formar profesionales de alta preparación y calificación y cuenta con un claustro de profesores altamente calificados, adicionalmente cuenta con un laboratorio de Intercambiabilidad y Mediciones Técnicas con valiosos medios técnicos de alta tecnología de procedencia China que en ocasiones no se alcanza el grado óptimo de utilización teniendo en cuenta que su finalidad es capacitar y entrenar a los estudiantes del tercer año que cursan la carrera de ingeniería mecánica y otras especialidades afines.

En el presente trabajo se propone una metodología para la confección de las guías de prácticas de laboratorio a partir de los nuevos equipos e instrumentos, de manera que facilite a los profesores y estudiantes que imparten y reciben esta asignatura beneficio como:

1. Facilitar una mayor asimilación y comprensión por parte de los alumnos en el funcionamiento de los medios técnicos existentes en el laboratorio.
2. Dotar a los profesores que imparten esta asignatura de una mejor preparación metodológica sobre la enseñanza de esta especialidad.
3. Crear las habilidades prácticas en la manipulación del equipamiento tecnológico en la asignatura de Intercambiabilidad y Mediciones Técnicas.

Justificación del estudio.

Optimizar la utilización de los medios de enseñanza que posee el laboratorio Intercambiabilidad y Mediciones Técnicas para lograr mejores resultados en el aprendizaje de los alumnos y facilitar la metodología de enseñanza por parte de los profesores de esta especialidad.

Problema de Investigación.

En el laboratorio de Intercambiabilidad y Mediciones Técnicas existe un equipamiento para la realización de prácticas de laboratorio y no se están aprovechando al máximo las posibilidades que brinda el mismo.

Objetivo General

Proponer un sistema de prácticas de laboratorio, teniendo en cuenta, las posibilidades del equipamiento existente en el laboratorio de Intercambiabilidad y Mediciones Técnicas.

Objetivos específicos

1. Realizar una búsqueda bibliográfica para identificar conceptos, características y posibilidades del equipamiento de un laboratorio de Metrología Dimensional.
2. Analizar como tributan en el sistema de habilidades a lograr en la formación de un ingeniero mecánico, las habilidades que se pueden lograr con la realización de prácticas en el Laboratorio de Intercambiabilidad y Mediciones Técnicas.
3. Estudiar el equipamiento existente y las formas de operarlos para conocer las posibilidades de emplearlo en la realización de las prácticas de laboratorio.
4. Diseñar metodológicamente las guías de prácticas en función de las posibilidades del equipamiento y las habilidades a lograr en el Ingeniero Mecánico.

Hipótesis de la Investigación

Si se hace un estudio de las características y posibilidades que tiene el equipamiento existente en el laboratorio de Intercambiabilidad y Mediciones Técnicas, podrá diseñarse un sistema de prácticas de laboratorio para favorecer la adquisición de habilidades profesionales del Ingeniero Mecánico.

Diseño Metodológico de la Investigación.

Consulta y revisión bibliográfica de la literatura especializada vinculada con los principales conceptos de Metrología, medios e instrumentos existentes en el laboratorio de Intercambiabilidad y Mediciones Técnicas.

Diseñar un sistema de prácticas de laboratorio para favorecer la adquisición de habilidades profesionales del Ingeniero Mecánico.

Selección de los procedimientos de manipulación de los equipos e instrumentos fundamentales existentes en el laboratorio de Intercambiabilidad y Mediciones Técnicas.

Beneficios esperados

Realizar una investigación que aporte un mejor desarrollo del trabajo del profesor de la especialidad y una mejor asimilación de la asignatura, de manera que el estudiante adquiera la preparación técnica que el país requiere en estos momentos.

Límites del alcance de la investigación

Este trabajo se limita a los medios e instrumentos de medición existentes en el laboratorio de Intercambiabilidad y Mediciones Técnicas.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES SOBRE METROLOGÍA Y EL EQUIPAMIENTO EMPLEADO PARA LA IMPARTICIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE METROLOGÍA DIMENSIONAL.

Introducción.

En este capítulo, se realizó una recopilación bibliográfica sobre diferentes aspectos relacionados con la metrología que es una ciencia que tiene una importancia de primer orden en todas las esferas de la sociedad. Se describen las características de los proyectores de perfiles que son máquinas de medición que tienen un uso muy elevado, por las posibilidades de medición que brinda para diferentes parámetros en las piezas y también se analiza el rugosímetro como un equipo de gran uso en las industrias.

1.1 Metrología. Conceptos.

1.1.2 Concepto de Metrología.

Hay varias definiciones del concepto de Metrología, aunque no todos los autores coinciden en el enunciado de estas, no existen diferencias significativas entre una y otra. Dentro de todos los conceptos encontrados se seleccionó esta:

Metrología (del griego *μετρον*, medida y *λογος*, tratado). Es la ciencia de la medida. Tiene por objetivo el estudio de los sistemas de medida en cualquier campo de la ciencia. También tiene como objetivo indirecto que se cumpla con la calidad. Tiene dos características muy importantes el resultado de la medición y la incertidumbre de medida. Se puede concluir planteando que las raíces de la Metrología están relacionadas con todas las ciencias existentes lo que facilita su entendimiento, desarrollo, aplicación y evaluación, habiendo estado ligada al hombre desde su creación o aparición en la tierra.

1.1.3 Tipos de Metrología.

Numerosas son las bibliografías que se han consultado de los tipos de Metrología existentes se puede decir que existen tres básicamente, estas son: Metrología legal, Metrología científica y Metrología industrial. A continuación, se hace referencia brevemente a cada una de ellas: (Metrología y mecánica de banco, 2007).

La Metrología tiene varios campos: metrología legal, metrología industrial y metrología científica son divisiones que se ha aceptado en el mundo encargadas en cubrir todos los aspectos técnicos y prácticos de las mediciones:

Metrología Legal.

Este término está relacionado con los requisitos técnicos obligatorios. Un servicio de metrología legal comprueba estos requisitos con el fin de garantizar medidas correctas en áreas de interés público, como el Comercio, la Salud, el Medio ambiente y la seguridad. El alcance de la metrología legal depende de las reglamentaciones nacionales y puede variar de un país a otro.

Metrología Industrial.

Esta disciplina se centra en las medidas aplicadas a la producción y el control de la Calidad. Materias típicas son los procedimientos e intervalos de calibración, el control de los procesos de medición y la gestión de los equipos de medida. El término se utiliza frecuentemente para describir las actividades metroológicas que se llevan a cabo en materia industrial, podríamos decir que es la parte de ayuda a la industria. En la Metrología industrial la personas tiene la alternativa de poder mandar su instrumento y equipo a verificarlo bien sea, en el país o en el exterior. Tiene posibilidades de controlar más este sector, la metrología industrial ayuda a la industria en su producción, aquí se distribuye el costo, la ganancia.

Metrología Científica.

También conocida como "metrología general". "Es la parte de la Metrología que se ocupa a los problemas comunes a todas las cuestiones metroológicas, independientemente de la magnitud de la medida". Se ocupa de los problemas teóricos y prácticos relacionados con las unidades de medida (como la estructura de un sistema de unidades o la conversión de las unidades de medida en fórmulas), del problema de los errores en la medida; del problema en las propiedades metroológicas de los instrumentos de medidas aplicables independientemente de la magnitud involucrada.

Beneficios:

- Promueve el desarrollo de un sistema armonizado de medidas, análisis ensayos exactos, necesarios para que la industria sea competitiva.
- Facilita a la industria las herramientas de medida necesarias para la investigación y desarrollo de campos determinados y para definir y controlar mejor la calidad de los productos.
- Perfecciona los métodos y medios de medición.
- Facilita el intercambio de información científica y técnica.

- Posibilita una mayor normalización internacional de productos en general, maquinaria, equipos y medios de medición.

La metrología abarca un campo muy amplio y se clasifica también de acuerdo a la técnica de medición que se use, seguidamente les mostramos algunos ejemplos:

- Metrología geométrica o dimensional.
- Metrología eléctrica.
- Metrología química.
- Metrología fotométrica.
- Metrología de presión o neumática.
- Metrología acústica.
- Metrología de tiempo y frecuencia.
- Metrología óptica.

En el caso que nos ocupa, de los distintos tipos de Metrología existentes, la Metrología dimensional es la que está vinculada al tema en cuestión, por lo tanto, la que más relación tiene con el laboratorio, es por esto que se estudian algunas de sus particularidades.

1.2 Metrología dimensional. Conceptos.

Diferentes autores la han definido, como:

- Metrología dimensional: es la ciencia que trata de las medidas, de los sistemas de unidades adoptados y los instrumentos usados para efectuarlas e interpretarlas. Abarca varios campos tales como la Metrología térmica, eléctrica, acústica, dimensional, etc. Es a su vez la que se encarga de las técnicas de medición que determinan correctamente las magnitudes lineales y angulares, aunque de forma más general también se aplica a este concepto la de la evaluación de formas y de acabado superficial (Pérez, 2012).
- La Metrología dimensional se encarga de estudiar las técnicas de medición que determinan correctamente las magnitudes lineales y angulares. La medida es la evaluación de una magnitud hecha según su relación con otras magnitudes de la misma especie adoptada como unidad. Tomar la medida de una magnitud es compararla con la unidad de su misma especie para determinar cuántas veces esta está contenida en aquella (Restrepo Díaz, 2007).

- La Metrología dimensional es la encargada de desarrollar las técnicas de medición de las magnitudes lineales, es decir, alturas, profundidad, anchura, largo etc. (López Cañero, 2016).
- La Metrología dimensional es la ciencia aplicada que se encarga de estudiar las técnicas de medición que determinan correctamente las magnitudes lineales y angulares. También estudia otras características físicas, como redondez, paralelismo, concentricidad, coaxialidad, rugosidad, tolerancia geométrica, etc., por la cual esta rama de la Metrología también se le denomina Metrología geométrica (“Metrología Dimensional. El calibrador universal,” 2009).
- Metrología dimensional: Se encarga de estudiar los métodos y técnicas de medición que determinan correctamente las magnitudes lineales y angulares (longitudes y ángulos). La Metrología dimensional se aplica en la medición de longitudes que pueden ser: exteriores, interiores, profundidades, alturas. También en la medición de ángulos y en la evaluación del acabado superficial (Diego Quinter, 2010).
- Metrología dimensional: Es la rama de la física que estudia las mediciones de las magnitudes garantizando su normalización mediante la trazabilidad. Acorta la incertidumbre en las medidas mediante un campo de tolerancia. Incluye el estudio, mantenimiento y aplicación del sistema de pesos y medidas. Actúa tanto en los ámbitos científico, industrial y legal, como en cualquier otro demandado por la sociedad. Su objetivo fundamental es la obtención y expresión del valor de las magnitudes empleando para ello instrumentos, métodos y medios apropiados, con la exactitud requerida en cada caso (“Metrología dimensional. Generalidades y definiciones,” 2016).

1.2.1 Objetivos, aplicaciones y alcance de la Metrología dimensional.

La Metrología dimensional es básica para la producción en serie y la intercambiabilidad de partes. Con tal propósito esta división tiene a su cargo los patrones nacionales de longitud y ángulo plano. La unidad de longitud se disemina mediante la calibración interferométrica de bloques patrón de alto grado de exactitud. Estos, a su vez, calibran otros de menor exactitud, estableciéndose la cadena de trazabilidad que llega hasta las mediciones de los instrumentos de uso industrial común.

Esta especialidad es de gran importancia en la industria en general pero muy especialmente en la de manufactura pues las dimensiones y la geometría de los componentes de un producto son características esenciales del mismo, ya que, entre otras razones, la producción de los diversos

componentes debe ser dimensionalmente homogénea, de tal suerte que estos sean intercambiables aun cuando sean fabricados en distintas máquinas, en distintas plantas, en distintas empresas o, incluso, en distintos países.

Su objetivo fundamental es la obtención y expresión del valor de las magnitudes empleando para ello instrumentos, métodos y medios apropiados, con la exactitud requerida en cada caso (Rodríguez del Rey, 2012)

Los científicos y las industrias utilizan una gran variedad de instrumentos para llevar a cabo sus mediciones. Desde objetos sencillos como reglas y cronómetros hasta potentes microscopios, medidores de láser e incluso avanzadas computadoras muy precisas por lo que es un aspecto fundamental y clave en la industria.

Por otra parte, la Metrología es parte fundamental de lo que en los países industrializados se conoce como Infraestructura Nacional de la Calidad, compuesta además por las actividades de normalización, ensayos, certificación y acreditación, que a su vez son dependientes de las actividades metrológicas que aseguran la exactitud de las mediciones que se efectúan en los ensayos, cuyos resultados son la evidencia para las certificaciones. La Metrología permite asegurar la comparabilidad internacional de las mediciones y por tanto la intercambiabilidad de los productos a escala internacional.

Según (Rodríguez del Rey, 2012) la Metrología dimensional tiene las siguientes aristas:

- Establecer, mantener y mejorar el patrón nacional de longitud.
- Establecer, mantener y mejorar el patrón nacional de ángulo.
- Ofrecer servicios de calibración para patrones e instrumentos de longitud y ángulo.
- Asesorar a la industria en la solución de problemas específicos de mediciones y calibraciones dimensionales.
- Realizar comparaciones con laboratorios homólogos extranjeros con objeto de mejorar la trazabilidad metrológica.
- Apoyar al Sistema Nacional de Calibración (SNC) en actividades de evaluación técnica de laboratorios.
- Elaborar publicaciones científicas y de divulgación en el área de medición de longitud.
- Organizar e impartir cursos de Metrología dimensional a la industria.

Para el cumplimiento de estas tareas se dispone de laboratorios que ofrecen una gama de servicios regulares, así como algunos servicios especiales bajo demanda del cliente, empleando instrumentos y equipos de alta tecnología, así como de personal altamente capacitado.

1.2.2 Otros conceptos Metrológicos.

Existen otros conceptos de interés en la Metrología, entre los que se destacan los siguientes:

- **Instrumento de medición:** en física, química e ingeniería, un instrumento de medición es un aparato que se usa para comparar magnitudes físicas, pueden ser analógicos (con agujas) o digitales, mediante un proceso de medición. Como unidades de medida se utilizan objetos y sucesos previamente establecidos como estándares o patrones y de la medición resulta un número que es la relación entre el objeto de estudio y la unidad de referencia. Los instrumentos de medición son el medio por el que se hace esta conversión. Se utilizan una gran variedad de instrumentos para llevar a cabo mediciones de las diferentes magnitudes físicas que existen. Desde objetos sencillos como reglas y cronómetros hasta microscopios electrónicos y aceleradores de partículas (Martín Brito, 2009).
- **Calibración de instrumentos:** es definida como la relación de los valores y sus incertidumbres de medida que se obtienen de los patrones de medida. Prácticamente podría decirse que, en una calibración, los instrumentos de laboratorio son sometidos a diferentes pruebas de comparación contra un patrón cuya exactitud es por lo menos 4 o 5 veces mejor que el instrumento que está en proceso calibración (“Calibración de instrumentos,” 2011).
- **Precisión:** se define como el grado de coincidencia existente entre los resultados independientes de una medición, obtenidos en condiciones estipuladas, ya sea de repetitividad, de reproducibilidad o intermedias. Así pues, la precisión depende únicamente de la distribución de los resultados, no estando relacionada con el valor verdadero o especificado. La precisión se expresa generalmente a partir de la desviación típica de los resultados. A mayor desviación típica menor precisión. Se habla de precisión cuando existe la ausencia de errores sistemáticos. Es el grado de similitud entre dos o varias mediciones consecutivas del mismo objeto, con el mismo aparato y con el mismo procedimiento (incluida la persona) (García, 2013).

- Patrón: Un patrón puede ser un instrumento de medida, una medida materializada, un material de referencia o un sistema de medida destinado a definir, realizar o reproducir una unidad o varios valores de magnitud, para que sirvan de referencia. (Franco, 2006)
- Exactitud: Es el grado de concordancia entre el resultado de una medida y el valor “Convencionalmente verdadero de la magnitud medida”. “Exactitud” es un concepto cualitativo. Se debe evitar el uso del término “precisión” en el sentido de “exactitud”. Concordancia de una medición con el valor verdadero conocido, para la cantidad que se está midiendo. Desviación entre el valor medido y el valor de un patrón de referencia tomado como verdadero (Castrillón, 2016).

1.3 Clasificación de instrumentos y aparatos de medición, en Metrología dimensional.

Formas de clasificar los instrumentos de medición dimensional, basada en el método de leer la respuesta. (“Metrología y mecánica de banco,” 2007)

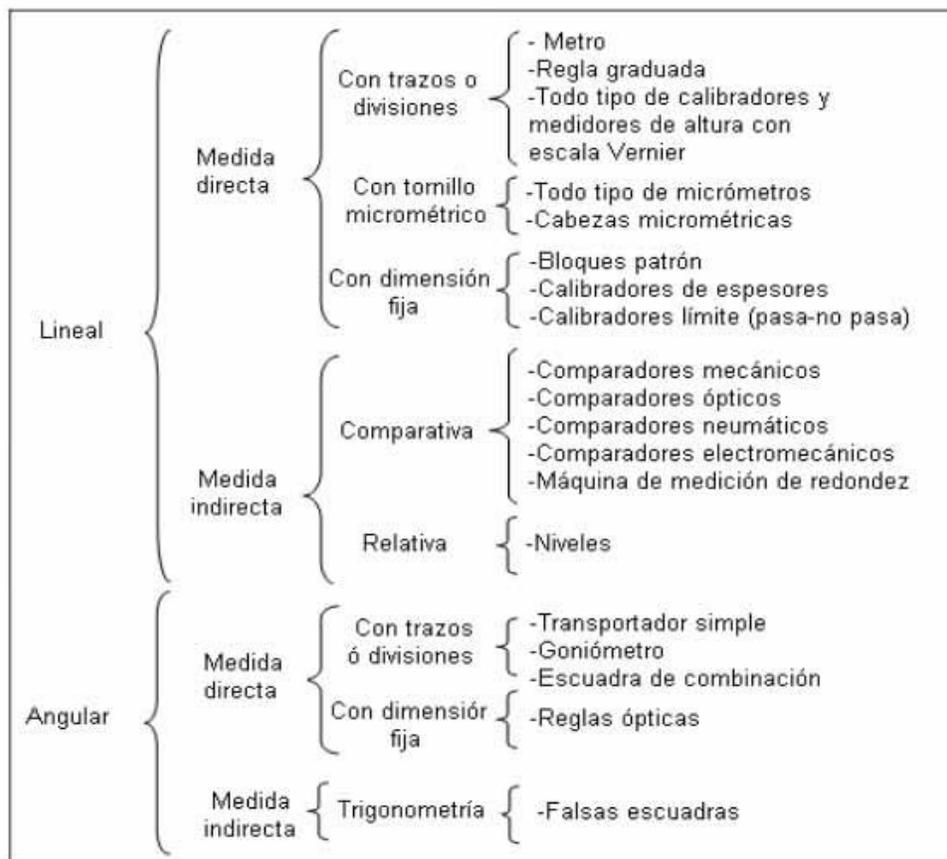


Figura1.1: Clasificación de instrumentos. Fuente: (“Metrología y mecánica de banco,” 2007)

1.4 Reglas para efectuar mediciones.

Para obtener mejores resultados durante las mediciones, es importante tener en cuenta las siguientes reglas (“Metrología y mecánica de banco,” 2007):

- Al hacer mediciones, se debe emplear el instrumento que corresponde a la precisión exigida.
- Mirar siempre verticalmente sobre el lugar de lectura (error de paralaje).
- Limpiar las superficies del material y el instrumento de medición antes de las mediciones.
- Desbarbar la pieza de trabajo antes de la medición.
- En mediciones de precisión, prestar atención a la temperatura de referencia tanto en el objeto como en el aparato de medición.
- En algunos instrumentos de medición, prestar atención para que la presión de medición sea exacta. No se debe emplear jamás la fuerza.
- No hacer mediciones en piezas de trabajo en movimiento o en máquinas en marcha.
- Verificar instrumentos de medición regulables repetidas veces respecto a su posición a cero.
- Verificar en intervalos periódicos los instrumentos de medición en cuanto a su precisión de medición.

1.4.1 Clases y tipos de errores en mediciones.

Al realizar mediciones, nunca son dos mediciones son exactamente iguales, aun cuando se efectúe por la misma persona, sobre una misma pieza, con el mismo instrumento, el mismo método y el mismo ambiente, en sentido estricto, es imposible hacer una medición totalmente exacta por lo tanto siempre se presentan errores al hacer las mediciones. Los errores pueden ser despreciables o significativos dependiendo de las circunstancias en que se dé la medición (Bequer, 2016).

Se pueden distinguir tres clases de errores de medición:

- Crasos
- Sistemáticos
- Aleatorios.

Errores crasos: estos tipos de errores son fáciles de detectar, son tan graves que no queda otra alternativa que abandonar y empezar de nuevo (por ejemplo, son los debido a las averías

completas de un instrumento, la caída accidental de muestras o su contaminación), o bien se producen por equivocación o descuido (utilización de unidades incorrectas, error en la anotación de algún número, olvido del punto decimal).

Errores sistemáticos: Son los que permanecen constantes, en valor absoluto y signo, al medir una magnitud en las “mismas” condiciones de método, mismo operador y laboratorio. Pueden determinarse por un contraste frecuente del instrumento y un estudio crítico del método experimental, y luego eliminarse, corrigiendo el resultado de la medida, sumando (o restando) al valor leído el error de signo negativo o positivo respectivamente. La determinación del error sistemático está afectada por la incertidumbre propia del método utilizado, teniendo por ello una componente aleatoria. Estos errores se deben a imperfecciones del aparato de medida y a veces al principio mismo de medición. Por ejemplo, una regla graduada con divisiones muy separadas daría sistemáticamente una medida de baja precisión o un defecto de cero (Bequer, 2016).

Errores aleatorios: varían de forma imprevisible, en valor absoluto y signo, al efectuar un gran número de mediciones de una magnitud constante en condiciones prácticamente “idénticas” (laboratorio, método y operador). Se deben generalmente al diseño y deficiencias de fabricación del instrumento y a la común fluctuación sensorial del operador (agudeza visual, tacto, pulso). Al contrario que los sistemáticos, no son constantes en magnitud ni en signo. Son puramente aleatorios y por ello no pueden eliminarse, pero sí reducirse aumentando el número de observaciones (Bequer, 2016).

Los resultados de reiterar medidas de una misma magnitud presentan cierta dispersión y también una parte importante de ellos suelen presentarse relativamente agrupados, por lo que es habitual aceptar como valor medio de dicha magnitud o valor más probable, la media aritmética de las medidas realizadas. Se deduce, y se acepta convencionalmente, que nunca se conocerá el valor verdadero de la medida (Bequer, 2016).

1.4.2 Clasificación de errores en cuanto a su origen.

Cualquier medición de una magnitud difiere respecto al valor real, produciéndose una serie de errores que se pueden clasificar en función de las distintas fuentes donde se producen.

Por consiguiente, los errores se pueden clasificar en cuanto a su origen, atendiendo a (Díaz del Castillo Rodríguez, 2010):

- Errores por el instrumento o equipo de medición: Las causas de errores atribuibles al instrumento, pueden deberse a defectos de fabricación (dado que es imposible construir

aparatos perfectos). Estos pueden ser deformaciones, falta de linealidad, imperfecciones mecánicas, falta de paralelismo, etcétera. El error instrumental tiene valores máximos permisibles, establecidos en normas o información técnica de fabricantes de instrumentos, y puede determinarse mediante calibración.

- Errores del operador o por el modo de medición: Muchas de las causas del error aleatorio se deben al operador, por ejemplo: falta de agudeza visual, descuido, cansancio, alteraciones emocionales, etc. Para reducir este tipo de errores es necesario adiestrar al operador.
- Error por el uso de instrumentos no calibrados: instrumentos no calibrados o cuya fecha de calibración está vencida, así como instrumentos sospechosos de presentar alguna anomalía en su funcionamiento no deben utilizarse para realizar mediciones hasta que no sean calibrados y autorizados para su uso.
- Error por la fuerza ejercida al efectuar mediciones: La fuerza ejercida al efectuar mediciones puede provocar deformaciones en la pieza por medir, el instrumento o ambos.
- Error por instrumento inadecuado: Antes de realizar cualquier medición es necesario determinar cuál es el instrumento o equipo de medición más adecuado para la aplicación de que se trate.
- Errores por puntos de apoyo: Especialmente en los instrumentos de gran longitud la manera como se apoya el instrumento provoca errores de lectura.
- Errores por método de sujeción del instrumento: El método de sujeción del instrumento puede causar errores un indicador de carátula está sujeto a una distancia muy grande del soporte y al hacer la medición, la fuerza ejercida provoca una desviación del brazo. La mayor parte del error se debe a la deflexión del brazo, no del soporte; para minimizarlo se debe colocar siempre el eje de medición lo más cerca posible al eje del soporte.
- Error de paralaje: Este error ocurre debido a la posición incorrecta del operador con respecto a la escala graduada del instrumento de medición, la cual está en un plano diferente. El error de paralaje es más común de lo que se cree. Este defecto se corrige mirando perpendicularmente el plano de medición a partir del punto de lectura.
- Error de posición: Este error lo provoca la colocación incorrecta de las caras de medición de los instrumentos, con respecto de las piezas por medir.
- Error por desgaste: Los instrumentos de medición, como cualquier otro objeto, son susceptibles de desgaste, natural o provocado por el mal uso.

- Error por condiciones ambientales: Entre las causas de errores se encuentran las condiciones ambientales en que se hace la medición; entre las principales se destacan la temperatura, la humedad, el polvo y las vibraciones o interferencias (ruido) electromagnéticas extrañas.

Todos los materiales que componen tanto las piezas por medir como los instrumentos de medición, están sujetos a variaciones longitudinales debido a cambios de temperatura. Para minimizar estos errores se estableció internacionalmente, desde 1932, como norma la temperatura de $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ para efectuar las mediciones. En general, al aumentar la temperatura crecen las dimensiones de las piezas y cuando disminuye la temperatura las dimensiones de las piezas se reducen.

Además de la fuerza de medición, deben tenerse presente otros factores tales como:

- Cantidad de piezas por medir.
- Tipo de medición (externa, interna, altura, profundidad, etcétera).
- Tamaño de la pieza y exactitud deseada.

Se recomienda que la razón de tolerancia de una pieza de trabajo a la resolución, legibilidad o valor de mínima división de un instrumento sea de 10 a 1 para un caso ideal y de 5 a 1 en el peor de los casos. Si no es así la tolerancia se combina con el error de medición y por lo tanto un elemento bueno puede diagnosticarse como defectuoso y viceversa.

1.5 Historia del Proyector de Perfil.

El primer Proyector de Perfil comercial era una creación de James Hartness y de Porters Russell W. Esta invención desarrolló un aparato para inspeccionar y calibrar los elementos roscados, basados en la necesidad de estandarizar los tamaños de rosca (Angostos Acedo, 2012).

En las siguientes décadas estos equipos fueron mejorados, ampliando el alcance de su uso como es el caso de (Edward Bausch and F. 1933). y (Kurtz, 1940) y Jones & Lamson Machine Company, Springfield, una Corporación de Vermont en 1934, desarrollando un Comparador que se adaptara a ensayos en objetos de diversa índole, tales como engranajes, moldes para botellas, piezas que por sus dimensiones se dificultaba su medición y demás objetos con contornos que requieren ser definidos con exactitudes dentro de límites de error especificados. Desde su invención en 1920, comparadores ópticos han cambiado muy poco. Las mejoras durante los años

han agregado una exactitud más alta y facilidad de manejo, pero en general, los comparadores ópticos se ven y funcionan igual como lo han hecho (Angostos Acedo, 2012).

En la década de 1940, los aportes de (Kudar, 1940; Nicolas, 1941; Henry 1944; Fernand, 1945; Dellen, 1947; Hancock, Heath et al. 1947; Karl, 1949) se hizo evidente que los comparadores ópticos son instrumentos indispensables del proceso de diseño y producción. En la Segunda Guerra Mundial, la industria de defensa utilizó comparadores ópticos para armas y equipos especiales. Esto, y una creciente industria del automóvil, ayudaron al comparador óptico convertirse en un elemento básico en la medición a partir de la década de 1950 (Angostos Acedo, 2012).

La detección automática de bordes es propuesta por (Meltzer, 1966; Nils, 1966) y se añade en la década de 1960 y en la década de 1970 (Levine, 1969; Masino, 1970) añadieron la capacidad de lectura digital. Antes de eso, la precisión de medición se basó en el eje de un codificador rotatorio. Este sistema es sustituido por un transformador diferencial de variación lineal, más conocido por su abreviatura TDVL (o *LVDT*, por sus siglas en inglés).

A pesar de una serie de avances tecnológicos y docenas de tamaños, ampliaciones y características especiales, el comparador óptico todavía se basa en un conjunto óptico relativamente complejo que aumenta y proyecta la imagen de la pieza con una distorsión mínima (Choate, 1999).

En la última década, los cambios en los comparadores ópticos se han centrado en la funcionalidad adicional, la mejora de la calidad de las imágenes, la creación de máquinas totalmente automáticas y la integración de la tecnología informática en el sistema (Polidor and Gelman, 2011).

El procesamiento de datos con la implementación de software (MItutoyo, 2012) señala que estos aumentan las capacidades del Proyector de Perfil y facilita las operaciones metroológicas, utilizando funciones especiales del sistema, tales como la transferencia de puntos de medida seleccionada en un programa que directamente se puede comparar con datos de archivos CAD (Diseño Asistido por Computadora).

El Proyector de Perfil con una tecnología con escala de reflexión es presentado por (Horimoto, Sakamoto et al. 2009) el cual es capaz de eliminar cualquier error de los sistemas lineales. Varios autores (Groh, 1999; Deluca and Vanderwerf, 2003; Keyence, 2010) señalan que históricamente, la debilidad del comparador óptico ha sido su limitación para medir sólo en dos ejes, no obstante,

actualmente existe la integración de una sonda de contacto o un dispositivo de láser sin contacto, y en consecuencia el Proyector de Perfil es capaz ahora de medir en el eje Z.

1.5.1 Proyector de Perfil.

En el proceso de medición de una pieza intervienen distintos medios para controlar la, ver Anexo 3, conformidad de la pieza con las especificaciones del plano. A menudo, las piezas presentan zonas estrechas de difícil acceso donde es necesario implicar medios expertos para poder dar respuesta a las especificaciones del plano (“Proyector de perfiles,” 2008)



Figura 1.2: Proyector de Perfil. Fuente: (“Proyector de perfiles,” 2008)

1.5.1.1 Uso del instrumento.

El proyector de medición digital CPI -3000A SERIE (Z) Ø 300mm es un instrumento de medición preciso y efectivo integrando óptica, mecánica y electrónica. Este es usado ampliamente en talleres comerciales tales como mecánica, mediciones, electrónica y en la industria ligera, así como en laboratorios y academias, instituciones de investigaciones, y en departamentos de investigación y otros. Este instrumento puede suficientemente inspeccionar varias clases de superficies y perfiles de piezas complicadas, tales como plantillas, levas, roscas y mecanismos, cortes de frezado de máquinas, herramientas y partes.

1.5.1.2 Especificaciones del instrumento.

1. Proyección de la pantalla.
2. Tamaño de la pantalla (mm) 312, rango de uso Ø 300.
3. Rango de la pantalla rotatoria 0°- 360°.

4. Resolución: 1' o 0,01''.
5. Lentes (L, H, D) unidades en (mm).
6. Mesa de trabajo. (Tamaño en mm).
7. Iluminación: La iluminación de la transmisión y reflexión es de 24V-150w con lámparas de alógenos y enfriadas por tres ventiladores.
8. Energía: 110V /220V, 50Hz - 60 HZ. Energía total: 350W.

1.5.1.3 Principio de trabajo del instrumento.

El **proyector de perfil** es un instrumento de medición auxiliar básico, cuya función es medir dimensiones y formas, por amplificación óptica. El **proyector de perfil** se utiliza cuando debemos realizar mediciones o ver detalles de elementos pequeños, no pudiendo utilizar los elementos de medición habituales. Este instrumento puede ampliar en 50, 100 ó 200 veces el tamaño de la pieza. Se realizan medidas directas por proyección del perfil. Además de las cabezas micrométricas para tomar medidas longitudinales, se pueden obtener también medidas angulares mediante una pantalla giratoria.

Posee dos sistemas de iluminación:

1. Sistema de Proyección: en el cual el haz luminoso cae sobre la pieza, proyectando su contorno en la pantalla.
2. Sistema de Reflexión: en el cual el haz luminoso cae sobre una cara plana y pulida de la pieza, reflejando su imagen en la pantalla.

En un **proyector de perfil** es más común utilizar el Sistema de Proyección, al ser de mayor precisión que el Sistema de Reflexión (éste es usado generalmente en los microscopios), ver figura 1.3

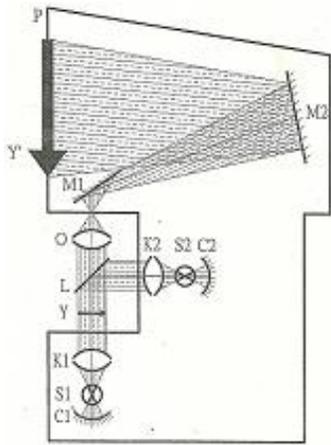


Figura 1.3: Principio de trabajo (Lesso & Gutiérrez, 2015).

1.5.1.4 Recambio del lente y del condensador

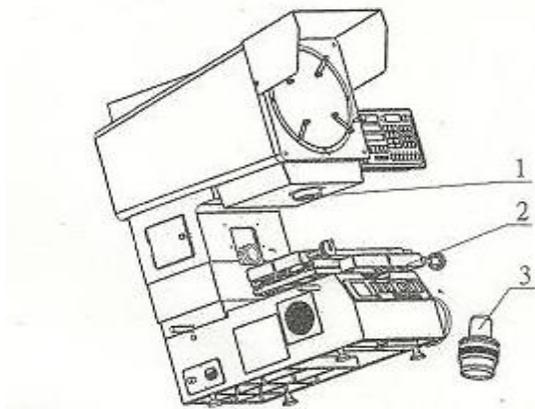
1. Esto es solo para instrumentos con solo un conector para el lente. Diferentes tipos de lentes pueden ser reemplazados separadamente.
2. La selección de la amplificación del lente puede ser la base para la precisión requerida y del tamaño de la pieza.
3. Levante la caja de proyección antes de reemplazar el lente. Esto aumenta el espacio para el reemplazo del lente.
4. La iluminación transmisiva será ajustada correspondientemente cuando use lentes de 10x - 20x - 50x o 100x.
5. No coloque medio lente (4) de la figura 2.7, cuando usted mida bajo la iluminación transmisiva, de lo contrario el perfil de medición y el brillo de la pantalla afectará desfavorablemente.

Después que todo lo mencionado arriba esté terminado, el instrumento puede trabajar y ahora usted necesita ajustar el foco de la pieza de trabajo.

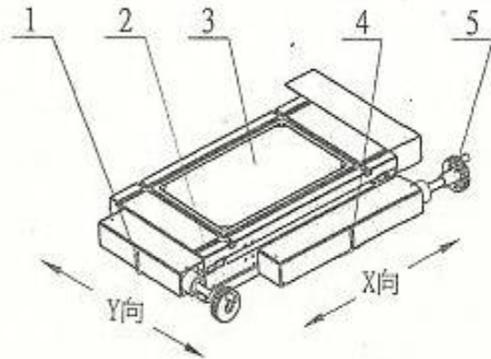
1.5.1.5 Operación con la mesa de trabajo.

1. Después de encender el equipo, las coordenadas en los ejes X y Y aparecen en procesamiento multifuncional del sistema DC - 3000A (AZ) Ø 300mm. El valor cambia siguiendo el movimiento de la mesa de trabajo.
2. Los valores positivos y negativos de los valores de X y Y pueden ser ajustados a través de los parámetros DC a su preferencia.

3. El movimiento de los ejes X y Y hacia ambos lados se realiza con el volante, el eje X y Y también pueden ser llevados más rápido con las manos, y el volante será usado para enfocar y levantar la mesa de trabajo.
4. Gire el volante cuando use los ejes X, Y. Para medir y asegúrese de girar lentamente y correctamente el volante.
5. Cuando use los ejes X e Y para medir, normalmente usted moverá la mesa de trabajo varias veces después de enfocado. Eso pudiera ser conveniente para medir porque la mesa de trabajo corre dentro de los estados de medición hasta el estado de su fijación.
6. Regrese los ejes X, Y a la posición simétrica después de hacer la medición.



1. Lens connector
 2. Append condenser pusher
 3. Lens
- Fig.9 Lens and condenser



1. Y axis fast handle
 2. Y axis handwheel
 3. Glass
 4. X axis fast handle
 5. X axis handwheel
- Fig.10 Worktable

Figura 1.4: Módulo de proyección de la pantalla.

1.5.1.6 Operación con el proyector de pantalla.

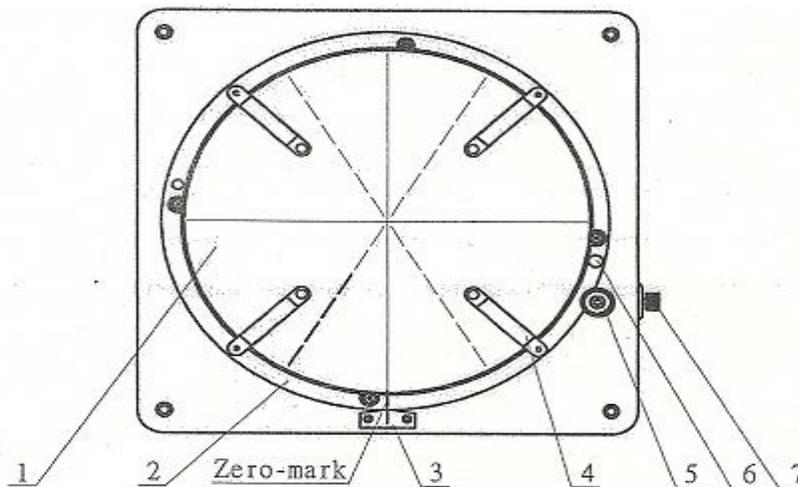


Figura 1.5: Funcionamiento de la pantalla.

1. Pantalla de proyección.
2. Aro del proyector de pantalla.
3. Tablero de calibración Cero.
4. Muelle de fijación.
5. Tornillo de ajuste de rotación de pantalla.
6. Tornillo de rotación de la pantalla.
7. Tornillo de cerrar la pantalla.

1- Encienda el equipo. El valor del ángulo de rotación aparecerá en la pantalla del DC – 3000A (AZ) Ø 300mm. El valor del ángulo proyectado puede estar en DD formato (centígrados) o DMS (grados – minutos – segundos) mediante ajustes de los parámetros del DC – 3000 previamente. Por ejemplo: 3°, 36'00" 3,60°.

2- Cuando el tornillo de ajuste está desenroscado puede moverse rápidamente el aro, siendo arrastrado con la mano o puede girarla lentamente con el volante ajustado y moviendo lentamente puede ser usado para la medición de ángulos.

3- Los cuatro muelles de fijación en la pantalla de proyección pueden ser usados para fijar la amplificación estándar de la escala de cristal, cuando sea usado el perfil de medición por comparación.

4- Cuando la línea blanca en la pantalla marque "cero", la línea de nivel en la pantalla estará paralela con la coordenada (x). Ajuste la esquina de la pieza de trabajo paralela con la línea de nivel para que usted tenga la coordenada medida ahora.

5- Estos son algunos estándares de líneas de graduación tales como 30°, 60°, 90°, en la pantalla. Esto puede ser usado para mediciones especiales a través de comparaciones. Por tanto, usted puede utilizar el sistema de medición de ángulos solo para medir el ángulo y la desviación de estos.

1.5.1.7 RS 232 Puerto.

El puerto RS 232 es usado para la comunicación entre el instrumento y la medición (Datos), puede ser transmitida a la computadora y entonces el proceso computarizado puede ser dibujado a través de un software profesional.

El reporte de medición realizado puede ser dibujado e impreso por una impresora.

1.5.1.8 Detector de operación de bordes. (Opcional).

El detector de bordes (Esquinas) puede ser usado para ayuda Fotoeléctrica y ejemplos automáticamente.

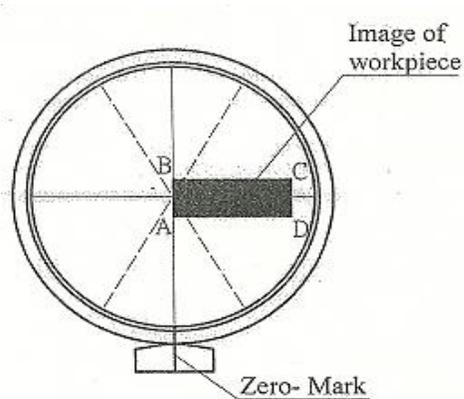
Este puede eliminar las incorrecciones que son causadas por los ojos y también puede mejorar la eficiencia de la medición. Por favor refiérase al manual de detector de esquina.

1.5.1.9 Métodos de medición.

Estos son dos métodos de medición del proyector: Perfil de medición y coordenadas medidas.

1.5.1.10 Coordenadas de medición.

- Coordenadas de medición: incluye mediciones de perfiles y mediciones de coordenadas.



Figuras 1.6: Mediciones de una dirección.

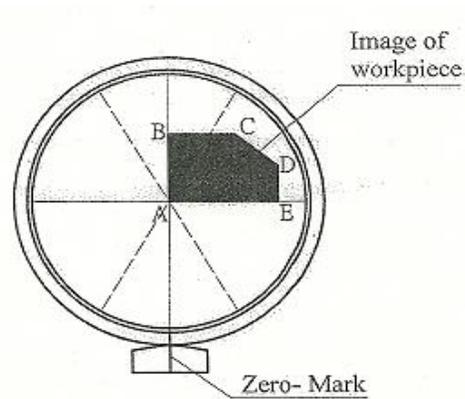


Figura 1.7: Mediciones en dos Direcciones.

1.5.1.11 Medición en una dirección.

- 1)- Ponga la pieza de trabajo encima de la mesa de trabajo y enfoque y después elija el lente adecuado.
- 2) - Gire la proyección de la pantalla a la marca "cero" y entonces coloque la línea blanca del marco de la pantalla a la marca "cero".
- 3)- Ajuste los ejes de medición paralela a la pieza de trabajo (BC es paralelo al eje x)
- 4)- Mueva la mesa de trabajo para ajustar la medición de la esquina AB con la graduación de la línea de la pantalla.

El valor de la coordenada x será "cero".

- 5)- Mueva el eje x para ajustarla otra esquina de la pieza de trabajo C-D con la graduación de la línea de pantalla.

El valor del eje x es la dimensión de la esquina A- D.

1.5.1.12 Medición en 2 direcciones.

- 1) - Enfoque la línea "Cero" en la marca "Cero" de la pantalla.
- 2)- Ponga la pieza de trabajo encima de la mesa de trabajo. Seleccione el lente amplificador y ajuste el foco.
- 3)- Ajuste la esquina a medir paralela al eje X y el eje y. Por ejemplo:

AE // X, AB // Y.

- 4)- Mueva la mesa de trabajo, otra vez, enfoque la imagen del punto A de la pieza de trabajo al punto de graduación de la cruz. El valor "Cero" de "X" y "Y".
- 5) - Mueva la mesa de trabajo otra vez. Enfoque la imagen del punto "C" o "D" al punto graduación de la cruz. Ahora el valor del eje X medido será BC o AE y el valor del eje "Y" será AB O DE.
- 6)- A través de la función SkEW del sistema multifuncional de procesamiento de datos del DC 3000, la posición de la pieza de trabajo puede ser puesta arbitrariamente sin ningún ajuste preciso. Solo necesita enfocar la pieza de trabajo de A, B, C o D a la cruz de graduación respectivamente, y se obtendrá la medición a ser medida.
- Esta operación ahorra tiempo y es una vía eficiente para detalles. Refiérase al manual DC- 3000.
- 7)- Conectando el R S 232 al puerto de la impresora. El software profesional M 2 D (opcional) puede procesar datos automáticamente y realizar dibujos a través de la impresora.

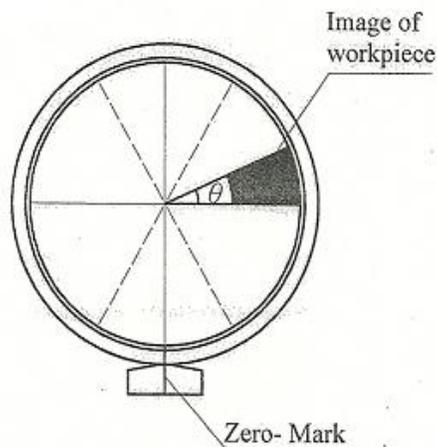


Figura 1.8: Mediciones de ángulos.

1.5.1.13 Medición de ángulos.

- 1- Coloque la pieza de trabajo en la mesa- Seleccione el lente según la pieza de trabajo y entonces enfoque.
- 2- Coloque el vértice del ángulo en la pantalla.
- 3- Gire la pantalla y ajuste la línea a la esquina del ángulo que se va a medir y entonces ponga en "Cero" los ejes "Q".

4 - Gire la pantalla otra vez. Coloque la línea en el otro ángulo que se va a medir. Ahora es observado en el display el ángulo medido del eje "Q" del ángulo

5 - A través de la graduación de las líneas que tengan un ángulo de 30°, 60°, 90°, 45°, 90° (con precisión de 1°) para el nivel de línea de graduación. Usted puede realizar mediciones especiales de ángulos por mediciones de comparación.

1.6 Rugosímetro

El rugosímetro permite medir la rugosidad existente en la superficie de un material determinado. Esto permite medir el desgaste, la resistencia y el grado de fricción del material, factores fundamentales dentro del proceso de producción de piezas industriales

El rugosímetro de superficies es un dispositivo que ha sido diseñado para medir con exactitud la rugosidad de una superficie. Un equipo que tiene la capacidad de ofrecer una medición confiable de que tan rugosas son las superficies con las cuales entra en contacto ("Rugosímetro portátil", 2012).

1.6.1 Objetivo de la utilización del Rugosímetro.

Las superficies de los materiales, por muy pulidas que estén, presentan siempre cierto grado de irregularidad que debe ser valorado puesto que influye en numerosos procesos, como la capacidad de adhesión de las pinturas o la de adsorción de la suciedad del ambiente, ver Anexo 4 ("Rugosímetro portátil", 2012).



Figura 1.9: Rugosímetro

El rugosímetro es un dispositivo dotado de un palpador de diamante que, desplazando una cierta longitud sobre el material, es capaz de ampliar el paisaje de crestas y valles que presenta su superficie real y que no puede ser observada por el ojo humano ("Rugosímetro portátil", 2012).

El Rugosímetro es un instrumento de medición electrónico, el cual proporciona los parámetros del acabado superficial de piezas mecánicas. Así mismo, también proporciona una gráfica que representa la curva de acabado superficial de la pieza en análisis. Un buen acabado superficial redundará en un mejor funcionamiento de la pieza mecánica, como sucede en piezas sometidas a fricción. El uso de este instrumento de medición es necesario debido a la desventaja de la comparación visual o táctil de las personas, ya que esta medición es subjetiva y difícilmente dos personas estarán de acuerdo en qué superficies son aceptables y cuáles no. Los parámetros de acabado superficial más utilizados a nivel mundial son: Ra, que es la media aritmética de los valores absolutos de los alejamientos del perfil desde la línea central en la longitud de evaluación, Rz, que es el promedio de las alturas de cinco picos a valles evaluadas dentro de la longitud de evaluación y Ry, que es la máxima altura del perfil (“Rugosímetro portátil”, 2012).

1.6.2 Principio de Medición.

Cuando se mide la rugosidad superficial de una parte, el sensor se coloca sobre la superficie de la pieza y luego se hace un trazo de manera constante sobre esta misma superficie. La rugosidad causa un movimiento en el sensor que resulta en un cambio en el valor de inductancia en las bobinas y el mismo genera una señal análoga que es proporcional a la rugosidad de la superficie a su salida y termina en el extremo un rectificador de fase sensitiva. La señal entra en el colector de datos después de haber sido amplificada y preparada por el convertidor de nivel. Después, los datos colectados son procesados por un filtro. Con estos datos, el procesador DSP calcula los parámetros de manera que la medición puede ser leída en la pantalla de LCD, impresa a través de la impresora y comunicada con la PC.

1.6.3 Características de medición delRugosímetro portátil modelo TR 200

Tabla 1.1: Características de medición

Medición multiparámetros	RA, RZ, Rq, RM, Rp, RT, R3Z, Rmax, SK, SM, S, TP.	
4 Modos de filtración	RC, PZ, GAAUS, Y DP.	
4 Normas estándares	4 Normas estándares	ISO, Din, ansi, JSI.

Fuente: Elaboración propia.

El rugosímetro muestra el valor de la rugosidad media en diferentes parámetros, expresados en μm , de la siguiente forma:

- **Ra.** Rugosidad aritmética, siendo un valor medio de todas las medidas que el instrumento ha tomado, es decir, la rugosidad media.
- **Rz.** Que es la distancia entre la altura mínima y máxima de las irregularidades que han sido percibidas por el sensor, en una longitud L.
- **Rt.** Suma de la altura máxima desde el centro, medido sobre las diferentes irregularidades que se han conseguido en la superficie, sobre una longitud L.

Rq. Se refiere a la raíz cuadrada de la desviación promedio del perfil L que ha sido analizado, es decir, la raíz cuadrada de las irregularidades que se tienen en la muestra que ha sido analizada por el sensor.

1.7 Laboratorio. Concepto. Importancia.

El laboratorio es un lugar dotado de los medios necesarios para realizar investigaciones, experimentos, prácticas y trabajos de carácter científico, tecnológico o técnico; está equipado con instrumentos de medida o equipos con los que se realizan experimentos, investigaciones o prácticas diversas, según la rama de la ciencia a la que se dedique. También puede ser un aula o dependencia de cualquier centro docente.

La importancia de los laboratorios tanto en la enseñanza de las ciencias como en la investigación y en la industria es, sin duda alguna, indiscutible. No se puede negar que el trabajo práctico en laboratorio proporciona la experimentación y el descubrimiento y evita el concepto de “resultado correcto” que se tiene cuando se aprenden de manera teórica, es decir, sólo con los datos procedentes de los libros. Sin embargo, el uso de laboratorios requiere de tiempo adicional al de una clase convencional, por ejemplo, para descubrir y aprender de los propios errores. Prácticamente todas las ramas de las ciencias naturales se desarrollan y progresan gracias a los resultados que se obtienen en sus laboratorios. Por su parte, en el mundo de la industria, estos, entre otras cosas, permiten asegurar la calidad de productos. Así, en la academia los ejercicios del laboratorio se utilizan como herramientas de enseñanza para afirmar los conocimientos adquiridos en el proceso enseñanza-aprendizaje; en tanto que en la industria se emplean para probar, verificar y certificar productos. En los laboratorios de ambos sectores, las prácticas aportan parte del método científico, validan la teoría y calibran las simulaciones por computadora. Varias universidades y escuelas de graduados en todo el mundo están equipadas con diversos aparatos

de investigación, desde los más moderados o tradicionales hasta los más avanzados, para servir a las necesidades de cada nación en términos de investigación y futuros investigadores y profesores universitarios. En el sector educativo, la experiencia en laboratorio también brinda la valiosa oportunidad para que los estudiantes desarrollen, además, habilidades de comunicación, tanto oral como escrita, liderazgo y cooperación. Las tareas rutinarias y las pruebas que sólo se limitan a resolver problemas aportan pocas posibilidades para desarrollar las habilidades de escritura. Por otra parte, los experimentos y la divulgación de esta información a los otros profesionales con habilidades similares a aquellas que necesitan los ingenieros en sus prácticas. Cabe señalar que a lo largo de los años se han hecho recomendaciones, tanto de empresarios como de varias organizaciones técnicas y profesionales, para revisar exhaustivamente los planes de estudio de la ingeniería con el fin de asegurar que los estudiantes estén preparados para la práctica profesional. La experiencia en un laboratorio de alta calidad requiere de instituciones de educación superior comprometidas, de miembros interesados en el éxito de un programa de laboratorio para estudiantes, de la asistencia del personal del laboratorio como técnicos, mecánicos o analistas de cómputo. De igual manera, la ayuda del personal calificado permitirá a las universidades centrarse en la planeación y la ejecución. Para el desarrollo de cursos de ingeniería en el laboratorio pueden ser incluidas las habilidades de aprendizaje con el fin de desarrollar trabajo experimental; los conceptos teóricos deben introducirse mediante ejercicios prácticos, el mejoramiento del análisis de los resultados experimentales y la predicción de los resultados a través de la teoría, uso de habilidades en la comunicación escrita y oral, la búsqueda de información con el propósito de apoyar conclusiones y observaciones experimentales. En el área de ingeniería, un laboratorio bien diseñado es una valiosa herramienta que contribuye a reforzar la enseñanza y en el que los alumnos pueden lograr una mayor comprensión imposible de lograr por otros medios. Ahí, estos pueden verificar el modelo, validar y limitar suposiciones y predecir rendimientos. Es importante recalcar que se ha demostrado que los estudiantes parecen estar más motivados cuando tienen la oportunidad de hacer experimentos con situaciones reales. Ello significa que la experiencia adquirida en el laboratorio debe proporcionar las herramientas básicas para la experimentación, es decir instrumentos de medición, técnicas estadísticas básicas para planear los experimentos, para ensamblar los equipos, reunir los datos, analizar los resultados y escribir un reporte conciso pero completo (Belarbi, 2006).

Diversos son los aspectos que los estudiantes deben cubrir en estos laboratorios, entre ellos una comprensión clara de los objetivos de los cursos de laboratorio, la renovación de los intereses de

la institución educativa que hace que el laboratorio sea retador, interesante y actualizado. El equipo debe ser del mismo tipo y calidad del que utilizan los ingenieros en campo, el trabajo en laboratorio servirá como punto focal de la significativa interacción entre los estudiantes en forma individual y la escuela, enriqueciendo de este modo la experiencia educativa de estos (Esquibel, 2013).

1.7.1 Característica que debe reunir un laboratorio de Metrología dimensional.

Los laboratorios de Metrología deben cumplir ciertos requisitos de instalación, para que en cualquier momento pueda determinarse con la mayor seguridad, mediciones y verificaciones con el mínimo error posible (Hernández, Jandra & Reyes Ponce, 2013).

Dadas las mediciones extraordinariamente pequeñas de las magnitudes que deben tomarse en consideración en el proceso de medición y prescindiendo de los errores personales, así como de los inevitables que se presenten en los aparatos de medida, para la instalación y montaje del laboratorio de Metrología geométrica, deben cumplirse los siguientes requisitos principales (Contreras Aldana & García López, 2010):

a) Temperatura de medición. Debido a que todos los cuerpos presentan distinta dimensión cuando se les mide a diferentes temperaturas, la temperatura de trabajo se ha normalizado internacionalmente, para que los países adheridos a I. S. O (Organización Internacional de Estándares), han adoptado el valor de 20°C de temperatura de referencia. Por consiguiente, los instrumentos y equipos de medición que existen se encuentran ajustados a esta temperatura de referencia, conservando esta misma temperatura para efectos de comprobación. El mantenimiento de una temperatura constante en el local de medición se logra con una instalación de un equipo de aire acondicionado (Hernández, Jandra & Reyes Ponce, 2013).

b) Humedad en el aire. Este requisito es importante dado que, si esta humedad es excesiva, perjudica a las piezas por medir y a elementos del propio equipo, produciendo superficies corroídas. Por lo anterior, el acondicionamiento de aire debe proporcionar, no solamente la temperatura correcta, sino también el adecuado grado de humedad de la atmosfera de la sala de mediciones. El grado de humedad relativa del aire que se requiere en los procesos de medición es del orden de 50%.

c) La iluminación. Cuando se proyecta una instalación de alumbrado, la visión del técnico de iluminación debe tener en cuenta que una iluminación defectuosa exige el ojo humano un esfuerzo mayor de trabajo, ocasionando cansancio prematuro, escozor de ojos, dolor de cabeza y

disminución de la agudeza visual. En resumen, una iluminación adecuada, permite al operario desarrollar un trabajo en condiciones óptimas que ocasiona menos errores en el proceso de medición, además, que este se efectúa con mayor seguridad y rapidez.

d) Instalación exenta de vibraciones y polvo. Un laboratorio de Metrología geométrica debe estar protegido de vibraciones y ruidos que afecten un primer lugar a los aparatos de medición y por consiguiente a las mediciones efectuadas.

Otras recomendaciones.

La instalación debe tener puerta de emergencia contra incendio y desastres naturales, y un lugar donde van a estar los instrumentos contra incendio.

Las mesas de trabajo deben ser rígidas para que no sufran vibraciones al apoyarnos, así los aparatos de medición que están montados entre dichas mesas, no sufran alteraciones en su funcionamiento provocando error en la medición (Hernández, Jandra & Reyes Ponce, 2013).

1.7.2 Reglas generales para la realización de las prácticas de laboratorio.

Con el fin de coadyuvar el correcto desarrollo de la práctica y cumplimiento de los objetivos propuestos, a continuación, se ofrecen una serie de reglas generales, las cuales han de ser observadas y cumplidas por parte de los estudiantes (“Manual de buenas prácticas de laboratorio,” 2007).

Reglas.

- Las prácticas de laboratorios requerirán de una preparación previa, para lo cual el estudiante estudiará con anticipación los contenidos de estas y los temas y los materiales indicados.
- Al inicio de esta práctica el estudiante será objeto de un determinado número de preguntas de control sobre los aspectos fundamentales a dominar para el desarrollo de esta. Si el estudiante resultase desaprobado, perderá el derecho de asistencia a la práctica.
- El estudiante debe cumplir rigurosamente durante el desarrollo de las prácticas las normas técnicas y de seguridad que se les orienten. Estas serán ofrecidas por el responsable de las prácticas.
- Tratar cuidadosamente los medios de medición, ya que estos son de precisión, cuya indicación exacta tan solo queda garantizado al trabajarlo de esta forma.
- Se prohíbe operar otros medios de medición a la práctica en cuestión.

- Un valor o indicación en un medio de medición aun no representa el resultado de la medición
- Medir siempre varias veces (por lo menos tres veces) para formar el valor medio y tener en cuenta las influencias de los errores de medición.
- Verifique la limpieza de las superficies de contactos del medio de medición antes de comenzar a medir
- Después de terminada la medición debe limpiarse el medio de medición y aplicarle una capa de grasa protectora.
- Para las dudas durante el desarrollo de la práctica, solicitar la ayuda del profesor.

Conclusiones Parciales

1. En la búsqueda bibliográfica se pudo encontrar abundante información sobre los principales conceptos de Metrología Dimensional, se reflejan algunos pues son numerosos los conceptos de esta ciencia y es imposible reflejarlos todos, no ocurre así sobre las características de los proyectores de perfiles, específicamente del tipo que existe en el laboratorio objeto de estudio. También se recopiló información sobre los rugosímetros.

CAPÍTULO II: ESTUDIO DE LAS POSIBILIDADES QUE BRINDA EL LABORATORIO DE INTERCAMBIABILIDAD Y MEDICIONES TÉCNICAS EN LA FORMACIÓN DE HABILIDADES DE UN INGENIERO MECÁNICO.

Introducción.

En este capítulo se analizará la relación de las habilidades de la asignatura mediciones técnicas, de la disciplina procesos tecnológicos y de la carrera de ingeniería mecánica, estudiando como tributan unas a otras; a partir del equipamiento existente se definirán las prácticas que se pueden realizar en el laboratorio. Se tendrá en cuenta el establecimiento del nuevo plan E y las transformaciones en la asignatura.

2.1 Habilidades. Concepto

Numerosos autores han aportado distintas definiciones de habilidad desde lo psicológico y pedagógico, entre los que se encuentran Brito (1987), Petrovsky (1976). Álvarez (1989) entre otros. Se asume en este trabajo la definición dada por (Díaz Lucea, 1999), ya que además de coincidir con otros autores al considerar desde el punto de vista psicológico la habilidad como un sistema de acciones y operaciones para elaborar la información contenida en los conocimientos que lleva al logro de un propósito determinado, la describe desde el ámbito pedagógico y valora al hombre como un ente social, activo y desarrollador de la cultura. Al trabajar con las habilidades es necesario determinar aquellas que resultan las fundamentales o esenciales, o que, en calidad de invariantes, deben aparecer en el contenido de la asignatura. Estas invariantes son las que indefectiblemente deben ser dominadas por los estudiantes y son las que aseguran el desarrollo de sus capacidades cognitivas, es decir, la formación de la personalidad del estudiante, de aquellas potencialidades que le permiten enfrentar problemas complejos y resolverlos mediante la aplicación de dichas invariantes.

A través del desarrollo de las habilidades específicas de una asignatura se logra el desarrollo de las habilidades generales de carácter intelectual (Felipe & Fernández 2004).

2.1.1 La formación y desarrollo de habilidades en el proceso docente – educativo.

En una línea de pensamiento similar a la desarrollada entre el concepto y la convicción, podemos plantear que el dominio por el estudiante, va conformando en este sus capacidades, es decir, el complejo de cualidades de la personalidad que posibilitan al ser humano el dominio de las acciones; sin embargo, tanto la convicción como la capacidad son complejas de la personalidad que se van conformando en un todo único de interinfluencias.

La formación de habilidades constituye uno de los objetivos fundamentales del proceso docente – educativo, siendo estas las que permiten al hombre poder realizar una determinada tarea y su éxito depende del grado de desarrollo que se posea.

Las habilidades forman parte del contenido de una asignatura. Ellas caracterizan las acciones que el estudiante realiza al interactuar con el objeto de estudio, los desarrollos de las mismas permiten la asimilación del conocimiento, a la vez que con el aprendizaje y la aplicación de lo aprendido se desarrollan habilidades, es decir, gracias a ella el estudiante se pone en contacto con el objeto que estudia, lo va asimilando.

Las habilidades constituyen la relación del hombre y su elemento rector es el motivo, o sea, la necesidad de realizar algo, por lo que es el dominio de las técnicas de la actividad tanto cognitivas como prácticas (Felipe & Fernández 2004).

2.1.2 La formación y desarrollo de habilidades en el laboratorio de Metrología dimensional.

“Aprender a aprender” es una frase que en los últimos años ha sido tomada como premisa básica para el diseño de los planes y programas de estudio de las instituciones educativas; es obvio que esto realmente es importante e interesante para mejorar la calidad educativa, pero cabe preguntar ¿Qué es lo que el estudiante debe aprender en un laboratorio de Metrología dimensional y cuáles son las habilidades que debe desarrollar? (García Fernández, 2016).

La formación y desarrollo de habilidades en el laboratorio de Metrología dimensional consiste en proporcionar a los usuarios un desarrollo de habilidades con un aprendizaje cognoscitivo entre las que se destacan:

- Saber seleccionar las mediciones necesarias a realizar para asegurarse de la calidad de la pieza.
- Saber utilizar los métodos de medición más correctos según las condiciones presentes en la magnitud a medir.
- Saber seleccionar el equipamiento adecuado en dependencia del tipo de medición a realizar y la precisión esperada.
- Saber comprobar la calibración de los instrumentos, que se ajuste a los requerimientos técnicos.
- Saber realizar análisis de qué tipo de calificación debe tener el operario que realizará las mediciones y si este satisface los requerimientos para la misma.

- Saber verificar las condiciones medio ambientales relacionadas con presencia de polvo, iluminación correcta, humedad dentro de los parámetros permisibles, así como trabajar con valores de temperatura dentro de los límites de la temperatura de referencia.
- Adquirir habilidades en el manejo o manipulación de los instrumentos.
- Adquirir habilidades en la utilización del sistema internacional de unidades al expresar los valores de las mediciones.
- Saber realizar lecturas en gráficos, curvas, etc. en instrumentos que den esa posibilidad, así como en tablas cuando sea necesario.
- Adquirir habilidades en el análisis de los resultados de las mediciones, con el objetivo de poder determinar que errores están presentes y si son del tipo sistemático tratar de controlarlos.
- Lograr habilidades en el cumplimiento de las medidas de protección e higiene del trabajo.
- Adquirir habilidades en la culminación de las prácticas, en la limpieza de superficies tanto de los instrumentos como de las piezas y aplicar capas protectoras. Tener presente indicaciones del fabricante para algunas superficies de instrumentos sensibles.

2.1.3 Habilidades de la carrera Ingeniería Mecánica.

1. Realizar cálculos mecánicos, hidráulicos, térmicos, eléctricos básicos, y económicos de instalaciones industriales y de servicios.
2. Planificar, organizar y controlar la explotación, mantenimiento y reparación de máquinas e instalaciones industriales y de servicios.
3. Evaluar técnica y económicamente los principales indicadores de explotación y la gestión de mantenimiento de las máquinas, equipos e instalaciones tanto del sector industrial como en el de los servicios.
4. Diseñar y/o proyectar partes y piezas de máquinas, redes técnicas y procesos tecnológicos para la fabricación y reacondicionamiento de piezas y sistemas de mantenimiento que permitan la utilización adecuada de las máquinas, equipos e instalaciones a cargo del Ingeniero Mecánico.
5. Seleccionar máquinas, equipos y componentes comercialmente apropiados para el diseño, mantenimiento, fabricación y/o reacondicionamiento de sistemas afines a la profesión en el sector industrial y de servicios.

6. Diagnosticar y evaluar el estado técnico de los equipos y máquinas utilizando los sentidos y/o el equipamiento especializado, con el apoyo de los medios informáticos, determinando los principales fallos y dando las formas de solución.
7. Seleccionar motores de combustión interna, eléctricos, elementos de transmisión y transportadores, así como accesorios para redes técnicas.
8. Seleccionar dispositivos universales para máquinas herramientas de corte.
9. Planificar, organizar y controlar el trabajo de las máquinas, equipos e instalaciones.
10. Utilizar manuales, catálogos y normas.
11. Confeccionar e interpretar croquis, planos y esquemas.
12. Emplear las técnicas modernas de computación como herramientas de trabajo.
13. Utilizar los servicios de ICT que se ofrecen en los centros especializados y las TIC como nuevas vías de accesos, procesamiento, comunicación y uso de la información como medios para la transformación en la relación conocimiento proceso de aprendizaje.
14. Investigar, usando métodos científicos y técnicas experimentales, en las ramas de la ingeniería mecánica.
15. Utilizar y aplicar los medios y normas de P.H.T. al hombre y al medio ambiente en el marco del desarrollo sostenible.
16. Interpretar el desarrollo científico tecnológico desde una visión humanista en la que la racionalidad en el uso de los recursos humanos y materiales, el cuidado al medio ambiente y la preservación de los principios éticos de la sociedad.
17. Desarrollar una elevada capacidad de comunicación en su lengua materna y en idioma inglés que le permita insertarse adecuadamente en el mundo contemporáneo.
18. Utilizar las técnicas de dirección, de trabajo en grupo y de cálculo económico.
19. Emplear las leyes sobre la protección y defensa de las instalaciones industriales y de servicios y objetivos económicos en general.
20. Dominar los métodos y técnicas deportivas que le permitan al estudiante preservar su salud física y mental.
21. Establecer relaciones humanas que le permitan desenvolverse en el ámbito profesional del ingeniero mecánico, acorde a las normas y principios del proyecto social cubano.
22. Desarrollar una formación pedagógica básica que lo capacite para desarrollar actividades en los programas de la batalla de ideas.
23. Aplicar elementos jurídicos esenciales relacionados con los modos de actuación del profesional de la ingeniería mecánica.

24. Aplicar las normas básicas de instalación y operación de las principales máquinas, aparatos y equipos relacionados con la profesión

2.2 Habilidades de la Disciplina Procesos Tecnológicos.

1. Identificar los tipos de intercambiabilidad y aplicar los sistemas normalizados de ajuste.
2. Determinar los errores cometidos en las mediciones, aplicando métodos estadísticos para su control.
3. Identificar los métodos y medios de medición utilizados para el control de las dimensiones y posiciones relativas de las principales uniones mecánicas.
4. Seleccionar los métodos de medición para el control de la calidad de las principales uniones mecánicas.
5. Calcular los elementos de las cadenas dimensionales para garantizar los niveles de intercambiabilidad necesarios.
6. Identificar conceptos básicos sobre los sistemas de control de calidad de las piezas.
7. Identificar las estructuras que caracterizan cada grupo de materiales empleadas en la Ingeniería estableciendo la relación que existe entre estructura, composición química y propiedades.
8. Clasificación de materiales con las tendencias actuales de uso más frecuente en las Industrias Mecánicas.
9. Seleccionar el material y sus mecanismos de fortalecimiento según las condiciones de explotación y los requerimientos tecnológicos dados, teniendo en cuenta la efectividad económica.
10. Utilizar los métodos de control de estructura y propiedades mecánicas, estáticas y dinámicas.
11. Identificar las fallas y rotura que ocurren en los materiales, relacionándolas con sus causas y proponiendo medidas para evitarlas.
12. Identificar los mecanismos de fortalecimiento aplicados a los materiales.
13. Identificar el tipo de reacción mediante métodos de análisis visual y metalográfico.
14. Utilizar programas de computación en la construcción y ejercitación de diagramas de fases, en la aleación de materiales y sus tratamientos a someter.
15. Seleccionar las herramientas y parámetros del régimen de corte en las máquinas herramientas.
16. Determinar la secuencia de elaboración en la producción de piezas por torneado.
17. Elaborar programas de CNC para el torneado de piezas en máquinas del tipo torno.

18. Identificar el proceso de conformación y sus características. Forja libre, piezas que se producen, características, dimensiones y herramientas que se emplean. Forja en estampas, tipos de procesos, características de las piezas estampadas, formas iniciales, distribución de masas, máquinas para la forja estampado y corte de la chapa, troquelado, punzonado. procesos de enrollado, rebordeado, perfilado y engrapado.
19. Seleccionar los materiales de aportación para uniones o rellenos en la soldadura.
20. Seleccionar el tipo de soldadura a ejecutar y calcular el régimen de trabajo de los procesos.
21. Identificar las máquinas y equipos de soldar y sus aplicaciones.
22. Determinar el método de control de la soldadura en función del tipo de defecto y medidas a aplicar para evitarlo.
23. Identificar los procesos de fundición y su aplicación.
24. Identificar los procedimientos de moldeo y su aplicación.
25. Ejecutar el proceso de moldeo manual de piezas simples
26. Identificar pasos y acciones relacionadas con el proceso de colada.
27. Identificar los defectos más frecuentes en la soldadura y las causas que lo producen.
28. Identificar los medios y medidas de protección e higiene vinculadas a los procesos de soldadura.
29. Identificar los elementos de estos procesos que pueden ser agresivos al medio ambiente

2.3 Habilidades a lograr en la asignatura Mediciones Técnicas.

1. Identificar los tipos de intercambiabilidad y aplicar los sistemas normalizados de ajuste.
2. Determinar los errores cometidos en las mediciones, aplicando métodos estadísticos para su control.
3. Identificar los métodos y medios de medición utilizados para el control de las dimensiones y posiciones relativas de las principales uniones mecánicas.
4. Seleccionar los métodos de medición para el control de la calidad de las principales uniones mecánicas.
5. Calcular los elementos de las cadenas dimensionales para garantizar los niveles de intercambiabilidad necesarios.
6. Identificar conceptos básicos sobre los sistemas de control de calidad de las piezas.
7. Identificar los elementos de estos procesos que pueden ser agresivos al medio ambiente.

2.3.1 Interrelación entre las habilidades de la carrera de Ingeniería Mecánica, las disciplina. Procesos tecnológicos y la asignatura, mediciones técnicas.

Dentro de las habilidades de la asignatura Mediciones Técnicas se encuentran estas dos

- Identificar los métodos y medios de medición utilizados para el control de las dimensiones y posiciones relativas de las principales uniones mecánicas.
- Seleccionar los métodos de medición para el control de la calidad de las principales uniones mecánicas. Precisamente las prácticas de laboratorio tienen la mayor incidencia en el objetivo de lograr vencer estas dos habilidades con la utilización del equipamiento existente.

Para ver con más claridad la relación entre las habilidades, se confeccionó un gráfico de líneas donde se puede apreciar su vinculación.

Hay que analizar que en las habilidades de la disciplina que son asignaturas mayoritarias de tercer año, las habilidades están al nivel de identificar, seleccionar, y a nivel de calcular son mínimas, cuando este es un año donde se dan contenidos relacionados con procesos de soldadura, fundición, maquinado, conformación, donde es imprescindible realizar cálculos de esas tecnologías.

Es de destacar que de las habilidades de la carrera 15 están relacionadas con 25 de la disciplina y de esta última hay 7 relacionadas con la asignatura mediciones técnicas que coinciden con el número total de habilidades de la misma. La habilidad 13 de la carrera se encuentra relacionada con las 29 habilidades del sistema de la disciplina.

Este gráfico no es absoluto, tiene muchas aristas por donde se pueden buscar más interrelaciones entre las habilidades en los diferentes niveles, esto se podría lograr con un estudio profundo a nivel de disciplina.

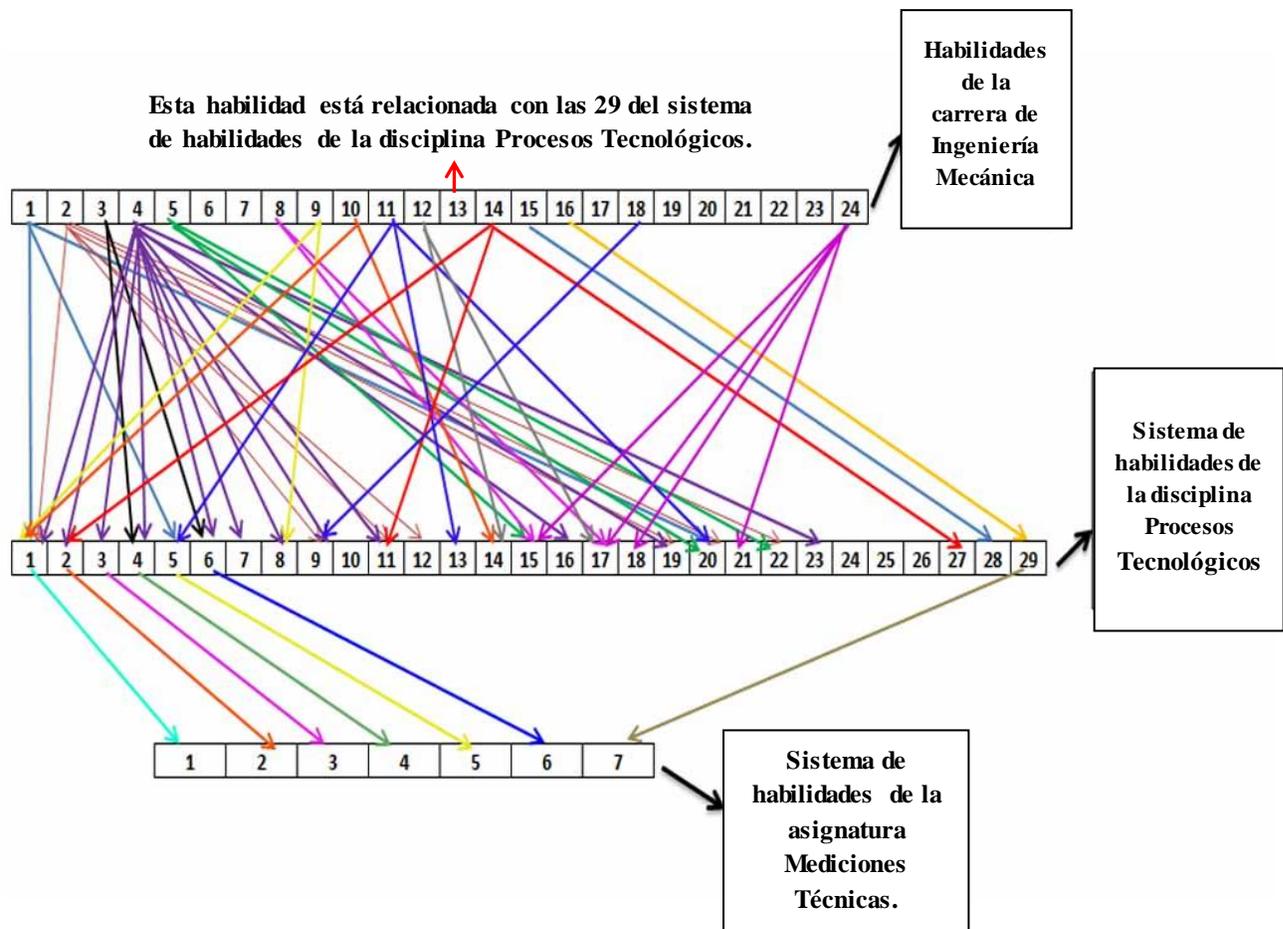


Figura 2.1: Interrelación entre las habilidades de la carrera de Ingeniería Mecánica

2.4 Equipamiento existente en el laboratorio de mediciones técnicas.

Para la impartición de las prácticas el laboratorio de intercambiabilidad cuenta con los siguientes medios.

- Micrómetro digital serie electrónico con puerto de salida para trans. de datos (conexión USB) rango 0-25MM
- Micrómetro digital serie electrónico con puerto de salida para trans. de datos (conexión USB) rango 25-50MM
- Micrómetro interno de tres puntos 16-20MM
- .Micrómetro interno de tres puntos 25-30MM
- Transportador de ángulo universal
- Pie de rey electrónico interior, exterior, profundidad y paso
- Proyector de perfiles

- Medidor portátil de rugosidad superficial
- Juego de calibradores de bloque 112 piezas

Dentro de los equipos fundamentales del laboratorio, se encuentra el proyector de perfiles. Este equipo que es de una tecnología moderna, brinda una amplia gama de posibilidades para la realización de mediciones de magnitudes físicas diferentes. Durante el desarrollo del trabajo se dedicó una gran cantidad de horas para estudiar sus especificaciones técnicas y manipular el equipo para adquirir habilidades en la operación del mismo. Esto relacionado con la medición de distancias o longitudes, ángulos, roscas, engranajes, etc. También se estudiaron las posibilidades del rugosímetro y las formas de maniobrar con él, para la obtención de los parámetros de rugosidad superficial como RZ y Ra, mostrando los gráficos ampliados de las irregularidades de las superficies.

2.5 Análisis de las prácticas de laboratorio que se pueden efectuar en el laboratorio de mediciones técnicas.

Teniendo en cuenta el equipamiento existente en el laboratorio de Intercambiabilidad y Mediciones Técnicas se puede plantear que se pueden realizar prácticas de laboratorios relacionadas con:

- Medios universales de medición.
- Medición de ángulos.
- Medición de rugosidad superficial.
- Medición de engranajes.
- Medición de roscas.

Para la mayoría de estas prácticas existe equipamiento mecánico, pero se cuenta también con el proyector de perfiles que en algunos casos permitirá verificar resultados y en otros donde no se puede usar el medio mecánico, utilizarlo como instrumento principal, también se cuenta con el rugosímetro.

2.5.1 La asignatura Mediciones técnicas en el plan de estudio.

2.5.1.1 Planificación actual correspondiente al plan D.

A continuación, mostramos el plan calendario impartido en el curso 2018- 2019.

Plan calendario de la asignatura (P-1)

Disciplina: Procesos Tecnológicos	Departamento: Mecánica.			
Profesor: Rogelio Hernández	Aprobación del Jefe de Dpto.:			
Categoría Docente y Científica: MSc, Aux.	Dr.C Sergio Montelier.	Día 3	Mes 5	Año 2018
Firma:	Firma:			

Asignatura: Mediciones Técnicas. 3er año CRD	Fondo de tiempo: 50 horas
---	----------------------------------

Sem	AD	Contenido	FD	Observ.
1	1	Tema I: Fundamentos de Intercambiabilidad y mediciones técnicas. Tema II: Medios universales de medición	C1	Au.
2	2	Tema II: Medios universales de medición.	L1	Lab
3	3	Tema III: Errores en las mediciones.	C2	Au
3	4	Tema III: Valoración estadística en la elaboración del resultado final de la medición.	L2	Lab.
4	5	Tema IV: Intercambiabilidad y control de la calidad de los ajustes cilíndricos lisos.	C3	Au
5	6	Tema IV: Principio de selección de los ajustes.	C4	Au
5	7	Tema IV: Selección y cálculo de los ajustes cilíndricos lisos.	CP1	Au
6	8	Tema IV: Selección y cálculo de ajustes conociendo las	CP2	Au

		interferencias límites		
7	9	Tema IV: Selección de ajustes con influencia de la temperatura	C5	Au
7	10	Tema IV Selección de ajustes con influencia de la temperatura.	CP3	Au
8	11	Tema IV: Calibres Limitadores para el control de la producción.	C6	Au
9	12	Evaluación.	E1	Au
9	13	Tema V. Intercambiabilidad y control de la calidad de los cojinetes de rodamientos.	C7	Au
9	14	Tema V: Cálculo de ajustes en cojinetes.	CP4	Au
10	15	Tema VI: Intercambiabilidad y control de la calidad de los ángulos. Tema VII: Tolerancias de forma y posición de las superficies	C8	Au
10	16	Tema VI. Medición de ángulos.	L3	Lab
11	17	Tema VIII: Medios y medición de Rugosidad Superficial.	S1	Au
12	18	Tema VIII: Medición de Rugosidad superficial.	L4	Lab
13	19	Tema IX: Intercambiabilidad y control de las Uniones Estriadas y por Chavetas.	C9	Au
13	20	Tema IX: Cálculo de uniones Estriadas y por Chavetas	CP5	Au
14	21	Evaluación	E2	Au.
14	22	Tema X: Cadenas Dimensionales. Tema XI: Intercambiabilidad y control de la calidad de los	C10	Au

		Engranajes Cilíndricos		
15	23	Tema XI: Medición de engranajes.	L5	Lab
15	24	Tema XII: Intercambiabilidad y control de las Uniones Roscadas.	C11	Au
15	25	Tema XII: Medición de roscas.	L6	Lab

Fuente: Elaboración Propia

Donde: Sem= Número de la Semana; AD = Número de la Actividad Docente;

FD = Forma de Docencia (Conf., Sem., C.Pract., Lab., Taller, etc.) Observ.

C	CP	S	L	E	T
22	10	2	12	4	50

2.5.2 Transformaciones para el plan E.

Si se observa el plan de estudio para el plan D Anexo No 1 y se compara con el E Anexo No 2 confeccionada por la dirección de la carrera de ingeniería mecánica, se puede apreciar que las diferencias con respecto al plan D estriban, en que se cambia para el segundo año y que existe una reducción de dos horas.

Esa reducción se hará en actividades teóricas tratando de no afectar las prácticas. Se propone un plan calendario con esa reducción que se muestra a continuación.

Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez

Facultad de: Ingeniería

Carrera: Mecánica

Plan calendario de la asignatura (P-1)

Disciplina: Procesos Tecnológicos		Departamento: Mecánica.		
Profesor: Rogelio Hernández	Aprobación del Jefe de Dpto.:	Día	Mes	Año
Categoría Docente y Científica: MSc, Aux.	Dr.C Sergio Montelier.			
Firma:	Firma:			

Asignatura: Mediciones Técnicas. 3er año CRD	Fondo de tiempo: 48 horas
---	----------------------------------

Sem	AD	Contenido	FD	Observ.
1	1	Tema I: Fundamentos de Intercambiabilidad y mediciones técnicas. Tema II: Medios universales de medición	C1	Au.
2	2	Tema II: Medios universales de medición.	L1	Lab
3	3	Tema III: Errores en las mediciones.	C2	Au
3	4	Tema III: Valoración estadística en la elaboración del resultado final de la medición.	L2	Lab.
4	5	Tema IV: SAT.Intercambiabilidad y control de la calidad de los ajustes cilíndricos lisos.	C3	Au
5	6	Tema IV: Principio de selección de los ajustes. Tema IV: SAT.Selección de ajustes con influencia de la temperatura	C4	Au
5	7	Tema IV: Selección y cálculo de los ajustes cilíndricos	CP1	Au

		lisos.		
6	8	Tema IV: Selección y cálculo de ajustes conociendo las interferencias límites	CP2	Au
7	9	Tema IV Selección de ajustes con influencia de la temperatura.	CP3	Au
8	10	Tema IV: Calibres Limitadores para el control de la producción.	C5	Au
9	11	Evaluación.	E1	Au
9	12	Tema V. Intercambiabilidad y control de la calidad de los cojinetes de rodamientos.	C6	Au
9	13	Tema V: Cálculo de ajustes en cojinetes.	CP4	Au
10	14	Tema VI: Intercambiabilidad y control de la calidad de los ángulos. Tema VII: Tolerancias de forma y posición de las superficies	C7	Au
10	15	Tema VI. Medición de ángulos.	L3	Lab
11	16	Tema VIII: Medios y medición de Rugosidad Superficial.	S1	Au
12	17	Tema VIII: Medición de Rugosidad superficial.	L4	Lab
13	18	Tema IX: Intercambiabilidad y control de las Uniones Estriadas y por Chavetas.	C8	Au
13	19	Tema IX: Cálculo de uniones Estriadas y por Chavetas	CP5	Au
14	20	Evaluación	E2	Au.
14	21	Tema X: Cadenas Dimensionales.	C9	Au

		Tema XI: Intercambiabilidad y control de la calidad de los Engranajes Cilíndricos		
15	22	Tema XI: Medición de engranajes.	L5	Lab
15	23	Tema XII: Intercambiabilidad y control de las Uniones Roscadas.	C10	Au
15	24	Tema XII: Medición de roscas.	L6	Lab

Fuente: Elaboración propia.

Donde: Sem= Número de la Semana; AD = Número de la Actividad Docente;

FD = Forma de Docencia (Conf., Sem., C.Pract., Lab., Taller, etc.) Observ.

C CP S L E T

20 10 2 12 4 48

Debe señalarse que se mantienen las clases prácticas y las 12 horas de por prácticas de laboratorio.

Conclusiones parciales.

1. Se analizó como tributan las habilidades de la asignatura mediciones técnicas a la de la disciplina procesos tecnológicos y a la carrera ingeniería mecánica a través de un gráfico. En él se pudo constatar como a cada habilidad de la asignatura corresponde únicamente una de la disciplina, lo cual refleja que existen dificultades para estudiar esto como un sistema.
2. Se hizo una comparación entre el plan de estudio D y el E, comprobando que no existen diferencias significativas, sólo una reducción en dos horas que se traducen en disminuir una conferencia para no afectar las actividades prácticas.

CAPÍTULO III. PROPUESTA DE DISEÑO METODOLÓGICO DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO UTILIZANDO EL EQUIPAMIENTO EXISTENTE.

Introducción.

En este capítulo se reelaboran las guías para la preparación e impartición de las prácticas de laboratorio de la asignatura Mediciones Técnicas. Previamente se definen los aspectos que deben contener estas guías.

3.1 Diseño de las guías de las prácticas de laboratorio.

Los aspectos mínimos que deben contener las guías de laboratorio son las siguientes:

- Título.
- Tiempo de duración.
- Objetivos a lograr.
- Materiales.
- Equipos.
- Fundamentación teórica.
- Orientación de las actividades a realizar
- Contenido del informe

3.1.1 Práctica de laboratorio No 1.

1. Título.

Medios Universales de Medición.

2. Tiempo de duración:

2 horas.

1. Objetivos a lograr.

- Adquirir habilidades en el manejo de los principales medios de medición.
- Cálculo de la media de un grupo de mediciones de una magnitud determinada.

3. Requisitos previos.

- Conocer los fundamentos de los principales medios universales de medición como el pie de rey, micrómetro, medidor de interiores, etc. reconociendo las partes principales, utilidad práctica, lectura de escalas. etc.
- Tener conocimientos estadísticos elementales de ¿qué es la media?

4. Bibliografía utilizada.

- Metrología Dimensional. Fusto Hernández.
- Tolerancias y ajustes y medición de longitudes y ángulos Tomo 2 Ing. Carlos Medina.
- Normas cubanas de micrómetros calibradores con vernier y pie de rey
 - a. 90-00-05-1:80
 - b. 90-00-05-2:82
 - c. 90-00-05-3:87
 - d. 90-01-03:81
 - e. 90-01-07
 - f. 90-01-179

5. Orientaciones para el estudio.

Deben estudiarse estos aspectos.

- Requisitos para efectuar una correcta medición
- Estructura de los principales medios de medición. Pie de rey, micrómetros, comparadores, indicadores de interiores, etc.
- Clasificación de estos medios.
- Lectura de los medios en la escala.

A continuación, en modo de ejemplo les mostramos el principio de funcionamiento, así como la lectura de uno de los medios más importante: El micrómetro de exteriores.

El principio de medición del micrómetro de exteriores es tal que una variación en la longitud es amplificada por medio del ángulo rotado y el ángulo del radio de los hilos del roscado. De esta manera la longitud puede ser leída en las graduaciones, que están grabadas en la periferia de los hilos del roscado.

Siempre que el micrómetro estándar tenga hilos de rosca con un paso de 0,5 mm y el tambor tenga 50 divisiones en su periferia, el desplazamiento del husillo correspondiente a una graduación del tambor es 0,01 mm (0,5: 1/50).

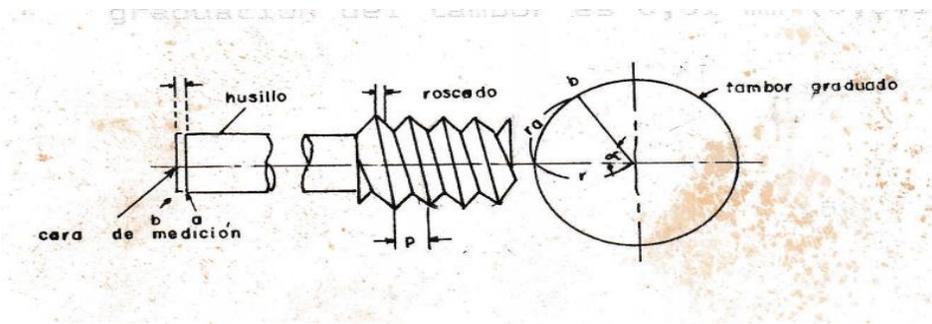


Figura 3.1: Desplazamiento del husillo.

- X-desplazamiento del husillo en mm.
- p-paso del roscado se los husillos en mm.
- a-ángulo rotada del husillo del roscado rad.
- r-radio del tambor graduado.

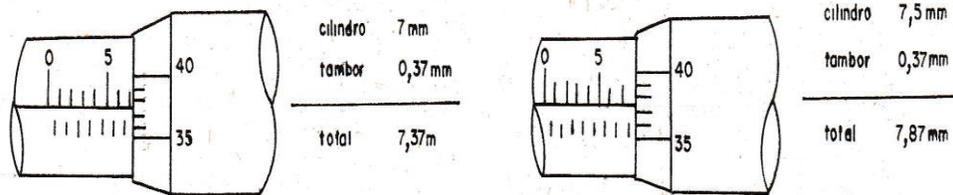


Figura 3.2: Lectura del micrómetro.

Cilindro 7mm	Cilindro 7.5 mm
tambor 0,37mm	tambor 0,37 m
Total 7.37 mm	Total 7.87 mm

Los ejemplos de arriba representan lectura al mínimo especificado de lectura de 0,01 mm, con la experiencia o al adquirir mayor habilidad. Ud. está capacitado para hacer lectura a 0,001 mm. Con el fin de tener una lectura exacta a 0.01 mm, use un micrómetro especial con escala de vernier o un micrómetro de micrones con la lectura mínima de 0.001 mm.

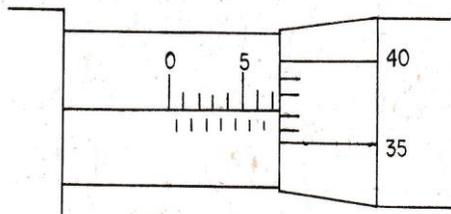


Figura 3.3: Micrómetro especial
Cilindro 7 mm

Tambor 0,373 mm

Total 7, 373 mm

6. Principales medios a utilizar.

- Pie de rey.
- Micrómetros.
- Comparadores.
- Indicadores de interiores.
- Proyector de perfiles
- Piezas.

7. Tareas a realizar durante el desarrollo de la práctica. Se distribuirá una pieza por estudiante.

- a. Se hará la medición utilizando el pie de rey de todas las dimensiones de la pieza y se confeccionará un croquis con estas.
- b. Se realizará la medición de la magnitud de tres dimensiones de la pieza un total de 15 veces cada una utilizando un micrómetro. Se calculará la media y se hará otro croquis con estas para comparar con el anterior croquis.
- c. Se hará una demostración por parte del profesor de como emplear el indicador de interiores.
- d. Se utilizará el proyector de perfiles para verificar algunas dimensiones.

8. Contenido del informe.

En el informe se deberá reflejar:

- Alumno.
- Título de la práctica.
- Objetivos.
- Introducción (fundamentos teóricos del tema).
- Desarrollo (explicación de las tareas realizadas, croquis, cálculos, tablas, gráficos, etc.)
- Conclusiones.

3.1.2 Práctica de laboratorio No 2.

1. Título:

Elaboración estadística del resultado de las mediciones.

1. Tiempo de duración:

2 horas.

2. Objetivos a lograr.

- Continuar con la adquisición de habilidades en la operación de los instrumentos de medición.
- Saber tomar los datos necesarios para realizar el procesamiento de los resultados de las mediciones directas equiprecisas e inequiprecisa, para poder consolidar la teoría estudiada con relación a los errores.
- Expresar el resultado elaborado de las mediciones para un determinado nivel de confianza.
- Realizar la comparación de dos métodos de medición.

3. Requisitos previos.

- Saber realizar mediciones con los principales medios de medición universales.
- Conocer los conceptos estadísticos de media y desviación estándar.
- Conocer los niveles de confianza con que se puede trabajar y saber expresar el resultado elaborado de un conjunto de mediciones.
- Conocer los criterios para comparar dos métodos de medición utilizando instrumentos de medición diferentes.

4. Bibliografía a consultar.

- Metrología dimensional (Hernández, 2013).
- Mediciones térmicas (R. Gonzáles, J Toscano).
- Notas de clases.

5. Orientaciones para el estudio.

Deben estudiar.

- Tipos de errores.
- Determinación de la media.
- Cálculo de la desviación típica.
- Notas de clases tomadas en las conferencias, los errores en las mediciones.

Las mediciones que son efectuadas por un mismo operador, con un mismo instrumento de medición y bajo las mismas condiciones, son consideradas mediciones equiprecisas: es decir,

estas son halladas de igual forma y por tanto tendrán igual precisión y no se le podrá dar preferencia a una u otra de las series de los resultados sobre el resto.

Si se supone que nuestras mediciones están libres de errores sistemáticos o que estos están excluidos de los resultados de medición y solamente están los errores casuales, cada uno de los cuales es independiente del otro y que tienen un comportamiento acorde con la ley de distribución normal, nuestra tarea será encontrar el valor probable de la entidad de medida buscada, así como la precisión con la cual obtenemos este valor.

Todo proceso de medición está afectado por la incidencia e errores con diferentes características por lo que el resultado de una medición implica una elaboración del mismo.

Es así que el resultado de una medición se expresa como un resultado elaborado para lo cual se define un valor verdadero y una zona de incertidumbre.

Esto puede realizarse conociendo y empleando los correspondientes parámetros estadísticos.

Resultado elaborado = Valor verdadero + Zona de incertidumbre.

Metodología de cálculo.

- a. Calcular \bar{X} y S considerando todos los valores.
- b. Revisar si algún valor está fuera del intervalo, en caso positivo eliminarlo.
- c. Recálculo de \bar{X} y S sin incluir los valores extraños.
- d. Aplicar un criterio, por ejemplo el de Rait (para un 99,73%), el intervalo es $\bar{X} \pm 3S$
6. Principales medios a utilizar.
 - Pie de rey digital
 - Micrómetro digital
 - Micrómetro palmer.
 - Proyector de perfiles.
 - Piezas.
7. Tareas a realizar durante el desarrollo de la práctica.
 - a. Expresar el resultado de una medición equiprecisa. Para cumplir el objetivo planeado con esta tarea, se determina el diámetro de un eje en distintos puntos del mismo a lo largo de su longitud, (tres escalones), mediante un micrómetro para exteriores con una precisión de 0,01 mm. Se realizarán 15 mediciones de cada escalón. Para garantizar correctamente la lectura del micrómetro hasta las milésimas de mm, es necesario verificar meticulosamente la limpieza de la

superficie de medición de sus topes, efectuar el contacto entre las piezas y las superficies de medición del instrumento, lo más próximo posible a los contactos de los topes y aplicar una fuerza de medición muy pequeña. Sobrepasar la fuerza de medición establecida, trae como consecuencia un error de operación, además del riesgo de deformar e inutilizar el instrumento.

- b. Comparar dos métodos de medición utilizando micrómetro y pie de rey digital con la misma precisión 0.01 mm. Se realizarán 15 mediciones con el pie de rey digital de precisión 0.01 mm a los mismos escalones medidos con el micrómetro en el ejercicio anterior para realizar la comparación.
- c. Realizar también 15 mediciones a uno de los escalones con el micrómetro digital y realizar la comparación con respecto al pie de rey digital.
- d. Hacer algunas comprobaciones de estas mediciones utilizando el proyector de perfiles.

8. Contenido del informe

- Alumno.
- Título de la práctica.
- Objetivos.
- Introducción (fundamentos teóricos del tema).
- Desarrollo (explicación de las tareas realizadas, croquis, cálculos, tablas, gráficos, etc.)
- Conclusiones.

3.1.3 Práctica de laboratorio No 3.

1. Título:

Mediciones angulares.

2. Tiempo de duración:

2 horas.

3. Objetivos a lograr.

- Determinar el ángulo de diferentes elementos utilizando para esto los métodos directos e indirectos de medición.
- Determinar ángulos de superficies de piezas con la utilización del proyector de perfiles.

4. Requisitos previos.

- Conocer los instrumentos que se utilizan para hacer las mediciones directas de ángulos.
- Dominar los métodos que existen para realizar mediciones indirectas.
- Tener ciertos conocimientos sobre los métodos y máquinas de medición que existen para la medición de ángulos indirectamente.

5. Bibliografía utilizada.

- a. Metrología Dimensional (F. Hernández).
- b. Mediciones Técnicas (R. González, J. Toscano).
- c. Notas de clases.
- d. Manual del proyector de perfiles.

6. Orientaciones para el estudio.

Es necesario estudiar las notas de clases tomadas en la conferencia “Mediciones angulares”. Estudias detalladamente el capítulo 3 del texto, la medición en el taller mecánico

La medición y la comprobación de ángulos en el taller mecánico, es cosa corriente y plantea problemas más o menos complicados según la naturaleza de los elementos geométricos o materiales que constituyen el ángulo a medir o comprobar.

Para resolver estos diversos problemas se han desarrollado métodos y aparatos de medición adecuados de cuyo estudio vamos a ocuparnos en esta actividad. En general los ángulos que con más frecuencia se presentan en medición mecánica son:

- Ángulos directos: formados por dos superficies planas de una misma pieza o de piezas diferentes.
- Ángulos formados por un plano y una recta: la recta suele ser una generatriz de un cuerpo de revolución (cilindro o cono).
- Ángulos formados por dos rectas: el caso más típico de esto es el ángulo formado por dos generatrices opuestos de un cono o tronco de cono.

Los métodos de medición o comprobación más corrientemente utilizados son los siguientes:

- Medición directa: Medida del ángulo por medio del instrumento que permite determinar el valor del ángulo.
- Mediciones indirectas.

Este método permite dar solución a casos especiales, cuando no se cuenta con instrumento para este fin.

En general las mediciones angulares indirectas pueden agruparse en:

- Mediciones trigonométricas: Son aquellas en las que, mediante la medición de ciertas longitudes relacionadas con el ángulo, puede calcularse el valor de este mediante relaciones trigonométricas.
- Mediciones en base a una superficie de referencia: Son aquellas en las cuales se mide las inclinaciones de las superficies o elementos que dan lugar al ángulo con respecto al plano de referencia o a dos que forman un ángulo conocido.
- Mediciones indirectas por comparación: En las cuales se conoce si el ángulo es correcto o no mediante la comparación del mismo contra patrones angulares.

7. Principales medios a utilizar.

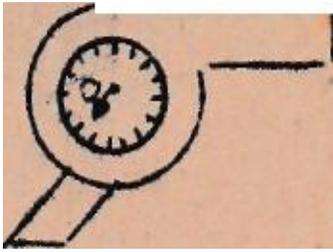
- Escuadras.
- Goniómetro.
- Bola o cilindros calibrados.
- Pie de rey.
- Proyector de perfiles.
- Piezas cuyas superficies formen diferentes ángulos.

8. Tareas a realizar durante el desarrollo de la práctica.

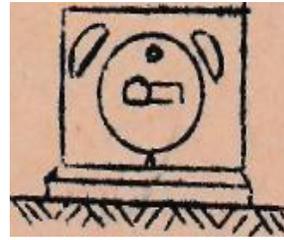
- a. Medición del ángulo entre superficie con el empleo del goniómetro, transportadores etc. (Medición directa).

En este ejercicio se procederá a medir mediante el método directo, el ángulo de brocas, piezas, superficies, etc., utilizando los transportadores simples, ópticos, universales de reloj y además algunos instrumentos especiales tales como el clinómetro, divisores mecánicos, etc.

El estudiante selecciona en cada caso concreto cuál será el medio de medición adecuado para efectuar el trabajo. En la figura 3.4 se muestran algunos ejemplos prácticos.



A



B

Figura 3.4: A-clinómetro.

B-Goniómetro de reloj.

- b. Medición del ángulo entre dos superficies a través de relaciones trigonométricas con el empleo de bolas o cilindros calibrados. (Medición indirecta). Figura 3.5.
 - i. Sitúe el rodillo calibrado menor y determine la lectura L_1 (mediante un pie de rey de altura repitiendo la lectura tres veces).
 - ii. Sitúe el rodillo calibrado mayor y determine la lectura L_2 (con igual instrumento).
 - iii. Determine los radios de los rodillos mayores y menor micrométrico.
 - iv. Calcule L según (2).

$$l = l_2 - R - l_1 + r \quad (2)$$
 - v. Calcule el semiángulo según (3)
 - vi. $\text{sen} \frac{\alpha}{2} = \frac{R-r}{L} \quad (3)$
 - vii. Anote los resultados obtenidos.

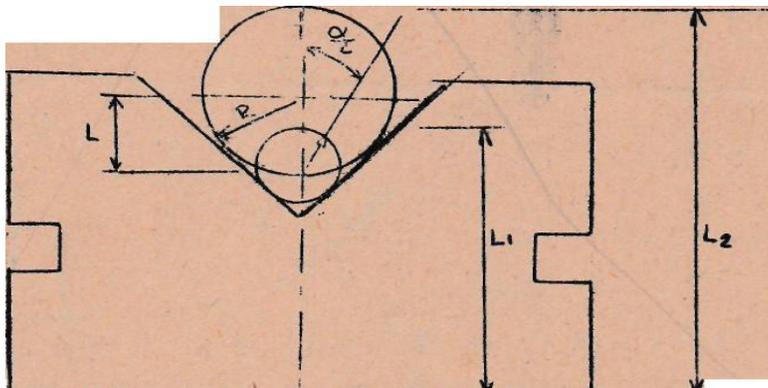


Figura 3.5: Medición indirecta.

- c. Determinar el ángulo entre superficies utilizando el proyector de perfiles (consultar medición de ángulos con el proyector de perfiles).
9. Contenido del informe.
- Alumno.

- Título de la práctica.
- Objetivos.
- Introducción (fundamentos teóricos del tema).
- Desarrollo (explicación de las tareas realizadas, croquis, cálculos, tablas, gráficos, etc.).
- Conclusiones.

3.1.4 Práctica de laboratorio No 4.

1. Título: Medición de la rugosidad superficial.
2. Tiempo de duración: 2 horas
3. Objetivos a lograr.
 - Determinar la rugosidad superficial de diferentes superficies utilizando los métodos de contacto y sin contacto para la medición de los parámetros de la rugosidad.
4. Requisitos Previos.
 - Conocer la importancia de por qué es necesario determinar la rugosidad de las superficies. Su relación con propiedades de los materiales, así como con los procesos tecnológicos para la obtención de la superficie.
 - Conocer los parámetros que existen para expresar la rugosidad superficial y los fundamentos de cada uno de ellos.
 - Identificar los medios y métodos que existen para la medición de la rugosidad superficial. Saber describir el principio de trabajo
5. Bibliografía utilizada.
 - Metrología Dimensional (F. Hernández).
 - Mediciones Técnicas R. González y J. Toscano.
 - Notas de clases.
6. Normas Cubanas para la rugosidad superficial
NC 16 - 60
7. Orientaciones para el estudio.

Es necesario estudiar las notas de clases tomadas en la conferencia y estudiar esta materia por la bibliografía orientada.

El estado de acabado de las superficies de las piezas tiene en la construcción mecánica actual un papel de considerable importancia, ya que con el mismo se encuentran relacionados factores tan

interesantes como el desgaste, la resistencia, el comportamiento frente a la lubricación y la resistencia a la fatiga de los distintos elementos mecánicos.

Si bien en los elementos sometidos a esfuerzos estáticos, el estado superficial parece no tener una gran importancia, en cambio con las piezas cuyas superficies sometidas a rozamiento o en aquellas otras sometidas a esfuerzos de fatiga, el estado de la superficie puede jugar un papel decisivo sobre su compartimiento en servicio y en determinadas circunstancias este será mejor cuando mayor sea el grado de acabado.

Por otra parte, sin embargo, el alcanzar un alto grado de acabado superficial representa siempre un mayor costo de fabricación; de aquí el interés que presenta el establecimiento y adaptación de métodos precisos del estado superficial, cuyo empleo se está extendiendo de forma rápida en la industria de construcción mecánica.

El estado superficial tiene por otra parte influencia en los resultados de medición mecánica, especialmente cuando se trata de precisión.

Antes de estudiar los métodos corrientes utilizados para la determinación y medición del estado superficial, será útil recordar algunos conceptos fundamentales relacionados con este.

La superficie de un objeto o pieza es el límite que separa este objeto de otro objeto o sustancia contigua. Los planos de las piezas definen una superficie geométrica ideal para la misma, a la cual se da el nombre de superficie nominal pero los medios técnicos utilizados para la fabricación de las piezas no producen nunca una superficie real coincidente con una superficie nominal.

Las desviaciones entre la superficie nominal y la superficie real de la pieza es lo que se denominan irregularidades de superficies, diferenciándose en estos dos tipos: Las rugosidades y las ondulaciones.

Se denominan rugosidades de una superficie a las irregularidades finamente repetidas, cuya altura, anchura o paso y dirección determinan el estado de acabado superficial: como tal pueden ser consideradas las irregularidades producidas por el avance del filo de las herramientas, y son las que definen la forma macro geométrica de la superficie.

Las ondulaciones pueden ser el resultado de factores tales como: deformaciones de la máquina o la pieza durante el trabajo, las vibraciones, tratamientos térmicos o tensiones internas.

Para la determinación de la calidad de acabado de una superficie se tiene en cuenta la rugosidad del perfil, entendiéndose por perfil la intersección entre la superficie y un plano normal a la misma.

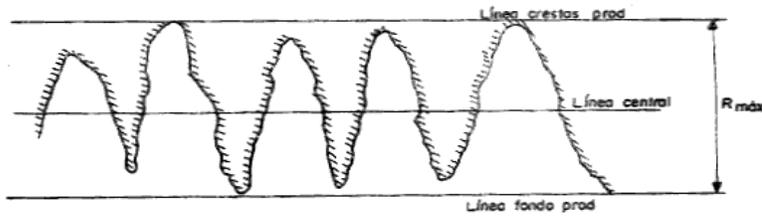


Figura 3.6: Perfil de igual rugosidad máxima (R_{max}).

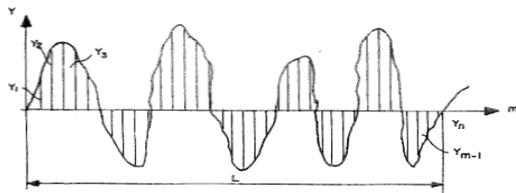


Figura 3.7: Definición de la rugosidad media aritmética (R_a).

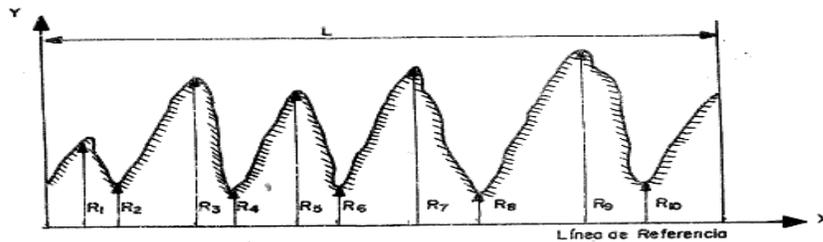


Figura 3.8: Definición de altura media promedio de la rugosidad (R_z).

Para definir la rugosidad de una superficie pueden utilizarse tres métodos diferentes, siendo los valores que se utilizan para su definición de diferentes procedimientos.

- La altura de las rugosidades máximas (R_{maz}).
- La altura media geométrica (R_z).
- La altura media aritmética (R_a).

La altura de las rugosidades máximas, es la distancia existente entre el pico más alto y el valle más profundo, del perfil analizado, a lo largo de la longitud demuestra considerada figura 3.6. Este valor es la medida de laprofundidad total. En la figura 3.7 representa la altura media geométrica que viene matemáticamente definida por la fórmula:

$$R_z = \frac{(R_1 + R_3 + \dots + R_9) - (R_2 + R_4 + \dots + R_0)}{5}$$

La altura media aritmética está representada en Figura 3.8 que viene dada por la fórmula matemática siguiente:

$$R_a = 1/L \int_0^L y_i/dx \quad R_a = \left(\sum_{i=1}^n y_i/n \right)$$

L - Longitud de la posición

y_i - Ordenadas con respecto a la línea media

n - Número de ordenadas tomadas.

8. Principales medios a utilizar.

9. Tareas a realizar durante el desarrollo de la práctica.

a. Determinación por comparación visual y al tacto rugosidad de muestras.

Determine la rugosidad superficial de las diferentes superficies analizadas, determinando los parámetros R_a y R_z por comparación visual y al tacto. Haga un croquis de las muestras señale la rugosidad de sus superficies.

La utilización de muestras patrones de rugosidad, es el método más empleado en los talleres de maquinado y consiste en comparar la superficie a analizar contra muestras de diferentes materiales y elaboradas mediante diferentes procesos de maquinado, se puede mediante la ayuda de la sensación del tacto y la visión operarios con experiencia pueden acercarse bastante en la estimación de superficies.

El método solo puede considerarse como exacto cuando el material y el proceso de elaboración de la muestra coinciden con las empleadas en la obtención de la pieza.

b. Mediciones de muestra o pieza mediante el rugosímetro. Mediante este equipo puede determinarse la magnitud de las rugosidades superficiales R_a de una pieza cualquiera mediante una lectura directa lo que facilita grandemente el trabajo de medición ya que el hombre se limita solo a su control y a tomar notas de las mediciones realizadas.

10. Contenido del informe.

- Alumno.

- Título de la práctica.
- Objetivos.
- Introducción (fundamentos teóricos del tema).
- Desarrollo (explicación de las tareas realizadas, croquis, cálculos, tablas, gráficos, etc.).
- Conclusiones

3.1.5 Práctica de laboratorio No 5.

1. Título.
Medición de ruedas dentadas.
2. Tiempo de duración.
2 horas.
3. Objetivos a lograr.
 - Medir los parámetros geométricos de los elementos dentados para poder estimar el error de estos elementos y su precisión.
4. Requisitos Previos.
 - Identificar los parámetros constructivos en un en una rueda dentada.
 - Conocer los métodos que existen para el control de los parámetros de una rueda dentada.
5. Conocer los instrumentos empleados para la medición de estos elementos
6. Bibliografía utilizada.
 - La medición en el taller mecánico.
S. Estévez Samolino. Capítulo 6.
 - Notas de clases, folletos de texto.
 - Mediciones Técnicas R. González y J. Toscano.
7. Orientaciones para el estudio.

Es necesario estudiar las notas de clases tomadas en la conferencia” medición de ruedas dentadas” y estudiar esta materia por la biografía orientada.

Los elementos dentados: ruedas, piñones y cremallera, juegan hoy un papel como partes integrantes de toda clase de máquina, motores y aparatos mecánicos. Combinados y acoplados

entre sí, constituyen los denominados engranajes, que sin lugar a duda son en la actualidad el medio mecánico más utilizado para la transmisión y transformación del movimiento.

El empleo de engranajes para la transmisión y transformación del movimiento, abarca un amplísimo campo de las potencias y velocidades, así como una gran diversidad de condiciones de uso y de funcionamiento. La consecuencia de esto, así como de las diferentes exigencias en la precisión de su forma y dimensiones.

Un elemento dentado se caracteriza por la posesión de una parte o superficie dentada, es decir, constituida por una serie salientes (dientes) y entrantes (huecos) de forma geométrica determinada de acuerdo con su especial función de acoplamiento (engranaje) con otra superficie análoga a la que debe transmitir o de la que recibe su movimiento.

Las condiciones de funcionamiento de los engranajes en cuanto a regularidad y uniformidad de la transmisión de esfuerzo y el movimiento, así como su comportamiento en servicio en lo que se refiere a desgastes anormales y ruido, depende directamente de la precisión con que la forma efectiva del dentado se aproxima a la forma teóricamente ideal de este dentado.

Las formas y dimensiones del dentado vienen determinadas por la serie de datos geométricos, y su verificación total, consiste en la medición de estos datos o su comprobación para constatar que sus valores se encuentran dentro de las tolerancias admitidas.

Con el caso del engranaje, la verificación completa de un dentado es largo y complicado más, aun teniendo en cuenta que la presencia de determinados errores en algunas de las magnitudes determinantes de la forma, pueden influir en el resultado de las dimensiones de ellas, con otras relacionadas.

Planteando, así el problema, es práctica corriente en los talleres de construcción mecánica, recurrir a la verificación parcial, midiendo o comprobando aquellas características del dentado, que son determinantes del correcto funcionamiento de los engranajes para cada caso correcto. En otros casos se recurre a una verificación del error global que puede existir en un engranaje, formando por el par de elemento dentado que deben trabajar engranados. Este último método es frecuentemente utilizado en la comprobación de fabricación en serie, que no requieren especiales condiciones de precisión. Cuando se recurre a la verificación parcial deben tenerse bien en cuenta las exigencias particulares de precisión según la finalidad en la pieza, para fijar las series de comprobaciones que deben realizarse. Así por ejemplo, en los engranajes cuyo fin primordial es transmitir una potencia elevada sin que cueste mucho la precisión o constancia de la velocidad,

tal como en cajas de cambio de velocidades para vehículos, bastará en general con verificar el correcto engranaje de las piezas dentadas, en cambio en los engranajes de las máquinas herramientas, es con frecuencia elevada la precisión y constancia de la velocidad, por lo que las verificaciones realizadas pueden influir decisivamente, en la precisión de las piezas elaboradas.

Las verificaciones de elementos del dentado más corriente practicadas pueden reducirse a las siguientes:

- Verificación del perfil de los dientes.
- Verificación del espesor del diente.
- Verificación del intervalo entre diente.
- Verificación de la división angular.
- Verificación de la excentricidad.
- Verificación de la distorsión de los dientes.
- Verificación de la distancia entre ejes.

Además de estas verificaciones se practica en los engranajes rectificadas o terminados por un proceso de alto grado de acabado, la verificación de la rugosidad superficial de los flancos.

Parámetros principales de los engranajes. Los parámetros principales de los elementos dentados son:

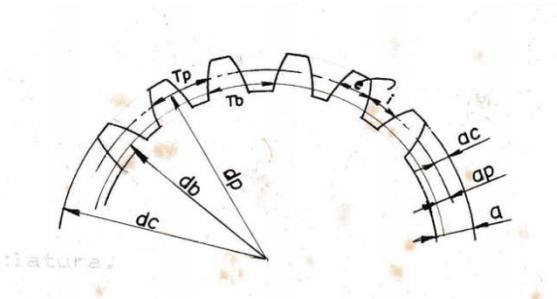


Figura 3.9: Parámetros principales de los engranajes.

Nomenclatura.

d_p – diámetro del círculo primitivo.

d_c – diámetro del círculo de cabeza.

d_b – diámetro del círculo base.

t_p – paso circular.

t_b – paso base.

e – grueso del diente.

i – hueco entre diente.

a - altura del diente.

ac – altura de la cabeza.

ap - altura del pie.

a – ángulo presión.

8. Principales medios a utilizar.

- Pie de rey para medir dentados.
- Proyector de perfiles.
- Ruedas dentadas.

9. Tareas a realizar durante el desarrollo de la práctica.

a. Medición con el micrómetro para engranaje.

Medición indirecta del espesor del diente por comprobación de la medida sobre un número K de dientes.

Este método de medición del espesor, constituye el mejor método para verificación del espesor del diente, la exactitud del mismo supera el método anterior y puede realizarse con varios instrumentos, con el micrómetro para mediciones de dentado cuya precisión es de 0,01mm, el pie de rey, calibrador con indicador.

El micrómetro para mediciones de dentado es similar al micrómetro palmer, pero con la diferencia que sus topes están formados por discos. Al efectuarse la medición dichos discos deben palpar muy cerca el diámetro primitivo pudiéndose comparar la medida efectiva con la teórica hasta que concuerden dentro del campo de tolerancia de no ser así está defectuoso.

Se efectuarán tres mediciones y se promediarán obteniéndose la longitud (w) promedio, determinándose entonces el valor del error

b. Medición de algunos parámetros de los engranajes utilizando el proyector de perfiles

10. Contenido del informe.

- Alumno.
- Título de la práctica.
- Objetivos.
- Introducción (fundamentos teóricos del tema).

- Desarrollo (explicación de las tareas realizadas, croquis, cálculos, tablas, gráficos, etc.).
- Conclusiones.

3.1.6 Práctica de laboratorio No 6

1. Título

Medición de roscas.

2. Tiempo y duración.

2 horas

3. Objetivos a lograr.

- Saber determinar las dimensiones de los parámetros fundamentales de las roscas.

4. Requisitos previos.

- Saber identificar los parámetros constructivos en el perfil de una rosca.
- Conocer los medios que existen para la medición de los parámetros de las roscas tanto manuales como con máquinas de medición.

5. Bibliografía utilizada.

- La medición en el taller mecánico. S. Estévez Samolino.
- Notas de clases, folletos de texto.
- Mediciones Técnicas R. González y J. Toscano.

6. Orientaciones para el estudio.

Las uniones roscadas están formadas por un tornillo o eje roscado exteriormente que se introduce en una tuerca o agujero roscado interiormente. Estas uniones son extensamente utilizadas en las construcciones mecánicas y se pueden clasificar en dos grupos principales.

- 1- La rosca de unión cuya finalidad es unir sólidamente varias piezas por roscado del tornillo sobre la tuerca o inversamente.
- 2- La rosca de movimiento, en las cuales el sistema de tornillo y tuerca se utiliza para transformar un movimiento de giro en un movimiento de rectilíneo en sentido paralelo al eje de giro.

La superficie roscada son una forma geométrica compleja definida por una serie de parámetros distintos y que están relacionada, de aquí las dificultades que surgen por su comprobación.

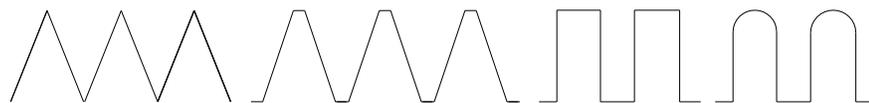
Los métodos utilizados para resolver estos problemas pueden clasificarse en dos grupos.

- Verificación por una medición separada de cada una de los parámetros que definen la rosca.
- Verificación conjunta (calibres de tolerancia).

Métodos y medios:

- directo
- indirecto – trigonométrico
- comparación

De acuerdo al perfil del filete de rosca, estas pueden ser figura 3.10



Triangulares Trapezoidales Cuadradas Redondas

Figura 3.10: Perfiles de roscas.

Las roscas de unión, son generalmente triangulares. Figura 3.11

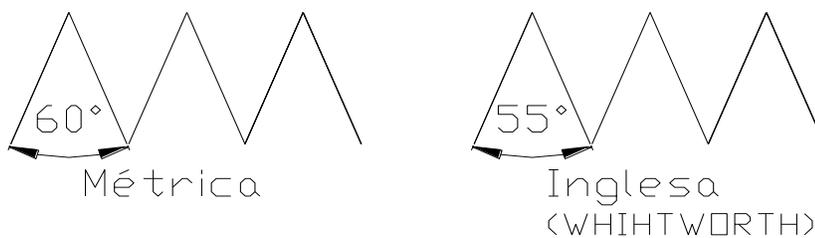
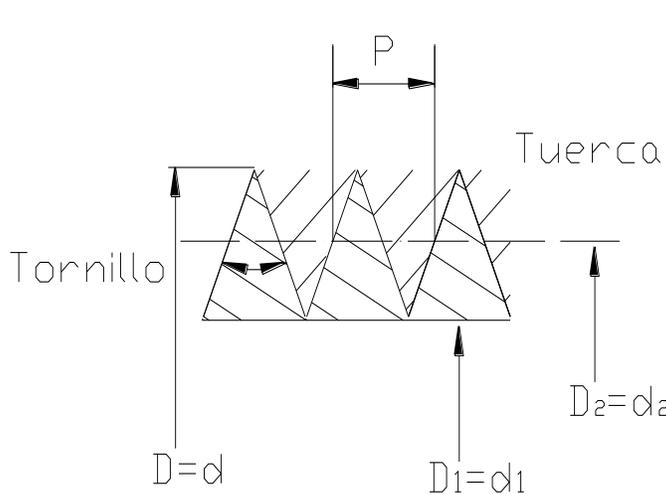


Figura 3.11: Roscas de unión



Parámetros fundamentales

$D-d$ --- Diámetro exterior nominal de la tuerca y tornillo.

D_2-d_2 --- Diámetro medio nominal de tuerca y el tornillo.

D_1-d_1 – Diámetro interior nominal de la tuerca y el tornillo.

P ----- Paso de rosca.

Dimensiones según NC 16 – 37.

Figura 3.12: Características de la rosca.

Errores en la construcción de roscas.

Los parámetros que pueden ser causas de rechazo de las roscas.

- Diámetro exterior.
- Diámetro interior.
- Diámetro medio.
- Paso.
- ángulo del perfil.

En su control deben ser verificados todos estos parámetros y existe dos formas.

- Verificación de cada parámetro por separado.
- Verificación conjunta (calibre).

Los elementos roscados deben ser intercambiables. Mediante el sistema de tolerancia se garantiza esta intercambiabilidad. Estandarizados según NC 16-46.

7. Principales medios a utilizar.

- Calibres planos.
- Proyector de perfiles.
- Piezas roscadas.

8. Tareas a realizar durante el desarrollo de la práctica.

- a. Medición del paso de la rosca utilizando calibres planos.
- b. Medición de parámetros por separado de la rosca utilizando el proyector de perfiles.

9. Contenido del informe.

- Alumno.
- Título de la práctica.
- Objetivos.
- Introducción (fundamentos teóricos del tema).
- Desarrollo (explicación de las tareas realizadas, croquis, cálculos, tablas, gráficos, etc.).
- Conclusiones.
- Montaje en Moodle de la asignatura mediciones técnicas.

- Conclusiones parciales.

3.2 Otras consideraciones.

Estas guías serán entregadas a los estudiantes con tiempo suficiente de antelación para su autopreparación.

Las mismas siguen una metodología uniforme tratando que para los estudiantes su lectura y estudio sea más factible y puedan seguir un hilo conductor.

Para la impartición de estas prácticas el grupo de estudiante debe ser subdividido en grupos de no más de 10 estudiantes, teniendo en cuenta la cantidad de puestos de trabajo y las dimensiones del local del laboratorio.

Este local cuenta con un sistema de climatización e iluminación suficientes para impartir las prácticas con la calidad requerida y que los estudiantes puedan adquirir las habilidades previstas en el plan de estudio.

Debe destacarse que en este trabajo finalmente estas guías de laboratorios, fueron colocadas en Molde, para que los estudiantes tengan más fácil acceso para estudiarlas y que estén a su alcance. También fueron colocadas las conferencias y las clases prácticas de la asignatura con el objetivo de poder autoprepararse mejor. Esto llevó un trabajo adicional del autor del trabajo pues fue preciso teclear todas esas actividades, que no era un objetivo inicial del trabajo.

Conclusiones parciales.

En este capítulo quedan confeccionadas las 6 guías para la impartición de las prácticas de laboratorio para el próximo curso de la asignatura mediciones técnicas, siguiendo una metodología y teniendo en cuenta el equipamiento existente.

CONCLUSIONES GENERALES.

1. Se realizó la búsqueda bibliográfica reflejando en el trabajo conceptos fundamentales de Metrología, así como aspectos relacionados con el equipamiento a utilizar en las prácticas.
2. Se elaboró un gráfico con las habilidades de la carrera de ingeniería mecánica, la disciplina procesos tecnológicos y la asignatura mediciones técnicas para ver su interrelación.
3. En el estudio realizado a los medios de medición existentes se detectaron las posibilidades para emplearlos en la realización de las prácticas de laboratorio, fundamentalmente el rugosímetro y el proyector de perfiles.
4. Resultaron reelaboradas seis guías para la impartición de las prácticas de laboratorio de la asignatura Mediciones Técnicas.

RECOMENDACIONES.

1. Realizar intercambio con los miembros de la disciplina Dibujo en cuanto a los contenidos, teniendo en cuenta que en el plan E la asignatura se imparte en el primer semestre de segundo año.
2. Elaborar algunos medios que no existen actualmente para la impartición de las prácticas.
3. Editar de ser posible un folleto con las guías de las prácticas para ser publicado y que sirva de bibliografía para los estudiantes.

BIBLIOGRAFÍA

Angostos Acedo, M. (2012). *Desarrollo y análisis de un procedimiento operatorio para la medición de piezas circulares mediante proyector de perfiles*. (Tesis de Grado) Universidad politécnica de Cartagena. Cartagena de Indias, Colombia. Recuperado de:

<https://www.google.com.cu/search?source=hp&ei=yfcIXfiQHlvI5gLV87PIAQ&q=Proyecto+de+carrera>

Belarbi, A. (2006). *La importancia de los laboratorios*. Recuperado de:

<http://www.imcyc.com/revistact06/dic06/INGENIERIA.pdf>

Bequer, P. (2016). *Laboratorio de Mediciones Técnicas para la formación del Ingeniero Mecánico de la Universidad de Cienfuegos*. (Tesis presentada en opción al grado de Ingeniero Mecánico). Universidad “Carlos Rafael Rodríguez”, Cienfuegos, Cuba.

Calibración de instrumentos de alta exactitud. Laboratorio acreditado y certificado. (2011).

EMA. Recuperado de:

<http://www.calibracion.com.mx/calibracion-instrumentos/calibracion-instrumentos.html>

Castrillón, J. E. (2016). *Fundamentos de Metrología*. Recuperado de:

<http://es.slideshare.net/javiercastrillon/conceptos-basicos-metrologia-3582469>

Contreras Aldana, E. A., & García López, E. A. (2010). *Diseño y construcción de un laboratorio básico de Metrología dimensional como apoyo de la asignatura máquinas térmicas alternativas*. Recuperado de:

<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/5946/2/136198.pdf>

Decreto Ley No. 62. Gaceta Oficial de la República de Cuba. Ciudad de La Habana. (1982, de diciembre). Recuperado de:

<http://www.nc.cubaindustria.cu/Documentos/DL%2062%20SI.pdf>

Decreto-Ley número 183 de la Metrología. Oficina Nacional de Normalización. (1998, febrero).

Recuperado de:

http://www.nc_otc.cubaindustria.cu/contenido/DECRETOLEY183.pdf

Díaz Lucea, J. D. L. (1999). *La enseñanza y aprendizaje de las habilidades y destrezas motrices básicas*. España. Recuperado de:

https://books.google.com/cu/books?id=QvKHmPxkG8C&printsec=frontcover&dq=habilidades&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=habilidades&f=false

Diego Quinter, J. o. (2010). *Apuntes de Metrología*. Recuperado de:

https://www.google.com/cu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjY691l fPNAhWCRyYKHeQDMoQFggmMAI&url=http%3A%2F%2Ffunivirtual.utp.edu.co%2Fpandora%2Frecursos%2F0%2F901%2F901.docx&usg=AFQjCNF4UXr3QVKLfcLU72JXWQnpTGE_Q&bvm=bv.127178174,d.eWE

Esquibel, M. (2013, October 8). *Importancia del laboratorio*. Recuperado de:

<https://yara1221didacticacn.wordpress.com/2013/10/08/importancia-del-laboratorio/>

Franco, I. (2006). *Metrología. Tipos de Metrología. ¿Qué es un patrón de medida?* Recuperado de:

<http://www.monografias.com/trabajos53/metrologia-y-calidad/metrologia-y-calidad2.shtml>

García, C. (2013). *¿Cuál es la diferencia entre exactitud y precisión?* Recuperado de:

<http://www.midebien.com/consejos-practicos-para-medir-bien/cual-es-la-diferencia-entre-exactitud-y-precision>

García Fernández, O. (2016). *Conceptos básicos de Metrología dimensional*. Recuperado de:

<https://es.scribd.com/doc/48608332/CONCEPTOS-BASICOS-DE-METROLOGIA-DIMENSIONAL>

Hernández Leonard, A. Jandra R., & Reyes Ponce, Y. (2013). *Institución Auspiciadora de la Academia de Ciencias de Cuba cincuenta años de aseguramiento metrológico a la economía cubana: instituto nacional de investigaciones en Metrología*, (Revista Anales de la Academia de Ciencias de Cuba). Vol.3, (2), p.65

Hernández Sardiñas, F. del C. (1986). *Metrología Dimensional*. Marianao, Ciudad de La Habana: ISPJAE.

Lesso, R., Gutiérrez, S. (2015). *Manual De Prácticas Para Un Proyector De Perfiles Mitutoyo Pj-300*. Recuperado de:

<https://livrosdeamor.com.br/documents/manual-de-praticas-para-un-proyector-de-perfiles-mitutoyo-pj-300-5c020ada1a105>

López Cañero, J. (2016). *Redes de evacuación* (1era ed.). Madrid. España. Recuperado de:

https://books.google.com/cu/books?id=k3-mCwAAQBAJ&pg=PA12&dq=metrolog%C3%ADa+dimensional+se+encarga+de+estudiar+las+m%C3%A9tricas+de+medici%C3%B3n+que+determinan+correctamente+las+magnitudes+lineales&hl=es&sa=X&ved=0ahUKewjh57S7z_PNAhVKQiyKHX6OAvYQ6AEIzAC#v=onepage&q=metrolog%C3%ADa%20dimensional%20se%20encarga%20de%20estudiar%20las%20m%C3%A9tricas%20de%20medici%C3%B3n%20que%20determinan%20correctamente%20las%20magnitudes%20lineales&f=false

Manual de buenas prácticas de laboratorio. (2007). Recuperado de:

http://www.icb.csic.es/fileadmin/prevencion/Buenas_pr%C3%A1cticas_de_Laboratorio.pdf

Martín Brito, L. (2009). *¿Qué es un instrumento de medición?* Recuperado de:

<http://www.taringa.net/post/apuntes-y-monografias/15479694/Que-es-un-instrumento-de-medicion.html>

Martín Sánchez, M. J., & Sevilla Hurtado, L. (2005). *Metrología dimensional*. Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico de la Universidad de Málaga. España.

Metrología Dimensional. El calibrador universal. (2009). Jalisco, México. Recuperado de:

<http://www.metas.com.mx/guia-metas/la-guia-metas-09-11-metrologia-dimensional.pdf>

Metrología dimensional. Generalidades y definiciones. (2016). Consultado en:

<http://www.buenastareas.com/ensayos/Metrologia-Dimensional/82220086.html>

Metrología y mecánica de banco. Protocolo. Curso de procesos de manufactura. (2007).

Escuela. Colombiana de Ingeniería. “Julio Garavito”. Recuperado de:

http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/2733_metrologia.pdf

Mora Campo, I. (2010). *Situación de la Metrología en Colombia.* (Tesis de Grado). Universidad Internacional de Andalucía, España. Recuperado de:

http://dspace.unia.es/bitstream/handle/10334/2464/0426_Mora.pdf?sequence=1

Normalización. Publicación de la oficina nacional de normalización. (2014). La Habana.

Recuperado de:

<http://www.inimet.cubaindustria.cu/documentos/Noticias/Revista%20Normalizaci%C3%B3n%201-2014.pdf>

Pérez, D. (2012). *Metrología dimensional. Definiciones y generalidades.* Recuperado de:

<http://www.imh.eus/es/comunicacion/dokumentazio-irekia/manuales/proyecto-medicion-tridimensional-en-fabricacion-mecanica-con-equipos-portables/metrologia-dimensional>

Proyector de perfiles. (2008). Recuperado de:

<file:///C:/Users/Administrador/Desktop/Busqueda19072016/Proyector%20de%20Perfiles.htm>

Restrepo Díaz, J. (2007). *Metrología. Aseguramiento metodológico industrial* (Revista Científica). Vol. 2. Recuperado de:

[https://books.google.com/cu/books?id=jH_Cmv0R7V8C&pg=PA37&dq=metrolog%C3%ADa+dimensional+se+encarga+de+estudiar+las+t%C3%A9cnicas&hl=es&sa=X&ved=0ahUKewi14Mb1yvPNAhUKJCYKHamEDOkQ6AEIGjAA#v=onepage&q=metrolog%C3%ADa%20dimensional%20se%20encarga%20de%20estudiar%20las%20t%C3%A9cnicas&false](https://books.google.com/cu/books?id=jH_Cmv0R7V8C&pg=PA37&dq=metrolog%C3%ADa+dimensional+se+encarga+de+estudiar+las+t%C3%A9cnicas&hl=es&sa=X&ved=0ahUKewi14Mb1yvPNAhUKJCYKHamEDOkQ6AEIGjAA#v=onepage&q=metrolog%C3%ADa%20dimensional%20se%20encarga%20de%20estudiar%20las%20t%C3%A9cnicas&=false)

Rodríguez del Rey, C. (2012). *Metrología dimensional: generalidades, dimensiones y tolerancias geométricas, definiciones, sistemas ISC de tolerancias, cálculo de ajustes y tolerancias.* Recuperado de:

<https://todoingenieriaindustrial.wordpress.com/metrologia-y-normalizacion/2-6-metrologia-dimensional/>

Rugosímetro TR200 TIME portátil. (2012). Recuperado de:

<https://19072016/RUGOSIMETRO%20TR200%20TIME%20PORTATIL%20..%20Tecnimetal.htm>

ANEXOS

Anexo 1: Plan de impartición 2018 – 2019. Carrera Ingeniería Mecánica Presencial.
Primer Año

Plan Impartición 18-19							
CARRERA INGENIERÍA MECÁNICA PRESENCIAL							
PRIMER AÑO							
PRIMER SEMESTRE				SEGUNDO SEMESTRE			
ASIGNATURA	FT	EVAL	Profesor	ASIGNATURA	FT	EVAL	Profesor
Matemática I	96	EF		Matemática II	80	EF	
Álgebra lineal y Geom. Analítica	64	EF		Química General	80	ES	
Informática I (D-138/10)	40	ES		Filosofía y Sociedad. (D-188/12)	64	EF	
Geometría Descriptiva (D-138/10)	54	ES	Victor Mencia	Física I	80	EF	
Introducción a la Ingeniería Mecánica	48	TC	Rogelio Hernández / Frank	Dibujo I (D-138/10)	54	ES	Victor Mencia
Historia de Cuba (D-124/09)	64	EF		Electiva I (2)	32	ES	
Electiva I (1)	32	ES		Español p/ extranjeros	32	ES	
Español p/ extranjeros	32	ES		Educación Física II	48	ES	
Educación Física I	48	ES					
TOTAL DE HORAS	478			TOTAL DE HORAS	472		
TOTAL EXÁMENES POR SEMESTRE		3		TOTAL EXÁMENES POR SEMESTRE		3	
HORAS/SEMANA:				HORAS/SEMANA:			

Plan de impartición 2018 – 2019. Carrera Ingeniería Mecánica Presencial. Segundo Año

SEGUNDO AÑO							
PRIMER SEMESTRE				SEGUNDO SEMESTRE			
ASIGNATURA	FT	EVAL	Profesor	ASIGNATURA	FT	EVAL	Profesor
Física II	80	EF		Física III	64	EF	
Matemática III (D-138/10)	72	EF		Electricidad aplicada a la Ing.Mec I	64	EF	Julio Gómez, Felix Montero
Mecánica Teórica I (D-138/10)	68	EF	Pedro Fundora	Mecánica Teórica II (D-138/10)	68	EF	Pedro Fundora
Economía política I (D-188/12)	40	ES		Probabilidades y Estadística	64	ES	
Dibujo Mecánico II (D-138/10)	60	ES	Regino Alvarez	Teoría Socio Política (D-188/12)	32	ES	
Pedagogía	32	ES		Informática II	32	ES	
Seguridad Nacional (D-123/09)	36	TC		Defensa Nacional (D-123/09)	44	TC	
Electiva II (3)	32	ES		Economía política II (D-188/12)	30	EF	
Español p/extranjeros	32	ES		Electiva II (4). Taller de Maquinado	32	ES	Rogelio Hernández
Educ. Física III	48	ES		Español p/extranjeros	32	ES	
				Educ. Física IV	48	ES	
TOTAL DE HORAS	500			TOTAL DE HORAS	510		
TOTAL EXÁMENES POR SEMESTRE		3		TOTAL EXÁMENES POR SEMESTRE		3	
HORAS/SEMANA:				HORAS/SEMANA:			

Tercer Año

TERCER AÑO							
PRIMER PERIODO				SEGUNDO PERIODO			
ASIGNATURA	FT	EVAL	Profesor	ASIGNATURA	FT	EVAL	Profesor
Teoría de los Mecanismos (D-138/10)	56	TC	Pedro Fundora	Informática III	48	ES	Gennier Conyedo
Termodinámica Técnica. I (D-138/10)	54	EF	Mario Álvarez/ Mario Sergio	Termodinámica Técnica. II	48	EF	Mario Alvarez
Resistencia de los Mat. I	64	EF	Jesus del Junco	Resistencia de los Mat. II	48	EF	Jesus del Junco
Ciencias de los Mat. I	48	EF	Yosbany LLody	Ciencia de los Mat. II	32	ES	Yosvany llody
Mediciones Técnicas (D-138/10)	50	ES	Rogelio Hernández	Elementos Finitos I (Estática) (D-138/10)	48	EF	Ariel Cogollos
Elec. Aplic a la Ing Mec II	48	ES	Julio Gomez	Mecánica de los Fluidos I (D-138/10)	54	EF	Reinier Jiménez
Procesos Tecnológicos I (D-138/10)	48	EF	Frank Hernández	Procesos tecnológicos II (D-138/10)	52	TC	Yabiel perez
Electiva III (5). Matlab para Ingenieros	32	TC	Roy reyes	Vibraciones Mecánicas	32	ES	Ariel Cogollos
				Electiva III (6) . Fuentes Renovables de Energia	32	ES	Yamilé Rodriguez
				Metodología Investigación Científica	24	ES	Victor Millo
TOTAL DE HORAS	400			TOTAL DE HORAS	418		
TOTAL EXÁMENES POR SEMESTRE		4		TOTAL EXÁMENES POR SEMESTRE		4	
HORAS/SEMANA:				HORAS/SEMANA:			

TERCER PERIODO			
ASIGNATURA	FT	EVAL	Profesor
Elementos Finitos II	32	EF	Ariel Cogollos
Proyecto de Ing. Mecánica. I	40	TC	Yosvany Ilody
Práctica profesional I	144	No	Leonel Diaz tato
Seminario I	16	ES	Servicio
TOTAL DE HORAS	232		
TOTAL EXÁMENES POR SEMESTRE		1	
HORAS/SEMANA:			

Cuarto Año

PRIMER PERIODO				SEGUNDO PERIODO			
ASIGNATURA	FT	EVAL	Profesor	ASIGNATURA	FT	EVAL	Profesor
Elementos de Máquinas I (D-138/10)	54	EF	Juan Noa	Elementos de Máquinas II (D-138/10)	70	TC	Juan Noa
Problemas Sociales de la Ciencia y la Tecnol.	32	ES		Máq. Automotrices (D-138/10)	60	EF	José R Fuentes
Mec. De los Fluidos II (D-138/10)	54	EF	Reinier Jiménez	Sistemas de Mediciones Industriales	32	EF	Roy Reyes
Gestión Económica	48	ES		Gestión Empresarial	48	ES	
Transferencia de Calor (D-138/10)	54	EF	Jorge Luis Cabrera	Fundamentos de ingeniería del Mantenimiento	48	EF	Gabriel Castillo
Máquinas Térmicas	48	TC	Juan B Cogollos	Diseño Estadístico de Experimentos	24	ES	Roberto Damaso
Electiva IV (7) Solución de Averías	32	ES	Gennier Conyedo	Diseño termomec. de Equipos de Transferencia de Calor	32	ES	Jorge L Cabrera
				Electiva IV (8) (refrigerantes y Medio a	32	ES	b Alvarez / Sergio Mont
TOTAL DE HORAS	322			TOTAL DE HORAS	346		
TOTAL EXÁMENES POR SEMESTRE		3		TOTAL EXÁMENES POR SEMESTRE		3	
HORAS/SEMANA:				HORAS/SEMANA:			

TERCER PERIODO			
ASIGNATURA	FT	EVAL	Profesor
Proyecto de Ing. Mec. II	40	TC	Victor millo
Práctica profesional II	144	TC	Juan José Lopez
Seminario II.	16	ES	Servicio
TOTAL DE HORAS	200		
TOTAL EXÁMENES POR SEMESTRE		0	
HORAS/SEMANA:			

Quinto Año

QUINTO AÑO							
PRIMER PERIODO				SEGUNDO PERIODO			
ASIGNATURA	FT	EVAL	Profesor	ASIGNATURA	FT	EVAL	Profesor
Gestión de Calidad (opt II)	32	ES		Proyecto Ing. Mec. III D48/05	32	TC	CRESPO
Estrategia y tecnologías de Mantenimiento (opt III)	32	ES	Guillermo Garcia Varela	Práctica Profesional III D48/05	100	No	Frank Bastida
Generación Transporte y Uso Vapor (opt IV)	48	EF	Frank Bastida	Seminario III	16	ES	
Refrig, Vent y Aire acondicionado (opt V)	48	EF	Sergio Montelier				
Explotación del Transporte Automotor (opt VI)	48	TC	Victor Millo				
Gestión energética (opt VII)	48	TC	Felix Vazquez				
Electiva V. Selección y especificación de Materiales	32	ES	Julio Gomez				
TOTAL DE HORAS	288			TOTAL DE HORAS	148		
TOTAL EXÁMENES POR SEMESTRE		3		TOTAL EXÁMENES POR SEMESTRE		0	
HORAS/SEMANA:				HORAS/SEMANA:			

TERCER PERIODO			
ASIGNATURA	FT	EVAL	Profores
Trabajo de Prediploma	24	ES	Tutores
Trabajo de Diploma	600	TC	Tutores
TOTAL DE HORAS	624		
TOTAL EXÁMENES PERIODO			
HORAS/SEMANA:			

LEYENDA	
CURRÍCULO PROPIO	
CURRÍCULO ELECTIVO	
CURRÍCULO OPTATIVO	
NO CUENTAN EN TOTAL DE HORAS	
EXAMEN FINAL	EF
EVALUACIÓN SISTEMÁTICA	ES
TRABAJO DE CURSO	TC

Anexo 2: Plan de impartición para el Plan E Carrera Ingeniería Mecánica Presencial.
Los tres Año

PRIMER AÑO					
PRIMER SEMESTRE	HORAS	EVAL.	SEGUNDO SEMESTRE	HORAS	EVAL.
Matemática I	96	EF	Matemática II	96	EF
Química General	64	EF	Física I	80	EF
Historia de Cuba	52	EF	Filosofía y Sociedad	64	EF
Informática I	40		Informática II	40	
Dibujo básico	64		Dibujo Aplicado	96	
Introd. Ing. Mecánica	32		Electiva I	32	
Educación Física I	28		Educación Física II	28	
Horas semestrales	348		Horas semestrales	408	
Horas semanales	18.3		Horas semanales	21.5	
semana lectivas	19.0	3	semanas lectivas	19.0	3
Exámenes por semestre		3	Exámenes por semestre		3
SEGUNDO AÑO					
PRIMER SEMESTRE	HORAS	EVAL.	SEGUNDO SEMESTRE	HORAS	EVAL.
Matemática III	80	EF	Matemática Numérica	48	EF
Física II	80	EF	Dinámica	48	EF
Estática	48	EF	Mecánica de materiales I	48	EF
Mediciones Técnicas	48		Ciencia de los materiales	64	
Economía Política	64		Electricidad Aplicada	64	
Economía para Ingenieros	48		Electiva II	48	
Educación Física III	28		Educación Física IV	28	
PIMI (Metodología de la investigación (32)+ P. Profesional)				288	
Horas semestrales	368		Horas semestrales	320	
Horas semanales	24.5		Horas semanales	21.3	
semanas lectivas	15.0	3	semanas lectivas	15.0	3
Exámenes por semestre		3	Exámenes por semestre		3
TERCER AÑO					
PRIMER SEMESTRE	HORAS	EVAL.	SEGUNDO SEMESTRE	HORAS	EVAL.
Termodinámica	80	EF	Diseño de Elem. de máquinas	96	
Mecánica de materiales II	64	EF	Procesos tecnológicos II	48	
Mecánica de los fluidos	80	EF	Transferencia de calor	80	EF
Mecanismo	64		Máquinas Automotrices	60	EF
Procesos tecnológicos I	48		Fund. y Gest. del Mantenimiento	48	EF
Propia Mantenimiento y Transporte	48		Optativa I	48	
PIM II (Diseño estadístico de experimento (32) + P. Profesional)				288	
Horas semestrales	384		Horas semestrales	380	
Horas semanales	25.6		Horas semanales	25.3	
semanas lectivas	15		semanas lectivas	16.0	
Exámenes por semestre		3	Exámenes por semestre		3
CUARTO AÑO					
PRIMER SEMESTRE	HORAS	EVAL.	SEGUNDO SEMESTRE	HORAS	EVAL.
Preparación para la defensa	68	EF	Optativa III	48	
Elementos Finitos	48	EF	Problemas Sociales C y T	24	
Vibraciones	64		Trabajo de diploma	400	
Fuentes Renovables y Cogeneración de Energía	80	EF			
Sistemas de Med. y Automatización industrial	64				
Optativa II	48				
Horas semestrales	192		Horas semestrales	72	
Horas semanales	12.8		Horas semanales	12	
semanas lectivas	15.0		semanas lectivas	6	
Exámenes por semestre		3	Exámenes por semestre		
Electrónica Industrial	48				

Anexo 3: Proyector de Perfil



Proyector de Perfil. Fuente: ("Proyector de perfiles," 2008)

Anexo 4: Rugosímetro



Rugosímetro