



---

---

## TRABAJO PROFESIONAL

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO MECÁNICO**

QUE PRESENTA:

**JUAN ALBERTO ARGÜELLO GÓMEZ**

CON EL TEMA:

**“MANTENIMIENTO A LOS EQUIPOS DE PRACTICAS  
DE VIBRACIONES MECÁNICAS Y DINÁMICA”.**

MEDIANTE:

**OPCION X**

**(MEMORIA DE RESIDENCIA PROFESIONAL)**

## INDICE

1. INTRODUCCION.....	4
2. JUSTIFICACIÓN .....	5
3. OBJETIVOS.....	6
3.1 General.....	6
3.2 Específicos.....	6
4. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN QUE SE PARTICIPO .....	7
4.1 Antecedentes.....	7
4.2 Consolidación .....	7
4.3 Misión.....	8
4.4 Visión .....	8
4.5 Valores.....	9
4.6 Departamento de metal – mecánica.....	9
4.6.1 Objetivo general.....	9
4.6.2 Quehacer Profesional .....	10
5. PROBLEMAS A RESOLVER.....	10
6. ALCANCES Y LIMITACIONES.....	11
6.1 Alcances.....	11
6.2 Limitaciones.....	11
7. FUNDAMENTO TEORICO .....	12
7.1 Mantenimiento preventivo .....	12
7.1.1 Definición .....	12
7.1.2 Alcance.....	12
7.2 Beneficios del mantenimiento preventivo .....	13
7.3 Planeación del mantenimiento preventivo .....	13
7.4 Implementación del mantenimiento preventivo.....	14
7.5 Programación del mantenimiento preventivo .....	14
7.6 Control de mantenimiento preventivo.....	15
7.7 Definición de formatos de registro .....	15
7.7.1 Carta maquina:.....	15

7.7.2 Carta de mantenimiento: .....	15
7.7.3 Solicitud del mantenimiento: .....	16
7.7.4 Orden de trabajo.....	16
7.7.5 Historial del equipo .....	17
8. DESCRIPCIÓN GENERAL .....	18
8.1 Marco didacta para el estudio de las vibraciones.....	18
8.1.1 Descripción general.....	19
8.1.2 Especificaciones .....	19
8.1.3 Componentes característicos .....	21
8.2 Vibrómetro.....	24
8.3 Kit de mecanismos .....	25
9. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS .....	27
9.1 Verificación del funcionamiento de los equipos .....	27
9.2 Prueba de los equipos .....	27
9.3 Recomendaciones de operación.....	28
9.4 Elaboración de los manuales de prácticas .....	29
9.4.1 Practicas de Dinámica .....	30
9.4.2 Practicas de vibraciones mecánicas .....	31
9.5 Mantenimiento de los equipos .....	34
9.6 Control de mantenimiento .....	34
9.7 Registro de inspecciones periódicas .....	34
9.8 Resultados del mantenimiento .....	38
10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	39
11. BIBLIOGRAFIA .....	40
ANEXOS A – FORMATOS DE REGISTRO.....	41
ANEXOS B - LISTA DE PARTES DE LOS EQUIPOS.....	46
ANEXOS C – MANUALES DE PRACTICAS .....	52
Marco didáctico para el estudio de las vibraciones mecánicas .....	52
Practicas para la materia de Dinámica .....	52
Practicas para la materia de Vibraciones Mecánicas .....	61
Vibrómetro .....	73
Practica para la materia de vibraciones mecánicas y mantenimiento industrial .....	73

# INTRODUCCION

Las actividades realizadas en el laboratorio de Ingeniería Mecánica permiten comprender los conceptos más difíciles adquiridos en los salones de clases y logran conseguir una serie de competencias científicas. Además, son actividades que suelen ser atractivas para el alumnado, se consigue así captar su interés. Estas actividades favorecen el aprendizaje cooperativo, fomentando los lazos de compañerismo entre alumnos, punto esencial que los prepara para el futuro y ayuda a sus relaciones sociales. Su cierta informalidad crea un ambiente mas relajado que en las clases habituales, lo que mejora el desarrollo del aprendizaje.

Por estas razones tan importantes la realización de este proyecto de residencia tiene como principales objetivos la implementación de un programa de mantenimiento preventivo que nos permita alargar el funcionamiento de los equipos, asegurar que se encuentren en optimas condiciones de fiabilidad y que sean seguros de operar; así también el segundo principal objetivo es la creación de manuales de prácticas en base a las materias que se imparten en los salones de clases, con la finalidad de que los alumnos reafirmen los conocimientos adquiridos.

El mantenimiento preventivo consiste en la programación de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, calibración, limpieza, lubricación, que deben llevarse a cabo en forma periódica con base a un plan establecido, su finalidad es prevenir o detectar defectos para así evitar fallas, manteniendo los equipos de laboratorio en completa disposición y operación a los niveles y eficiencia óptimos.

## **2. JUSTIFICACIÓN**

Es indiscutible que todos los elementos están sujetos al deterioro de sus características físicas, y los equipos utilizados en los laboratorios de ingeniería mecánica no son la excepción, por lo que, es importante cuidar de estos equipos para que funcionen correctamente y así brinden el servicio para el cual fueron diseñados con el máximo rendimiento y de una manera económica, por estas razones surge la necesidad de crear un plan de mantenimiento preventivo para cada uno de estos equipos, para poder así darles atenciones tales como, limpieza, lubricación, pruebas, etc.

Por lo anterior nacen los programas de mantenimiento preventivo, inspeccionar para detectar condiciones que puedan conducir a fallas imprevistas. Por consiguiente el objeto de esta obra es presentar un programa de mantenimiento preventivo, aplicado a los equipos de prácticas de vibraciones mecánicas y dinámica, involucrando todos los aspectos importantes que deben considerarse para lograr la efectividad del mantenimiento.

## 3. OBJETIVOS

### 3.1 General

- Mantener en óptimas condiciones de uso y funcionamiento a los equipos de prácticas de vibraciones mecánicas y dinámica del laboratorio de ingeniería mecánica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

### 3.2 Específicos

- Realizar jornadas periódicas de limpieza y mantenimiento preventivo a los equipos.
- Aprender a realizar mediante una secuencia metodológica el mantenimiento preventivo y correctivo
- Evitar que el equipo tenga servicios asistenciales no programados y causar problemas en las prácticas que realizan los alumnos.
- Mantener un alto índice de operatividad de los equipos
- Fomentar y concientizar la cultura del mantenimiento preventivo el cual permitirá realizar grandes ahorros a la institución.
- Disminuir costos, aumentar eficiencia y eficacia en el soporte tecnológico de los equipos.
- Realizar y mantener el inventario actualizado de los equipos.
- Elaboración de fichas técnicas y registros históricos donde se registraran información relevante del estado situacional.
- Elaboración de manuales de prácticas para cada equipo.

## **4. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN QUE SE PARTICIPO**

### **4.1 Antecedentes**

En la década de los 70's, se incorpora el estado de Chiapas al movimiento educativo nacional extensión educativa, por intervención del Gobierno del Estado de Chiapas ante la federación.

Esta gestión dio origen a la creación del Instituto Tecnológico Regional de Tuxtla Gutiérrez (ITRTG) hoy Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG).

El día 23 de agosto de 1971 el Gobernador del Estado, Dr. Manuel Velasco Suárez, colocó la primera piedra de lo que muy pronto sería el Centro Educativo de nivel medio superior más importante de la entidad.

El día 22 de octubre de 1972, con una infraestructura de 2 edificios con 8 aulas, 2 laboratorios y un edificio para talleres abre sus puertas el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez con las carreras de Técnico en Máquinas de Combustión Interna, Electricidad, Laboratorista Químico y Máquinas y Herramientas.

### **4.2 Consolidación**

En el año 1974 dio inicio la modalidad en el nivel superior, ofreciendo las carreras de Ingeniería Industrial en Producción y Bioquímica en Productos Naturales.

En 1980 se amplió la oferta educativa al incorporarse las carreras de Ingeniería Industrial Eléctrica e Ingeniería Industrial Química.

En 1987 se abre la carrera de Ingeniería en Electrónica y se liquidan en 1989 las carreras del sistema abierto del nivel medio superior y en el nivel superior se reorientó la oferta en la carrera de Ingeniería Industrial Eléctrica y se inicia también Ingeniería Mecánica.

En 1991 surge la licenciatura en Ingeniería en Sistemas Computacionales.

Desde 1997 el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez ofrece la Especialización en Ingeniería Ambiental como primer programa de postgrado.

En 1998 se estableció el programa interinstitucional de postgrado con la Universidad Autónoma de Chiapas para impartir en el Instituto Tecnológico la Maestría en Biotecnología.

En el año 1999 se inició el programa de Maestría en Administración como respuesta a la demanda del sector industrial y de servicios de la región.

A partir de 2000 se abrió también la Especialización en Biotecnología Vegetal y un año después dio inicio el programa de Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica y la Licenciatura en Informática.

### **4.3 Misión**

Formar de manera integral profesionales de excelencia en el campo de la ciencia y la tecnología con actitud emprendedora, respeto al medio ambiente y apego a los valores éticos

### **4.4 Visión**

Ser una Institución de excelencia en la educación superior tecnológica del Sureste, comprometida con el desarrollo socioeconómico sustentable de la región



## **4.5 Valores**

- El ser humano
- El espíritu de servicio
- El liderazgo
- El trabajo en equipo
- La calidad
- El alto desempeño

## **4.6 Departamento de metal – mecánica**

Se trata de uno de los departamentos más relevantes del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, englobando más de 15 personas entre profesores y encargados de laboratorio, a las que hay que añadir numerosos alumnos que participan en proyectos de investigación e innovación educativa, en colaboración con empresas y otros departamentos universitarios.

### **4.6.1 Objetivo general**

Formar profesionales con actitud y capacidad para desarrollar, investigar y aplicar conocimientos científicos y tecnológicos en áreas de la ingeniería mecánica, como: energía, fluidos, diseño, manufactura, automatización, control, materiales, montaje y mantenimiento de equipo, entre otras; apto para asignar, utilizar y administrar los recursos humanos y materiales en forma segura, racional, eficiente y sustentable; con disposición creativa y emprendedora; con fundamentos éticos y comprometido, en todo momento, con el bienestar de la sociedad.

#### **4.6.2 Quehacer Profesional**

La Ingeniería Mecánica deberá desempeñar un rol fundamental en los esfuerzos del país por elevar su competitividad internacional, entre otros campos. Las características de las modernas tecnologías apuntan hacia los altos niveles de automatización, flexibilidad y computarización. Algunas áreas del futuro serán la mecatrónica, la fotónica, los diseños y procesos asistidos por computadora y los nuevos materiales, tales como los metales y las resinas.

### **5. PROBLEMAS A RESOLVER**

Muchos de los equipos con que cuenta el laboratorio de ingeniería mecánica no se les da el uso adecuado para la realización de prácticas y no reciben un buen mantenimiento, esto es debido a la falta de manuales en los cuales se establezcan los pasos a seguir para la realización correcta de las practicas, así como también no se cuentan con los manuales de procedimientos de mantenimiento para llevar un control de cada equipo.

De acuerdo a lo anterior podemos decir que el principal problema a resolver es elaborar un programa anual de mantenimiento preventivo, así como los programas mensuales y semanales derivados de este, conjuntamente con la elaboración de manuales de prácticas para cada equipo, estos manuales se realizaran conforme a las materias que se imparten en la carrera de ingeniería mecánica con la finalidad de complementar el conocimiento adquirido por los alumnos en los salones de clases.

## **6. ALCANCES Y LIMITACIONES**

### **6.1 Alcances**

Implementar el plan de mantenimiento preventivo y aumentar la disponibilidad de los equipos de laboratorio, que nos permita disminuir costos de mantenimiento y disminuir el mantenimiento correctivo de los equipos. Además lograr eliminar pérdidas de materia prima y capacitar al personal de laboratorio para dar un buen mantenimiento.

### **6.2 Limitaciones**

No había referencias acerca del historial de los equipos.

Falta de recursos para la realización completa del proyecto.

## **7. FUNDAMENTO TEORICO**

### **7.1 Mantenimiento preventivo**

La finalidad del mantenimiento preventivo es: Encontrar y corregir los problemas menores antes de que estos provoquen fallas. El mantenimiento preventivo puede ser definido como una lista completa de actividades, todas ellas realizadas por; usuarios, operadores, y mantenimiento. Para asegurar el correcto funcionamiento de la planta, edificios. Máquinas, equipos, vehículos, etc.

#### **7.1.1 Definición**

Como su nombre lo indica el mantenimiento preventivo se diseño con la idea de prever y anticiparse a los fallos de las maquinas y equipos, utilizando para ello una serie de datos sobre los distintos sistemas.

Bajo esa premisa se diseña un programa, para realizar cambio de partes, reparaciones, ajustes, cambios de aceite y lubricantes, etc., a maquinaria, equipos e instalaciones y que se considera importante realizar para evitar fallos.

#### **7.1.2 Alcance**

El mantenimiento preventivo puede variar de simples rutas de lubricación o inspección hasta el más complejo sistema de monitoreo en tiempo real de las condiciones de operación de los equipos.

Un programa de mantenimiento preventivo puede incluir otros sistemas de mantenimiento y pueden ser considerados todos en conjunto como un programa de mantenimiento preventivo.

Dependiendo del tipo de programa que se utilice, se necesita obtener información real del estado de los equipos e instalaciones y en algunos casos se requerirá de inversiones para llevarles a condiciones básicas de funcionamiento.

La manera de lograr las autorizaciones de inversión, es indicando las ventajas o beneficios del programa de mantenimiento preventivo.

## **7.2 Beneficios del mantenimiento preventivo**

1. - Reduce las fallas y tiempos muertos (incrementa la disponibilidad de equipos e instalaciones).
2. - Incrementa la vida de los equipos e instalaciones.
3. - Mejora la utilización de los recursos.
4. - Reduce los niveles del inventario.
5. - Ahorro

En la administración del mantenimiento preventivo se puede considerar los siguientes aspectos:

## **7.3 Planeación del mantenimiento preventivo**

La planeación del mantenimiento preventivo tiene como finalidad determinar los aspectos siguientes:

- Los equipo que van a estar sujetos al mantenimiento preventivo.
- Las actividades que les va a proporcionar a dichos equipos.
- Los elementos principales que se deben considerar en cada equipo.
- Con que frecuencia se les va a proporcionar el mantenimiento preventivo.

## **7.4 Implementación del mantenimiento preventivo**

Para la implantación del mantenimiento preventivo es necesario considerar los aspectos siguientes:

- La necesidad de implementar el mantenimiento preventivo en los laboratorios de ingeniería mecánica.
- Los beneficios que se obtendrían con la ampliación del mantenimiento preventivo.
- El tiempo que se necesita para implantar el mantenimiento preventivo.

## **7.5 Programación del mantenimiento preventivo**

La programación del mantenimiento preventivo consiste en concentrar la información obtenida de la planeación realizada en los documentos formatos destinados para tal fin.

Los cuales se suelen emplear su vez como fuente emisor del trabajo a realizar y como elemento para controlar el mantenimiento preventivo suministrado al equipo considerado.

- El procedimiento a seguir para formular el programa será:
- Diseñar un formato para programar.
- Seleccionar y anotar los puntos generales básicos de la maquinaria en un formato.
- Marcar las frecuencias con la cual se deben realizar los trabajos.
- Observaciones.

## 7.6 Control de mantenimiento preventivo

El control de este tipo de mantenimiento abarca dos aspectos generales conocidos como:

- Control de las actividades programadas.
- Control de las actividades realizadas.

## 7.7 Definición de formatos de registro

### 7.7.1 Carta maquina:

Describe una serie de datos necesarios para llevar a cabo un buen mantenimiento preventivo, y son los siguientes:

- **Descripción:** nombre del equipo
- **Numero de control:** clave asignada por el departamento para llevar un control de cada equipo.
- **Localización:** área donde se encuentra el equipo.
- **Modelo/tipo, numero de serie:** se describen los datos especificados por el fabricante.

### 7.7.2 Carta de mantenimiento:

Este es el formato donde se obtienen las recomendaciones del mantenimiento adecuado que se le dará al equipo durante su tiempo de vida o de operación, y describe las actividades que se realizarán en cada equipo, el tipo de trabajo que se efectuará, las herramientas y lubricantes que se utilizarán durante el mantenimiento ( especificados por el fabricante o dictado por la experiencia misma), la frecuencia con la que se le tiene que dar este ( diario, semanal, quincenal, mensual, semestral, etc.), y esto dará como consecuencia una mejor operación durante el servicio y aumentará

su rendimiento y calidad así como la vida útil de las maquinas o equipos utilizados para esta operación

### **7.7.3 Solicitud del mantenimiento:**

El formato de solicitud de mantenimiento contiene lo siguiente:

Solicitante: es la persona encargada del mantenimiento y servicio.

Fecha y hora de emisión: es la fecha y la hora en que se esta solicitando el mantenimiento.

Maquina o equipo: nombre de la maquina o equipo al que se le dara el mantenimiento.

Numero de control: clave asignada por el departamento de mantenimiento para la localización rápida en caso de que existan maquinas o equipos semejantes.

Servicio requerido: es la especificación del trabajo que se debe aplicar.

Descripción; se especifica los presuntos indicios de falla que este presentando el equipo y la forma como está operando

### **7.7.4 Orden de trabajo**

El formato de orden de trabajo contiene lo siguiente:

Requerimientos del mantenimiento: norma, urgente o extra urgente.

Indicación fecha y hora en la que se gira la orden de trabajo.

Trabajador: nombre de la persona encargada para realizar el mantenimiento:

Firma de la persona que gira la orden.

Costo estimado: se valora un presupuesto para el mantenimiento antes de su ejecución.



Costo real: es el costo que causo el mantenimiento por la falla presentada.

Refacciones materiales utilizados: son las piezas y materiales renovados en el mantenimiento de un equipo.

Mano de obra: especifica el personal que se emplea durante el mantenimiento.

Horas: tiempo en que se realiza el mantenimiento.

Especificaciones y anomalías: se describen las condiciones en que se encuentran las fallas por la cual se da el mantenimiento.

### **7.7.5 Historial del equipo**

Basado en las órdenes de trabajo y de los resultados obtenidos durante el mantenimiento, se realiza el formato del historial del equipo para llevar un control de cada equipo en los costos que causan las fallas.

De las cuales se definen los siguientes datos:

Fecha: instante en que se realiza el mantenimiento (día, mes, año, etc.)

Orden de trabajo: numero de orden de trabajo girado por el supervisor.

Descripción del trabajo: mantenimiento aplicado a cada equipo.

Refacciones y materiales: especificaciones de las refacciones y materiales utilizados.

Herramientas: las herramientas especiales que el mantenimiento requirió.

Costo: es el valor monetario que causa el mantenimiento del equipo.

## 8. DESCRIPCIÓN GENERAL

### 8.1 Marco didacta para el estudio de las vibraciones



Debido a su gran adaptabilidad y rápido ensamble, este aparato permite realizar diversos experimentos relacionados con los fenómenos vibratorios.

Los experimentos han sido diseñados para llevar al estudiante desde las bases de la teoría de vibraciones con experimentos muy sencillos hasta algunas de mayor grado de complejidad.

El objetivo de los experimentos es involucrar al estudiante en métodos experimentales que reafirmen sus conocimientos teóricos, así como para que despierten la inquietud de estudio más profundo y una apreciación más crítica de los fenómenos estudiados.

El propósito del manual es el de orientar en lo referente al desarrollo de los experimentos, características del aparato, su instalación y mantenimiento.

Cada experimento es presentado con una introducción que expone brevemente la teoría relacionada con éste. Posteriormente otra sección detalla el ensamble del aparato y el desarrollo del experimento. Finalmente se muestran ejemplos de los cálculos y resultados que son necesarios realizar en cada experimento.

### **8.1.1 Descripción general**

El aparato consiste de una estructura base robustamente construida de columnas verticales de tubular cuadrado de 2 pulgadas y miembro horizontales de canal estructural de 3 pulgadas.

La estructura se soporta en 4 patas de altura ajustable, que permiten nivelar el aparato.

La parte superior de la estructura se denomina marco de ensamble y ha sido construido para permitir el montaje de los accesorios para cada experimento.

En la parte inferior del aparato se dispone de un gabinete que en el interior tiene plantillas de madera para guardar los accesorios del aparato. En la cubierta del gabinete se localiza el botón de paro de emergencia y en el lateral izquierdo el receptáculo de acometida.

### **8.1.2 Especificaciones**

*Dimensiones:* 1.02 x 0.80 x 2.00 m.

*Suministro Eléctrico:* 115 V., 5 A.

*Montaje:* 4 tornillos niveladores.

*Gabinete:* 0.95 x 0.40 x 0.80 m. lamina cal. 20 con entrepaño.

<i>Graficador:</i>	Impulsado por motor de corriente alterna con capacitor de arranque  Velocidad Angular 4 r.p.m.  Velocidad de Graficación 1 <sup>m</sup> /min.  Equipado con interruptor independiente.
<i>Tacómetro:</i>	Digital de 4½ dígitos con interruptor independiente.
<i>Ajuste de Velocidad:</i>	Manual de 0 a 3000 r.p.m. La velocidad máxima puede ser limitado a valores menores.
<i>Servo-motor:</i>	Modelo E286 Electrocraft,  Con armadura motriz y de generador montados en la misma flecha.  Generador de 14V por cada 1000 r.p.m.
<i>Protección fusible:</i>	Independiente para el graficador, para la fuente de alimentación y para el control de velocidad.
<i>Fuente de alimentación:</i>	Suministra voltajes de 12V y 5V para la lámpara estroboscópica y el tacómetro.
<i>Lámpara Estroboscópica:</i>	Con tubo destellante de Xenón de gran exactitud hasta 8000 r.p.m.

### 8.1.3 Componentes característicos

**Caja de instrumentación.**- Dentro del gabinete se ha instalado la caja de instrumentación la cual contiene:

- Interruptor termo magnético
- Fusibles
- Fuente de 5 y 12 VCD para el tacómetro y la lámpara estroboscópica
- Unidad de control de precisión de velocidad Max-100 de Electro Craft.

La unidad de control de precisión de velocidad, permite un excelente control de velocidad del servomotor, independientemente de las fluctuaciones que se presenten en la carga del motor, lo que es indispensable para las prácticas de vibración forzada.

**Caja de control.**- Fija en el marco de ensamble (en la parte superior de la estructura) se encuentra la caja de control que contiene los interruptores del tacómetro y del servomotor, una perilla de control de velocidad, un medidor digital de velocidad (tacómetro) y tres conectores:

- a) Para la lámpara estroboscópica
- b) Para el platino
- c) Para el servomotor.

**Sistema electrónico.**- El sistema electrónico del marco didáctico para el estudio de vibraciones, basa su funcionamiento en los elementos que a continuación se mencionan:

- Fuente de Alimentación
- Control de Velocidad para servo-motor

- Medidor de r.p.m.: Medidor Digital de Panel 4½ dígitos
- Lámpara Estroboscópica
- Graficador

El requerimiento de poder del circuito es de 100/120 VCA, 50/60 Hz.

**Fuente de alimentación.**-Esta es una Fuente doble lineal de 36 Watts con salidas independientes de +5V y +12V ajustables.

**Control de velocidad para servo-motor.**- El sistema de control de velocidad consiste en 2 unidades básicas, una de motor generador de corriente directa permanente y otra de controlador electrónico de estado sólido. Para efectos de necesidades en este circuito se utiliza el sistema de motor - generador de D.C. permanente.

El motor-generador tiene dos armaduras en la misma flecha, una de ellas es la del motor y otra es el generador de voltaje, el cual es proporcional a la velocidad.

El voltaje proveniente del generador es alimentado al controlador, donde se compara contra el voltaje comando de velocidad. El controlador provee mayor ó menor voltaje al motor para aumentar ó disminuir la velocidad y así mantener un balance entre ambos voltajes.

El rango de velocidad es de 0-3000 r.p.m., la velocidad máxima se ajusta mediante un control denominado R78 ubicado en la tarjeta de circuito impreso del control de velocidad para el servo-motor.

**Medidor digital de r.p.m.**- Es un dispositivo que se alimenta de +5 VCD, el cual recibe y muestra la velocidad (Revoluciones por minuto) a la que gira el motor, la cual es proporcional al voltaje del generador.

**Lámpara estroboscópica.**- El requerimiento de voltaje para su funcionamiento es de +12V, el cual es proporcionado por la fuente de alimentación provista en el equipo. La lámpara se conecta en la parte lateral de la caja de control y opera si el interruptor ubicado en ésta se encuentra en posición de encendido y si el gatillo de la lámpara

está oprimido, en estas condiciones disparará un haz de luz cada vez que le mande la señal el sensor óptico. Este último se conecta a la parte lateral de la misma caja.

**Sistema de Graficación.-** El sistema consiste en un moto reductor que requiere de una alimentación de 110VDC para su funcionamiento, éste hace girar a un cilindro graficador a una velocidad de 4 r.p.m., alrededor del cual se pasa papel para sumadora que es donde se gráfica la trayectoria del movimiento vibratorio.

**Protección.-** El paro de emergencia del sistema, consiste en un interruptor normalmente cerrado que deja pasar el voltaje al momento de encender el interruptor principal; al presentarse algún problema en el funcionamiento del equipo, se oprime manualmente la cabeza del interruptor tipo hongo, ubicado en la parte frontal del equipo e inmediatamente el contacto normalmente cerrado se abre, cortando así el paso de energía a todo el circuito. Para restablecer, se mueve la cabeza del interruptor en sentido indicado y el contacto vuelve a su estado inicial (cerrado), dejando pasar de nuevo la energía.

**Lista de partes del marco de vibraciones (ver hoja de ANEXOS B)**

## 8.2 Vibrómetro



Es un Vibrometro Viber-A de banda ancha totalmente portátil utilizado en mantenimiento preventivo para trabajo activo en la rotación de Maquinaria. Un juego completo consta de un instrumento, un transductor de vibración con soporte magnético y una punta de extensión. El Vibrómetro mide la velocidad efectiva (mm/s RMS), así también mide el Desplazamiento en  $\mu\text{m/s}$  o en in/s, en un rango de frecuencia entre 10 y 3200 Hz. Esta gama cubre la mayor parte de las frecuencias que tendrá lugar en la mayoría de las averías mecánicas e imperfecciones. Ejemplo de ello son el desequilibrio, falta de alineación de ejes y engranajes, la cavitación y otras vibraciones generadas.

Existen normativas de la vibración ya establecidas, la comparación entre estas normas de la vibración y el desgaste real que se realiza en las máquinas nos permite rápidamente realizar un diagnóstico de la máquina. La experiencia debe ser utilizada para optimizar el tipo de acción necesaria cuando las vibraciones son muy altas.

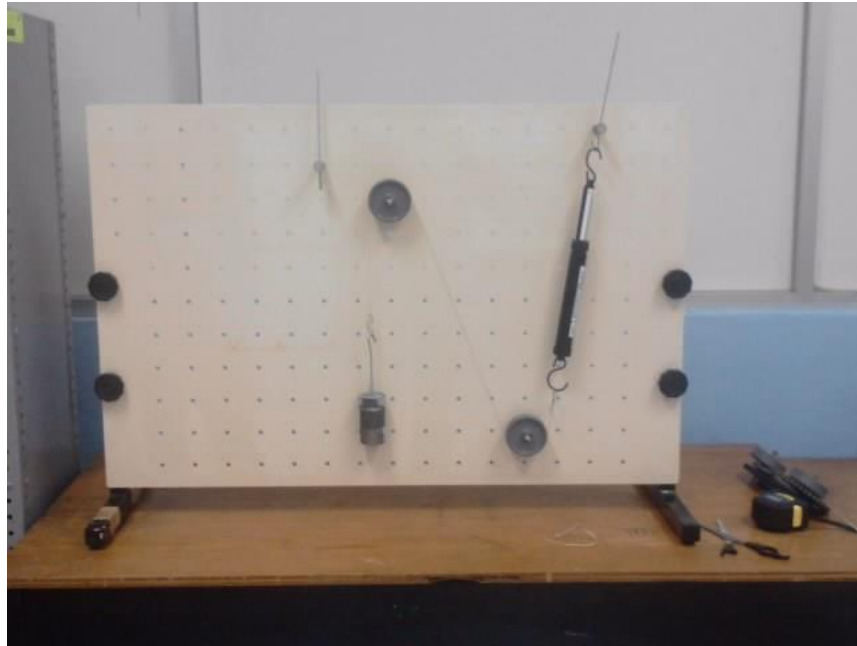
Una norma común para la determinación de las vibraciones es ISO 10816-3. Este estándar es una actualización de las normas más antiguas que ha estado en uso durante varias décadas y tiene una gran aceptación en todo el mundo como un buen juicio para la operación continua y de larga duración de la maquinaria.

Para encender el vibrometro se presiona la tecla "on", el instrumento se apaga automáticamente después de aproximadamente 2.5 minutos.

**Lista de partes del Vibrómetro (ver hoja de ANEXOS B)**



### 8.3 Kit de mecanismos



Cada pieza del equipo en el juego ha sido cuidadosamente desarrollada para ser un ejemplo de buen diseño de ingeniería. el equipo es robusto y sin complicaciones, y producida por los métodos de fabricación modernos, para dar a los estudiantes ejemplos de cómo los principios se aplican correctamente en la práctica, el juego de mecanismo universal que ofrece una larga vida y la amplia gama de experimentos para educar a los más capaces los estudiantes.

El kit de mecanismos universal ofrece de una forma práctica y económica, el apoyo que los profesores de la mecánica aplicada y ciencias de la ingeniería necesitan para motivar a sus estudiantes a seguir una carrera en los diversos campos de la ingeniería.

Este kit de mecanismos fue realizado con la finalidad de orientar a los alumnos para que tomen una decisión sobre lo que quieren estudiar, por lo tanto este kit está diseñado para alumnos de secundaria y bachillerato, en este kit se pueden hacer mas de 37 practicas con respecto a la ingeniería mecánica, todas las prácticas son sencillas ya que van dirigidas a personas que no tienen aun los conocimientos de la carrera.

**Lista de partes del kit de mecanismos (ver hoja de ANEXOS B)**

## **9. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS**

### **9.1 Verificación del funcionamiento de los equipos**

La verificación de cada uno de los equipos se llevo a cabo de la siguiente manera:

1. Se aseguro que cada equipo se ajustara a los requerimientos ambientales locales, incluyendo resguardo, espacio, suministro de energía eléctrica, temperatura, humedad y contaminación.
2. Se aseguro que la documentación estuviera adecuada y completa.
3. Se realizo un inventario de las partes de cada equipo, para saber si estaban completos, realizando a la vez una lista de partes, para el control de los accesorios y herramientas.
4. Se verifico que los equipos fueran capaces de funcionar bajo las condiciones normales esperadas y en potenciales condiciones adversas.
5. Garantizar que se cuente con medidas de seguridad y que estas se ajusten a los estándares establecidos.
6. Se verifico que se contara con las debidas medidas de control de calidad.

### **9.2 Prueba de los equipos**

La prueba de los equipos fue más detallada y rigurosa que la verificación. Estas pruebas se requieren para asegurar que cada componente de cada equipo estén operando como deben y que cada equipo esté funcionando de acuerdo con los requerimientos locales específicos.

Las medidas de prueba que se consideraron fueron las siguientes:

1. Desarrollar un conjunto de criterios para cada prueba.

2. Aplicar evaluaciones de calidad para determinar si se han satisfecho los criterios de prueba.
3. Conducir pruebas durante periodos prolongados para cerciorarse que los sistemas pueden funcionar de manera consistente.
4. Poner a prueba cada uno de los componentes para cerciorarse que todos funcionan de manera correcta.
5. Identificar que refacciones y accesorios que necesita cada equipo para su funcionamiento, como son: aceites, estopas, grasas y rollos de papel para sumadora.
6. Identificar las herramientas básicas que debe tener cada equipo para poder llevar a cabo las prácticas que son: juego de llaves Allen, Flexómetro, micrómetro y desarmador plano.

### **9.3 Recomendaciones de operación**

1. Evite golpear los accesorios para hacer los ensambles y desensambles de los experimentos.
2. Maneje cuidadosamente los pesos y masas durante el ensamble y desensamble de los experimentos.
3. Limite la operación del aparato en condiciones de resonancia a lo mínimo necesario.
4. Cerciórese que los accesorios han sido firmemente ensamblados, antes de realizar los experimentos, sobre todo los de vibración forzada.
5. Antes de realizar las conexiones eléctricas, verifique que todos los interruptores, incluyendo el termo magnético, estén abiertos.
6. En los experimentos de vibración forzada, esté siempre atento a la operación del aparato. Si nota alguna condición insegura ó fuera de lo normal, active inmediatamente el botón de paro de emergencia.
7. En las proximidades del aparato, evite la presencia de gente extraña ó distraída durante el ensamble y desarrollo de los experimentos.

## **9.4 Elaboración de los manuales de prácticas**

Los manuales de prácticas de laboratorio son una herramienta que se utiliza en la docencia con el fin de facilitar al estudiante el desarrollo de competencias relacionadas con el saber – hacer y en los cuales los docentes recurren a su experiencia para la selección de las practicas adecuadas para los alumnos. Debido a que los manuales de prácticas actuales son poco flexibles y no les permite a los alumnos profundizar en los temas se crearon y actualizaron las practicas de cada equipo, esto permitirá al estudiante seguir explorando en cada uno de los temas que se imparten en cada una de las materias, por esto uno de los principales objetivos es crear manuales de prácticas que contribuyan con el desarrollo de habilidades y destrezas que le permitan a los alumnos sus estudios sobres dinámica y vibraciones mecánicas. De esta forma, el estudiante no solo adquiere los conocimientos necesarios para desempeñar en los semestres posteriores; si no que además aprende desde los primeros semestres a utilizar de forma correcta estrategias de búsqueda de información para profundizar e investigar durante su proceso de formación y en el curso de su vida profesional.

Espero con estos manuales de prácticas realizar un aporte importante para la docencia e investigación no solo en los programas de dinámica y vibraciones mecánicas, sino también en nuestra carrera de ingeniería mecánica.

El primer paso para la elaboración de los manuales de prácticas fue la recopilación de información de las materias de dinámica y vibraciones mecánicas, para que en base a los temas que se imparten en estas materias se realicen los manuales de prácticas, para que los alumnos reafirmen los conocimientos adquiridos en clases.

### 9.4.1 Practicas de Dinámica

De la materia de Dinámica las prácticas que se llevaran a cabo en el marco didáctico de vibraciones mecánicas son:

- ***Péndulo simple***
- ***Momento de inercia***

Estos conceptos se explican brevemente a continuación.

#### **Péndulo simple**

Llamamos péndulo a todo cuerpo que puede oscilar con respecto de un eje fijo. Péndulo ideal, simple o matemático: Se denomina así a todo cuerpo de masa  $m$  (de pequeñas dimensiones) suspendido por medio de un hilo inextensible y sin peso. Estas dos últimas condiciones no son reales sino ideales; pero todo el estudio que realizaremos referente al péndulo, se facilita admitiendo ese supuesto. péndulo físico: Si en el extremo de un hilo suspendido sujetamos un cuerpo cualquiera , habremos construido un péndulo físico. Por esto, todos los péndulos que se nos presentan (columpios, péndulo de reloj, una lámpara suspendida, la plomada) son péndulos físicos.

#### **Momento de inercia**

El momento de inercia (símbolo  $I$ ) es una medida de la inercia rotacional de un cuerpo. Cuando un cuerpo gira en torno a uno de los ejes principales de inercia, la inercia rotacional puede ser representada como una magnitud escalar llamada momento de inercia. Sin embargo, en el caso más general posible la inercia rotacional debe representarse por medio de un conjunto de momentos de inercia y componentes que forman el llamado tensor de inercia. La descripción tensorial es necesaria para el análisis de sistemas complejos, como por ejemplo en movimientos giroscópicos.

El momento de inercia refleja la distribución de masa de un cuerpo o de un sistema de partículas en rotación, respecto a un eje de giro. El momento de inercia sólo

depende de la geometría del cuerpo y de la posición del eje de giro; pero no depende de las fuerzas que intervienen en el movimiento.

El momento de inercia desempeña un papel análogo al de la masa inercial en el caso del movimiento rectilíneo y uniforme. Es el valor escalar del momento angular longitudinal de un sólido rígido.

❖ *Ver practicas Dinámica en las hojas de Anexos C*

#### **9.4.2 Practicas de vibraciones mecánicas**

Para la materia de vibraciones mecánicas los manuales de prácticas que se hicieron en el marco didáctico de vibraciones mecánicas fueron:

- ***Constante K de un resorte***
- ***Sistema masa – resorte con amortiguamiento***
- ***Sistema en resonancia***

También se hizo una práctica en el Vibrómetro Viber-A que lleva por nombre:

- ***Evaluación de la vibración de una maquina rotativa o dinámica***

Todos los temas de vibraciones mecánicas que se estudiaron para hacer las prácticas se mencionan brevemente a continuación:

#### **Ley de Hooke para los resortes**

La forma más común de representar matemáticamente la Ley de Hooke es mediante la ecuación del muelle o resorte, donde se relaciona la fuerza F ejercida sobre el resorte con la elongación o alargamiento  $\delta$  producido:

$$F = -K\delta$$

Donde k se llama constante elástica del resorte y  $\delta$  es su elongación o variación que experimenta su longitud.

## **Amortiguamiento**

El amortiguamiento se define como la capacidad de un sistema o cuerpo para disipar energía cinética en otro tipo de energía. Típicamente los amortiguadores disipan la energía cinética en energía térmica y/o en energía plástica.

El amortiguamiento es un parámetro fundamental en el campo de las Vibraciones, fundamental en el desarrollo de modelos matemáticos que permiten el estudio y análisis de sistemas vibratorios, como lo son: estructuras metálicas, motores, maquinaria rotativa, turbinas, automóviles, etc. Esto va encaminado a la teoría de que todo sistema vibratorio (regularmente sistemas mecánicos) tiene la capacidad de disipar energía. Para el Control de Vibraciones e Impactos en maquinaria, se utiliza el concepto de amortiguamiento como una técnica para disipar energía del sistema, manipulando así la amplitud de vibración en el sistema y otros parámetros de estudio.

Por ejemplo, un sistema mecánico que posea masa y elasticidad tendrá una frecuencia natural y además la particularidad de llegar a vibrar; si se le proporciona energía al sistema este tenderá a vibrar, o si una fuerza externa actúa en el sistema con cierta frecuencia, el sistema podría entrar en un estado de resonancia y esto a su vez significaría una condición de alta vibración y el sistema se vuelve inestable y dispuesto a fallar. En todo esto se fundamenta la importancia del estudio del amortiguamiento.

## **Resonancia**

La resonancia es un estado de operación en el que una frecuencia de excitación se encuentra cerca de una frecuencia natural de la estructura de la máquina. Una frecuencia natural es una frecuencia a la que una estructura vibrará si uno la desvía y después la suelta. Una estructura típica tendrá muchas frecuencias naturales. Cuando ocurre la resonancia, los niveles de vibración que resultan pueden ser muy altos y pueden causar daños muy rápidamente.



## **Evaluación de vibración**

Al tener una falla, una maquina presenta síntomas, tales como, elevación de temperatura de operación, vibración, ruido, etc.

Generalmente la vibración de una maquina aumenta cuando algún elemento de ella tiene una falla. Cada uno de dichas fallas produce fuerzas dinámicas de acuerdo a su origen y en consecuencia producirán vibraciones que se distinguirán unas de otras por su amplitud, su frecuencia y su dirección.

La generación de vibraciones mecánicas en las máquinas es un fenómeno inherente al propio diseño y funcionamiento de los ingenios mecánicos bien conocido por la Ingeniería. Los movimientos oscilatorios de una o varias masas bajo los efectos de diversas sollicitaciones, y que son el origen de la vibración, están inevitablemente asociados a las partes móviles de todo tipo de maquinaria, de sus motores y, adicionalmente en el caso de vehículos, a su desplazamiento sobre superficies irregulares.

Los vibrómetros se emplean para medir vibraciones y oscilaciones en muchas máquinas e instalaciones, así como para el desarrollo de productos. La medición proporciona los siguientes parámetros: aceleración de la vibración, velocidad de vibración y variación de vibración. De este modo se caracterizan las vibraciones con precisión. Los vibrómetros son portátiles y sus resultados se pueden almacenar parcialmente. Los certificados de calibración de fábrica se entregan con el primer pedido. A modo adicional pueden ir acompañados de un certificado de calibración ISO 9000.

❖ *Ver prácticas de vibraciones mecánicas en las hojas de anexo C.*

## **9.5 Mantenimiento de los equipos**

El mantenimiento preventivo es la inspección periódica de los activos y del equipo del laboratorio.

Para establecer la frecuencia de inspecciones se tomaron los siguientes aspectos:

1. Edad, condición y valor
2. Severidad del servicio
3. Requisitos de seguridad
4. Horas de Operación
5. Susceptibilidad de deterioro
6. Susceptibilidad de siniestro
7. Susceptibilidad de perder el ajuste

## **9.6 Control de mantenimiento**

Al iniciar el programa de mantenimiento preventivo, la regla es inspeccionar cuidadosamente para estar seguro. Si el registro de un equipo no muestra fallas puede considerarse la prolongación de intervalo de inspecciones, es decir reajustar el programa.

Debido a lo anterior es necesario que se lleve un control de las actividades del mantenimiento.

## **9.7 Registro de inspecciones periódicas**

Los programas de inspección, pruebas y rutinas, deben ser revisados cuando menos cada año a fin de actualizarlos.

En los programas de inspecciones, pruebas y rutinas mostrados a continuación se indican los trabajos a realizar, la letra bajo la columna F (frecuencia) indica si esta es quincenal, mensual, trimestral, semestral o anual. Los números horizontales del 1 al 26 indican las quincenas del año, las columnas P y C indican la clase de mantenimiento (preventivo o correctivo), los puntos en la columna P indican que en esa fecha deben realizarse los trabajos mencionados en este programa. Se anotan en cada cuadro de las columnas P o C con una marca (√) si se encuentra en buenas condiciones el renglón revisado. En caso contrario tacharía con una (X) dicho cuadro si encuentra alguna anomalía que no pueda corregirla, y por último se anotara una (X) y una (√) si encuentra una anomalía y pudo ser corregida. Al terminar la labor se investigara cuantas (x) quedaron, las cuales representan trabajos por atender por personal especializado y en fecha programada.

**PROGRAMA DE INSPECCIONES, PRUEBAS Y RUTINAS**  
**MARCO DIDACTICO PARA EL ESTUDIO DE LAS VIBRACIONES MECANICAS**

TRABAJO A REALIZAR	F	01		02		03		04		05		06		07		08		09		10		11		12		13	
		P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C
CAJA DE INSTRUMENTACION	T																										
CAJA DE CONTROL	T																										
LAMPARA ESTROBOSCOPICA	T																										
CILINDRO GRAFICADOR	T																										
AMORTIGUADOR	T																										
ROTOR DESBALANCEADO	T																										
SERVOMOTOR	T																										
LAMPARA ESTROBOSCOPICA	T																										
BANDA DENTADA	T																										
PERIODIMETRO(CABLE, SENSOR Y SOPORTE)	T																										
LIMPIEZA DE TODOS LOS ACCESORIOS	Q																										
Q=QUINCENAL		M=MENSUAL				T=TRIMESTRAL				S=SEMESTRAL																	
A=ANUAL		√=OK				X=FALLA				X√=CORREGIDO																	

**PROGRAMA DE INSPECCIONES, PRUEBAS Y RUTINAS  
KIT DE MECANISMOS Y VIBROMETRO VIBER-A**

TRABAJO A REALIZAR	F	01		02		03		04		05		06		07		08		09		10		11		12		13	
		P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C
BATERIA DEL VIBROMETRO	T																										
LIMPIEZA DE PARTES	Q																										
LUBRICACION CADENA DE TRANSMISION	T																										
LUBRICACION TREN DE ENGRANES	T																										
LUBRICACION ENGRANES HELICOIDALES	T																										
LUBRICACION ENGRANES CONICOS	T																										
LUBRICACION BLOQUE DE CADENA	T																										

**Q=QUINCENAL**

**M=MENSUAL**

**T=TRIMESTRAL**

**S=SEMESTRAL**

**A=ANUAL**

√=OK

**X=FALLA**

**X√=CORREGIDO**

## **9.8 Resultados del mantenimiento**

Una vez terminado el mantenimiento se deberá llenar la tabla “resultado del mantenimiento”, estos resultados obtenidos son de suma importancia analizarlos ya que ellos nos darán a conocer el estado de la maquina y las consideraciones que hay que tomar para su mantenimiento (ver hoja de ANEXOS A).

## 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El mantenimiento preventivo es una parte primordial dentro de cualquier laboratorio, pues influye directamente en los costos de operación, razón por la cual se debe contar con un programa de mantenimiento preventivo, conjuntamente con los manuales de prácticas en los cuales se establecen los procedimientos para la operación de cada equipo.

Una recomendación muy importante y la cual no se debe omitir, es que la aplicación del programa de mantenimiento preventivo deberán llevarse a cabo según las fechas programadas, así también se deben de seguir los procedimientos e instrucciones de los manuales de prácticas para aprovechar al máximo el rendimiento de los equipos, conservar la integridad de estos y adquirir el mayor aprendizaje en la realización de las practicas, de lo contrario no tendría sentido la elaboración del programa de mantenimiento y los manuales de prácticas.

La realización de este proyecto contribuyo en el desarrollo profesional en mi persona, pues conté con mucho apoyo por parte de los docentes, que me brindaron muchos conocimientos que facilitaron la elaboración del programa de mantenimiento y los manuales de prácticas.

## 11. BIBLIOGRAFIA

Manual de mantenimiento industrial.

Tomo I, L.C. Morrow. Editorial CECSA

Segunda edición 1973. México, D.F

La administración en el mantenimiento.

Ing. Enrique Donnce V. Editorial CECSA

Segunda edición 1985. México, D.F.

Manual del mantenimiento integral en la empresa.

Francisco Rey Sacristán.

Ed. Fundación confemetal. 2005

Manual de vibración por: Mecanálisis

SERWAY, Raymond A. Física, Cuarta Edición. Editorial McGraw-Hill, 1996

Theory of Vibration with Applications - Willia Thomson.

Mecánica vectorial para ingenieros, Dinámica

Ferdinand P. E. Russell Johnston, Jr. William E. Clausen.

Octava edición.



## ANEXOS A – FORMATOS DE REGISTRO

<b>CARTA MAQUINA</b>	<b>INVENTARIO</b>	<b>No DE CONTROL</b>
<b>DESCRIPCION:</b>		<b>LOCALIZACION</b>
<b>MODELO/TIPO:</b>		<b>No DE SERIE</b>
<b>FABRICANTE</b>		
<b>CARACTERISTICAS:</b>		
<b>EQUIPOS AUXILIARES/HERRAMIENTAS ESPECIALES/OTROS:</b>		

<b>CARTA DE MANTENIMIENTO</b>		<b>No DE CONTROL</b>	
<b>DESCRIPCION</b>			
<b>FRECUENCIA</b>	<b>TIPO DE TRABAJO</b>	<b>DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>
<b>D=DIARIO</b> <b>S=SEMANAL</b>	<b>Q=QUIENCENAL</b> <b>M=MENSUAL</b>	<b>B=BIMESTRAL</b> <b>T=TRIMESTRAL</b>	<b>6M=SEMESTRAL</b> <b>A=ANUAL</b>

<b>SOLICITUD DE MANTENIMIENTO</b>			<b>ORDEN DE TRABAJO</b>						
<b>MANTENIMIENTO:</b>			<b>ORDEN No:</b>						
<b>SOLICITANTE:</b>									
<b>FECHA Y HORA DE EMISION:</b>			<table border="1"> <tr> <td>NORMAL</td> <td></td> </tr> <tr> <td>URGENTE</td> <td></td> </tr> <tr> <td>EXTRAURGENTE</td> <td></td> </tr> </table>	NORMAL		URGENTE		EXTRAURGENTE	
NORMAL									
URGENTE									
EXTRAURGENTE									
<b>MAQUINA O EQUIPO:</b>			<b>INDICACION:</b>						
<b>NUMERO DE CONTROL:</b>									
<b>SERVICIO REQUERIDO:</b>									
<b>DESCRIPCION:</b>									
	<b>COSTO ESTIMADO</b>	<b>COSTO REAL</b>	<b>FECHA:</b>						
<b>MATERIALES</b>	\$	\$	<b>HORA:</b>						
<b>MANO DE OBRA</b>	\$	\$	<b>TRABAJADOR:</b>						
			<b>SUPERVISOR:</b>						
<b>TOTAL</b>	\$	\$	<b>Vo.Bo.</b>						
			<b>SUPERVISOR:</b>						

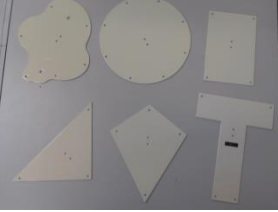



<b>HISTORIAL DE LA MAQUINA</b>			<b>No. DE CONTROL</b>
<b>DESCRIPCION:</b>			
<b>FECHA</b>	<b>O.T.</b>	<b>DESCRIPCION DEL TRABAJO</b>	<b>COSTO</b>
<b>O.T = ORDEN DE TRABAJO</b>			

<b>RESULTADO DEL MANTENIMIENTO</b>		
<b>REFACCIONES Y MATERIALES USADOS</b>		<b>OBSERVACIONES Y ANOMALIAS ENCONTRADAS</b>
<b>MANO DE OBRA</b>	<b>HORAS</b>	

## ANEXOS B - LISTA DE PARTES DE LOS EQUIPOS

Lista de partes, Vibrómetro Viber-A			
Pieza No.	Descripción	cantidad	Figura
1	Perno M6	1	
2	Imán	1	

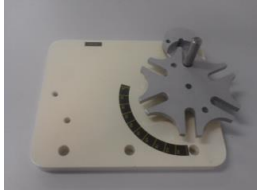


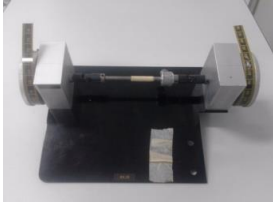
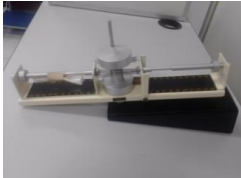

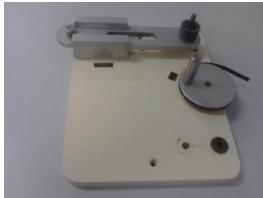


Lista de partes, Kit de Mecanismos			
Pieza No.	Descripción	cantidad	Figura
1	Centros de gravedad	1	
2	Triangulo de fuerzas	1	
3	Paralelogramo de fuerzas	1	
4	Polígono de fuerzas	1	
5	Principio de momentos, balance de viga y palancas.	1	
6	Diferencial rueda y eje	1	
7	Diferencial Weston, cadena bloque	1	



8	Correa de transmisión	1	
9	Cadena de transmisión	1	
10	Tren de simple engranaje	1	
11	Engranajes cónicos	1	
12	Engranajes helicoidales	1	
13	Gato de tornillo	1	

14	Balanza de resorte	1	
15	Péndulo simple	1	
16	volante	1	
17	Fricción	1	
18	Principio de la cuña	1	
19	Cojinetes	1	
20	Mecanismo leva y rodillo	1	

21	Cruz de malta	1	
22	Mecanismo de trinquete	1	
23	El yugo escoses	1	
24	Acoplamiento universal	1	
25	Fuerza centrífuga	1	
26	Mecanismo manivela	1	
27	Mecanismo de retorno rápido	1	

# ANEXOS C – MANUALES DE PRACTICAS

## Marco didáctico para el estudio de las vibraciones mecánicas

### Practicas para la materia de Dinámica

#### Péndulo simple

##### Objetivo

Determinar las variables que afectan la frecuencia de movimiento de un péndulo simple y obtener experimentalmente el valor de la aceleración gravitacional.

##### Introducción

El péndulo simple es un cuerpo formado por una masa puntual suspendida por una cuerda o una barra ligera. Cuando se le desplaza de su posición de equilibrio y se suelta, el péndulo oscila en un plano vertical bajo la influencia de la gravedad, este movimiento es periódico y oscilatorio.

Período: Se define como el tiempo que se demora en realizar una oscilación completa. Para determinar el período se utiliza la siguiente expresión  $T / N^{\circ}$  de Osc. (Tiempo empleado dividido por el número de oscilaciones).

Frecuencia: Se define como el número de oscilaciones que se generan en un segundo. Para determinar la frecuencia se utiliza la siguiente ecuación  $N^{\circ}$  de Osc. / T (número de oscilaciones dividido del tiempo)

Amplitud: Se define como la máxima distancia que existe entre la posición de equilibrio y la máxima altura.

Ciclo: Se define como la vibración completa del cuerpo que se da cuando el cuerpo parte de una posición y retorna al mismo punto.

Oscilación: Se define como el movimiento que se realiza siempre al mismo punto fijo  
Leyes del péndulo

- El periodo de un péndulo es independiente de su amplitud. Esto significa que si se tienen 2 péndulos iguales (longitud y masa), pero uno de ellos tiene una amplitud de recorrido mayor que el otro, en ambas condiciones la medida del periodo de estos péndulos es el mismo.
- El periodo de un péndulo es directamente proporcional a la raíz cuadrada de su longitud. Esto significa que el periodo de un péndulo puede aumentar o disminuir de acuerdo a la raíz cuadrada de la longitud de ese péndulo.

### Material y equipo

- Marco didáctico de vibraciones mecánicas*	- Flexómetro
- Juego de llaves Allen	-

\* consultar la guía de verificaciones previas.

### Metodología

1. Coloque el péndulo metálico sujetándolo por medio de alguno de los tornillos de presión del soporte superior.
2. Mida la longitud del péndulo y anótela en la tabla para el péndulo metálico.
3. El Periodómetro debe quedar alineado con la esfera.
4. Se hace oscilar el péndulo y se registra el periodo, anote el resultado en la tabla para el péndulo metálico.

5. Cambie la longitud del péndulo y registre el nuevo periodo de oscilación. Anote los nuevos datos en la tabla.
6. Repita el experimento para aproximadamente 5 longitudes diferentes.
7. Una vez terminado con el péndulo metálico haga el experimento con el péndulo plástico y anote los resultados en la tabla para el péndulo plástico, trate que las longitudes sean las mismas que en el péndulo metálico para verificar que el periodo de oscilación de un péndulo depende solamente de la longitud sin importar la masa.
8. Una vez obtenidos los resultados para diferentes longitudes en ambos péndulos se procederá a hacer la grafica del cuadrado del periodo  $T^2$  contra la longitud del péndulo  $L$  de cada uno de los péndulos. Al aplicar el método de regresión lineal a través del origen, se obtiene un modelo de regresión ajustado, esto nos servirá para determinar la aceleración de la gravedad  $g$  de la siguiente manera:

$$T^2 = KL$$

donde  $K$  es la pendiente de la recta.

como el período  $T$  se obtiene de:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

entonces:

$$T^2 = 4\pi^2 \frac{L}{g}$$

y por lo tanto:

$$KL = 4\pi^2 \frac{L}{g}$$

9. Haga el análisis para los dos péndulos.

10. Este análisis lo puede realizar fuera del laboratorio.

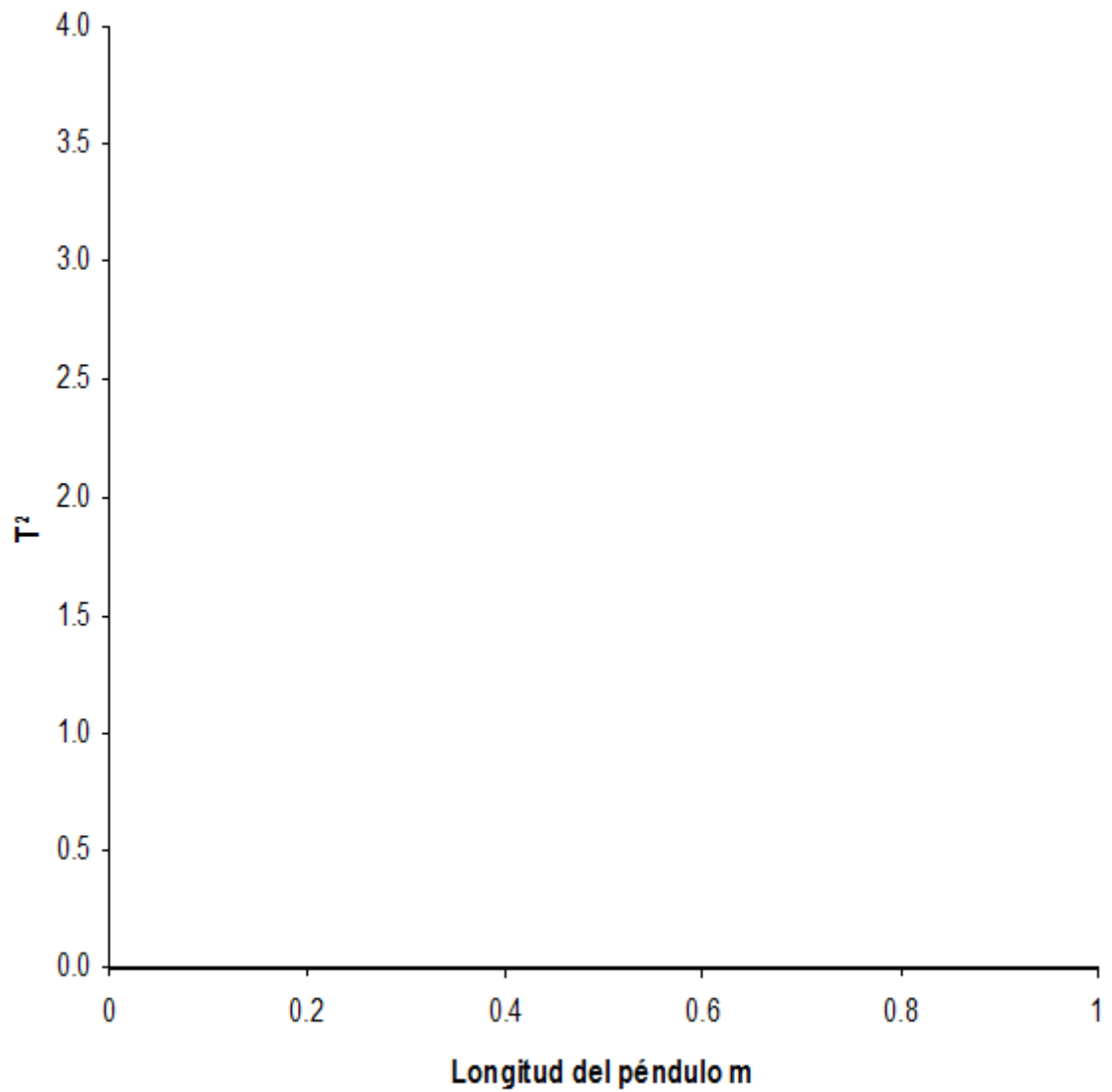
**Tabla para el péndulo metálico**

Longitud del péndulo (m)	Periodo T (s)	$T^2$

**Tabla para el péndulo plástico**

Longitud del péndulo (m)	Periodo T (s)	$T^2$

## Gráfico de $T^2$ contra Longitud L



### Sugerencias didácticas

- Se recomienda que la práctica se realice en equipos de 4 a 6 integrantes.



## Momento de inercia

### Objetivo

Obtener el momento de inercia de masa de un cuerpo a partir del comportamiento que tiene al hacerlo oscilar como un péndulo.

### Introducción

Cualquier cuerpo rígido puede oscilar como un péndulo, si éste es suspendido de un punto diferente a su centro de gravedad y es liberado después de ser desplazado un pequeño ángulo de su posición de equilibrio.

Para pequeños desplazamientos angulares  $\theta$  el momento restablecedor es:

$M = -mg\theta r$  donde:  $r =$  distancia del punto de apoyo al centro de gravedad  
y la ecuación de movimiento:

$\Sigma M = I_o \ddot{\theta}$  donde:  $I_o =$  momento de inercia de masa con respecto al eje de giro

$$-mg\theta r = I_o \ddot{\theta}$$

$$\ddot{\theta} + \frac{mgr}{I_o} \theta = 0$$

donde obtenemos la frecuencia natural del movimiento

$$\omega_n = \sqrt{\frac{mgr}{I_o}}$$

El momento de inercia de masa " $I_o$ " de un cuerpo rígido con respecto a cualquier eje paralelo a un eje que pasa a través de su centro de gravedad, está dado por la ecuación:

$$I_o = I_G + mr^2$$

Donde:

$I_G$  = momento de inercia de masa con respecto a un eje que pasa por el centro de gravedad. Para una barra delgada:

$$I_G = \frac{1}{12} m L^2$$

$m$  = masa del cuerpo.

$r$  = distancia entre el centro de gravedad y el punto de apoyo.

El momento de inercia de masa, es un término que con excepción de las formas sencillas, es difícil de obtener a partir de su geometría. Puede ser obtenido con gran exactitud analizando la respuesta dinámica de dicho cuerpo a una aceleración angular, como puede ser el analizar la frecuencia de oscilación de un cuerpo en vibración libre, que es lo que se pretende comprobar en este experimento.

## Material y equipo

- Marco didáctico de vibraciones mecánicas*	- Juego de llaves Allen
- Flexómetro	- Cinta adhesiva
- Libreta	-
- Lapiza	
- Borrador	
- Calculadora.	

**\*consultar la guía de verificaciones previas.**

## Metodología

1. Se obtiene el centro de gravedad de la barra circular de  $\frac{1}{2}$  pulg. de diámetro y se pone una marca con cinta adhesiva. Nota: la barra tiene un peso de 0.9kg.
2. El filo de navaja se coloca en la barra, próximo a uno de los extremos y este ensamble se coloca en el soporte superior, permitiendo que pueda oscilar libremente en el filo de navaja.
3. Se ajusta el sensor del Periodómetro de tal forma que se pueda medir el periodo de oscilación de la barra.
4. Se hace oscilar la barra y se mide el periodo, una vez obtenido el periodo se calcula la frecuencia natural  $W_n$ . Anote sus resultados en la tabla 1.

$$W_n = 2\pi/\text{periodo}$$

5. Una vez obtenido la frecuencia natural se calcula el valor experimental del momento de inercia de masa.

$$I_o = \frac{mgr}{W_n^2}$$

6. Se calcula el valor teórico del momento de inercia de masa, con la siguiente formula.

$$I_o = I_G + mr^2$$

7. Compare sus resultados

8. Repita el experimento para diferentes posiciones del filo de navaja y anote sus resultados en la tabla 1.

**Tabla 1**

Posición	r(m)	Frecuencia (Wn)	lo experimental ( $kg - m^2$ )	lo teórico ( $kg - m^2$ )

**Sugerencias didácticas**

➤ Se recomienda que la práctica se haga en equipos de 4 a 6 integrantes.

# Prácticas para la materia de Vibraciones Mecánicas

## Constante K de un resorte

### Objetivo

Obtener experimentalmente la constante K de un resorte por el método estático

### Introducción

Si un resorte se somete a una deformación debido a una carga aplicada, se comporta de acuerdo a la ley de Hooke que establece que el esfuerzo es proporcional a la deformación o que la carga es proporcional a la deformación que produce.

Si se varía la carga aplicada a un resorte y se hace una gráfica de carga contra deformación, se obtiene una línea recta cuya pendiente indica la extensión por unidad de carga y su inverso es lo constante del resorte K.

### Material y equipo

- Marco didáctico de vibraciones mecánicas *	- Lápiz y borrador
- Juego de llaves Allen	-

\* consultar la guía de verificaciones

## Metodología

**Nota:** En el experimento que aquí se presenta, la masa del resorte se puede considerar despreciable en comparación a la masa suspendida del resorte

1. Se ajusta el micrómetro a ceros y se coloca justo debajo de la plataforma, utilice la llave Allen correspondiente para ajustar bien el soporte de cabeza micrométrica a la columna.
2. Una vez puesto el micrómetro de manera correcta se agrega la primera pesa a la plataforma y se mide la deformación que sufre el resorte, anote el peso agregado y la deformación marcada en la *tabla 1.1*
3. Agregue la siguiente pesa, mida la nueva deformación y anote los resultados.
4. Repita esto para las siguientes 3 pesas.
5. Habiendo colocado las 5 pesas y anotado en la tabla las deformaciones, retire la última pesa colocada, mida la deformación y tome nota.
6. Quite la siguiente pesa, vuelva a medir la deformación y anote de nuevo los resultados en la tabla.
7. Repita esto hasta quitar las pesas restantes.
8. Posteriormente se calcula un valor promedio entre los valores obtenidos.
9. Al graficar deformación contra carga, se obtiene casi una línea recta. Estos puntos pueden ser ajustados a una línea recta por el método de regresión lineal.

La pendiente  $m$  de esta recta corresponde a la constante  $K$  del resorte.

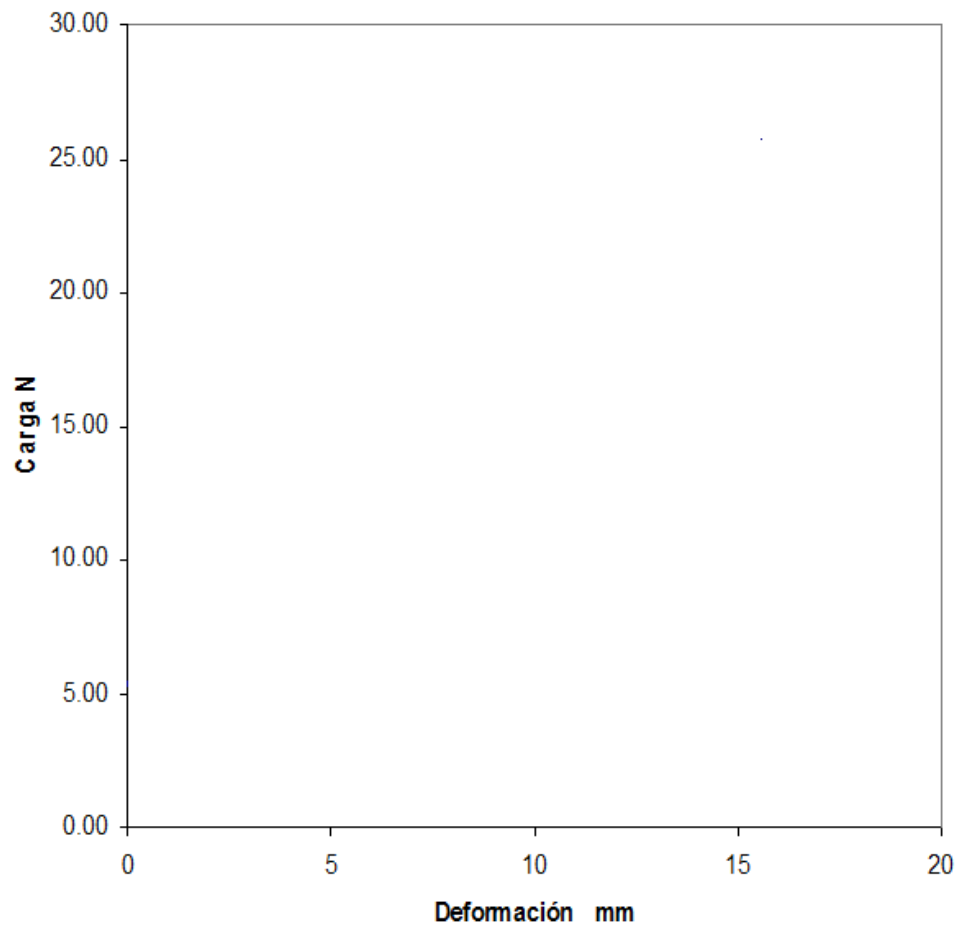
$$y = mx$$

$$F = -Kx.$$

**Tabla No. 1.1**

	<i>Peso</i> <i>kg</i>	<i>Peso</i> <i>Acumulado</i> <i>kg</i>	<i>Peso</i> <i>Acumulado</i> <i>N</i>	<i>Deformación</i>		
				<i>Carga</i> <i>mm</i>	<i>Descarga</i> <i>mm</i>	<i>Promedio</i> <i>mm</i>
Plataforma	0.55	0.55	5.40	0		
Masa 1						
Masa 2						
Masa 3						
Masa 4						
Masa 5						

### Gráfica de fuerza vs. deformación del resorte helicoidal



### Sugerencias didácticas

- Se recomienda hacer la práctica en equipos de 4 a 6 integrantes.

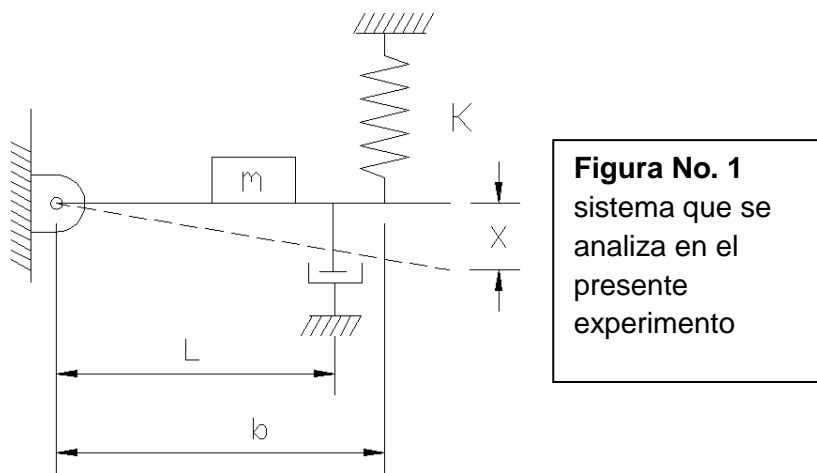


# Análisis de un sistema masa resorte con amortiguamiento

## Objetivo

Determinar el resultado que se tiene al introducir amortiguamiento viscoso en un sistema vibratorio masa resorte helicoidal.

## Introducción



El coeficiente de amortiguamiento, se define, para sistemas con amortiguamiento viscoso, como el cociente de proporcionalidad,  $c$ , entre la fuerza de amortiguamiento y la velocidad relativa entre los extremos del elemento amortiguador:

Un sistema es amortiguado si existe algún elemento en su composición que disipe energía.

En un sistema de estas características, la vibración libre que se produce tras alejarlo de su posición de equilibrio y liberarlo a continuación irá disminuyendo a medida que transcurre el tiempo, hasta desaparecer.

El coeficiente de amortiguamiento crítico se define, para sistemas de 1 grado de libertad con amortiguamiento viscoso, como el cociente de amortiguamiento  $cc$  que

anula la respuesta del sistema en un menor intervalo de tiempo. Se calcula a partir de la expresión:

$$Cc = 2mW_n$$

### Material y equipo

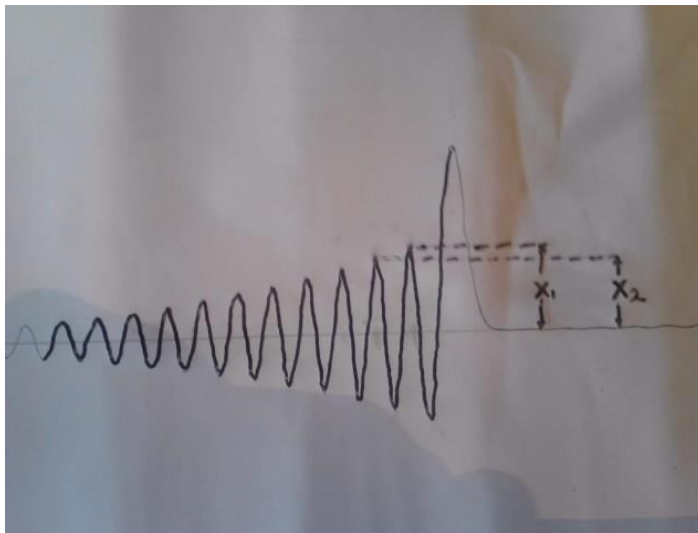
- Marco didáctico de vibraciones mecánicas*	- Estopas
- Flexómetro	-
- Vernier	- Lapicero de tinta gel, marcador o plumón.
- Juego de llaves Allen	- Libreta, calculadora, lapicero, lápiz y borrador

**\*Consultar la guía de verificaciones**

### Metodología

1. Revisar que el amortiguador este lleno hasta  $\frac{3}{4}$  partes de su capacidad, si no es así, llene usted mismo.
2. Revisar que el papel este bien colocado en el cilindro graficador dejando caer el peso del imán.
3. Colocar el lapicero de tinta gel en el porta plumillas ubicado en el extremo libre de la barra rectangular y ajustarlo con la llave Allen correspondiente, una vez ajustado, se hace contacto el papel con el lapicero.

4. Se energiza el graficador motorizado justo antes de comenzar la vibración. Esta vibración se obtiene al empujar hacia abajo el extremo libre de la barra rectangular aproximadamente 15mm y después liberar, esto nos permite registrar la trayectoria de la vibración.
5. Repetir este último paso cuantas veces sea necesario hasta obtener un buen registro de la vibración.
6. El amortiguamiento se varia cambiando la posición del amortiguador de manera que la distancia  $L$  del soporte pivoteado a la abrazadera del amortiguador se modifica.
7. Para cada distancia  $L$  se obtiene el decremento logarítmico  $\delta$  midiendo, en la trayectoria registrada, la amplitud de dos ciclos sucesivos  $X_1$  y  $X_2$  utilizando el vernier, anote estas las amplitudes y el decremento logarítmico correspondiente en la tabla de resultados.



$$\delta = \ln \frac{X_1}{X_2}$$

**Figura No.2** Grafica de amplitud de Vibración, se indica cómo se debe medir la amplitud de dos ciclos sucesivos

8. Repita el paso 7 cambiando la distancia  $L$  del amortiguador.

9. Se retira el amortiguador para calcular la frecuencia natural del sistema  $W_n$  de forma experimental, se hace oscilar el sistema empujando hacia abajo el extremo libre de la barra rectangular aproximadamente 15mm y después se libera, una vez oscilando el sistema se mide el periodo a través del Periodómetro y se calcula la  $W_n$  del sistema.

$$W_n = \frac{2\pi}{\tau}$$

10. Calcule el coeficiente de amortiguamiento  $C$  para cada distancia  $L$ , utilizando la  $W_n$  del sistema, la  $K$  del resorte (calculado en la primer practica) y el decremento logarítmico  $\delta$ . Anote en la tabla de resultados.

$$C = \frac{K}{W_n \sqrt{\left(\frac{\pi}{\ln(X_1/X_2)}\right)^2 + \frac{1}{4}}}$$

donde :  $C$  es la fuerza de amortiguamiento por unidad de velocidad trasladada a la posición del resorte

11. Calcule la frecuencia amortiguada  $W_d$ .

$$W_d = W_n \sqrt{1 - \left(\frac{C}{C_c}\right)^2} \quad C_c = 2mW_n \quad m = \frac{K}{W_n^2}$$

## Tabla de resultados

Posición del amortiguador L (cm)	Amplitud X1 (mm)	Amplitud X2 (mm)	Decremento logarítmico $\ln X1/X2$	Coefficiente de amortiguamiento C (N/(m/s))	Frecuencia natural $\omega_n$ (rad/s)	Frecuencia amortiguada $\omega_d$ (rad/s)

## Sugerencias didácticas

- Se recomienda que la práctica se haga en equipos de 4 a 6 integrantes.
- Tener cuidado con el aceite contenido en el amortiguador ya que este no se sella, trate de no llenar mas de  $\frac{3}{4}$  de su capacidad total para evitar que se derrame durante el experimento.

## Sistema en resonancia

### Objetivo

Comprobar que un sistema entra en resonancia cuando actúa sobre el mismo, una fuerza que varía armónicamente con una frecuencia similar a la frecuencia natural del sistema.

### Introducción

La vibración forzada se presenta cuando una fuerza de excitación armónica externa actúa en un sistema capaz de vibrar.

Cuando se aplica una fuerza que varía armónicamente a un sistema, éste tenderá a vibrar a su propia frecuencia natural, superponiéndose a la frecuencia de la fuerza de excitación. Sin embargo, debido a la fricción ó amortiguamiento, la porción de la amplitud total que no es ocasionada por la fuerza externa desaparece lentamente. Esto significa que después de un tiempo, el sistema vibra a la frecuencia de la fuerza de excitación, sin importar las condiciones iniciales ni la frecuencia natural del sistema. Una situación especial, que en la mayoría de los casos resulta ser indeseable, se presenta cuando la frecuencia de la fuerza de excitación es igual ó muy próxima a la frecuencia natural del sistema y que da como resultado una gran amplitud de vibración, aunque la fuerza de excitación sea muy pequeña. Esta situación es conocida como **RESONANCIA**.

### Material y equipo

- Marco didáctico de vibraciones*	- Juego de llaves Allen -
- Libreta, lápiz, borrador y calculadora	- Desarmador plano

\* Consultar la guía de verificaciones previas

## Metodología

El experimento consiste en determinar la frecuencia natural ( $W_n$ ) del sistema y posteriormente arrancar el motor, aumentando lentamente su velocidad para comprobar que cuando la frecuencia de la fuerza de excitación se acerca o iguala a la frecuencia natural del sistema, ocurre el fenómeno de la resonancia.

1. Para calcular la frecuencia natural del sistema  $W_n$  de forma experimental, se hace oscilar el sistema empujando hacia abajo el extremo libre de la barra rectangular aproximadamente 15mm y después se libera, una vez oscilando el sistema se mide el periodo a través del Periodómetro y se calcula la  $W_n$  del sistema con la siguiente fórmula:

$$W_n = \frac{2\pi}{\tau}$$

2. Una vez obtenido el valor de la  $W_n$  en rad/s se convierte a r.p.m.
3. Dado que la polea motriz es de 22 ranuras y la polea del rotor desbalanceado es de 72 ranuras, se realiza la siguiente relación para encontrar el valor aproximado de giro del motor para que el sistema entre en resonancia.

$$W_n(r.p.m) \left( \frac{72}{22} \right) = r.p.m.(motor)$$

4. Para comprobar lo anterior, se energiza el motor y se aumenta poco a poco la velocidad, debiéndose observar la máxima amplitud de oscilación aproximadamente a las r.p.m. (motor) calculadas.

Nota: Si nota alguna condición insegura ó fuera de lo normal, active inmediatamente el botón de paro de emergencia.

5. A menor o mayor velocidad la amplitud es considerablemente menor.

## **Sugerencias didácticas**

- Se recomienda que la práctica se haga en equipos de 4 a 6 integrantes.



## **Vibrómetro**

### **Practica para la materia de vibraciones mecánicas y mantenimiento industrial**

#### **Evaluación de la vibración de una maquina rotativa o dinámica.**

##### **Objetivo**

Saber interpretar las velocidades de las vibraciones de acuerdo a la forma en que se mide la vibración y utilizando la tabla de severidad correspondiente.

##### **Introducción**

Un hecho cierto acerca de la maquinaria rotativa es que las únicas señales de fallas apreciables sensorialmente en el exterior son las vibraciones y la temperatura.

Es normal que una maquina tenga algún nivel mínimo de vibración debido a los errores geométricos de manufactura y a los materiales de sus componentes mecánicos. Cuando esta vibración empieza a crecer es una clara señal de que los componentes empiezan a tener degradación mecánica. Si la vibración llega a ser excesiva, existe un problema serio dentro de la maquina que requiere inmediatamente corrección y por lo tanto la detección de la vibración es una herramienta útil para rastrear el grado de desgaste de los elementos mecánicos que integran la maquina e inclusive un buen análisis de vibración podría precisar el elemento causante del problema antes de llegar a tener una falla severa.

La razón principal para analizar y diagnosticar el estado de una maquina es determinar las medidas necesarias para corregir la condición de vibración, reducir el nivel de las fuerzas vibratorias no deseadas. De manera que, al estudiar los datos, el interés principal deberá ser la identificación de las amplitudes predominantes de la vibración, la determinación de las causas, y la corrección del problema que ellas representan

El desbalance de la maquinaria es una de las causas más comunes de la vibración. En muchos casos, los datos arrojados por un estado de desbalance indican:





- La frecuencia de vibración se manifiesta a 1x las rpm de la pieza desbalanceada.
- La amplitud es proporcional a la cantidad de desbalance.
- La amplitud de la vibración es normalmente mayor en el sentido de medición radial, horizontal o vertical (en las maquinas con ejes horizontales).
- El análisis de fase indica lecturas de fase estables.

Otra causa de Vibración es a falta de alineamiento. En la mayoría de los casos los datos derivados de una condición de falta de alineamiento indican lo siguiente:

- La frecuencia de vibración es de 1x rpm; también 2x y 3x rpm en los casos de una grave falta de alineamiento.
- La amplitud de la vibración es proporcional a la falta de alineamiento.
- La amplitud de la vibración es alta en sentido axial, y un poco menor en el sentido radial.
- El análisis de fase muestra lecturas de inestables.

A continuación se puede apreciar un dispositivo medidor de vibraciones.

## Material y equipo

Vibrometro Viber-A	
Perno M6	
Motor eléctrico	
Tornillos, tuercas y rondanas.	
Lápiz y borrador	

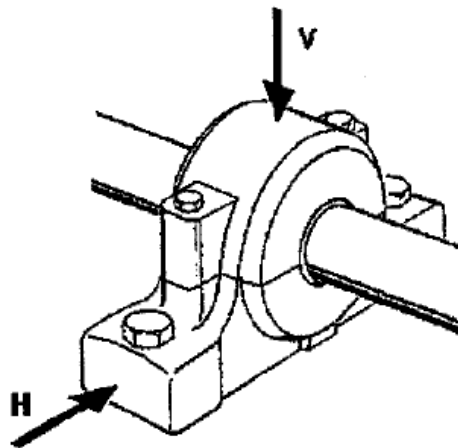
## Metodología

1. Antes de comenzar la práctica, la mesa en donde se encuentra el motor eléctrico para el barrido de vibraciones debe de estar libre de objetos evitar accidentes.

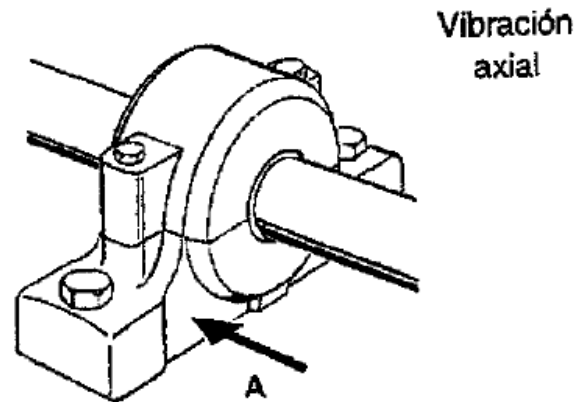
Nota: evite jugar durante la práctica para evitar accidentes, ya que el motor gira a 1800 rpm.

2. Revisar que el interruptor del motor este apagado

3. Conectar el motor eléctrico a la toma de corriente de 220V trifásica a través del interruptor.
4. Antes de encender el interruptor verifique que nadie toque el motor eléctrico ya que su arranque es inmediato, una vez hecho esto puede encender el motor.
5. Encienda el vibrometro Viber-A y coloque el perno M6 en el transductor.
6. La medición de las vibraciones se hace de forma vertical, horizontal y axial como se indica en las imágenes.



Vibración radial



Vibración axial

Figura 1.- vibración vertical y horizontal

Figura 2.- vibración axial

7. Realice las primeras mediciones con el rotor balanceado, anótelas en la tabla de resultados e intérprete estos resultados obtenidos de acuerdo a la tabla de Severidad de la vibración según la norma ISO 10816-3 que se muestra al final del manual, anote sus observaciones e interpretaciones.

8. Apague el motor eléctrico y coloque un tornillo de masa pequeña que servirá como desbalance (asegurarle con su respectiva tuerca), apriete bien para evitar accidentes.
9. Encienda el motor eléctrico y vuelva a tomar las medidas de la vibración, y anótelas en la tabla de resultados, interprete estas nuevas medidas de vibración de acuerdo a la tabla de severidad.
10. Apague el motor eléctrico, quite el tornillo de masa pequeña y coloque uno más grande, también le puede colocar rondanas para aumentar el peso.
11. De nuevo encienda el motor eléctrico, tome nota de las vibraciones medidas y analícelas de acuerdo a la tabla de severidad.
12. Anote todas tus observaciones y compárelas con sus compañeros.
13. Una vez finalizada la práctica, se deberá guardar todos los accesorios que se utilizaron para la misma, así, también se desactivara el interruptor de la toma de corriente.

## **Tabla de resultados**

		Medición horizontal (mm/s)	Medición vertical (mm/s)	Medición axial (mm/s)	Observaciones
Rotor balanceado	Chumacera Frontal				
	Chumacera posterior				
Desbalance 1	Chumacera Frontal				
	Chumacera posterior				
Desbalance 2	Chumacera Frontal				
	Chumacera posterior				

**Nota:** recuerde que cuando la vibración radial ya sea vertical o horizontal es mayor significa que la vibración se debe a un desbalance y que cuando la

**vibración axial es mayor significa que la vibración se debe a un desalineamiento.**

**Evaluación:**

**Tabla de Severidad de la vibración según la norma ISO 10816-3.**

**Zona A:** Valores de vibración de máquinas recién puestas en funcionamiento o reacondicionadas.

**Zona B:** Máquinas que pueden funcionar indefinidamente sin restricciones.

**Zona C:** La condición de la máquina no es adecuada para una operación continua, sino solamente para un período de tiempo limitado. Se deberían llevar a cabo medidas correctivas en la siguiente parada programada.

**Zona D:** Los valores de vibración son peligrosos, la máquina puede sufrir daño

Velocidad	in/s rms		mm/s rms																	
10-1000 Hz r > 600 rpm																				
2-1000 Hz r > 120 rpm	0,43	11					D													
	0,28	7,1					C													
	0,18	4,5					B													
	0,14	3,5					A													
	0,11	2,8					A													
	0,09	2,3					A													
	0,06	1,4					A													
	0,03	0,71					A													
	<b>Base</b>		Rígida	Flexible	Rígida	Flexible	Rígida	Flexible	Rígida	Flexible	Rígida	Flexible	Rígida	Flexible						
	<b>Tipo de máquina</b>		Bombas > 15 kW flujo radial, axial o mixto				Tamaño medio 15 kW < P ≤ 300 kW				Grandes máquinas 300 kW < P < 50 MW									
			Motor integrado		Motor separado		Motores 160 mm ≤ H < 315 mm				Motores 315 mm ≤ H									
	<b>Grupo</b>		Grupo 4		Grupo 3		Grupo 2				Grupo 1									

- A** Máquina nueva o reacondicionada
- B** La máquina puede operar indefinidamente
- C** La máquina no puede operar un tiempo prolongado
- D** La vibración está provocando daños

### Sugerencias didácticas

- Se recomienda que la práctica se haga en equipos de 4 a 6 integrantes. Todos ellos deberán portar una bata de preferencia de color azul para su protección.

### Fuentes de información

- Manual de vibración por: Mecanalis.