UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR-JOSÉ MIGUEL CARRERA

NORMALIZACION DE ACTIVIDADES DE LABORATORIO PREDICTIVAS Y END EN EL TALLER DE MANTENIMIENTO.

Trabajo de Titulación para optar al Título de Técnico Universitario en MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Alumno:
José Manuel Olivares Vega
Pablo Andrés Villalón Tabilo

Profesor Guía:
Ing. Andrés Aránguiz Garrido

2017

RESUMEN

KEYWORDS: MANTENIMIENTO, VIBRACIONES, ANALISIS, ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS, PAUTAS DE EVALUACIÓN, LABORATORIO, MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

El análisis de vibraciones y los ensayos no destructivos sirven de supervisión y diagnóstico de fallos mecánicos. En primera parte el análisis de vibraciones inspecciona e identifica los fallos mecánicos en las máquinas de tipo rotativos. Además los ensayos no destructivos generan una inspección en elementos mecánicos sin alterar de forma permanente en el material, ya que implican un daño imperceptible o nulo.

En el presente trabajo de título, se presentan los conceptos básicos de vibraciones y los tipos más comunes de Ensayos No Destructivos, se identifica la problemática asociada a las actividades prácticas de la asignatura Inspección y Control, se muestra cuáles son los equipos e instrumentos que formaron parte de las mencionadas actividades con el fin de orientar de que se trataron las experiencias.

Además se presentan las actividades realizadas buscando exponer los parámetros que se encontraron como problemática, dichas actividades se analizan para buscar su solución a través de la realización de pautas. A través de una explicación breve de lo realizado en estas actividades, se analiza si lo realizado cumple o aplica en la asignatura, si el caso no es así, se plantea cuáles pueden ser las posibles mejoras a la actividad, como también se analiza a través de un FODA los parámetros de cada actividad.

Por último, se realiza la medición a los bancos de pruebas que serán utilizados en la asignatura. Se revisa el estado inicial de estos, con el fin de tener una guía para las futuras mediciones que se realizaran en las actividades prácticas. Se busca que a través de la condición inicial expuesta a través de este trabajo de título, los alumnos puedan hacer sus análisis en las mediciones futuras. Además, se exponen las nuevas pautas de laboratorio, con las cuales, se busca mejorar la problemática planteada.

El estudio y planificación de nuevas pautas y métodos de estudio a través de la mejora de las falencias de las anteriores, es lo que se busca continuamente en el área de mantenimiento, con buena teoría y realización de laboratorios, dando hincapié a la mejora continua.

INDICE

RESUMEN

SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS.

INTRODUCCIÓN.

OBJETIVO GENERAL.

OBJETIVOS ESPECIFICOS.

CAPÍTULO 1: MARCO TEORICO Y PROBLEMÁTICA.

1.1. MARCO TEÓRICO.
1.1.1. Análisis de vibraciones.
1.1.1.1. Valor RMS.
1.1.1.2. Frecuencia.
1.1.1.3. Desplazamiento, velocidad y aceleración vibratoria.
1.1.1.4. Vibraciones mecánicas.
1.1.1.4.1.Movimiento armónico simple
1.1.1.4.2.Movimiento armónico simple amortiguado.
1.1.1.4.3.Vibración libre.
1.1.1.4.4.Vibración forzada.
1.1.1.5. Espectro vibratorio.
1.1.1.5.1.Espectros vibratorios
1.1.1.6. Resonancia
1.1.2. Ensayos no destructivos.
1.1.2.1. Inspección por Ultrasonido.
1.1.2.2. Ensayo por Tintas Penetrantes.
1.1.2.3. Ensayo por partículas magnéticas.

1.2. PROBLEMÁTICA.
1.2.1. Análisis causa raíz
1.2.2. Análisis FODA

1.3. ENTIDAD: UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA.
1.3.1. Ubicación.
1.3.2. Historia.
1.3.3. Misión.
1.3.4. Visión.
1.3.5. Organigrama.

1.4. EQUIPOS DEL TALLER.
1.4.1. Bancos de pruebas.
1.4.1.1. Rotor kit.
1.4.1.1.1.Motor eléctrico.
1.4.1.1.2.Descansos de rodamientos.
1.4.1.1.3.Acoples Mecánicos.
1.4.1.1.4.Discos.
1.4.1.2. Banco didáctico de circuito hidráulico.
1.4.1.2.1.Bombas.
1.4.1.2.2.Caudalímetro.

CAPITULO 2: ANALISIS DE APLICACIÓN DE ACTIVIDADES PRÁCTICAS ANTERIORES Y PROPUESTAS DE MEJORA.

2.1. ACTIVIDADES PRÁCTICAS.
2.1.1. Laboratorio n°1: Vibraciones Mecánicas.
2.1.1.1. Conclusión.
2.1.1.2. Análisis FODA laboratorio n° 1
2.1.2. Laboratorio n°2: Espectros de frecuencia.
2.1.2.1. Conclusión.
2.1.2.2. Análisis FODA Laboratorio n°2.
2.1.3. Laboratorio n°3 balanceo y equilibrio.
2.1.3.1. Conclusión.
2.1.3.2. Análisis FODA Laboratorio n°3.
2.1.4. Laboratorio n°5 Alineamiento de ejes.
2.1.4.1. Conclusión.
2.1.4.2. Análisis FODA Laboratorio n°4.
2.1.5. Laboratorio n° 5vibraciones en circuito hidráulicos.
2.1.5.1 Conclusión.
2.1.5.2. Análisis FODA Laboratorio n°5.
2.1.6. Laboratorio n° 6 ensayos no destructivos.

2.1.6.1. Conclusión.
2.1.6.2. Análisis FODA Actividad n°6
2.1.7. Laboratorio n°7: Medición de Espesores de Materiales y Recubrimientos.
2.1.7.1. Conclusión.
2.1.7.2. Análisis FODA Laboratorio n°7.

2.2 POSIBLES SOLUCIONES A LA PROBLEMATICA.
2.2.1. Instrumentos de Medición y Equipos para las nuevas actividades.
2.2.1.1. Fag Detector III
2.2.1.1.1.Medición y análisis del estado de la máquina.
2.2.1.1.2.Equilibrar con el FAG detector III.
2.2.1.1.2.Análisis con la ayuda de la base de datos de rodamientos Trendline.
2.2.1.2. Circuito de Transmisión de potencia.
2.2.1.2.1.Motor Trifásico 5K 225 D947
2.2.1.2.2.Correa de trasmisión
2.2.1.2.3.Reductor tipo VF 110/A, marca Bonfiglioli
2.2.1.2.4.Sistema de trasmisión por cadena.
2.2.1.2.5.Piñón

CAPÍTULO 3: ESTADO INICIAL DE LOS EQUIPOS Y PAUTAS DE EVALUACIÓN.

3.1. ESTADO INICIAL DE LOS EQUIPOS DEL TALLER.
3.1.1. Circuito de Bombas Hidráulicas.
3.1.2. Rotor Kit
3.1.3. Circuito de Transmisión de Potencia

3.2. PLANIFICACION DE LAS NUEVAS PAUTAS.

CONCLUSIONES.

BIBLIOGRAFÍA.

ANEXOS.

ANEXO A: ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL TALLER DE INSPECCION Y CONTROL DEL MANTENIMIENTO EN EL 4TO SEMESTRE DE LA CARRERA TÉCNICO UNIVERSITARIO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL EL AÑO 2015 (GENERACIÓN 2014).

ANEXO B: NUEVAS PAUTAS DE LABORATORIO, ASIGNATURA INSPECCIÓN Y CONTROL DEL MANTENIMIENTO.

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1-1. Vibración armónica simple.
Figura 1-2. Vibración armónica simple amortiguada.
Figura 1-3. Péndulo Simple.
Figura 1-4. Vibración Amortiguada.
Figura 1-5. Simulación de vibración de rodamientos con falla. Análisis en dominio tiempo y dominio espectral.
Figura 1-6. Ejemplos de espectros asociados a fallas.
Figura 1-7. Transmisibilidad vs razón de frecuencias.
Figura 1-8. Medición por ultrasonido.
Figura 1-9. Ensayo por partículas magnéticas.
Figura 1-10. Aplicación de partículas magnéticas.
Figura 1-11. Análisis causa raíz.
Figura 1-12. Ubicación Universidad, el taller de mantenimiento se ubica en el edificio C.
Figura 1-13. Organigrama oficial del departamento de mecánica.
Figura 1-14. Banco de pruebas rotativo, Rotor Kit.
Figura 1-15. Esquema de Rotor Kit.
Figura 1-16. Banco de pruebas Circuito de bombas hidráulicas.
Figura 1-17. Banco de pruebas didácticas, medidas y simbología.
Figura 1-18. Simbología de los componentes del circuito bombas hidráulicas.
Figura 2-1. Circuito de Transmisión de Potencia.
Figura 2-2. Correa de trasmisión.
Figura 2-3. Componentes del reductor.
Figura 2-4. Cadena de transmisión.
Figura 2-5. Piñón.
Figura 3-1. Ruta de medición de bombas hidráulicas.
Figura 3-2. Espectros Circuito de Bombas – Bomba Azul, Medición Horizontal.
Figura 3-3. Espectros Circuito de Bombas – Bomba Amarilla, Medición horizontal.
Figura 3-4. Ruta de medición rotor kit.
Figura 3-5. Tabla de severidad ISO 10816.
Figura 3-6. Espectro vibratorio Motor Electrico A vertical.
Figura 3-7. Espectro vibratorio, Motor Electrico B vertical.
Figura 3-8. Espectro vibratorio, descanso C horizontal.
Figura 3-9. Espectro vibratorio, descanso D vertical.
Figura 3-10. Espectro vibratorio, descanso E vertical.

Figura 3-11. Ruta de medición Circuito transmisión de potencia.
Figura 3-12. Espectro vibratorio, motor eléctrico A horizontal.
Figura 3-13. Espectro vibratorio, motor eléctrico B vertical.
Figura 3-14. Espectro vibratorio eje superior A horizontal.
Figura 3-15. Espectro vibratorio eje inferior C axial.
Figura 3-16. Espectro vibratorio, descanso B axial.

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1-1. Análisis FODA

Tabla 1-2. Características técnicas del motor eléctrico.

Tabla 1-3. Características técnicas descanso de rodamiento.

Tabla 1-4. Características técnicas del acople mecánico.

Tabla 1-5. Características técnicas de los discos de masa.

Tabla 1-6. Características técnicas bomba MyH.

Tabla 1-7. Características técnicas bomba MyH.

Tabla 1-8. Características técnicas Caudalímetro.

Tabla 2-1. FODA Laboratorio n°1.

Tabla 2-2. FODA Laboratorio n°2.

Tabla 2-3. FODA Laboratorio n°3.

Tabla 2-4. FODA Laboratorio n°4.

Tabla 2-5. FODA Laboratorio n°5.

Tabla 2-6. FODA Laboratorio n°6.

Tabla 2-7. FODA Laboratorio n°7.

Tabla 2-8. Características técnicas del motor eléctrico.

Tabla 3-1. Valores rms en Circuito de Bombas Hidráulicas.

Tabla 3-2. Valores rms en Rotor Kit.

Tabla 3-3. Componentes v/s velocidad.

Tabla 3-4. Valores rms en Circuito de Transmisión de Potencia.

SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS.

SIGLAS

a	:	aceleración
a_w	:	Amplitud de vibración
d_0	:	desplazamiento
ISO	:	Organización Internacional para la Estandarización.
RMS	:	Raíz media cuadrática
sin	:	seno
v	:	velocidad

SIMBOLOGIAS

A	:	Ampere
cpm	:	ciclos por minuto
Hz	:	Hertz
kW	:	kilowatt
m	:	metro
min	:	minuto
mm	:	milímetro
N	:	Newton
RPM	:	revoluciones por minuto
s	:	segundo
V	:	Voltaje
END	:	Ensayos No Destructivos.

INTRODUCCIÓN.

El mantenimiento se define como un conjunto de actividades que son desarrolladas con el fin de asegurar que cualquier activo continúe desempeñando las funciones optima de diseño.

El mantenimiento predictivo es un tipo de mantenimiento que relaciona una variable física de funcionamiento, con el desgaste o estado de una máquina. Este tipo de mantenimiento se basa en la medición, monitoreo y seguimientos de parámetros y condiciones operativas de un equipo o una instalación de estos mismo. Así es como el mantenimiento predictivo puede gestionar unos valores que sirven de alarma, valores que están definidos por las variables normales del equipo, si estos valores son superados, se considera realizar nuevas mediciones y gestionar para la inminente mantención.

El uso de la tecnología en el mantenimiento predictivo es un pilar fundamental para realizar las distintas mediciones que permiten saber a través de la severidad el estado de la maquina o instalación a tratar. Dentro de la mantención, encontramos tecnología que permite realizar tareas de análisis de vibraciones, termografía infrarroja, detección ultrasónica de defectos, ensayos no destructivos, análisis de aceites, análisis del flujo de dispersión, entre otros.

Una de las formas más utilizadas dentro del mantenimiento preventivo para saber el estado de la máquina, es la del análisis de vibraciones, el cual entrega a través de espectros el estado de la máquina, siendo muy acertado en sus mediciones, si bien es un método de un costo más elevado, la certeza en sus mediciones justifica el costo que implica implementar mantenimiento predictivo. Además, dentro de las actividades utilizadas con más frecuencia en la industria, se encuentran los ensayos no destructivos, los cuales tienen como ventaja que el estado de la maquina no se ve afectado por el ensayo que se le puede realizar, también tiene como ventaja que la identificación de sus resultados son fáciles de conseguir ya que se verifica visualmente.

La formación de profesionales de la mantención, debe tener una buena enseñanza de estos métodos de determinación de las fallas, debido a que un profesional con estas aptitudes son muy necesarios en la industria.

OBJETIVO GENERAL.

- Mejorar la parte práctica de la asignatura Inspección y Control del Mantenimiento, con la finalidad de realizar las actividades de la mejor forma para que los alumnos puedan desenvolverse con seguridad en esta área.

OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Comprender el enfoque técnico de los ensayos no destructivos y el análisis de vibraciones, para ello se debe aplicar la teoría de esta, con el propósito de ser puesta a prueba de la mejor manera en la parte práctica.
- Analizar las actividades realizadas en la parte práctica del ramo inspección y control del mantenimiento, con el fin de fortalecer y mejorar cada actividad realizada.
- Planificar nuevas pautas de evaluación acorde a las actividades que aplican en el ramo inspección y control del mantenimiento, para diagnosticar y monitorear el estado que se encuentra cada equipo.

CAPÍTULO 1: MARCO TEORICO Y PROBLEMÁTICA.

1. MARCO TEÓRICO Y PROBLEMÁTICA.

1.1. MARCO TEÓRICO.

El mantenimiento predictivo es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una máquina, a través de técnicas instrumentadas de medida y análisis de variables, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Su objetivo principal es optimizar la fiabilidad y disponibilidad de los equipos. Ejemplo de mantenimiento predictivo son los análisis de vibraciones, ultrasonidos, análisis de lubricantes, partículas magnéticas, termografía, etc. En el siguiente trabajo de título, se hablará en gran medida de los análisis de vibraciones y ensayos no destructivos.

1.1.1 .Análisis de vibraciones.

Vibración se conoce como el movimiento oscilante que se repite después de un determinado tiempo, producido por algún cuerpo en alguna dirección que es producido por el desplazamiento del mismo, existen dos parámetros principales para determinar una vibración, los cuales son la amplitud, y su frecuencia. Cuando se quiere obtener el valor de la vibración a medir, es necesario verificar el desplazamiento vibratorio d (T), para esto se definen valores, los cuales son:

1. Valor peak: es el mayor valor obtenido entre o y el mayor peak sea positivo o negativo.
2. Valor peak to peak (pico a pico): Es la diferencia entre el mayor valor positivo, y el mayor valor negativo.
3. Valor RMS (root mean square): se entiende por valor rms, a la raíz de la amplitud de la vibración en diferentes planos medidos.

1.1.1.1. Valor RMS.

Es la dimensión, o la cantidad de desplazamiento, velocidad o aceleración, usando como referencia cero el punto de inicio.

1.1.1.2. Frecuencia.

Está definida con la letra (f) y se entiende por frecuencia, al número de ciclos u oscilaciones de un cuerpo por segundo, está relacionada con el tiempo (T), donde t es el tiempo que se demora en hacer una oscilación por segundo, las unidades que encontramos son en Hz o CPM. Para luego tener los valores RMS de desplazamiento, aceleración y velocidad, se debe saber el valor de la frecuencia.

$$f = \frac{1(CICLO)}{T\ (SEG)}$$

1.1.1.3 .Desplazamiento, velocidad y aceleración vibratoria.

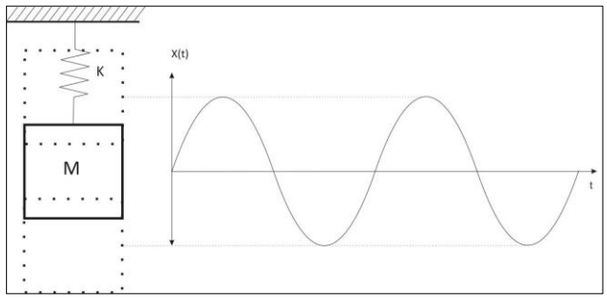
- Desplazamiento: Es la posición en donde se mide, respecto a su punto de equilibrio.
- Velocidad: Es la medida de la rapidez que se mueve un punto, mientras este vibra.
- Aceleración: Es la rapidez de cambio de velocidad respecto al tiempo.

1.1.1.4. Vibraciones mecánicas.

Por definición, cualquier movimiento que se repite después de un intervalo de tiempo se llama vibración u oscilación.

1.1.1.4.1. Movimiento armónico simple

Consiste en un movimiento periódico y vibratorio en donde se ausenta la fricción, y esta descrita en función del tiempo. Cuando la masa es sacada de su equilibrio estático, mediante un desplazamiento y/o una velocidad, esto hace que el cuerpo vibre en el espacio sin algún elemento que impida su movimiento. En la figura 1-1 se apreciar el movimiento de onda en una vibración armónica simple.

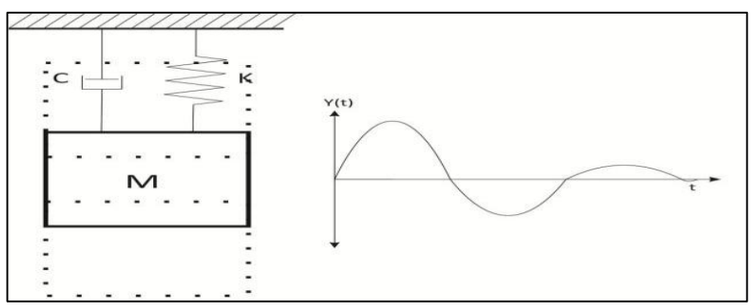


Fuente: Capitulo 1 Vibraciones Mecánicas, Pedro Saavedra, 2015.

Figura: 1-1. Vibración armónica simple.

1.1.1.4.2. Movimiento armónico simple amortiguado.

Este tipo de vibración a es parecida a la anterior, con la diferencia de que existe un amortiguador que disipa la energía, disminuyendo gradualmente la oscilación de la masa. En la figura 1-2 se puede apreciar la forma de onda de una vibración armónica simple amortiguada.

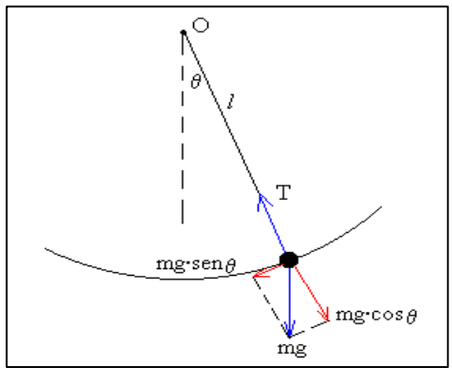


Fuente: Capitulo 1 Vibraciones Mecánicas, Pedro Saavedra, 2015

Figura: 1-2. Vibración armónica simple amortiguada.

1.1.1.4.3. Vibración libre.

Es cuando un cuerpo se le da una perturbación inicial, y se deja que vibre libremente. En la figura 1-3 se puede apreciar un esquema de vibración libre por péndulo simple.

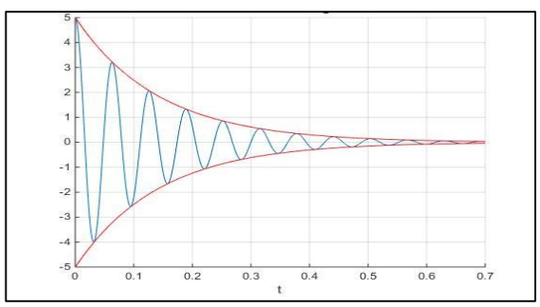


Fuente: Capitulo 1 Vibraciones Mecánicas, Andrés Aránguiz, 2015.

Figura: 1-3 Péndulo Simple.

1.1.1.4.4. Vibración forzada.

Es cuando un sistema se somete a fuerzas externas, la vibración se conoce como vibración forzada, principalmente este tipo de vibración se encuentra en las bombas, reductores y automóviles. En la figura 1-4 se puede apreciar un ejemplo de vibración forzada.



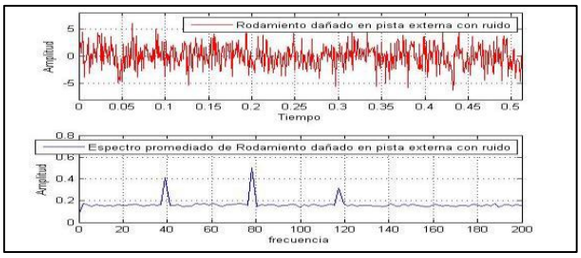
Fuente: http://www.sc.ehu.es/oscilacion_amortiguada/

Figura: 1-4 Vibración Amortiguada.

1.1.1.5. Espectro vibratorio.

Este espectro sirve para analizar las diferentes vibraciones individuales, que posee la señal obtenido versus la frecuencia, es aplicaciones en terreno se conoce como análisis de forma de onda, pero como es muy difícil de interpretar debido a sus

componentes, por ende es más utilizado el análisis espectral, en donde disminuye los componentes obtenidos como indica la siguiente figura. En la figura 1-5 se puede apreciar la forma de onda y espectro de una vibración de rodamientos.

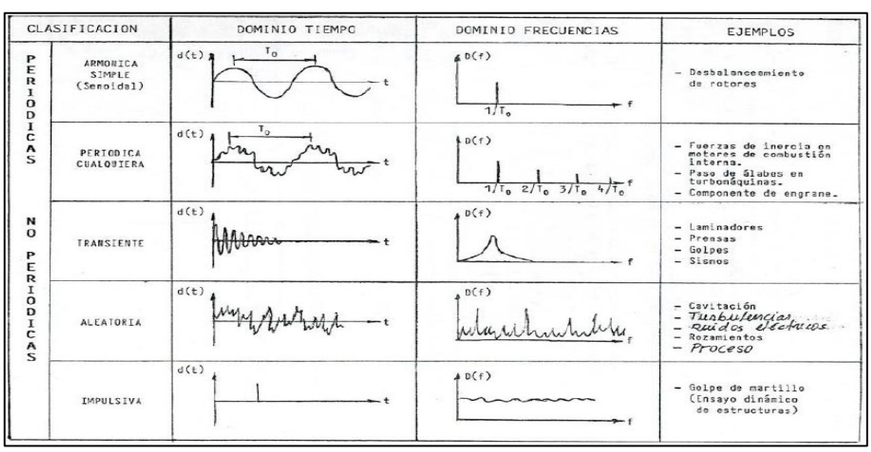


Fuente: Capitulo 1 Vibraciones Mecánica, Andrés Aránguiz, 2015.

Figura: 1-5 Simulación de vibración de rodamientos con falla. Análisis en dominio tiempo y dominio espectral.

1.1.1.5.1. Espectros vibratorios

A continuación en la figura 1-6 se puede apreciar ejemplos de espectros asociados a fallas.

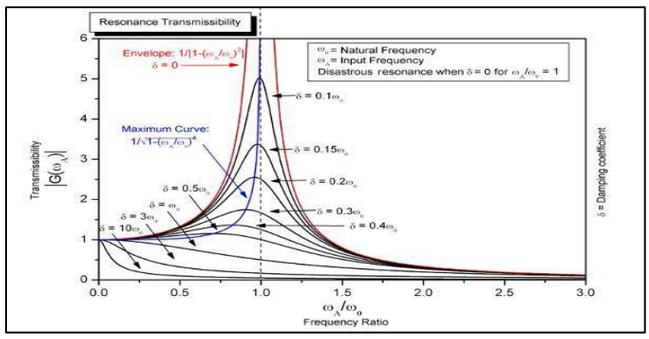


Fuente: Apuntes Mant. Predictivo, Pedro Saavedra, 2010.

Figura: 1-6 Ejemplos de espectros asociados a fallas.

1.1.1.6. Resonancia

Si un cuerpo alcanza el mismo valor de su frecuencia natural, estamos en presencia del fenómeno conocido como resonancia, por ende su amplitud de vibración aumenta considerablemente al extremo de poder destruir la maquinaria industrial. En la siguiente figura 1-7 se puede apreciar un gráfico de transmisibilidad versus razón de frecuencias.



Fuente: Capitulo 1 Vibraciones Mecánicas, Andrés Aránguiz, 2015.

Figura: 1-7 Transmisibilidad vs razón de frecuencias.

1.1.2. Ensayos no destructivos.

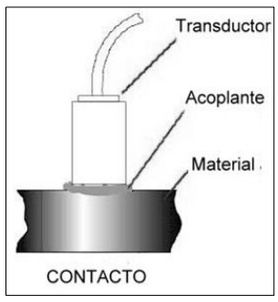
Los ensayos no destructivos se definen como aquellos ensayos basados en fenómenos físicos, cuyo objetivo es obtener información sobre los defectos o estado de un material, sin provocar daños químicos, mecánicos o dimensionales al propio material.

1.1.2.1.Inspección por Ultrasonido.

El ensayo de Ultrasonido funciona a través de la detección, generación y propagación de ondas, (sonido) en los materiales, para realizar el ensayo se requiere tener bastante experiencia en la inspección por Ultrasonido.

Este ensayo consiste en que el sonido viaja hacia la superficie medida y al rebotar en esta se analiza la onda que da como resultado, puede ser una onda completa, como también media onda, posteriormente se pasa a la siguiente etapa la cual consiste en representar gráficamente los espesores obtenidos a través del ensayo de Ultrasonido, la gráfica entregada se genera a la distancia que recorre el palpador v/s al tiempo que

transcurre, por último se hace una presentación de la información obtenida la cual representa el espesor o profundidad que tiene el material analizado. En la siguiente figura 1-8 se puede apreciar cómo se realiza la medición en este tipo de inspección por Ultrasonido.

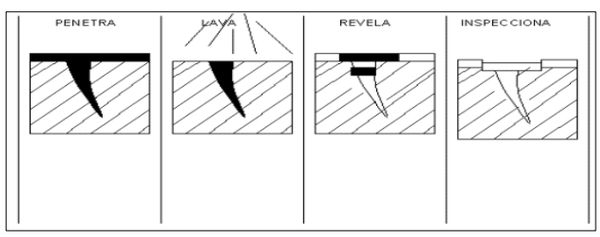


Fuente: www.demaquinasyherramientas.com

Figura: 1-8 Medición por ultrasonido.

1.1.2.2. Ensayo por Tintas Penetrantes.

Corresponde a un tipo de ensayo que está enfocado en detectar anomalías en superficies ferrosas. El ensayo se divide en varias etapas, como primara instancia se debe limpiar el componente que se quiere analizar, con el fin de poder realizar todo el ensayo de la mejor manera, luego de esto se debe aplicar un líquido que tiene la cualidad de penetrar las discontinuidades de la superficie que se quiere analizar. Después, de que se deje secar el líquido que se aplicó por unos minutos, se debe limpiar todo el exceso del líquido, y por último se aplica el revelador, que tiene como función revelar como su nombre lo dice, toda aquella fisura o problemática que se pueda detectar en la superficie analizada. En la siguiente figura 1-9 se puede apreciar cómo se realiza el ensayo por tintas penetrantes.

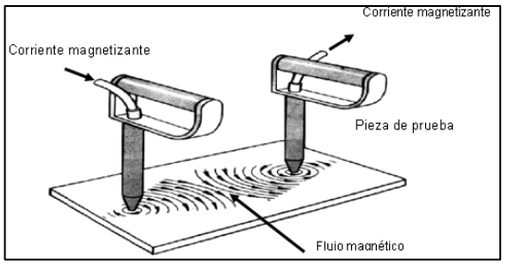


Fuente: www.monografias.com/tintes-penetrantes/

Figura: 1-9 Ensayo por partículas magnéticas.

1.1.2.3. Ensayo por partículas magnéticas.

Este tipo de ensayo está enfocado en identificar algún tipo de problema en superficies de los materiales, este proceso es aplicable en algunos materiales, va a depender de sus propiedades químicas, como por ejemplo el hierro. Este ensayo se divide por varias etapas, para empezar se debe limpiar el elemento que se quiere analizar para realizar el proceso con éxito, luego se procede a polvorear con las partículas el elemento que se quiere analizar, posteriormente, se saca el exceso de partículas y se magnetiza el elemento que se quiere analizar, para luego, realizar una inspección visual del comportamiento de las partículas. En la siguiente figura 1-10 se puede apreciar el uso y aplicación de los ensayos con partículas penetrantes.



Fuente: www.monografias.com/particulas-magmeticas/

Figura: 1-10 Aplicación de partículas magnéticas.

1.2. PROBLEMÁTICA.

En este capítulo se proporciona toda la información relacionada con las problemáticas que se encuentran en el ramo inspección y control, por lo cual surge la necesidad de mejoramiento de esta área para el fortalecimiento en metodologías de enseñanzas y así poder lograr adquirir el aprendizaje necesario para el alumnado. A su vez también se muestra las temáticas de enseñanza y las falencias que existen en las actividades realizadas en el taller de mantenimiento, la poca implementación afecta directamente al tipo de metodología que se utiliza en estas asignaturas. Además las horas estipuladas para la parte práctica, no son las necesarias como para poder distribuir la cantidad de alumnos en distintos equipos de trabajo, de manera que cada grupo posea un número reducido de alumnos, para que cada integrante pueda participar de manera activa en las diferente actividades prácticas que se realicen durante el tiempo estipulado,

asegurando que el alumno adquiera técnicas competentes de manera que lo complemente con lo adquirido en la teoría.

También se diagnostica a través de la experiencia que se posee al ser parte de la primera generación de la carrera Técnico Universitario en Mantenimiento Industrial, la falta de comunicación que existe entre la parte teórica y la parte práctica de la asignatura, debido a que en ocasiones lo expuesto en las clases prácticas no concordaba o no iba en sincronía con lo desarrollado en clases teóricas, en cuanto se habla de la parte de vibraciones.

Cuando se nombran los ensayos no destructivos (END), que es un aspecto de gran importancia, y fundamental en el análisis de fallas para un mantenedor industrial, no se cuenta con un previo conocimiento del tema, debido a que solamente se realiza la actividad guiándose en la introducción previa a la experiencia de taller. Si bien se explica de manera amplia cómo funcionan los distintos tipos de ensayos no destructivos, no se logra tener un conocimiento completo del tema debido a falta de tiempo para realizar las actividades, la poca disponibilidad ya que en un grupo de trabajo no todos los miembros alcanzan a utilizar los distintos implementos, y además la desinformación de parte del alumnado.

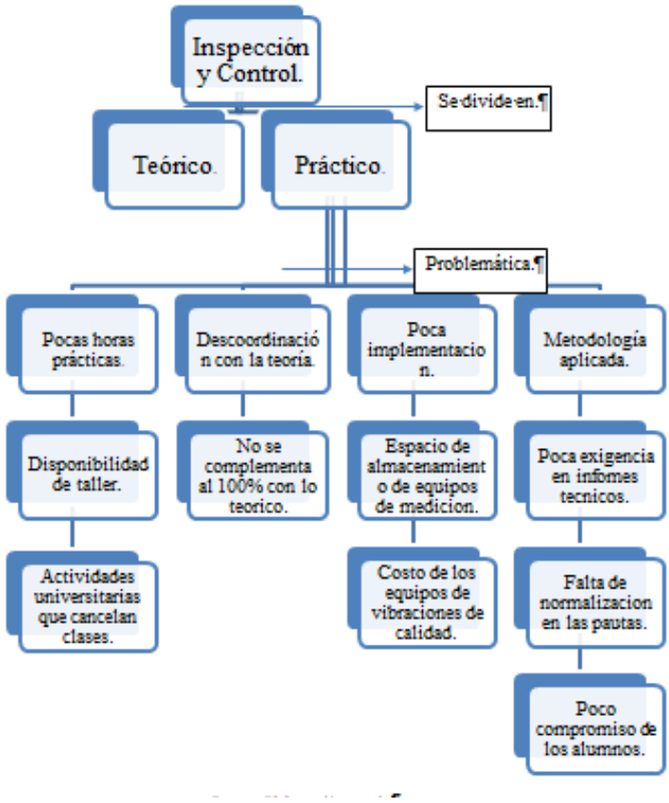
Las actividades del taller de inspección y control del mantenimiento requieren una necesidad de adaptarse a la teoría, que haya una sincronía, la cual permita a los alumnos complementar de manera óptima lo que se enseñe en dichas clases. Si bien, en la clase teórica se profundiza la importancia, el diagnóstico y el uso de los equipos para posteriormente efectuar los ensayos no destructivos (END), la clase práctica no lleva un procedimiento que asegure que las actividades se realicen en forma satisfactoria y controlada, es decir, el uso de normas o tablas de severidad que puedan evaluar y registrar una inspección de mantenimiento. Cabe destacar que se debe tomar en cuenta la gran dimensión de temas que tiene la asignatura de inspección y control hay una gran variedad de formas para medir los distintos factores, hay elementos de inspección y además hay elementos de control, los cuales tienen su propio funcionamiento. Estos elementos son capaces de mostrar los distintos comportamientos y síntomas que puede tener una máquina, estando en buen o en mal estado. Los elementos que miden las vibraciones en una máquina, entregan los resultados que para comprenderlos se debe saber la teoría y lo que nos entrega la teoría es tan amplio que llevándolo a nuestra realidad, en las clases prácticas en el taller de mantenimiento no se logra cumplir con todo lo teórico, por distintos motivos de tiempo, disponibilidad, equipos, etc. Además, otra parte importante de la asignatura son los ensayos no destructivos (END), tema que no se le da gran profundización en la parte práctica, y casi nula en lo teórico, además en el talleres no se cuenta con una gran variedad de implementos para hacer este tipo de ensayos.

Todo esto anterior, significa que el alumno tendrá dificultades para realizar estas actividades en el ámbito laboral, porque estará relacionando solo lo que aprendió en la teoría, o solamente lo que aprendió en el taller, pero no ambas cosas, es decir, que solamente irá con un 50% o menos de lo aprendido en la asignatura.

Normalizar estas actividades a través de informes que relacionen lo visto en teoría, procedimientos establecidos, reconocer síntomas y detectar fallas incipientes de equipos industriales, a través de actividades de inspección y control variadas, es decir, tener actividades de todo tipo, donde el cambio de los factores permitan utilizar todo tipo de instrumentos y así poder identificar de que fenómeno se está enfrentando, permitirá adaptar la teoría con el taller, beneficiando al aprendizaje de los estudiantes y así, equiparlos con las herramientas necesarias para enfrentar las actividades de inspección y control del mantenimiento.

1.2.1. Análisis causa raíz

A continuación en la figura 1-11, se realiza un análisis de causa raíz, en el cual se puede identificar los componentes de la problemática definida anteriormente.



Fuente: Análisis Propio.

Figura: 1-11 Análisis causa raíz.

En el esquema anterior señalado en la Figura 1-11, se puede apreciar un desglose de las causales que afectaron las metodologías asociadas al ramo inspección y control del mantenimiento.

El asignatura está constituido en dos parámetros de evaluación, tanto teórico como también practico, los cuales fueron un problema que afectó directamente en la enseñanza de los alumnos, por el simple hecho de que lo aprendido en la teoría era diferente a lo aplicado en las actividades prácticas del ramo inspección y control del mantenimiento, debido a esta problemática, las actividades prácticas a realizarse, no eran del todo ejecutadas como debiesen, como por ejemplo las pocas horas prácticas designadas a los diversos laboratorios, ya sea por clases suspendidas, como también no respetar los horarios de entrada a las actividades, todo esto sumado más otros factores afectaban al correcto aprendizaje del alumno.

Otro factor negativo presente en las actividades, es el número de equipos que posee la universidad para este tipo de funciones son reducidos, que exista un equipo para todos los alumnos que deben estar en el taller realizando los laboratorios, no es suficiente, ya que no todos pueden alcanzar a usarlo por falta de tiempo. El área designada para estas

actividades está dentro de los parámetros aceptables. Ya que con solamente trece alumnos por grupo no debería entorpecer el aprendizaje, pero con la diferencia que el curso 345 superaba los 20 alumnos por grupo, afectando a que no todos alcanzaran a ver como se utilizaban los distintos equipos y como también las maquinas que se usarían para inspeccionar.

Una de las problemáticas más relevantes de los talleres prácticos, es la baja exigencia que existía desde el profesor hacia los informes realizados por los alumnos en las actividades, y con respecto a esto, arrastra otro problema, que es el poco compromiso de parte de los alumnos hacia el ramo inspección y control del mantenimiento practico, por el simple hecho de que los informes no poseían mucha exigencia los alumnos no asistían a clases.

Llegando a una conclusión de que el problema nace de que las actividades no están normalizadas, no existen pautas por las cuales se pueda medir la capacidad de cada alumno, y como también la falta de interés de parte de los alumnos, como también de parte del profesor hacia las actividades realizadas en el laboratorio de inspección y control del mantenimiento.

1.2.2. Análisis FODA

En la tabla 1-1, se realiza un análisis FODA de la asignatura, tomando más relevancia de la parte práctica de Inspección y Control. En el análisis se pueden identificar los distintos factores que definen la asignatura y sus problemas.

Tabla 1-1. Análisis FODA.

Fortalezas.	**Debilidades.**
1.-Universidad competente dentro del resto de universidades e institutos técnicos, centros de formación técnica, etc. 2.-Infraestructura apropiada para el uso que se le dará. 3.-Ubicación céntrica dentro del taller. 4.-Profesores con experiencia en el tema. 5.-Información teórica tiene su respaldo en distintos cursos de vibraciones.	1.- Falta de sincronía entre las partes de la asignatura. 2.- No se cuenta como variedad amplia de implementos de inspección o de control que permitan optimizar los tiempos de trabajo. 3.-Falta de disponibilidad del taller donde se realiza la parte técnica de la asignatura. 4.- poco compromiso de los alumnos con el ramo. 5.- falta de didáctica en la enseñanza de las distintas actividades prácticas.
Oportunidades.	**Amenazas.**

1.-Debido a los conocimientos entregados en esta asignatura, el Técnico en Mantenimiento de la USM, sale al mercado laboral con conocimiento en el área Sintomática, lo que lo diferenciará de otras entidades. 2.-Aprovechar los recursos que tiene la universidad para incorporar nuevos equipos que permitan una mayor disponibilidad de equipos entre los alumnos.	1.-Puede que con el tiempo otras entidades educacionales impartan una asignatura relacionada al área sintomática, teniendo mejores condiciones que permitan impartirla de mejor manera que en nuestra universidad. 2.-Los implementos que se utilizan para las distintas mediciones queden obsoletos al pasar el tiempo. Esto depende claro, si no se renuevan los equipos.

Fuente: Elaboración propia

1.3. ENTIDAD: UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA.

1.3.1. Ubicación.

La ubicación del taller práctico de inspección y control, se encuentra en la sede José Miguel Carrera, dirección avenida Federico Santa María 6090, Viña del Mar. Dicho taller se encuentra en la parte de los talleres del departamento de mecánica, ubicado en el edificio C de la universidad, en la figura 1-12 se puede apreciar la ubicación del taller.

Fuente: Universidad Técnica Federico Santa María.

Figura 1-12. Ubicación Universidad, el taller de mantenimiento se ubica en el edificio C.

1.3.2. Historia.

En la década de los años sesenta, la Universidad Técnica Federico Santa María formula un plan de expansión. Con la asistencia financiera del Banco Internacional de Desarrollo (BID), la colaboración de la Fundación Ford, la asesoría del Dunwoody Industrial, Instituto de los EE.UU. y la donación de los terrenos por parte de Indap, en 1971 se construye y equipa completamente la actual Sede Viña del Mar "José Miguel Carrera" de la Universidad, a continuación de la escuela de Artes y Oficios, fundada por la voluntad testamentaria del visionario filántropo Don Federico Santa María.

1.3.3. Misión.

Crear y difundir nuevo conocimiento, y formar integralmente profesionales idóneos en el ámbito científico - tecnológico, para liderar el desarrollo del país y la humanidad.

Realizamos esta misión siendo una comunidad universitaria de excelencia, que se vitaliza con la diversidad e independencia de los procesos de descubrimiento y aprendizaje y que, de acuerdo con la voluntad testamentaria de don Federico Santa María Carrera, pone especial énfasis en la integración de aquellos que, reuniendo las condiciones exigidas por el quehacer académico, no poseen suficientes medios materiales.

1.3.4. Visión.

Ser un referente científico-tecnológico nacional e internacional, que convocando a una comunidad universitaria de excelencia, estimule la difusión del conocimiento y la creación de valor, en todas sus áreas de trabajo, siendo reconocida como UNIVERSIDAD LIDER EN INGENIERÍA, CIENCIA Y TECNOLOGÍA.

1.3.5. Organigrama.

En la figura 1-13 se puede apreciar el Organigrama oficial actualizado del Departamento de Mecánica de la Universidad Técnica Federico Santa María, Sede Viña del Mar.

Fuente: Departamento de Mecánica USM sede Viña del Mar, 2016.

Figura: 1-13 Organigrama oficial del departamento de mecánica.

1.4. EQUIPOS DEL TALLER.

A continuación se identificaran los equipos físicos que están en el taller de mantenimiento de la Universidad, los cuales están a disposición de los alumnos para llevar a cabo las distintas actividades de la asignatura. Además, se detallaran las características constructivas que estos tienen y los ensayos que permite realizar.

1.4.1. Bancos de pruebas.

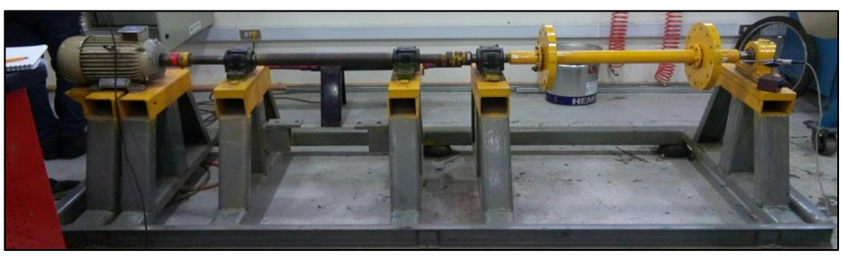
En las actividades prácticas se utilizaron dos bancos didácticos para realizar pruebas, el primero fue un árbol de pruebas que constaba de un eje de transmisión con sus distintos componentes. Y también, se encontraba para el uso de los alumnos un banco de pruebas didácticas de circuito hidráulico.

1.4.1.1. Rotor kit.

El taller de mantenimiento cuenta con un banco de pruebas rotatorio que permite realizar mediciones en distintos puntos que este posee. El rotor kit constructivamente se compone por las siguientes partes mecánicas:

- Motor eléctrico.
- Acoples mecánicos.
- Descansos rodamientos.
- Discos de masa.
- Estructura base.

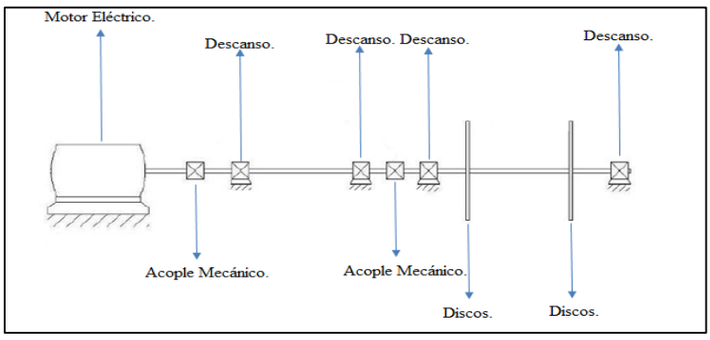
A continuación en la figura 1-14, se puede identificar la disposición física del banco de pruebas rotativo, en el cual se distinguen sus distintos componentes.



Fuente: Imagen Propia, rotor kit.

Figura: 1-14 Banco de pruebas rotativo, Rotor Kit.

En la siguiente figura 1-15, se puede identificar cada uno de los componentes del banco de pruebas rotativo.



Fuente: Elaboración propia.

Figura: 1-15 Esquema de Rotor Kit.

El banco de pruebas tiene cuatro componentes que definen su funcionamiento, a continuación se describirán las características de estos componentes.

1.4.1.1.1. Motor eléctrico.

El motor eléctrico se encarga de transmitir el movimiento al eje, transformando energía eléctrica en energía mecánica, a través de las diferentes interacciones electromagnéticas. En la tabla 1-2 se pueden identificar las especificaciones técnicas del motor eléctrico utilizado en el banco de pruebas.

Tabla 1-2. Características técnicas del motor eléctrico.

Marca	VEB Elektromotorenwerke Turín D'Or
Frecuencia	50 HZ
Voltaje	220 / 380 V
Velocidad de giro (en RPMs)	2890 RPM
Potencia	4kW
Intensidad	14,3 / 8,25 A
Cos φ	0,89
Protección	IP44

Fuente: Manual motores VEB.

1.4.1.1.2. Descansos de rodamientos.

Los descansos o también llamados cojinetes son piezas en las cuales se soporta el giro de un árbol de transmisión o eje. En la tabla 1-3 se puede identificar

la nomenclatura del rodamiento utilizado en el cojinete del banco de prueba, además del modelo del descanso utilizado.

Tabla 1-3. Características técnicas descanso de rodamiento.

Marca	SKF
Modelo	SNL 510-608
Rodamientos recomendados.	1308K / 21308K

Fuente: Manual SKF bearing SNL/SE series.

1.4.1.1.3. Acoples Mecánicos.

Son elementos de máquina que permiten unir o acoplar para comunicar el movimiento entre dos ejes en línea recta con dirección paralela inclinada o en planos diferentes. En la tabla 1-4 se pueden identificar las especificaciones técnicas del acople mecánico utilizado en el banco de pruebas.

Tabla 1-4. Características técnicas del acople mecánico.

Marca	KTR
Modelo	Rotex 28
Material	Poliuretano-Acero
Velocidad máxima de trabajo (en RPMs)	11800 RPM
Temperatura de trabajo	De -30 a 90 °C
Torque promedio de trabajo	160 Newton-Metros
Angulo máximo de torque	6,4°
Torque máximo permitido	320 Newton-Metros
Angulo máximo del torque máximo permitido	10°

Fuente: Manual KTR.

1.4.1.1.4. Discos.

Estos discos están montados en el eje, su función va ligada a las mediciones que se realicen. En la tabla 1-5 se pueden identificar las distintas características de estos.

Tabla 1-5. Características técnicas de los discos de masa.

Diámetro	300mm
Diámetro	25mm
Separación de ambos discos	570mm
N° de perforaciones	12
Tamaño de perforaciones	M10x1,5

Fuente: Mediciones realizadas a los discos.

1.4.1.2. Banco didáctico de circuito hidráulico.

También ubicado en el taller de mantenimiento, se encuentra un banco de pruebas que permite hacer actividades de control en sistemas que utilicen fluidos. Constructivamente el banco de pruebas se compone de los siguientes elementos.

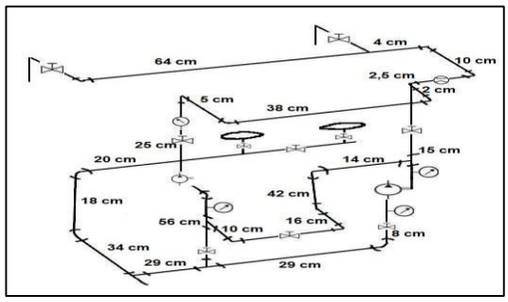
- Bombas.
- Caudalímetro.
- Manómetros.
- Estanques.
- Tuberías.
- Válvulas.

En la figura 1-16, se puede identificar la disposición física de los elementos correspondientes al banco de pruebas didáctico constituido por un circuito hidráulico.

Fuente: Propia, practico de inspección y control 2015.

Figura: 1-16 Banco de pruebas Circuito de bombas hidráulicas.

En la figura 1-17, se puede apreciar el banco didáctico, en el cual muestra sus componentes a través de sus respectivos símbolos, también muestra las medidas de las tuberías que se encuentran en él.



Fuente: propia, esquema del banco de pruebas, 2015.

Figura: 1-17 Banco de pruebas didácticas, medidas y simbología.

.

En la figura 1-18 se representan los símbolos de los elementos que son utilizados en el banco didáctico.

Fuente: Norma DIN 2429 y 2430

Figura: 1-18 Simbología de los componentes del circuito bombas hidráulicas.

El circuito de bombas hidráulicas posee en su estructura componentes importantes en su funcionamiento, que a continuación se identificaran sus cualidades técnicas.

1.4.1.2.1. Bombas.

Las bombas en el circuito del banco de pruebas didáctico, son utilizadas para generar el caudal que permite el movimiento del fluido. Estas bombas se pueden utilizar en circuitos en serie y en paralelo. En el circuito, ambas bombas son periféricas de la misma marca, pero con distintas especificaciones técnicas. A continuación en las siguientes tablas 1-6 y 1-7, se pueden apreciar las características técnicas de cada una de las bombas utilizadas en el banco de pruebas.

Tabla 1-6. Características técnicas de la bomba MyH.

Marca	MyH
Modelo	QB60
Tipo de bomba	Periférica
Caudal máximo (Q Max.)	27 l/min
Altura máxima (H Max.)	33 m
Altura máxima de succión	8 m
Voltaje/Frecuencia	220V / 50hZ
Potencia	0,5HP
Velocidad de trabajo (en RPMs)	2850

Fuente: Catalogo MyH.

Tabla 1-7. Características técnicas bomba MyH.

Marca	MyH
Modelo	QB60
Tipo de bomba	Periférica
Caudal máximo	31 l/min
Altura máxima	30 m
Altura máxima de succión	8 m
Voltaje/frecuencia	220-240 V/50hZ
Potencia	0,5HP
Velocidad de trabajo (en RPMs)	2900

Fuente: Catalogo MyH.

1.4.1.2.2. Caudalímetro.

El caudalímetro es un instrumento de medición, el cual se encarga de medir el caudal de fluido que circula por el circuito hidráulico. Este aparato se coloca en línea con

la tubería por donde se transporta el fluido. En la tabla 1-8 se pueden identificar las especificaciones técnicas del caudalímetro utilizado en el circuito hidráulico.

Tabla 1-8. Características técnicas Caudalímetro.

Marca	GPI
Modelo	A104LMN100NA1
Rango de flujo (GPM)	0,3-3 GPM
Rango de flujo (LPM)	1-11 LPM
Presión de servicio	300 PSI / 21 BAR
Funcionamiento Temp. sin el ordenador	+ 14°C a + 140 °F
Funcionamiento Temp. con el ordenador	+ 14°C a + 140 °F
Potencia	9000 baterías de litio por hora
Rango de frecuencia	11 a 110 Hz

Fuente: Manual GPI.

CAPITULO 2: ANALISIS DE APLICACIÓN DE ACTIVIDADES PRÁCTICAS ANTERIORES Y PROPUESTAS DE MEJORA.

2. ANALISIS DE APLICACIÓN DE ACTIVIDADES PRÁCTICAS ANTERIORES Y PROPUESTAS DE MEJORA.

El siguiente capítulo abarcará la temática de las actividades prácticas realizadas en el taller de Inspección y Control del Mantenimiento en el 4° semestre de la carrera Técnico Universitario en Mantenimiento Industrial, generación 2014. Se identificará su aplicación dentro de la asignatura en su parte práctica, además se explicará de manera resumida lo tratado en la actividad, y también se realizarán análisis FODA de las actividades para poder identificar de mejor manera todos los ámbitos que las actividades pudieron haber entregado a los alumnos.

Se busca a través de este capítulo exponer las actividades prácticas que se realizaron durante la asignatura y así buscar una posible mejora a la problemática que se identificó anteriormente.

2.1. ACTIVIDADES PRÁCTICAS.

En la asignatura Inspección y Control del Mantenimiento, las actividades prácticas correspondían al 50% del tiempo total de la asignatura, con dos horas a la semana para realizar las distintas experiencias de laboratorio. El curso se dividía en dos grupos, los cuales asistían en distintos horarios a las clases prácticas, con el objetivo de no sobre poblar el taller y así poder realizar las actividades de manera eficaz.

Las clases prácticas comenzaban con una introducción de lo que se iba a realizar en la clase, tanto su introducción teórica como su introducción práctica. Se explicaba de forma breve el uso de los distintos instrumentos de medición y de los equipos a medir. Una vez terminada la introducción, se ponía en marcha la actividad.

A lo largo de las clases prácticas de la asignatura, se realizaron en total siete actividades de distintos temas relacionados con el mantenimiento predictivo, las cuales trataron sobre análisis de vibraciones en ejes y bombas, y además hubo actividades de ensayos no destructivos. Las actividades fueron las siguientes:

- Laboratorio 1: Vibraciones Mecánicas.
- Laboratorio 2: Espectros de Frecuencia.
- Laboratorio 3: Balanceo y Equilibrio:
- Laboratorio 4: Alineamiento de Ejes.

- Laboratorio 5: Vibraciones en Circuitos Hidráulicos.
- Laboratorio 6: Ensayos No Destructivos.
- Laboratorio 7: Medición de Espesores de Materiales y Recubrimientos.

En cada actividad práctica se lograron distintos resultados en cuanto hablamos al cumplimiento de objetivos, hubo actividades en las cuales sus objetivos no se cumplieron totalmente. A continuación, se ve el detalle de cada actividad, su puesta en práctica y posibles mejoras que puedas llegar a tener.

2.1.1. Laboratorio n°1: Vibraciones Mecánicas.

En la primera actividad realizada en el taller de Inspección y Control del Mantenimiento, se enfoca en comprender y realizar el uso de los instrumentos pertinentes al tema de vibraciones, temperatura y velocidad. También se enfocó en conocer los distintos elementos que se ubican en el rotor kit o banco de pruebas, a estos elementos se le realizaron mediciones las cuales posteriormente eran desarrolladas en un informe sobre la actividad.

Las mediciones realizadas en el informe fueron hechas bajo diferentes condiciones de carga. La variación de carga, entregaba distintas mediciones en los instrumento. Esta actividad como parte introductora permitió conocer algunos de los elementos de medición que se emplean en las actividades de taller.

Una de las ventajas de la utilización de estos elementos dentro de la asignatura de Inspección y Control del Mantenimiento, es la detección de fallas a través de las mediciones que se realizan al equipo a través de los distintos instrumentos. Tener esas capacidades para identificar los resultados de los instrumentos es de una importancia muy grande y fundamental para conocer el estado de la máquina.

Esta actividad sirvió como introducción a la parte práctica de la asignatura ya que a través de las vibraciones se pueden identificar problemas antes de que aparezcan otros síntomas tales como calentamiento, ruido, consumo eléctrico, impurezas en la lubricación.

2.1.1.1. Conclusión.

La actividad número 1, analizando los antecedentes, si aplica en la planificación de las clases de taller, debido a que se dan a conocer los instrumentos, la forma en que estos son utilizados, como se montan en las maquinas, además se entrega y analiza la información dada por los equipos la cual es tabulada posteriormente. A través de esta información posteriormente se puede tomar alguna decisión sobre el equipo analizado,

dependiendo de su estado. Además, con el uso de variables, en este caso el de carga, permitió al alumno identificar las distintas variaciones que influyen en las vibraciones del eje.

2.1.1.2. Análisis FODA laboratorio n° 1

A continuación, en la tabla 2-1 se puede apreciar un análisis FODA que se realizó basado en la actividad de laboratorio n° 1.

Tabla 2-1. FODA Laboratorio n°1.

Fortalezas	**Debilidades**
1.-Tiempo estipulado para realizar la actividad. 2.-Equipos competentes para realizar mediciones. 3.-Instrumentos de medición en buen estado. 4.-Ayudante con bastante conocimiento. Información teórica tiene su respaldo en distintos cursos de vibraciones. 5.-La actividad aplica en la planificación, lo que entrega nuevas oportunidades de conocimiento al alumno.	1.-Muchos alumnos para l actividad. 2.-Muy poca implementación para la gran demanda que hay de alumnos. 3.-Poca participación del alumnado para realizar el análisis de vibraciones en el árbol. 4.-Espacio donde se realizan las actividades, es muy reducido. 5.-A la actividad le faltó más complementación tomando en cuenta otras variables.
Oportunidades	**Amenazas**
1.-Para el alumnado conocer, interpretar y analizar los componentes espectrales lo hacen un pilar fundamental dentro de la empresa. 2.-Con los fondos que posee la carrera se adquirió nuevo equipo de análisis para que los alumnos realicen mediciones sintomáticas. 3.-El uso de los implementos de medición, los cuales son nuevos para los alumnos, entregó nuevas habilidades.	1.-No saber analizar componentes espectrales afecta directamente a los alumnos y a la universidad, para los alumnos es una rama del mantenimiento que se debe manejar bien, y para la universidad sería un podría afectar al prestigio de la calidad de técnicos que se forman. 2.-Problemas de tiempo, implementación, participación

Fuente: Análisis Propio.

Para comprender los análisis realizados a la actividad n°1 del taller de Inspección y Control del Mantenimiento, dirigirse al ANEXO A, inciso "1. Laboratorio 1: Vibraciones Mecánicas", donde se encuentra lo desarrollado en la experiencia de laboratorio.

2.1.2. Laboratorio n°2: Espectros de frecuencia.

En esta segunda actividad se trabajó nuevamente en el rotor kit o banco de pruebas. En este caso, la experiencia estaba centrada en los espectros de frecuencia que se producían en las distintas mediciones.

La actividad trató de manera general en identificar el comportamiento que tiene el banco de pruebas e interpretar los cambios que este tiene al aplicar distintas cargas.

Las mediciones que se realizaron fueron de temperatura, amplitud y frecuencia trabajando a distintas RPM, en los distintos puntos que posee el rotor kit o banco de pruebas.

Las actividades de laboratorio, tenían como fin ser actividades que cursaran una misma línea de aprendizaje, que una sea la continuidad de la otra, por eso la actividad n°2 tiene mucha similitud con la n°1.

Lo aprendido en la actividad n°1, se complementa de buena manera a esta siguiente actividad, debido a que en actividad n°1 se explica cómo funcionan los equipos de medición, además se utiliza el mismo banco de pruebas para realizar las mediciones. En la actividad n°1 también se utiliza la variación de cargas (sin masa, 50gr, 100gr).

Los objetivos aplicados a la actividad n°1, pueden ser aplicados a la actividad n°2, ya que la única diferencia que se puede identificar entre ambas actividades es la variación de cargas que poseen ambas actividades.

La similitud de estas actividades n°1 y 2 es muy grande, por lo que se aconseja que ambas actividades sean evaluadas como una sola. Ambas actividades aplican de buena manera a la asignatura, por si solas, la actividad n°2 sería lo mismo que la actividad n°1.

2.1.2.1. Conclusión.

La creación de una pauta de trabajo que englobe ambas actividades (1 y 2) sería la mejor solución para fortalecer de mayor medida la parte de vibraciones mecánicas y también que ayude al alumno a familiarizarse de mejor manera a los instrumentos de medición y así tener la actividad desarrollada en su totalidad, cumpliendo todos los objetivos que se propongan.

2.1.2.2. Análisis FODA Laboratorio n°2.

A continuación, en la tabla 2-2 se puede apreciar un análisis FODA que se realizó basado en la actividad de laboratorio n°2.

Tabla 2-2. FODA Laboratorio n°2.

Fortalezas.	Debilidades.
1.-Utilización de equipos de vibración competentes para la actividad. 2.-Banco de pruebas en buenas condiciones para realizar algunos tipos de mediciones. 3.-Actividad basada en la teoría de las mediciones. 4.-Comprensión de la importancia de los cambios de variables para la medición en los equipos. 5.-Al realizar esta actividad refuerza los conocimientos aprendidos en la actividad n°1.	1.-La actividad de laboratorio era extensa, debido a las varias mediciones que se debían hacer, esto provocó que no todos los alumnos pudieran usar los equipos y hacer las respectivas mediciones. 2.-Debido a que la cantidad de alumnos por grupo supera los 18 alumnos la actividad no es captada por la totalidad de grupo. 3.-Las dos primeras actividades son similares, lo que no entrega nuevos conocimientos.
Oportunidades.	Amenazas.
1.-El uso de estos equipos de vibraciones permitirá que el alumno tenga más herramientas en el campo laboral, sólo si se aprende a usar e identificar los resultados del equipo. 2.-La actividad al ser casi igual a la primera, entrega las mismas oportunidades.	1.-Se identifica como amenaza en esta actividad la falta de planificación que hay para distribuir los equipos en los distintos grupos de trabajo, ya que las mediciones solo eran recopiladas por un grupo de alumnos mientras otros anotaban los valores. 2.-La planificación pudo haber sido mejora, buscando más variedad de actividades.

Fuente: Análisis Propio.

Para comprender los análisis realizados a la actividad n°1 del taller de Inspección y Control del Mantenimiento, dirigirse al ANEXO A, inciso “2. Laboratorio 2: Espectros de Frecuencia”, donde se encuentra lo desarrollado en la experiencia de laboratorio.

2.1.3. Laboratorio n°3 balanceo y equilibrio.

La tercera actividad de la asignatura Inspección y Control del Mantenimiento consistía en el correcto uso de los equipos correspondientes al mantenimiento, en este caso se utilizó el analizador de vibraciones con su configuración correspondiente para poder identificar el nivel de desbalanceo que está presente en el rotor kit o banco de pruebas perteneciente al taller de mantenimiento.

Esta actividad requiere conocimiento previo del vibrotest 60, ya que se realizaron las respectivas configuraciones del analizador para poder medir el desbalanceo que esté presente en el rotor kit, tales como el tipo de ventana (hanning), número de líneas, como también la promediación.

El desbalanceo medido en esta actividad, fue determinado por los cambios de variables que se generaron en el eje de transmisión. Estas variables fueron agregar masa a los discos que están solidarios al eje, dichas cargas iban posicionadas en distintos grados de estos discos. Las mediciones que se realizaron fueron de vibraciones y los grados de desbalanceo en los que está el eje.

Se produjo un desbalanceo voluntario para poder realizar la actividad, para luego ser analizado con los datos arrojados en el equipo de medición de vibraciones (vibrotest 60), los cuales son el modulo y su fase de desbalanceo, respecto a esto el analizador entrega un patrón y la señal diferida, el cual su diferencia seria el desbalanceo.

2.1.3.1. Conclusión.

La actividad numero 3 si aplica a las competencias necesarias para el ramo inspección y control del mantenimiento, poseer la capacidad de balancear algún equipo es fundamental para lo que se quiere conseguir con la asignatura.

El desbalanceo siempre va a existir, ya sea por diferentes problemas en los equipos, por ende realizar un equilibrio y balanceo es primordial para así mantener el equipo en óptimas condiciones.

2.1.3.2. Análisis FODA Laboratorio n°3.

A continuación, en la tabla 2-3 se puede apreciar un análisis FODA que se realizó basado en la actividad de laboratorio n°3.

Tabla 2-3 FODA Laboratorio n°3.

Fortalezas	**Debilidades**
1.-Trabajo en equipo por parte de los alumnos. 2.-Equipo bastante bueno, para la actividad. 3.-Explicación de la actividad, el profesor se maneja en el tema. 4.-Gran apoyo de parte el ayudante de taller. 5.-Complementaba con lo teórico, todo lo realizado en la actividad. 6.-Tener conocimiento sobre como balancear un equipo es primordial para un mantenedor, y es muy importante tener esas habilidades en la industria.	1.-Tiempo asignado. 2.-Muchos alumnos para realizar la actividad 3.-Pocos equipos para realizar la actividad 4.-Más exigencia de parte del profesor hacia los alumnos. 5.-Cometer equivocaciones por falta de conocimiento previo en el tema. 6.-No tener un conocimiento de la norma ISO1940, la cual habla de desbalanceo.
Oportunidades	**Amenazas**
1.-Realizar esta actividad en el área de sintomático, hace que como trabajador sea un trabajador con más oportunidades para desenvolverme en el ámbito laboral. 2.-Se podría elegir algunos alumnos de nuestra generación para que sea más fácil adquirir el conocimiento a los alumnos que deben cursar este ramo. 3.-Habilidades nuevas sobre balanceo. 4.-Si se hace una mejora a la experiencia sería sobre más cambios de variables y otras formas de afrontar la actividad que sería muy beneficioso para el alumno.	1.-Por el hecho de ser tantos alumnos para esta actividad entorpece el aprendizaje de los alumnos, afectando a realizar esta actividad en el ámbito laboral. 2.-No poseer bien este tipo de conocimiento para alguna actividad laboral, podría afectar en las tomas de decisiones de los alumnos cuando se estén desenvolviendo en el trabajo. 3.-Puede que falten más actividades de balanceo, pero aun así la experiencia aplica.

Fuente: Análisis Propio.

Para comprender los análisis realizados a la actividad n°3 del taller de Inspección y Control del Mantenimiento, dirigirse al ANEXO A, inciso “3. Laboratorio 3: Balanceo y Equilibrio”, donde se encuentra lo desarrollado en la experiencia de laboratorio.

2.1.4. Laboratorio n°4 Alineamiento de ejes.

Esta actividad constó de dos partes, en ambas se desarrollaron actividades de alineamiento componentes mecánicos mostrando dos casos diferentes de alineación.

En la primera parte de la actividad trató sobre un eje que gira apoyado sobre sus cojinetes, se utiliza el banco de pruebas, donde a través del uso de lainas se intenta alinear el eje, además a través de los distintos elementos y componentes se realizan mediciones y se obtienen como resultados identificar las variaciones en el espectro de las vibraciones.

La segunda parte de la actividad consta de alineamiento en dos componentes a través de un eje, en esta actividad se tenían dos puntos. El punto A con su sensor de medición que estaba identificado en una bomba, y además había un motor identificado como punto B donde también tenía integrado su correspondiente sensor de medición. Estos sensores median la alineación que había entre los dos componentes que estaban unidos a través del eje. En los soportes de estos componentes se agregaban lainas que buscaban alinear y así medir a través de los elementos de medición los distintos valores que estos generaban.

2.1.4.1. Conclusión.

En esta actividad que la cual tenía dos partes se identificar que lo desarrollado aplica en lo planificado para la asignatura. El elemento utilizado en ambas partes de la actividad fueron las lainas, dichas lainas son usadas para mantener la correcta alineación de ejes de equipos rotatorios con respecto a las demás estructura o líneas de flujo. Ésta actividad aplica dentro de las áreas de conocimiento que se busca dentro de la asignatura. El alineamiento a través de elementos externos permite al estudiante reconocer la diferencia que puede existir en un eje ante la existencia o no de la las lainas para combatir el desalineamiento.

Cabe destacar que se utilizaron implementos de medición que están a la vanguardia dentro de este tema.

Sobre la parte de la actividad que correspondía al alineamiento de ejes a través del alineador laser TKSA 60, se llegó a una conclusión en conjunto con los profesores que dictan la asignatura, que esta parte no se tomara en cuenta para aplicar en unas nuevas experiencias de taller, debido a que el enfoque de los talleres en el área de maquinarias rotativas está dirigido a ejes con distintos tipos de componentes, además se prioriza que

la maquinaria esté en funcionamiento, a diferencia de la actividad realizada con el equipo TKSA 60 que se realiza con dos elementos mecánicos que no están en funcionamiento y solo se busca el alineamiento de su montaje.

2.1.4.2. Análisis FODA Laboratorio n°4.

A continuación, en la tabla 2-4 se puede apreciar un análisis FODA que se realizó basado en la actividad de laboratorio n°4.

Tabla 2-4. FODA Laboratorio n°4.

Fortalezas	Debilidades
1.-Los equipos de medición de alineamiento, son de alta tecnología y muy modernos (Alineador TKSA 60). 2.-Nuevos conocimientos sobre alineación de ejes. 3.-Gran participación de los estudiantes. 4.-Comprensión total de los datos arrojados por los equipos. 5.-Esta actividad brinda nuevos conceptos para los alumnos sobre el tema de alineamiento.	1.-Quedan vacíos de información ya que si bien los objetivos planteados se cumplieron, estos fueron definidos de manera muy general. Este hecho provocó que ciertas manipulaciones de los equipos, también la disposición del motor y de la bomba, además de la toma e interpretación de datos, pudieran estar de forma incorrecta. 2.-Sólo se habla de alineamiento en ejes en parte práctica, poca teoría sobre el tema. 3.-Las debilidades que se encontraron en la actividad van ligadas con la disponibilidad de los instrumentos y la falta de equipos para hacer mediciones.
Oportunidades	Amenazas
1.-La familiarización con equipos de medición y su posterior uso proporciona un conocimiento experto inmediato gracias a su proceso integrado de alineación paso a paso, desde la preparación, inspección y evaluación,	1.-Debido a que los objetivos de la actividad no se cumplieron totalmente, debido a los procedimientos seguidos, el alumno no queda con el aprendizaje completo como se espera o como debería ser.

pasando por la corrección, el informe y el análisis. 2.-El uso de implementos que están a la vanguardia dentro del tema de alineamiento permite que el alumno desarrolle nuevas habilidades.	2.-Dentro de estas actividades, aunque aplicaban en la planificación, el desarrollo no fue realizado con total normalidad, ya que el estado de los elementos a medir no era el deseado para aquella actividad, debido a falta de ajuste en ellos.

Fuente: Análisis Propio.

Para comprender los análisis realizados a la actividad n°4 del taller de Inspección y Control del Mantenimiento, dirigirse al ANEXO A, inciso "4. Laboratorio 4: Alineamiento de Ejes", donde se encuentra lo desarrollado en la experiencia de laboratorio.

2.1.5. Laboratorio n°5vibraciones en circuito hidráulicos.

En esta experiencia de laboratorio se realizaron mediciones en las bombas que estaban dispuestas en el banco didáctico en circuitos en paralelo y en serie.

Se realizaron mediciones en las bombas dispuestas en serie y posteriormente en paralelo, cambiando las variables en estas, tales como lo son la apertura de las distintas válvulas que posee el circuito.

Si bien se realizaron mediciones en gran del banco didáctico, no se pudo determinar el estado real de las conexiones ni de los equipos que conformaban la estructura, tema el cual por nuestra opinión es un déficit de la actividad.

2.1.5.1Conclusión.

La actividad aplica en cierta forma a la actividad, ya que es la única actividad donde se mide las vibraciones en un banco distinto. En este caso se mide las vibraciones en un circuito hidráulico que está dispuesto en serie o en paralelo. Las mediciones se realizaron con la variable de apertura o no de compuertas que eran parte de la estructura, pero aun así se queda con la sensación de que la experiencia pudo ser mejor aprovechada para realizar otro tipo de actividades, ya que solamente se midió vibraciones.

La actividad sería más completa si se midiera temperatura en los componentes que esta tiene, además de hacer una inspección inicial de los elementos para comprobar el estado en que están.

Por ultimo si se realizan distintas mediciones en el banco, se debería agregar a la pauta de trabajo un punto que sea sobre el estado del banco didáctico utilizado y las posibles mejoras que se puedan realizar.

2.1.5.2. Análisis FODA Laboratorio n°5.

A continuación, en la tabla 2-5 se puede apreciar un análisis FODA que se realizó basado en la actividad de laboratorio n°5.

Tabla 2-5 FODA Laboratorio n°5.

Fortalezas	**Debilidades**
1.-Conocimiento sobre el trabajo del flujo. 2.-Concluir que si las bombas trabajan ya sea independiente, en serie, o en paralelo, el tipo de vibración es muy diferente. 3.-Más seguridad para el alumno, cuando tenga que tomar alguna decisión en el ámbito laboral. 4.-De este taller se aprendió bastante de cómo sería más efectivo el trabajo en las bombas. 5.-Realización de mediciones básicas a un banco de prueba. 6.-Buena utilización de los implementos de medición.	1.-Poca motivación de los alumnos para esta actividad. 2.-Falta más didáctica para realizar la actividad, para que los alumnos sean capaces de desarrollar cualquier cosa sin problemas. 3.-Falta de tiempo asignado para la aplicación de la actividad. 4.-Más equipos para medición, para que los alumnos puedan ver como es el tipo de vibración de cada aplicación. 5.-Remarcando lo nombrado en las conclusiones, la falta de variedad de actividades realizadas en esta experiencia de laboratorio genera vacíos en el aprendizaje que son identificadas como las debilidades que se poseen.
Oportunidades	**Amenazas**
1.-Al realizar la actividad, el alumno adquiere conocimientos sobre el trabajo más efectivo para cada aplicación.	1.-Por ser los grupos de trabajos muy numerosos, afecta en que no todos adquieren el conocimiento necesario, para después aplicarlo cuando se requiera.

2.-Se podría invertir en algunos equipos nuevos y más didácticos para los alumnos. 3.-La actividad ofrece al alumno nuevos conocimientos para realizar prácticamente, el uso de un nuevo banco didáctico entrega nuevas habilidades. 4.-Con una mejora en la planificación el alumno podrá identificar más variables en el banco didáctico, además de tener un diagnóstico más elaborado del estado del banco.	2.-Podría el alumno tomar alguna decisión errónea y podría afectar en su desempeño como mantenedor. 3.-Al ser una actividad muy limitada en lo que se concierne a lo solicitado por el alumno, se teme que el aprendizaje no sea el planificado.

Fuente: Análisis Propio.

Para comprender los análisis realizados a la actividad n°5 del taller de Inspección y Control del Mantenimiento, dirigirse al ANEXO A, inciso "5. Laboratorio 5: Vibraciones en Circuitos Hidráulicos", donde se encuentra lo desarrollado en la experiencia de laboratorio.

2.1.6. Laboratorio n°6 ensayos no destructivos.

Esta experiencia de laboratorio tenía como objetivo desarrollar dos actividades de ensayos no destructivos, los cuales trataron sobre tintas penetrantes y partículas magnéticas.

En la actividad de Tintas Penetrantes se puede inspeccionar y diagnosticar el estado de componentes mecánicos identificando las grietas o fisuras que aparecen después de un tiempo de trabajo. Este tipo de ensayos es bastante versátil y fácil de realizar, ya que se realiza con aerosoles y los resultados son obtenidos a simple vista.

En la parte de Partículas Magnéticas fueron aplicadas dos tipos de partículas, las magnéticas y también partículas fluorescentes, las cuales poseen la misma finalidad, en el caso de la actividad identificar las chavetas que se encontraban en los extremos, el exceso de polvo magnético entorpece este tipo de ensayo, es recomendable polvorear el área a diagnosticar con mucho cuidado y no aplicar demasiado.

2.1.6.1. Conclusión.

Esta experiencia de laboratorio de Ensayos no Destructivos si aplica para la asignatura Inspección y Control del Mantenimiento, ya que a través de estos tipos de ensayos se puede diagnosticar de manera visible alguna falla o avería que pueda tener un equipo o componente mecánico.

A modo de conclusión se recomienda que se planifique las actividades de Tintas Penetrantes y la de Partículas Magnéticas de forma independiente una de otra, con el objetivo de sacar el máximo provecho a las horas de práctica así realizando una actividad en cada clase de laboratorio.

2.1.6.2. Análisis FODA Actividad n°6

A continuación, en la tabla 2-6 se puede apreciar un análisis FODA que se realizó basado en la actividad de laboratorio n°6.

Tabla 2-6 FODA Laboratorio n° 6.

Fortalezas	**Debilidades**
1.-Ensayo de tinas penetrantes de buena calidad, alumnos muestran una recepción positiva del tema. 2.-Actividad bien desarrollada entre los alumnos, debido al reducido grupo de trabajo en esa clase. 3.-Al ser ensayos no destructivos hace que los procesos realizados no produzcan perdidas ya sea de piezas o herramientas. 4.-Los alumnos estarán capacitados para diagnosticar el estado de los equipos.	1.-Falta de implementos para realizar ensayos, más variedad de tipo de ensayos. 2.-El tema de los ensayos no destructivos solo se ve en la parte teórica, falta su complemento en la teoría. 3.-Falta de intervención de los alumnos, el profesor realiza todo los procesos de control en los equipos. 4.-Falta de tiempo estipulado para realizar las actividades en cuestión.
Oportunidades	**Amenazas**
1.-Los ensayos no destructivos, son ensayos muy didácticos y la inspección e identificación del lugar de la falla es fácil de encontrar (visible), si el alumno	1.-En la actividad de laboratorio solo se explicaron un par de ensayos, cuando en realidad la variedad de ensayo es mucho mayor, la falta de experiencia puede

aprovecha las experiencias de laboratorio, tendrá buena base en estos tipos de ensayos. Grandes oportunidades de aprendizaje en equipos de medición, hace que el alumnado este más preparados para enfrentar diferentes aplicaciones en el campo laboral.	provocar que en el ámbito laboral el alumno no tenga un gran desempeño en este tema. El alumno no salga capacitado para realizar este tipo de ensayo de control

Fuente: Análisis Propio.

Para comprender los análisis realizados a la actividad n°6 del taller de Inspección y Control del Mantenimiento, dirigirse al ANEXO A, inciso "6. Laboratorio 6: Ensayos no Destructivos", donde se encuentra lo desarrollado en la experiencia de laboratorio.

2.1.7. Laboratorio n°7: Medición de Espesores de Materiales y Recubrimientos.

El laboratorio n°7 de la asignatura Inspección y Control del Mantenimiento constó de dos actividades, las cuales fueron de Ultrasonido y de Medición de Espesores de Pintura.

En la primera parte de la experiencia se realizó una actividad de Ultrasonido en materiales, en la cual se mide el pulso de sonido, también llamado velocidad de propagación que se tiene entre el transductor a la hora de penetrar la pieza y volver al equipo.

Al realizar varias mediciones se puede sacar un promedio de estas para así diagnosticar si el espesor está en buen estado, con esto proteger el equipo de agentes externos que puedan dañar el equipo, en la mayoría de los casos el agente externo predominante es la corrosión.

Saber el uso adecuado del equipo de medición, es de gran importancia para obtener una medición correcta. Se recomienda que el transductor esté limpio a la hora de realizar alguna medición, ya que la glicerina es fácil que se adhiera algún agente a la superficie de contacto del equipo, la cual pueda interferir en la medición.

Luego de la actividad de Ultrasonido en materiales, se pasó a medir los espesores de pintura en los pilares del taller. El objetivo de esto fue conocer una aplicación que puede tener el equipo de medición, en este caso midiendo los espesores de pintura.

2.1.7.1. Conclusión.

La actividad si aplica para la asignatura, el buen uso de estos equipos de control son relevantes para la práctica en cuanto a mantenimiento preventivo, lo recomendado seria que a los equipos que se le realizaran las respectivas mediciones fuera como por ejemplo a un eje, ya que realizar mediciones a los pilares del taller no sería muy relevante para el futuro del alumnado, realizar mediciones en componentes asociados a maquinas sería más factible.

2.1.7.2. Análisis FODA Laboratorio n°7.

A continuación, en la tabla 2-7 se puede apreciar un análisis FODA que se realizó basado en la actividad de laboratorio n°7.

Tabla 2-7 FODA Laboratorio n°7.

Fortalezas	**Debilidades**
1.-Elementos utilizados en buenas condiciones, tanto equipo como herramientas. 2.-Conocimiento del profesor respecto la actividad a realizar. 3.-Actividad didáctica por lo cual es lo más probable que todos estén capacitados para realizar la actividad. 4.-Realizar mediciones preventivas para algún equipo, saber diagnosticas si existe algún tipo de corrosión. 5.-Este diagnóstico hace que el alumno adquiera ms confianza a la hora de tomar algún tipo de decisión.	1.-En si la actividad fue llevada de forma ordenada y proactiva, por ende esta no se puede diagnosticar con alguna falencia, lo que podría considerarse como problema, sería el tiempo asignada para dicha actividad. 2.-Las mediciones a los componentes son muy vagas, como por ejemplo medir el espesor de pintura de un pilar, en vez de medir el espesor de pintura del árbol de prueba.
Oportunidades	**Amenazas**

1.-Este tipo de actividad no es muy frecuente en las industrias, por ende hace que como alumnos tengamos más aptitudes que cualquier otro técnico. 2.-La buena aplicación en esta actividad, hace que se pueda discernir de algunos parámetros de medición, así poder tomar buenas decisiones. 3.-Poseer más conocimiento que los pares a la hora de buscar algún tipo de una oportunidad laboral. 4.-Más seguridad para el alumno a la hora de realizar algún tipo de diagnóstico en algún componente de un equipo.	1.-La amenaza que se identifica es que si el alumno no es instruido de manera más amplia en este tema, no tendrá toda la práctica para luego desenvolverse en el ámbito laboral. 2.-La universidad posee un equipo de ultrasonido, lo que afecta que no todos los alumnos usan el equipo, trayendo como consecuencia que no saben usar el equipo.

Fuente: Análisis Propio.

Para comprender los análisis realizados a la actividad n°7 del taller de Inspección y Control del Mantenimiento, dirigirse al ANEXO A, inciso “7. Laboratorio 7: Ensayos no Destructivos”, donde se encuentra lo desarrollado en la experiencia de laboratorio.

2.2 POSIBLES SOLUCIONES A LA PROBLEMATICA.

La problemática que se plantea en el capítulo número uno de este trabajo de título va relacionada con la necesidad de una nueva planificación de las actividades prácticas de la asignatura Inspección y Control del Mantenimiento, tomando en cuenta temas como la sintonía que puede haber entre las clases teóricas y prácticas que tiene la asignatura, también sobre el tiempo utilizado para las siete actividades que se realizaron en dicha asignatura y la organización dentro del taller de mantenimiento, lugar donde se realizan las clases prácticas.

Dentro de este capítulo se puede ver de qué se trató cada actividad práctica de la asignatura, lo cual se usó para identificar y analizar si las actividades que fueron realizadas con anterioridad aplicaban o no en la asignatura. Estos análisis arrojaron que habían actividades que cumplían con sus objetivos, otras que su realización no fue la esperada y otras a las cuales se les debía hacer algún tipo de cambio.

Tomando en cuenta lo analizado anteriormente, se puede planificar la asignatura con el objetivo de mejorar las experiencias de laboratorio, centrándose en el máximo provecho de las actividades para que lo enseñado en éstas se convierta en una habilidad para el alumno.

Al realizar la planificación de nuevas actividades, se busca que los resultados que se obtengan en los alumnos sean distintos. Ahora, lo que debe primar en los informes técnicos que se realizan luego de un laboratorio, debe ser el análisis y la interpretación de estos resultados. El alumno debe ser capaz de descubrir el estado del equipo con las herramientas que posea, como lo son los analizadores de vibraciones y los ensayos no destructivos, e identificar la falla que se puede presentar.

Para poder planificar estas nuevas pautas de actividades se debe tomar en cuenta el tiempo de trabajo que se tendrá en cada actividad, los instrumentos de medición, los equipos que se poseen para realizar los laboratorios y el estado que tienen estos equipos. Uno de los temas más importantes a la hora de realizar las actividades, es saber el estado previo de los equipos, el entender cómo se encuentra por ejemplo el rotor kit o banco de pruebas, permitirá comprender de mejor manera los resultados que arrojen los instrumentos de medición.

2.2.1. Instrumentos de Medición y Equipos para las nuevas actividades.

Si bien ya se tenían equipos e instrumentos de medición establecidos en las pautas anteriores, para la nueva planificación se agregara un banco de pruebas que no estaba en las pautas anteriores y además de un nuevo equipo de medición el cual será utilizado con su software.

En las actividades realizadas anteriormente se utilizaron equipos como el rotor kit y el circuito de bombas hidráulicas, en los cuales se llevaron a cabo distintas experiencias relacionadas al área de mantenimiento predictivo.

2.2.1.1. Fag Detector III

Es un equipo asociado a las vibraciones, cuantificador de datos, o también equilibrador, todo encontrado en el mismo dispositivo. Este aparato, junto a un software llamado FIS Trendline 3, proporciona diversas facilidades de uso, tanto sea como planificar un plan de mantenimiento, y también aumentar la disponibilidad de la máquina.

A través de las vibraciones se puede hacer un diagnóstico del estado de la máquina, con el equipo Detector III, se puede monitorear las vibraciones respecto a la norma ISO 10816, como también el estado de los rodamientos con el proceso denominado

curva envolvente. Las emitidas y de curva envolventes se pueden guardar para posteriormente analizar su dominio y frecuencia.

2.2.1.1.1. Medición y análisis del estado de la máquina.

En primera instancia el equipo FAG Detector III detecta las señales de vibraciones en las áreas donde está posicionado el sensor de vibraciones, a través del mismo calcula los valores de la velocidad vibratoria, la curva envolvente y la aceleración vibratoria, estos valores permiten analizar el estado que se encuentra la máquina y los componentes de la misma.

Se puede monitor bandas de frecuencia de medidas entre 0,1 Hz y 20KHz. El equipo FAG Detector III se puede almacenarse hasta 1600 puntos de medición, y a la vez 270 señales temporales. Los datos obtenidos se pueden analizar, evaluar y representar en el software Trendline.

2.2.1.1.2 Equilibrar con el FAG detector III.

En la industria, las máquinas pueden detenerse de forma imprevista, esto se debe a un gran porcentaje de desajustes de equilibrios o fallas de alineación, los desajustes producen grandes niveles de vibraciones durante el periodo de operación, provocando posibles daños al equipo y a la producción misma, ejemplos claros de esto es el desgaste de los rodamientos o fracturas por fatiga, afectando el correcto funcionamiento del equipo.

El FAG Detector III es un equipo en el cual que no solo se pueden detectar este tipo de averías, sino que también el usuario tiene la posibilidad de generar una configuración para cada proceso de equilibrado a través del software Trendline. Los datos obtenidos son transmitidos al software Trendline, en el cual se puede visualizar en formas de tablas o gráficos.

2.2.1.1.2. Análisis con la ayuda de la base de datos de rodamientos Trendline.

El equipo además de poseer diferentes aplicaciones de trabajo, también tiene integrado una base de rodamientos, junto con FIS Viewer, facilita exponencialmente el diagnostico de los datos obtenidos. Al punto de con un vistazo se puede hacer un análisis y reconocer las irregularidades.

2.2.1.2. Circuito de Transmisión de potencia.

El taller de mantenimiento cuenta con un banco de pruebas rotatorio que permite hacer mediciones en distintos puntos que este posee. El circuito de transmisión de potencia constructivamente se compone por las siguientes partes mecánicas:

2.2.1.2.1. Motor Trifásico 5K 225 D947

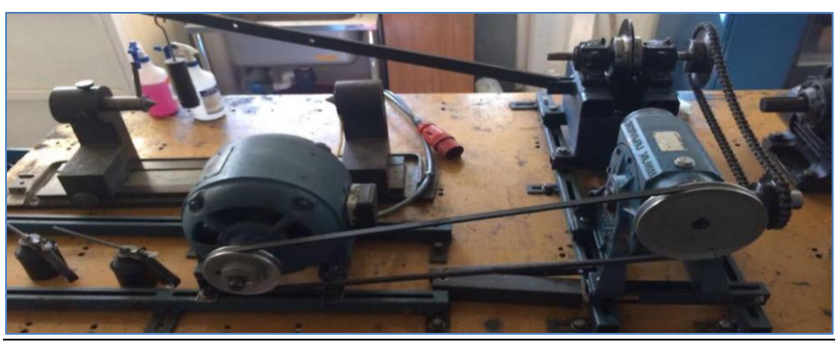
Motor trifásico (motor de inducción) del tipo K. En la tabla 2-8 se pueden apreciar sus características técnicas.

Tabla 2-8. Características técnicas del motor eléctrico.

Tensión	220/380 V
Corriente (Full Load)	9.2873.36
N° de revoluciones	1435 rpm
Frecuencia	50 Hz

Fuente: Placa Motor.

En la siguiente figura 2-1 se puede apreciar una imagen del motor eléctrico utilizado en el circuito de transmisión de potencia.



Fuente: Imagen Propia.

Figura: 2-1 Circuito de Transmisión de potencia.

2.2.1.2.2. Correa de trasmisión

La transmisión por correa es un tipo de transmisión mecánica, en el cual una rueda rotatoria llamada motriz suministra energía a una o más ruedas conducidas.

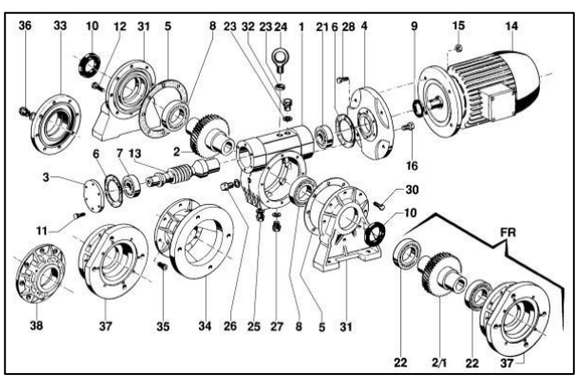
La correa de transmisión utilizada para esta experiencia corresponde a una correa de marca Goodyear, del tipo HY-T A71, con un largo aproximado de 73’’. En la siguiente figura 2-2 se puede apreciar la correa de transmisión.

Fuente: Imagen Propia.

Figura: 2-2 Correa de trasmisión.

2.2.1.2.3. Reductor tipo VF 110/A, marca Bonfiglioli

Los reductores sirven principalmente para el accionamiento de toda clase de máquina de uso industrial y que necesiten disminuir la velocidad de un motor eléctrico de una forma segura y eficiente. En este sentido, los reductores adaptan la velocidad de un motor para entregar el par que necesita una máquina para su correcto funcionamiento. En la figura 2-3 se puede apreciar el desglose del reductor.



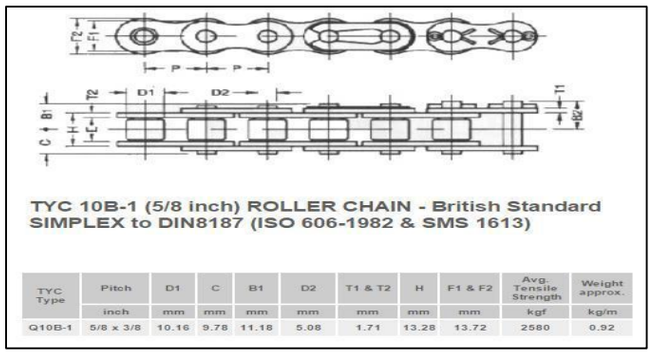
Fuente: www.soloingenieria.net

Figura: 2-3 Componentes del reductor.

2.2.1.2.4. Sistema de trasmisión por cadena.

Permite la trasferencia de grande y pequeñas potencias, a distintas velocidades, sin incurrir mayormente a las perdidas por el desalineamiento, a razón de su sistema de engranaje con las ruedas dentadas a las que se conecta, cuyos rodillos encajan en los rodillos internos de la cadena.

La cadena utilizada en esta experiencia corresponde a una cadena marca TyC de tipo 10B, con las características expuestas a continuación en la figura 2-4.



TYC Type	Pitch	D1	C	B1	D2	T1 & T2	H	F1 & F2	Avg. Tensile Strength	Weight approx.
	inch	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kgf	kg/m
Q10B-1	5/8 x 3/8	10.16	9.78	11.18	5.08	1.71	13.28	13.72	2580	0.92

Fuente: http://es.rs-online.com

Figura: 2-4 Cadena de transmisión.

2.2.1.2.5. Piñón

Son elementos que van conectados paralelos a los ejes, poseedores de dientes que encajan a la par con la cadena que los una. En la experiencia se utilizaron dos piñones para la cadena de tipo 10B. EL piñón motriz era un 10B23, mientras que el piñón conducido era un 10B35. En la siguiente figura se puede apreciar una imagen del piñón.

Fuente: Imagen Propia.

Figura: 2-5 Piñón.

CAPÍTULO 3: ESTADO INICIAL DE LOS EQUIPOS Y PAUTAS DE EVALUACIÓN.

3. ESTADO INICIAL DE LOS EQUIPOS Y PAUTAS DE EVALUACIÓN.

En el siguiente capítulo se desarrollará la propuesta de mejora a la problemática, a la cual, ya se identificaron anteriormente sus debilidades, y además también tomando las actividades anteriores se determinó si cada una de estas aplica o no a la asignatura.

Es de gran importancia saber el estado inicial de los equipos que se le realizarán algún tipo de medición, debido a que su estado inicial condicionará cualquier tipo de resultado que se obtenga de dichas mediciones. Se sabe bien que el equipo se puede utilizar cambiando las variables que este disponga, como lo es la velocidad, soltura de sus componentes, adición de alguna masa, pero si el equipo presenta alguna condición anormal, esta aparecerá de igual manera a la hora de realizar alguna medición.

La mayoría de los equipos e instrumentos utilizados en la asignatura Inspección y Control del Mantenimiento tienen años de uso en nuestra Universidad, así que en el caso de los equipos es más probable que en ellos se encuentre algún tipo de falla, la cual es menor ya que permite que estos sigan funcionando.

3.1. ESTADO INICIAL DE LOS EQUIPOS DEL TALLER.

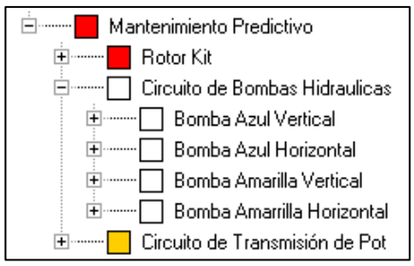
3.1.1. Circuito de Bombas Hidráulicas.

Este circuito de bombas utilizado en la asignatura Inspección y Control de Mantenimiento, el cual se hace regencia en el capítulo 1 (ver figura 1-16 Banco de pruebas Circuito de Bombas Hidráulicas), es un muy buen banco de ensayos para realizar distintas pruebas a sus componentes, su estado inicial es de suma importancia para la recopilación de datos.

Primero que todo, el circuito se puso en marcha con sus componentes dispuestos en serie con la unión de ambas bombas, esto fue realizado con el fin de optar las condiciones nominales del circuito y de ambos elementos (bombas).

La primera inspección que se hace al equipo es de tipo visual, donde se verifican los componentes de este banco de pruebas, las cuales corresponden a las bombas hidráulicas, sus tuberías, codos, válvulas, los cuales parecen estar en buen estado, no hay fugas en ningún componente del circuito ni oberturas que provoquen un mal funcionamiento de la bomba y la mantiene separada del ambiente externo.

Posteriormente a eso, se realizan las mediciones con el equipo FAG de análisis de vibraciones, el cual nos entregará la forma de onda y también de forma más importante, el espectro vibratorio del equipo el cual nos entregará una idea del estado de los componentes del equipo. Antes de esto, en el software que funciona con el equipo, se realiza la ruta de medición correspondiente al banco de bombas hidráulicas, en la figura 3-1 se puede apreciar la ruta de medición de las bombas hidráulicas.



Fuente: Propia, Ruta Trendline.

Figura: 3-1 Ruta de medición de bombas hidráulicas.

Las mediciones realizadas en el circuito fueron cuatro, dos en cada bombas las cuales eran de similares características (aparecen en el Capítulo 1, Equipos del Taller), en ellas se realizaron mediciones radiales las cuales entregaron el estado de las bombas de este circuito.

Para realizar el análisis del estado actual de las bombas centrifugas del circuito, se efectuaron dos mediciones en cada bomba, una medición vertical y otra horizontal.

En el caso de las bombas utilizadas en el circuito, su velocidad de rotación está dentro de 1800 y 4500 RPMs, cuyos valores son 4.5 y 7.1 dependiendo la altura que posea el eje en referencia al pie de la bomba. En nuestro caso, el valor máximo rms fue de 1.10, el cual es bajo estos valores lo que demuestra el buen estado de las bombas.

Conociendo la clase de las bombas, se puede determinar la severidad de vibración a través de la siguiente tabla, a continuación en la siguiente tabla 3-1 se aprecian los resultado obtenidos en las mediciones realizadas a las bombas.

Tabla 3-1 Valores rms en Circuito de Bombas Hidráulicas.

ISO 10816	Bomba Azul Vertical	Bomba Azul Horizontal	Bomba Amarilla Vertical	Bomba Amarilla Horizontal
Mm/s	0,82	0,90	1,10	0,75

Fuente: Valores obtenidos en Trendline.

Conociendo estos valores, ya se puede ubicar los valores de las mediciones en la tabla de severidad, la cual indicará en qué estado están los equipos que se sometieron a medición. En la Clase I es donde se encuentran las mediciones, entre 0.71 y 1.12 mm/s (mediciones marcadas en negro).

- La medición vertical en la bomba azul (0.82 mm/s) muestra que se ubica en la zona A, lo cual indica en buen estado ya que puede ser haber sido reacondicionada.
- La medición horizontal en la bomba azul (0.90 mm/s) muestra que se ubica en la zona A, lo cual indica en buen estado ya que puede ser haber sido reacondicionada.
- La medición vertical en la bomba amarilla (1.10 mm/s) muestra que se ubica en la zona A, lo cual indica en buen estado ya que puede ser haber sido reacondicionada.
- La medición horizontal en la bomba amarilla (0.75 mm/s) muestra que se ubica en la zona A, lo cual indica en buen estado ya que puede ser haber sido reacondicionada.

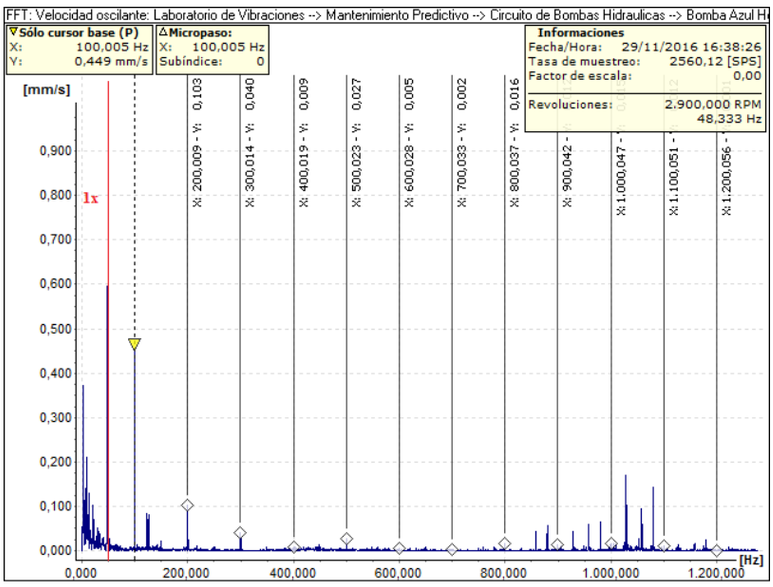
Una vez realizada la parte del análisis tomando en cuenta los valores rms, se pasa a identificar las posibles fallas tomando en cuenta los espectros de las mediciones.

Al analizar las mediciones obtenidas en las bombas, las cuales son de uso muy común, debido a que se trata de unas bombas de agua comúnmente encontradas en el mercado, las conocidas MyH QB60. El software indica que éstas se encuentran dentro de la norma para su correcta operación, no presentan alarmas, por lo que se tendrá que ver en el espectro de estas mediciones si aparece alguna anomalía.

Las mediciones más representativas fueron las horizontales, en las cuales se encontraron las componentes 1x como la predominante, pero también se hallaron peak en el espectro vibratorio con valores que se deben tener en cuenta. Se encontraron valores de vibración no armónicos a la 1x, pero si armónicos entre ellos, estos valores varían en su magnitud una vez que cambia el valor de su frecuencia. Este tipo de espectro tiene gran

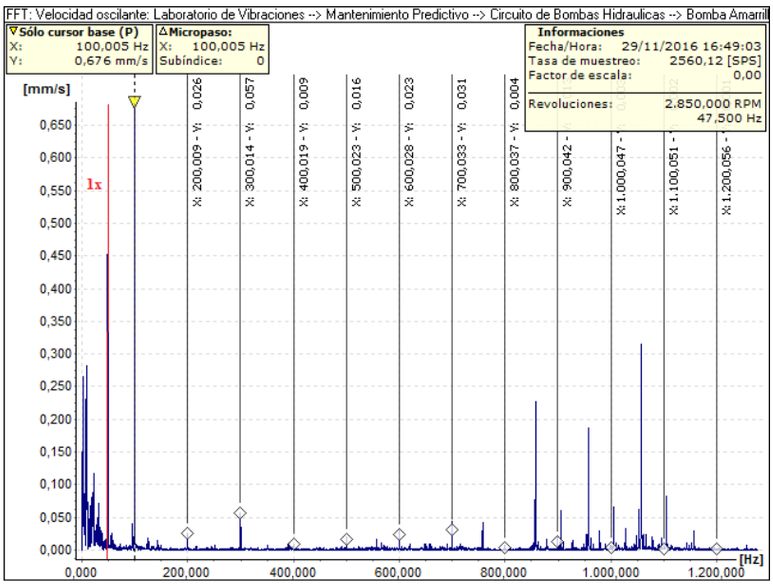
similitud al espectro de una bomba, en el cual su eje está montado excéntrico o se encuentra doblado. Esto se debe a los armónicos fuera de las componentes 1x, aquí el movimiento del impulsor deja de ser circular lo que conlleva que las pulsaciones de presión aumente y disminuya a medida que el eje gire.

Si se encuentra una falla relacionada con el eje en mal estado, en este caso doblado o excéntrico, se puede identificar si la bomba vibra más de lo normal cuando se está utilizando, si el rodamiento de la bomba es cambiado con mayor frecuencia de lo normal y también si la bomba consume más energía de lo teóricamente correcto. En las siguientes figuras 3-2 y 3-3, se pueden evidenciar de forma visual los espectros obtenidos en las mediciones horizontales realizadas en ambas bombas del circuito dispuesto en serie.



Fuente: Espectro recopilado en Trendline.

Figura 3-2 Espectros Circuito de Bombas – Bomba Azul, Medición Horizontal.



Fuente: Espectro recopilado en Trendline.

Figura 3-3 Espectros Circuito de Bombas – Bomba Amarilla, Medición horizontal.

Como conclusión y diagnostico final, se puede decir que el circuito de bombas se encuentra en condiciones que permiten operar el banco de pruebas, sin embargo el espectro entrega que el eje de la bomba se encuentra flectado, condición que se debe tener en cuenta para futuras mediciones en las actividades prácticas.

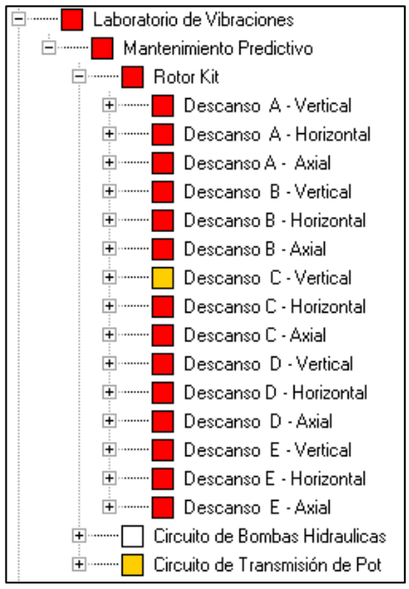
3.1.2. Rotor Kit

El rotor kit, es un banco de pruebas el cual lo componen un motor eléctrico acoplado a un eje que a lo largo posee tres rodamientos con sus tres descansos correspondientes, dicho banco de pruebas se puede apreciar de mejor manera en el capítulo 1 (figura 1-14 banco de pruebas rotativo, Rotor Kit). En este elemento rotativo se realizaron medición de vibraciones en los elementos y también medición de temperatura.

A este banco de prueba, se le programa la frecuencia en la cual se desea que opere, y se pone en marcha. Una vez en funcionamiento, se debe realizar una inspección visual para ver el comportamiento de cada elemento que compone el rotor kit.

Posteriormente a eso, se realizan las mediciones con el equipo FAG de análisis de vibraciones, el cual nos entregará la forma de onda y también de forma más importante, el espectro vibratorio del equipo el cual nos entregará una idea del estado de los componentes del equipo. Antes de esto, en el software que funciona con el equipo, se

realiza la ruta de medición correspondiente al banco de bombas hidráulicas, en la figura 3-4 se puede apreciar la ruta del rotor kit.



Fuente: Propia, Ruta Trendline.

Figura: 3-4 Ruta de medición rotor kit.

Las mediciones realizadas fueron dieciocho, tres en cada elemento del rotor kit, las que correspondían a las mediciones radiales y axiales de cada elemento (elementos aparecen en el capítulo 1, Equipos del Taller).

La norma que utiliza el software (Trendline) para la recopilación de datos es la ISO 10816, en la cual el rotor kit trabaja a una potencia más baja a la que se recomienda para utilizar esta norma, de todas formas se puede inferir en base a las vibraciones, la zona en que se encuentra según el grado de severidad que estas posean.

La norma ISO 10816 establece las condiciones y procedimientos generales para la medición y evaluación de la vibración, utilizando mediciones realizadas sobre partes no rotativas de las máquinas. El criterio general de evaluación se basa tanto en la monitorización operacional como en pruebas de validación que han sido establecidas fundamentalmente con objeto de garantizar un funcionamiento fiable de la máquina a largo plazo.

La severidad de la vibración se clasifica conforme a los siguientes parámetros:

- Tipo de máquina.

- Potencia o altura de eje.

- Flexibilidad del soporte.

Las zonas de evaluación son las siguientes, dependiendo de ellas se identifica el estado de los equipos:

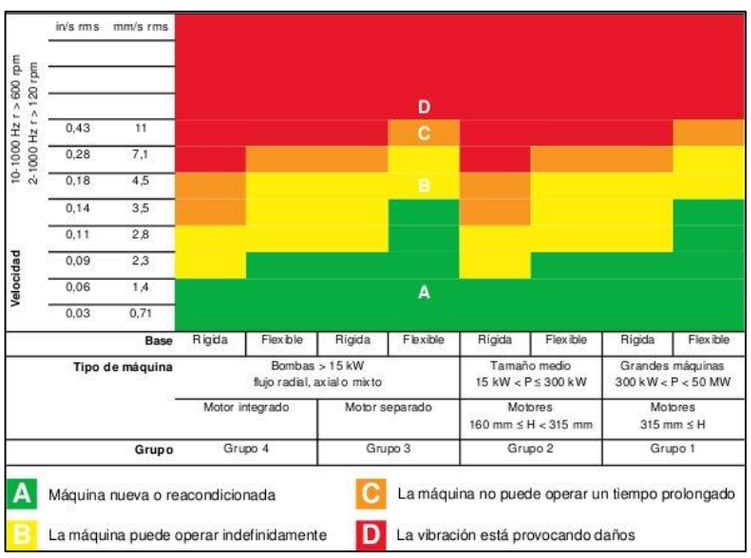
- Zona A: Valores de vibración de máquinas recién puestas en funcionamiento o reacondicionadas.

- 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 daños

En la siguiente figura 3-5, se puede apreciar la tabla de severidad vibratoria en base a la norma ISO 10816.



Fuente: www.sinais.net

Figura: 3-5 Tabla de severidad ISO 10816.

En la siguiente tabla 3-2, se puede apreciar los resultados a las mediciones realizadas en el rotor kit bajo la norma ISO 10816, como se puede apreciar en cada una de ellas se encuentra un rms bastante alto los cuales supera los rangos establecidos.

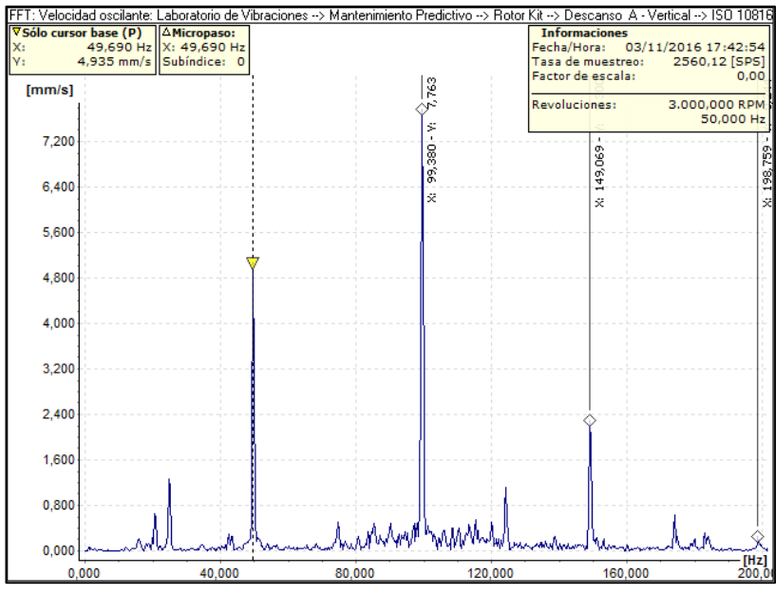
Tabla 3-2 Valores rms en Rotor Kit.

Equipo	Horizontal	Vertical	Axial
Motor eléctrico	3,16 mm/s	8,30 mm/s	
Descanso 1	4,03 mm/s	4,85 mm/s	5,57 mm/s
Descanso 2	7,64 mm/s	4,30 mm/s	7,81 mm/s
Descanso 3	8,82 mm/s	7,81 mm/s	6,71 mm/s
Descanso 4	7,48 mm/s	8,23 mm/s	3,45 mm/s

Fuente: Valores obtenidos en Trendline.

Hay que tomar en cuenta, que los componentes del rotor kit están unidos por acoples mecánicos. La falla más común en elementos mecánicos rotativos unidos por acoples, es el desalineamiento que puede haber en ellos.

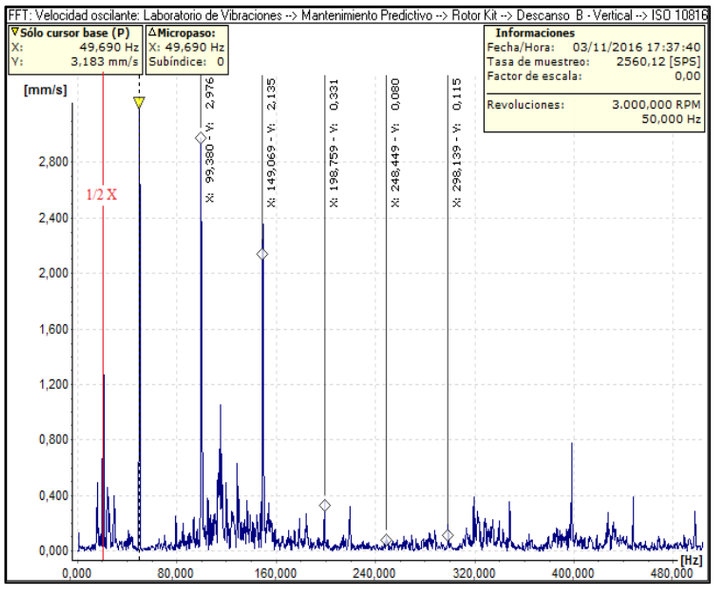
En primer lugar encontramos el motor eléctrico, en el cual en su medición vertical en la zona donde se encuentra la tapa del motor, no donde sale el eje, se pudo identificar un espectro que corresponde totalmente a un desalineamiento de eje por unión con acople mecánico. Si bien el motor eléctrico perteneciente al rotor kit, entra en el grupo de los equipos con denominación de máquinas Clase 1, al tener una potencia menor a 15 kW, aun así se puede utilizar la norma ISO 10816, en la cual diagnostica a esta parte del equipo en la zona D, la cual indica que las vibraciones están generando daños en los componentes. A continuación en la figura 3-6 se puede visualizar el espectro vibratorio de la medición vertical en el motor eléctrico.



Fuente: Espectro recopilado en Trendline.

Figura: 3-6 Espectro vibratorio Motor Eléctrico A vertical.

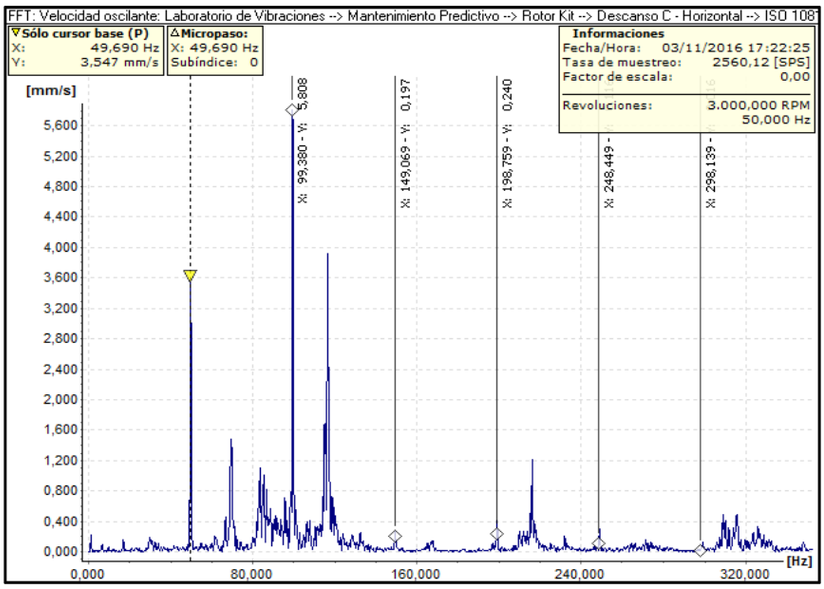
En el mismo motor eléctrico, esta vez en las mediciones realizadas en la zona donde el eje sale hacia los descansos, en este caso en la medición vertical, se encuentra una componente a las 1/2x, la cual es muy característica en vibraciones donde el elemento presenta soltura mecánica en el componente. Al estar esta componente, se puede pensar que el motor eléctrico presente alguna soltura basal la cual sería por problema de montaje o también podría ser una soltura por impacto, el cual es por el movimiento interno de funcionamiento que tiene el motor eléctrico. También se puede identificar, las componentes 1x, 2x y 3x características al desalineamiento, el cual puede ser provocado por el estado que tenga el acople. A continuación en la figura 3-7 se puede ver el espectro de la vibración medida verticalmente.



Fuente: Espectro recopilado en Trendline.

Figura: 3-7 Espectro vibratorio, Motor Electrico B vertical.

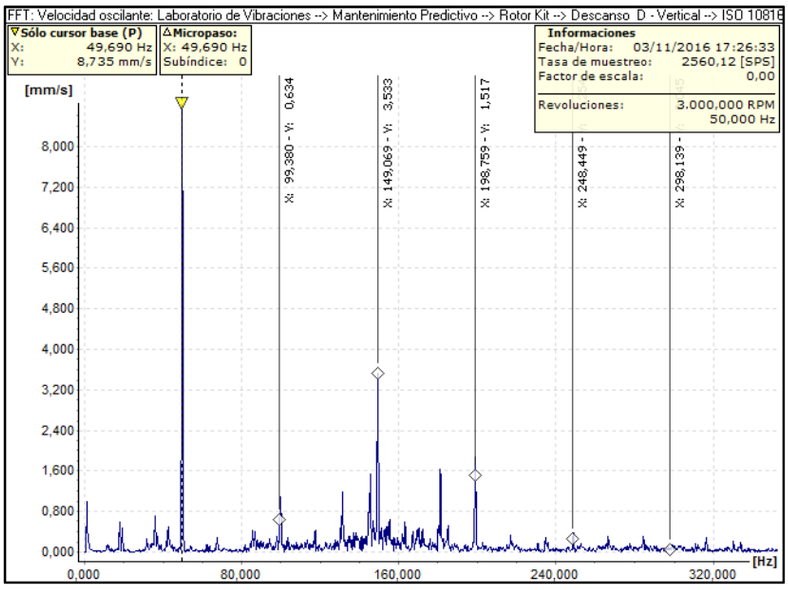
Luego de analizar el estado del motor eléctrico, se debe identificar las posibles fallas que tengan los descansos del rotor kit. Se tienen tres descansos del mismo tipo. En el primero de ellos, se encuentra un espectro característico al desalineamiento provocado por el uso de acoplamientos. En el caso de esta medición, se tiene un desalineamiento ligero, debido a que la componente 3x es muy baja, siendo la componente 2x la más preponderante. Según la norma ISO 10816, nos encontramos con un componente que supera los niveles permisibles en vibraciones, al tener un valor de 7.64 mm/s lo cual lo ubica en la zona D, donde dichas vibraciones provoca daño a los componentes. A continuación en la figura 3-8 se puede apreciar el espectro de la medición horizontal en el primer descanso.



Fuente: Espectro recopilado en Trendline.

Figura: 3-8 Espectro vibratorio, descanso C horizontal.

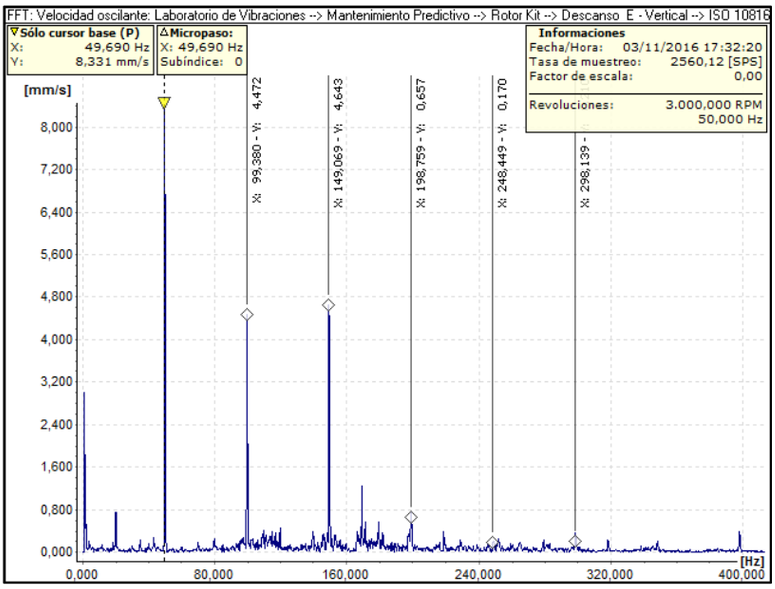
El segundo descanso, de igual características que el anterior, en la medición vertical, presenta un espectro característico al desalineamiento, en este caso dicho desalineamiento es mayor al del descanso anterior, debido a que su forma espectral corresponde a un componente medianamente desalineado donde la 1x es la clara predominante y su 2x es el armónico menor. También, este espectro, nos parece similar a aquel que se encuentra cuando el equipo presenta distorsión de carcasa, debido a que puede que haya habido una mala lubricación en el descanso, provocando que aumente la temperatura interna, generando dilatación en los componentes del rotor kit. Tomando en cuenta su valor rms, el cual llega a los 7.81 mm/s, se puede concluir que el estado de este descanso es bastante malo, posicionándolo en la zona D de evaluación. A continuación en la figura 3-9 se puede apreciar el espectro vibratorio del segundo descanso en su medición vertical.



Fuente: Espectro recopilado en Trendline.

Figura: 3-9 Espectro vibratorio, descanso D vertical.

Finalmente, tenemos el último descanso del rotor kit, donde en su medición vertical se encuentra un espectro que puede ser de desalineamiento ya que las componentes 2x y 3x son bastante similares, pero también da la impresión que el espectro entrega de diagnóstico la posible falla provocada por distorsión de carcasa, la cual puede ser provocada por el mal apriete de los pernos basales del descanso. El valor rms de esta vibración según la norma ISO 10816 es de 8.23 mm/s, el cual lo coloca en la zona D de criticidad, lo cual genera daños a los componentes. A continuación en la figura 3-10 se puede apreciar el espectro vibratorio de la medición del descanso E vertical.



Fuente: Espectro recopilado en Trendline.

Figura: 3-10 Espectro vibratorio, descanso E vertical.

Como conclusión en el estado del rotor kit, se pudo evidenciar el mal estado que poseen la mayoría de sus componentes, siendo la falla más recurrente de todas el desalineamiento de sus componentes. Esto se debe a que cada componente lleva un tiempo prolongado de operación, siendo el caso más apreciable el de los acoples, los cuales generaban mucho ruido al poner en marcha el equipo.

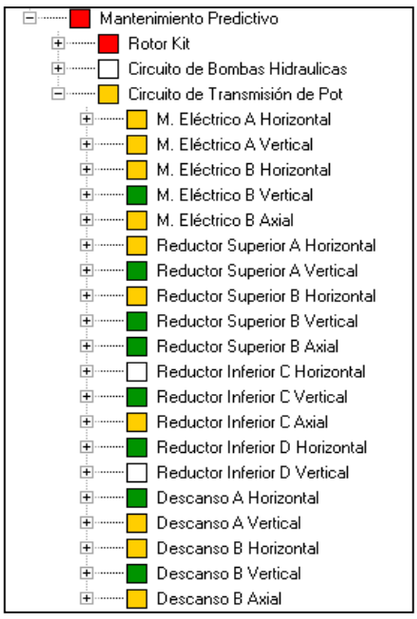
El desalineamiento que se encontró en los componentes, produce una disminución en su vida útil, ya que el desalineamiento en los descanso provoca flexión en los ejes acoplados, sobrecargando de mayor manera los descansos. Se recomienda cambiar los acoples y revisar el estado de los rodamientos de cada descanso del rotor kit.

3.1.3. Circuito de Transmisión de Potencia

El circuito de transmisión de potencia visto en el capítulo 2 (figura 2-1 circuito de transmisión de potencia), cuenta con un motor eléctrico, el cual transmite potencia a través de una cadena a un reductor de velocidad. El circuito de transmisión de potencia trabaja en una misma velocidad, lo único que cambia es el sentido de giro del motor eléctrico.

La primera inspección visual de los componentes, indica que están en buen estado para operar de forma normal. Posteriormente a eso, se realizan las mediciones con el equipo FAG de análisis de vibraciones, el cual nos entregará la forma de onda y también

de forma más importante, el espectro vibratorio del equipo el cual nos entregará una idea del estado de los componentes del equipo. Antes de esto, en el software que funciona con el equipo, se realiza la ruta de medición correspondiente al banco de pruebas circuito de transmisión de potencia, en la figura 3-11 se puede apreciar la ruta.



Fuente: Propia, Ruta de Trendline.

Figura: 3-11 Ruta de medición Circuito transmisión de potencia.

Se realizó un total de 20 mediciones en los distintos componentes del banco de prueba, con el fin de tener una mejor visión de lo que ocurría en cada parte al ser puesto en operación. Cada componente debido a su distinto funcionamiento, operaba con distintas velocidades. A continuación, en la tabla 3-3 se puede apreciar dichas velocidades.

Tabla 3-3 Componentes v/s velocidad.

Componente	**Velocidad**
Motor eléctrico	1447 RPM
Reductor parte Superior	1013 RPM
Reductor parte Inferior	101.5 RPM
Descansos Freno	67 RPM

Fuente: Propia, valores recopilados con tacómetro.

Las mediciones realizadas en este banco de prueba fueron realizadas bajo la norma ISO 10816, la cual aplica en este tipo de mediciones sobre partes no rotativas (más detalle en análisis de rotor kit). A continuación en la tabla 3-4, se puede apreciar los valores rms de las mediciones realizadas en el circuito de transmisión de potencia.

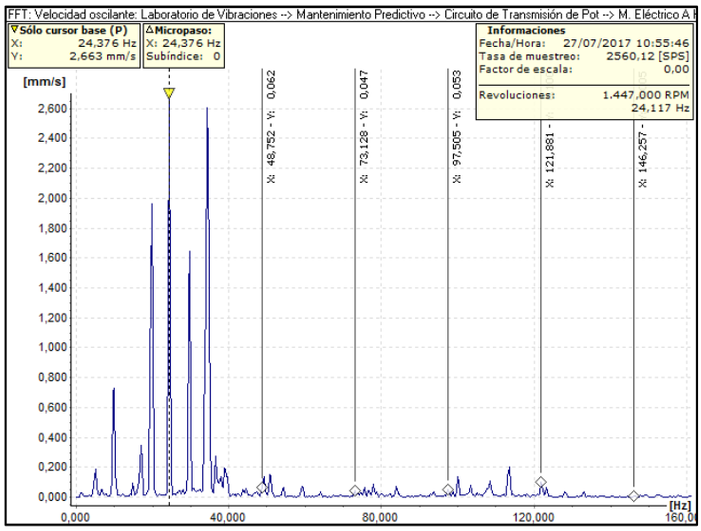
Tabla 3-4 Valores rms en Circuito de Transmisión de Potencia.

Equipo	**Horizontal**	**Vertical**	**Axial**
Motor eléctrico parte A	3.67 mm/s	3.86 mm/s	-
Motor eléctrico parte B	3.40 mm/s	2.12 mm/s	2.91 mm/s
Reductor parte A	3.63 mm/s	1.90 mm/s	-
Reductor parte B	3.21 mm/s	2.12 mm/s	1.55 mm/s
Reductor parte C	1.47 mm/s	1.80 mm/s	2.79 mm/s
Reductor parte D	1.00 mm/s	1.26 mm/s	-
Descanso A	2.13 mm/s	2.78 mm/s	-
Descanso B	2.53 mm/s	2.18 mm/s	2.35 mm/s

Fuente: Valores obtenidos en Trendline.

El análisis del Circuito de Transmisión de Potencia, comienza con identificar el estado del motor electro que compone este banco de pruebas. Hay que recordar que la norma utilizada para este análisis fue la ISO 10816, la cual nos muestra los distintos estados en cada medición. La gran mayoría de estas muestra que el motor eléctrico se encuentra entre la zona B-C, lo cual indica que el motor eléctrico puede funcionar sin ninguna problema por un tiempo determinado, el cual dependiendo de la frecuencia en que se use, no puede ser prolongado. En la tabla anterior, se muestra los valores de estas mediciones. En la primera inspección visual y sonora, el motor parecía funcionar de buena manera.

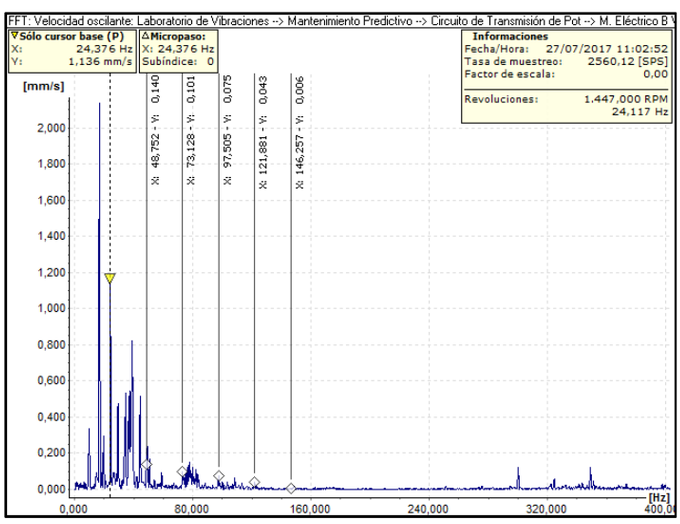
Una vez analizando los espectros de las mediciones, encontramos que las mediciones horizontales del motor eléctrico eran bastante similares, se encontró que la componente 1x es la preponderante en relación a las otras componentes. Pero si se encontró peaks de medición anterior y posterior a la 1x, lo cual puede ser por golpes internos del motor eléctrico generados por la puesta en marcha del motor. En la figura 3-12 se puede ver el espectro de la medición horizontal del motor eléctrico en la parte A.



Fuente: Espectro recopilado en Trendline.

Figura: 3-12 Espectro vibratorio, motor eléctrico A horizontal.

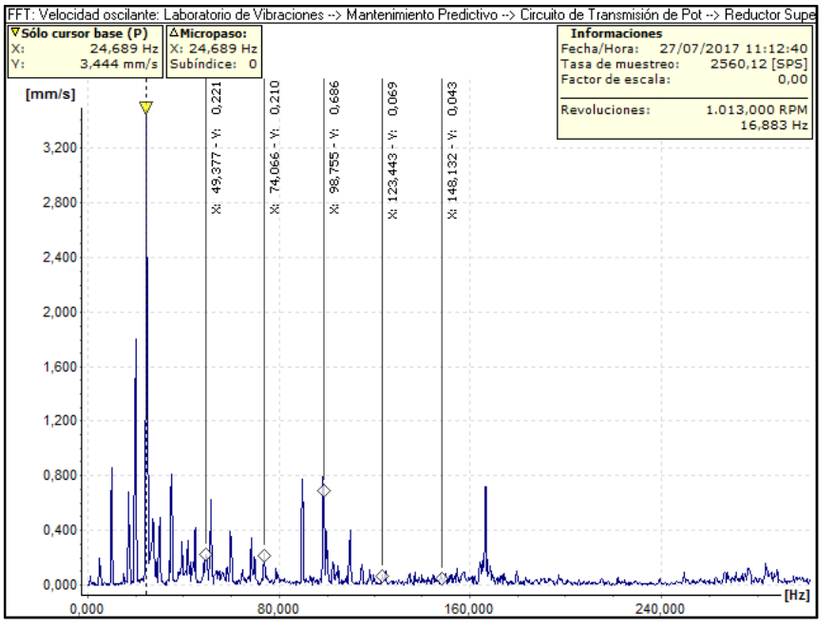
En cambio, una de las mediciones verticales del motor eléctrico arrojó una medición donde el peak mayor no fue una componente de la vibración, además se encuentra pasto desde el inicio hasta la frecuencia 100 Hz y sobre los 300 Hz pero de manera más baja. Con este espectro se puede pensar que la posible falla que ocurra debe ser por el estado de la correa de transmisión, ya que puede que la correa no se encuentre lo suficientemente tensada o que su estado no sea el óptimo. A continuación en la figura 3-13 se puede apreciar el espectro de una medición vertical en el motor eléctrico.



Fuente: Espectro recopilado en Trendline.

Figura: 3-13 Espectro vibratorio, motor eléctrico B vertical.

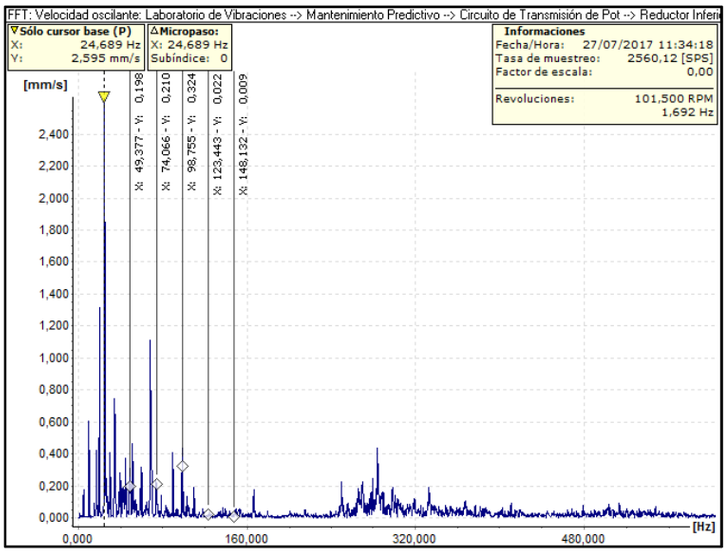
Posteriormente, para analizar el estado del reductor, se tiene que ambos ejes van a revolucionar a distintos valores. El eje superior gira a 1013 RPM y el inferior a 101,5 RPM. Cuando se revisan los resultados de las mediciones, se encuentra que en las realizadas en la parte superior del reductor de forma horizontal, la componente 1x de la medición de forma más significativa en comparación a las otras componentes. Estas mediciones horizontales indican valores rms que corresponden a la zona B-C de severidad, pero solo estas mediciones son de ese tipo, ya que el resto indica que el reductor se encuentra en buen estado. La medición con mayor valor luego de estas, es una realizada verticalmente en la zona A del reductor (3,36 mm/s). A continuación en la figura 3-14 se puede apreciar una medición horizontal en la parte superior del reductor.



Fuente: Espectro recopilado en Trendline.

Figura: 3-14 Espectro vibratorio eje superior A horizontal.

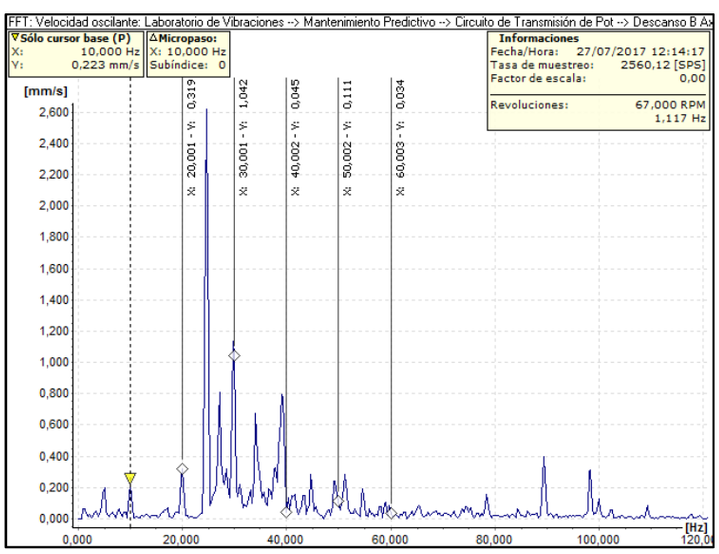
Del eje inferior, se obtienen valores rms que indican el buen estado que tiene el reductor. Esto debido a que el único valor que genere algún índice que posible falla futura es una medición axial en la parte inferior de reductor. Dicha medición corresponde al valor rms de 2.79 mm/s, lo cual la deja en la zona B-C de severidad ya que puede funcionar sin ninguna dificultad, pero si se debe tener la precaución al paso del tiempo. A continuación en la figura 3-15 se puede apreciar dicho espectro vibratorio de la medición del eje inferior C.



Fuente: Espectro recopilado en Trendline.

Figura 3-15: Espectro vibratorio eje inferior C axial.

Por último, se analiza el estado del freno del banco de pruebas. Este circuito de transmisión tiene un freno, que al analizar el estado de los rodamientos que lo componen, en este caso la medición del descanso B axial, se encuentra la frecuencia 10 Hz, la cual tiene armónicos que presentan no tan alta magnitud de vibración, pero si se hacen presente, lo cual puede afectar el estado de los descansos que los alojan. A continuación en la figura 3-16 se puede apreciar el espectro de dicha medición.



Fuente: Espectro recopilado en Trendline.

Figura: 3-16 Espectro vibratorio, descanso B axial.

Se puede concluir que el Circuito de Transmisión de Potencia se encuentra en buen estado, tomando en cuenta el tiempo de uso y el poco mantenimiento que se le realiza a este banco de pruebas. No se encuentran vibraciones armónicos que hagan suponer una futura falla de los componentes del equipo, si se debe tener cuidado en el motor eléctrico que presenta los valores de alarma más altos.

3.2. PLANIFICACION DE LAS NUEVAS PAUTAS.

Buscando la solución a nuestra problemática planteada con anterioridad, se llega a la conclusión de tener una necesidad de realizar nuevas pautas de laboratorio correspondientes a la asignatura Inspección y Control del Mantenimiento. Si bien anteriormente, había pautas las cuales fueron realizadas, el enfoque que se quiere dar con éstas nuevas pautas va más orientado al análisis de resultados obtenidos a las distintas mediciones. Con eso al tanto, solo se realizarán cinco pautas de laboratorio las cuales tendrán cada una dinámica distinta.

Para tener una más sincronía con la parte teórica de la asignatura, estas cinco nuevas actividades serán:

- Laboratorio n°1: Vibraciones Mecánicas en Rotor Kit.
- Laboratorio n°2: Vibraciones Mecánicas en Circuito Hidráulico.
- Laboratorio n°3: Ensayos no destructibles – Tintas Penetrantes.
- Laboratorio n°4: Medición de Espesores de Pared.
- Laboratorio n°5: Partículas Magnéticas.
- Laboratorio n°6: Rutas de Medición.

La nueva planificación de las actividades prácticas se pueden encontrar en el ANEXO B: NUEVAS PAUTAS DE LABORATORIO, ASIGNATURA INSPECCION Y CONTROL DEL MANTENIMIENTO.

CONCLUSIONES.

La planificación de nuevas pautas de trabajo entregará nuevos métodos de estudio a los alumnos de la asignatura Inspección y Control del Mantenimiento, con esto se espera que los alumnos sean capaces de analizar los resultados que encuentren en las mediciones, que además de saber utilizar de buena manera los distintos implementos en las experiencias prácticas, sepan el motivo de los resultados que obtengan en sus mediciones o ensayos. Las pautas se realizaron con el fin de manejar bien el tiempo disponible de cada laboratorio práctico, además de sacar provecho de los instrumentos e implementos, como también de cada banco de prueba disponible.

Además, se entrega en el área de vibraciones, una guía de en qué estado inicial se encuentran los equipos. Este tema debe ser tenido en cuenta para las futuras mediciones que se realizarán a cada banco de pruebas, debido a que con el uso frecuente que estos tienen, en un futuro se generaran nuevas fallas o el estado en que se encontraban en las mediciones de este trabajo de título pueden variar.

El análisis de vibraciones es una de las técnicas más utilizadas para detectar la condición de este tipo de máquinas rotativas, ya que es posible detectar fallas en equipos antes que estas generen problemas más severos. Las distintas fallas o anormalidades generan espectros característicos para cada caso, entre ellos se diferencian por los armónicos y por sus amplitudes. Los espectros vibratorios pueden ser en muchos casos similares, pero es en los detalles donde se encuentran las diferencias entre una falla y otra. La importancia del análisis de vibraciones en la realización de las pautas de laboratorio es fundamental, tanto para recopilar, como también analizar los datos.

Se espera que a través de lo expuesto en este trabajo de título, los alumnos sean capaces de analizar los resultados, plantear el motivo de cada falla o anomalía, como también buscar una mejora continua sobre este tema. Esperamos que más adelante, alumnos de nuestra propia Universidad, sean capaces de encontrar nuevas formas de realizar ensayos y mediciones en los equipos que se tienen a disposición, como también que se tenga un registro de fallas de los equipos, lo cual sería muy útil para las siguientes generaciones de alumnos que pertenezcan al Departamento de Mecánica.

BIBLIOGRAFÍA.

- FAG, manual de usuario. FAG Detector III F'IS Trendline 3.

- SAAVEDRA, Pedro. ESTUPIÑAN, Edgar. Análisis de vibraciones aplicado a las maquinas rotatorias de baja velocidad (resumen). 6 p.

- PUMP VIBRATION STANDARDS GUIDELINES. European Association of Pump Manufacturers. Europump asibl.

- Análisis de vibraciones e interpretación de datos. Jesús A. Royo – DIDYF Universidad de Zaragoza.

- Curso: Control e Inspección del Mantenimiento. Ing. Andrés Aráguiz G. Depto. Mecánica UTFSM, sede Viña del Mar.

- Ojeda, B., (2010), "Medición y análisis de vibraciones en el sistema propulsivo nava". Universidad Austral de Chile, Chile. 60 p.

- A-MAQ S.A. Tutorial de vibraciones para mantenimiento mecánico. 2005. 41 p.

ANEXOS.

ANEXO A: ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL TALLER DE INSPECCION Y CONTROL DEL MANTENIMIENTO EN EL 4TO SEMESTRE DE LA CARRERA TÉCNICO UNIVERSITARIO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL EL AÑO 2015 (GENERACIÓN 2014).

1. **Laboratorio 1: Vibraciones Mecánicas.**

En esta actividad se realizan mediciones globales a los elemento del banco de prueba, con el fin de conocer equipos de medición, las variables que definen una medida de vibración y de lograr una análisis de los resultados.

Objetivos de la actividad

- Comprender el modo de empleo de los instrumentos mensuradores de vibraciones, temperatura y revoluciones por minuto.
- Conocer el banco de pruebas, de tal modo de identificar las ubicaciones donde se realizará la actividad.
- Realizar las respectivas mediciones en el banco de pruebas.
- Generar un informe técnico detallando el proceso aplicado, especificando los instrumentos y equipos utilizados, creando tablas y gráficos.
- Retroalimentar la información obtenida en la cátedra con el trabajo práctico realizado en el taller de vibraciones mecánicas

Procedimiento de la actividad.

- Inicialmente se realiza una charla previa a la actividad, donde explica los objetivos de la actividad y el respectivo procedimiento que se ejecutará en el banco de prueba.
- Teniendo conocimiento del equipo en el cual se trabajará, se confeccionará una tabla de datos en la cual se registraran los resultados obtenidos durante la medición de vibraciones y temperaturas; resultados que serán obtenidos mediante los instrumentos a utilizar.
- Procedemos a colocar en funcionamiento el equipo y en el panel de control se ajustan los datos, trabajando de 1 a 25 Hz.
- Se posiciona el tacómetro y por cada Hz se debe medir las RPM's del eje, registrando los datos en la tabla Frecuencia vs revolución.

- Se realiza medición de vibración “sin masa” a 500 RPM equivalente a 8,65 Hz, 1000 RPM equivalente a 17 Hz y finalmente a 1500 RPM equivalente a 25,3 Hz; para este procedimiento se inicia el equipo analizador de vibraciones, donde se debe esperar 8 a 10 segundos y detener, para captar la medición de vibración.
- Se debe realizar, además medición de temperatura (ºC) con un termómetro infrarrojo en los puntos A (ventilador), los ejes B, C, D, y los bujes E y F.
- Se repite los dos últimos puntos agregando una masa de 50 gr y 100 gr, mediante la utilización de una pesa.
- Finalmente con los resultados obtenidos se generan los respectivos gráficos y tablas a presentar en el informe.

Resultados Obtenidos.

A continuación se puede apreciar la tabla donde muestra la variación de RPM en relación a la frecuencia (1 a 25 Hz)

Tabla. Frecuencia vs rpm

Frecuencia en Hz	**RPM**
1	55,5
2	112,8
3	169,6
4	228,1
5	286,5
6	345,2
7	403,5
8	462,3
9	521,7
10	580,2
11	641
12	700,8
13	760,7
14	820,6
15	880,1
16	939,9
17	999,5

18	1059
19	1120
20	1180
21	1240
22	1300
23	1361
24	1422
25	1482

En la siguiente tabla, en la cual están recopilados los datos obtenidos de las mediciones en los distintos puntos del banco, en el cual la variable de medición fue la no presencia de masa. La tabla indica la vibración y la temperatura en los puntos.

Tabla: Vibraciones [mm/s] y Temperatura [°C] vs RPM (Revoluciones Por Minuto), sin masa aplicada.

SIN MASA							
		A	B	C	D	E	F
500 RPM	VIBRACION [mm/s]	3,071	2,423	1,791	2,248	1,848	3,77
	TEMPERATURA [°C]	20,6	23,9	21,5	23,3	25,6	24,2
		A	B	C	D	E	F
1000 RPM	VIBRACION [mm/s]	4,448	3,235	2,945	2,39	2,241	3,597
	TEMPERATURA [°C]	19,9	24,5	23,8	25,5	29,2	28,5
		A	B	C	D	E	F
1500 RPM	VIBRACION [mm/s]	8,208	6,061	6,684	5,245	5,824	3,455
	TEMPERATURA [°C]	19,8	25,6	27,6	28,8	32,5	32,8

En la siguiente tabla se pueden apreciar las mediciones en los distintos puntos del banco de prueba, esta vez con una masa de 50 gr, la cual provocó que las mediciones con respecto a las mediciones anteriores sin masa cambiara. En la tabla están los datos de vibración y temperatura con distintas velocidades.

Tabla: Vibraciones [mm/s] y Temperatura [°C] vs RPM (Revoluciones Por Minuto).
Con masa aplicada de 50 gr.

MASA 50 gr							
		A	B	C	D	E	F
500 RPM	VIBRACION [mm/s]	3,284	2,377	1,583	2,429	2,648	2,046
	TEMPERATURA [°C]	21,2	27,9	30,1	30,7	33,8	35,2
		A	B	C	D	E	F
1000 RPM	VIBRACION [mm/s]	6,788	4,611	3,831	2,852	3,058	8,887
	TEMPERATURA [°C]	19,8	27,8	30,5	31,4	35,8	36,8
		A	B	C	D	E	F
1500 RPM	VIBRACION [mm/s]	10,218	5,164	7,462	7,417	6,861	8,229
	TEMPERATURA [°C]	20,1	29	33,1	32,9	38,1	39

Las siguientes tablas y gráficos corresponden a la actividad número 1 del taller de Inspección y Control del Mantenimiento.

La tabla que se aprecia a continuación, tiene los datos obtenidos cuando al banco de pruebas se le aplica una masa de 100 gr, lo cual hace que los datos varíen. Se puede identificar las mediciones de vibración y temperatura a distintas RPM.

Tabla. Con masa aplicada de 100 gr.

MASA 100 g							
		A	B	C	D	E	F
500 RPM	VIBRACION [mm/s]	3,043	2,283	1,934	2,991	3,155	3,039

	TEMPERATURA [°C]	20,1	29,6	34,7	36,3	39,9	41,1
		A	B	C	D	E	F
1000 RPM	VIBRACION [mm/s]	8,297	6,031	4,349	4,653	6,451	15,047
	TEMPERATURA [°C]	19,4	29,9	34,2	35,9	34,1	40,7
		A	B	C	D	E	F
1500 RPM	VIBRACION [mm/s]	19,43	5,844	8,284	8,25	8,462	13,502
	TEMPERATURA [°C]	19,9	29,9	36,3	38,1	41,3	41,9

2. **Laboratorio 2: Espectros de frecuencia.**

Objetivos de la actividad.

- Identificar, comprender e interpretar el comportamiento del banco de pruebas aplicándole una carga de 50gr, analizando temperatura, amplitud, frecuencia, trabajando a diferentes rpm (500, 1000,1500).
- Identificar, comprender e interpretar el comportamiento del banco de pruebas aplicándole una carga de 75gr, analizando temperatura, amplitud, frecuencia, trabajando a diferentes rpm (500, 1000,1500).
- Identificar, comprender e interpretar el comportamiento del banco de pruebas aplicándole una carga de 100gr, analizando temperatura, amplitud, frecuencia, trabajando a diferentes rpm (500, 1000,1500).

Procedimientos de la actividad.

I. Medición de vibración y temperatura en el árbol de eje

Objetivo específico.

- Realizar la medición y detección de vibraciones mediante espectro- frecuencia y temperatura en el árbol de eje, anotando los resultados que el equipo arroje.

Procedimiento.

- Inicialmente, el profesor debe dictar una charla previa al trabajo a realizar, donde explica los objetivos de la actividad y el respectivo procedimiento que se ejecutará en el banco de prueba.
- Teniendo conocimiento del equipo en el cual se trabajará, se debe confeccionar una tabla de datos en la cual se registren los resultados obtenidos durante la medición de vibraciones mediante espectro-frecuencia y temperaturas; resultados que serán obtenidos mediante los instrumentos a utilizar.
- Se posicionan los sensores de vibración en el último punto del banco de prueba donde se deban realizar las respectivas mediciones.
- Se debe poner en funcionamiento el equipo y en el panel de control se ajustan los datos, trabajando de 1 a 25 Hz.
- Se debe posicionar el tacómetro y por cada Hz se debe medir las RPM's del eje, registrando los datos en la tabla Frecuencia vs amplitud.
- Se debe realizar medición de vibraciones con masa de 50 gr de desbalanceo a 500 RPM equivalente a 8,13 Hz cuya amplitud es de 0,713 mm/s, 1000 RPM equivalente a 16,88 Hz cuya amplitud es 9,298 y finalmente a 1500 RPM equivalente a 25 Hz cuya amplitud será de 4,321; para este procedimiento se debe iniciar el equipo analizador de vibraciones, donde se debe esperar 4 segundos y detener, para captar la medición del espectro vibraciones.
- Se realiza también, mediciones de temperatura (ºC) con un termómetro infrarrojo en el punto "F" del banco de prueba.
- Se repite los dos últimos puntos agregando una masa de 73 gr y 101 gr, mediante la utilización de una pesa, destacando que la frecuencia en las tres mediciones es igual, variando su amplitud y temperatura.
- Finalmente con los resultados obtenidos se generan los respectivos gráficos y tablas a presentar en un informe técnico.

Nota.

Al llegar a 1000 RPM se identifica que existe un cambio, debido a que si un equipo no llega a su régimen de trabajo generalmente hay muchas vibraciones que todavía están presentes y cuando está en baja velocidad van a presentarse problemáticas que tienen ver con respecto soltura y elementos vibrantes. Cuando se llega a 1000 RPM se está muy cerca de la frecuencia natural de la máquina y la amplitud es muy alta en relación a las otras.

Tablas.

La siguiente tabla expresa la medición de Amplitud [mm/s], Frecuencia [Hz] y Temperatura [°C] con respecto a una RPM (500 – 1000 – 1500) aplicando una masa de 50 gr para desbalancear el banco de pruebas.

Tabla: Desbalanceo 50 gr.

DESBALANCEO 50 gr			
RPM	A[mm/s]	f [Hz]	T°
500	0,713	8,13	17,4
1000	9,298	16,88	18,8
1500	4,321	25,00	20,4

La siguiente tabla expresa la medición de Amplitud [mm/s], Frecuencia [Hz] y Temperatura [°C] con respecto a una RPM (500 – 1000 – 1500) aplicando una masa de 75 gr teóricos (masa real aplicada = 73 gr) para desbalancear el banco de pruebas.

Tabla: Desbalanceo 75 gr.

DESBALANCEO 75 gr (73 gr)			
RPM	A[mm/s]	f [Hz]	T°
500	1,553	8,13	22,8
1000	7,838	16,88	23,7
1500	2,253	25,00	24,4

La siguiente tabla expresa la medición de Amplitud [mm/s], Frecuencia [Hz] y Temperatura [°C] con respecto a una RPM (500 – 1000 – 1500) aplicando una masa de 100 gr teóricos (masa real aplicada = 101 gr) para desbalancear el banco de pruebas.

Tabla: Desbalanceo 100 gr.

DESBALANCEO 100 gr (101 gr)			
RPM	A[mm/s]	f [Hz]	T°
500	1,831	8,13	25,6
1000	17,126	16,88	26,00
1500	8,642	25,00	27,4

3. Laboratorio 3: Balanceo y Equilibrio.

Objetivos de la actividad.

Como objetivo principal se puede identificar el hecho de aprender el uso apropiado del analizador de vibraciones con su configuración correspondiente (tipo de ventana, número y tipo de promediación, N° de líneas, etc.) con el fin de poder reconocer la gravedad del desbalanceo y seguir las instrucciones del instrumento hasta conseguir un balanceo aceptable (no se logró dejar dentro de la norma).

Como objetivos secundarios podemos nombrar:

- Instruirse sobre el uso correcto del analizador de vibraciones.
- Reconocer cada uno de los componentes del cto. de pruebas a intervenir.
- Identificar el desbalanceo en el espectro-frecuencia.
- Seguir los pasos dados por el instrumento agregando masas externar con el fin de lograr un equilibrio y con esto reducir el desbalanceo hasta un valor requerido según norma ISO1940 (no se logró en la actividad).
- Lograr tener un mejor entendimiento teórico gracias a la práctica.
- Recolectar los datos obtenidos, necesarios para la realización de las tablas a emplear.

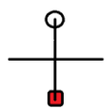
Procedimiento de la actividad.

- En primer lugar se debe realizar un desbalanceo con una masa de 80 gramos en la 8° posición (que sería en los 240° desde el nuestro punto 0).
- Se medirá en el módulo equilibrado y se señalará la vibración y la fase del desbalanceo.

- En el equipo analizador de vibraciones después de poner en marcha el motor a 1500 RPM y a una frecuencia de 4.54 Hz.
- Esto arrojará un valor de 3,5 mm/s en una fase de 160° donde se podrá ver en el equipo analizador una señal diferida y una señal patrón, su diferencia seria el desfase que posea la maquina debido al desbalanceo.

Al colocar una masa de prueba que detectara la posición de desbalanceo, se debe hacer un procedimiento en el cual se corrija este estado. Para poder corregir el desbalanceo se tienen tres formas.

Este ejemplo es agregar un peso en la posición contraria al desbalanceo provocando que este pierda velocidad.



Este ejemplo de desbalanceo provocaría que su velocidad final aumentara considerablemente.

Aquí el peso puede ubicarse en cualquiera de sus dos extremos horizontales no influye al final en el resultado, pero lo que quiere decir es que si se le agrega un peso de desbalanceo allí su velocidad final bajará.

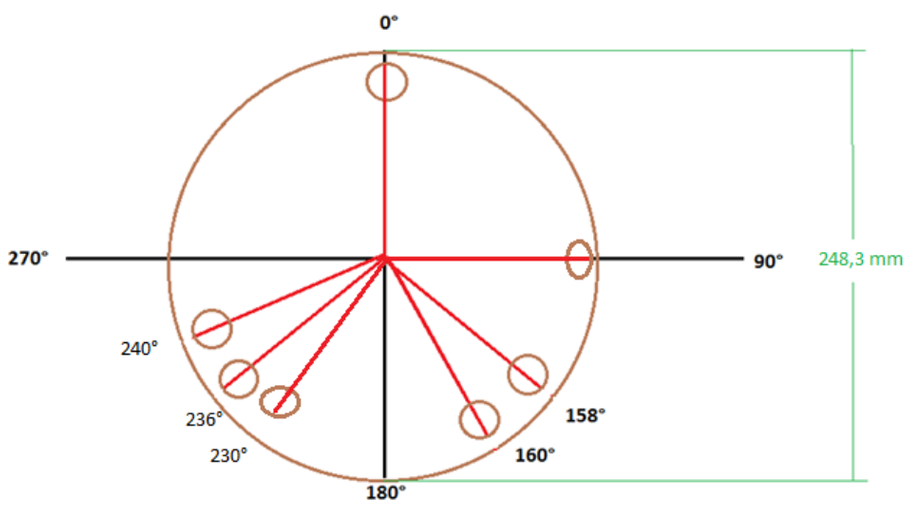
- Estos ejemplos exageran en verdad el desbalance pero es para que se entienda como afectaría agregarle un peso extra en una posición determinada.
- En las siguientes mediciones se entregará el valor de vibración y una sugerencia de cuanta masa se debería agregar para equilibrarlo.
- El equipo analizador nos entregara la información necesaria para equiparar el desbalance (la posición 8 con 100 gramos) debemos agregar 105 gramos en la posición 0 aquí y nuestra nueva vibración seria 2,18 mm/s a 230°.
- Para seguir mejorando el desbalanceo, se vuelve a repetir e proceso, esta vez agregando 72 gramos en 110° respecto al origen pero como este solo múltiplos de

tres se agrega 48 gramos en la posición 5 (120°) y 25 gramos en la posición 4 (90°) otorgándonos un valor de 1,674 mm/s.

- Luego, se sugiere que se agregue 52 gramos a 365° pero por problemas de espacio solo se agrega 47gramos en la posición 0 y esto arroja un valor de vibración de 0,959 con 236° desfase
- Finalmente, las mediciones se dejan hasta el punto anterior, aunque según la norma debería quedar un valor de 0,72mm/s.

Diagrama de cuerpo libre en el disco con los desbalances.

Haciendo un DCL al disco con todos los pesos agregados al final debería quedar de esta manera aproximadamente



En las tablas que aparecen a continuación, se pueden identificar los valores de las componentes, frecuencias y vibraciones, cuando se es medido de forma radial o axial, al utilizar lainas de 1,0 mm, 1,5mm y 2,0mm.

Tabla: Lainas 1,0 mm.

LAINAS 1,0 mm			
	COMPONENTE	FRECUENCIA	VIBRACIÓN
RADIAL	1X	25 [Hz]	1,356 [mm/s]
	2X	50 [Hz]	0,383 [mm/s]
AXIAL	1X	25 [Hz]	3,838 [mm/s]
	2X	50 [Hz]	1,373 [mm/s]

Tabla: Lainas 1,5 mm.

LAINAS 1,5 mm			
	COMPONENTE	FRECUENCIA	VIBRACIÓN
RADIAL	1X	25 [Hz]	1,776 [mm/s]
	2X	50 [Hz]	2,145 [mm/s]
AXIAL	1X	25 [Hz]	6,594 [mm/s]
	2X	50 [Hz]	2,407[mm/s]

Tabla: Lainas 2,0 mm.

LAINAS 2,0 mm			
	COMPONENTE	FRECUENCIA	VIBRACIÓN
RADIAL	1X	25 [Hz]	1,510 [mm/s]
	2X	50 [Hz]	0,489 [mm/s]
AXIAL	1X	25 [Hz]	9,647[mm/s]
	2X	50 [Hz]	2,582 [mm/s]

4. Laboratorio 4: Alineamiento de ejes.

La actividad número 4 de laboratorio se realizó en 4 horas de taller, dividida en dos partes con la idea de alcanzar a cumplir la totalidad de los objetivos que ésta poseía.

Primera actividad: alineamiento por lainas.

Objetivo.

- Realizar la medición y el comportamiento árbol de eje, frente a un posible desalineamiento.

Procedimiento

- Inicialmente el profesor debe realizar una charla previa al trabajo a realizar, donde se dará la explicación los objetivos de la actividad y el respectivo procedimiento que se ejecutará en el banco de prueba.
- Teniendo conocimiento del equipo en el cual se trabajará, se procederá a colocar en funcionamiento el equipo y en el panel de control funcionando a 1500RPM, verificando con el tacómetro la velocidad requerida.
- Luego que el equipo este trabajando a 1500RPM se posiciona el sensor en el descanso (radial y axial). Consiguiendo el espectro frecuencia.
- Posteriormente después de un determinado tiempo, el cual depende del analizador se para el equipo y se anotan los resultados obtenidos en la 1x (25HZ) 2x (50HZ).
- Consecutivamente se usará una chicharra y se soltará el descanso para luego colocarle las lainas que tienen como medida 0.5mm, con el sensor se midió primero de forma axial y luego radial.
- Inmediatamente se aprietan los pernos y el equipo se pone en funcionamiento y haciendo el mismo proceso de esperar el tiempo determinado del analizador, se detuvo el equipo y se toman los datos de la 1x (25HZ) Y LA 2x (50HZ).
- Prontamente se soltarán los pernos con una chicharra y se colocará una laina de 1MM, y posicionando el sensor de forma axial y radial se pondrá en marcha el equipo a 1500RPM para luego anotar los resultados.
- Siguiendo el mismo procedimiento, el siguiente paso se colocará 2 lainas una de 0.5MM y otra de 1MM y se realiza la medición correspondiente.
- El mismo caso solamente se cambia por una laina de 2MM y con la misma RMP y se anotaron los datos.

Tabulación de datos obtenidos.

Los datos que se obtuvieron de las mediciones, fueron a través del uso de lainas que hacían que variara las componentes, frecuencia y la vibración del banco de pruebas.

A continuación se puede identificar las distintas variables medidas, en el banco de pruebas sin ninguna laina.

Tabla: Sin lainas.

SIN LAINAS

	COMPONENTE	FRECUENCIA	VIBRACIÓN
RADIAL	1X	25 [Hz]	1,166 [mm/s]
	2X	50 [Hz]	0,473 [mm/s]
AXIAL	1X	25 [Hz]	3,838 [mm/s]
	2X	50 [Hz]	1,373 [mm/s]

En la siguiente tabla, se ven tabulados los datos, en este caso se utiliza una laina de 0,5 mm.

Tabla: Lainas 0,5 mm.

LAINAS 0,5 mm			
	COMPONENTE	FRECUENCIA	VIBRACIÓN
RADIAL	1X	25 [Hz]	1,333 [mm/s]
	2X	50 [Hz]	0,534 [mm/s]
AXIAL	1X	25 [Hz]	2,131 [mm/s]
	2X	50 [Hz]	0,311 [mm/s]

Segunda actividad.: alineamiento por sensores.

Objetivo.

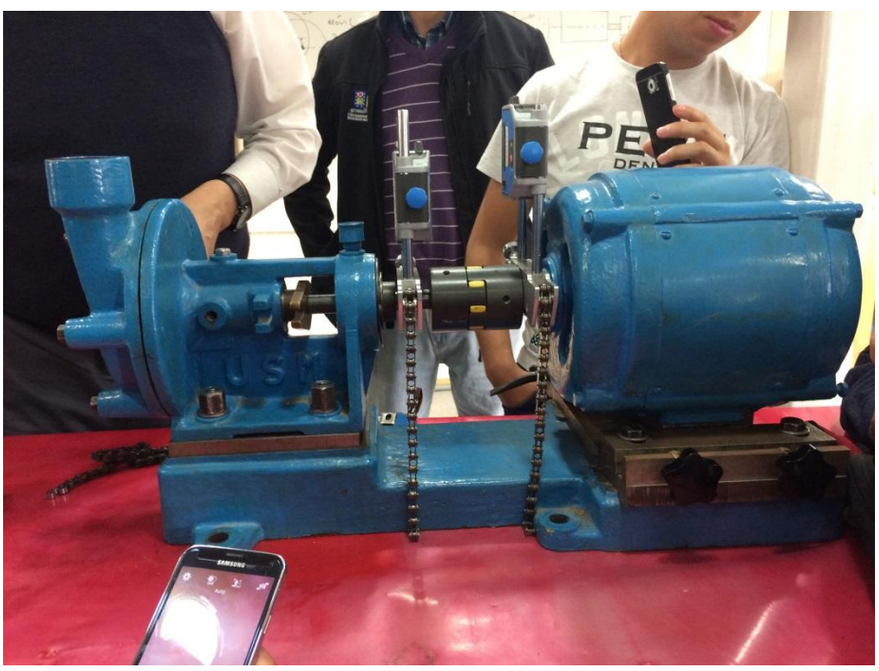
- Comprender analizar e interpretar la utilización de un instrumento (acelerómetro), para verificar el alineamiento y también corregir algún tipo de problema.

Procedimiento de la actividad.

- Primero se explicó el equipo y las herramientas a utiliza, dejando en claro que el motor es el elemento móvil y la bomba el elemento fijo.
- Luego se montarán los ajustadores en el eje con su respectiva extensión, y a través de una cadena se debe dar el apriete necesario, posicionados frente a frente.
- Se debe posicionar el sensor A, a la bomba y el sensor B al motor, con uno más arriba respecto del otro.

- Posteriormente hay que se ajustará el sensor A respecto al sensor B, cumpliendo la condición.
- A continuación con una huincha de medir se dará la distancia entre sensores 120mm y se anotará al recolector de datos, luego el recolector de datos requerirá la distancia entre el sensor B hacia el centro del machón, que sería 60MM y se anota en el recolector.
- Inmediatamente se toma la medición del primer perno hasta el centro del machón 80MM y se anota en el recolector.
- Luego se gira en 60° hacia la izquierda y luego 60° hacia la derecha y se verifica los valores obtenidos.
- Subsiguientemente se vuelve el sensor al centro, con los 3 puntos de referencias, para verificar el problema que está teniendo el equipo de prueba, comprobando que no posee problemas angulares y el problema detectado que está presente seria que esta uno levantado respecto del otro.
- La continuación con una llave se suelta el perno y se van colocando las lainas hasta que quede alineado.
- Al terminar la actividad no se logró alinear, es más se logró desalinear aún más el eje que une los dos componentes mecánicos.

La siguiente figura, muestra la imagen de los equipos de medición montados en los elementos mecánicos acoplados entre sí.



La desalineación del eje es responsable de hasta un 50% de avería de maquinaria. Alinear los ejes puede impedir avería de maquinaria y reducir el tiempo de inactividad no planificado que resulta en una pérdida de la producción. La desalineación puede ser desalineación paralela o angular.

5. Laboratorio 5: Vibraciones en circuitos hidráulicos.

Objetivos de la actividad

- Realizar mediciones de vibraciones en ambas bombas (amarilla y azul) para obtener los valores de cada una.
- Realizar mediciones de vibraciones en ambas bombas (amarilla y azul), pero realizando dicha medición en un circuito en serie.
- Realizar mediciones de vibraciones en ambas bombas (amarilla y azul), pero realizando dicha medición en un circuito en paralelo.

Procedimiento seguido

Bomba amarilla.

- Inicialmente el profesor realizará una charla previa al trabajo a realizar, donde se explicarán los objetivos de la actividad y el respectivo procedimiento que se ejecutará en el banco de prueba.
- Teniendo conocimiento del equipo en el cual se va a trabajar, proceden a colocar en funcionamiento el equipo, y a posicionar el sensor (axial y radial) para realizar mediciones de vibración de la bomba.
- Primero: deben realizar la medición con la llave de paso abierta completamente, obteniendo un caudal de 20,13L/MIN además, deberían obtener una vibración radial de 0,940MM/S y axial de 0,952MM/S.
- Segundo: deben realizar la medición con la llave de paso abierta al 50% obteniendo así un caudal de 10,05L/MIN, además, deberían obtener una vibración radial de 0,867MM/S y axial de 0,561MM/S.
- Tercero: deben realizar la medición con la llave de paso abierta al 25% donde deberían obtener un caudal de 4,54 L/MIN además, deben obtener una vibración radial de 0,955MM/S y axial de 3,895MM/S.

- Cuarto realizar la medición con la llave de paso cerrada completamente, obtendrán un caudal de 0,00L/MIN. Además, obtendrán una vibración radial de 3,763MM/S. y axial de 0,641MM/S.

Bomba azul.

- Primero: realizar la medición con la llave de paso abierta completamente, con lo que obtendrán un caudal de 24,45L/MIN. donde obtendrán una vibración radial de 1,795MM/S y axial de 0,483MM/S.
- Segundo: realizar la medición con la llave de paso abierta al 50% obtendrán un caudal de 12,45L/MIN. Además, obtendrán un vibración radial de 3,582 MM/S. y axial de 0,929MM/S.
- Tercero: realizar la medición con la llave de paso abierta al 25%, con lo que deben obtener un caudal de 6,06 L/MIN, además, debe obtener una vibración radial de 1,440 MM/S. y axial de 1,383MM/S.
- Cuarto: realizar la medición con la llave de paso cerrada completamente donde obtendrán un caudal de 0.00 L/MIN. deberían adquirir una vibración radial de 5,338 MM/S. y axial de 1,597MM/S.

Bombas en serie.

- Deben ajustar las llaves para que las bombas para la operación en serie.
- Primero: realizar la medición a la bomba amarilla con la llave de paso abierta completamente, obtendrán un caudal de 23,01L7min. Se debe obtener una vibración radial de 2,046MM/S. Y axial de 0,952MM/S. y la bomba azul con el mismo caudal, y la vibración radial de 1,792MM/S. y axial de 0,552MM/S.
- Segundo: realizar la medición con la llave de paso abierta al 50% obteniendo un caudal de 11,01 L/MIN. donde obtendrán una vibración radial de 0,98MM/S Y axial de 0,969MM/S. Y la bomba azul con el mismo caudal, y la vibración radial de 1,858MM/S y axial de 1,393MM/S.
- Tercero: realizar la medición con la llave de paso abierta al 25% donde obtendrán un caudal de 5,55L/MIN. Además deben obtener una vibración radial de 1,280MM/S Y axial de 1,439MM/S. Y la bomba azul con el mismo caudal, y la vibración radial de 2,211MM/S y axial de 2,202MM/S.
- Cuarto: realizar la medición con la llave de paso cerrada completamente donde obtendrán un caudal de 0,00 L/MIN. Además, deben obtener una vibración radial

1,655MM/S. y axial de 2,979MM/S. Y la bomba azul con el mismo caudal, y la vibración radial de 1,595MM/S y axial de 2,115MM/S

Bombas en paralelo.

- Ajustar las llaves para que las bombas trabajaran en paralelo.
- Primero: realizar la medición a la bomba amarilla con la llave de paso abierta completamente, obtendrán un caudal de 41,73L/min. Además, se debe obtener una vibración radial de 1,472MM/S. Y axial de 0,898MM/S. y la bomba azul con el mismo caudal, y la vibración radial de 1,701MM/S. y axial de 0.550MM/S.
- Segundo: realizar la medición con la llave de paso abierta al 50% obtendrán un caudal de 21,57 L/MIN. Además, se debe obtener una vibración radial de 1,241MM/S Y axial de 2,686MM/S. Y la bomba azul con el mismo caudal, y la vibración radial de 1,825MM/S y axial de 1,035MM/S.
- Tercero: realizar la medición con la llave de paso abierta al 25%, obtendrán un caudal de 11,01L/MIN. Además, deben obtener una vibración radial de 1,136MM/S Y axial de 1,362MM/S. Y la bomba azul con el mismo caudal, y la vibración radial de 2,222MM/S y axial de 1,907MM/S.
- Cuarto: realizar la medición con la llave de paso cerrada completamente, obtendrán un caudal de 0,00 L/MIN. donde obtendrán una vibración radial 1,364MM/S. y axial de 1,442MM/S. Y la bomba azul con el mismo caudal, y la vibración radial de 2,426MM/S y axial de 1,457MM/S.

Tablas y Resultados.

A continuación se puede identificar el caudal y vibraciones de la bomba amarilla, cuyos datos fueron medidos en forma radial.

Tabla: Bomba Amarilla / Radial

% apertura	Caudal (L/min)	Vibración (RMS)
100 %	20,13	0,940
50%	10,05	0,867
25%	4,54	0,955
0%	0,00	3,763

En la siguiente tabla se ven los resultados de las mediciones de la misma bomba, esta vez las mediciones fueron en forma axial.

Tabla: Bomba Amarilla / Axial

% apertura	Caudal (L/min)	Vibración (RMS)
100 %	20,13	0,982
50%	10,05	0,561
25%	4,54	3,895
0%	0,00	0,641

En la siguiente tabla se ven los resultados de las mediciones en la bomba azul, estas mediciones fueron realizadas de forma radial.

Tabla: Bomba Azul / Radial

% apertura	Caudal (L/min)	Vibración (RMS)
100 %	24,45	1,795
50%	12,45	3,582
25%	6,06	1,440
0%	0,00	5,338

En la siguiente tabla se ven los resultados de las mediciones de la misma bomba, pero esta vez las mediciones fueron realizadas en forma axial.

Tabla: Bomba Azul / Axial

% apertura	Caudal (L/min)	Vibración (RMS)
100 %	24,45	0,483
50%	12,45	0,929
25%	6,06	1,383
0%	0,00	1,597

Los datos recopilados en la siguiente tabla, son los que se obtuvieron de la bomba amarilla conectada en serie, y cuyas mediciones fueron realizadas en forma radial y axial.

Tabla: Sistema Serie, bomba amarilla (Radial-axial)

	% apertura	Caudal (L/min)	Vibración (RMS)
Radial	100%	23,01	2,046
Axial	100%	23,01	0,952
Radial	50%	11,01	0,981
Axial	50%	11,01	0,969
Radial	25%	5,55	1,280
Axial	25%	5,55	1,439
Radial	0%	0,00	1,655
Axial	0%	0,00	2,979

En la siguiente tabla, se puede identificar los datos recopilados en la bomba azul, la cual estaba conectada en serie, y cuyas mediciones fueron realizadas de forma axial y radial.

Tabla: Sistema serie, bomba azul (Radial-axial)

	% apertura	Caudal (L/min)	Vibración(RMS)
Radial	100%	23,01	1,792
Axial	100%	23,01	0,552
Radial	50%	11,01	1,858
Axial	50%	11,01	1,393
Radial	25%	5,55	2,211
Axial	25%	5,55	2,201
Radial	0%	0,00	1,595
Axial	0%	0,00	2,115

En la tabla que está a continuación, se puede identificar los valores de las mediciones realizadas a la bomba amarilla, la cual estaba conectada en paralelo y sus mediciones fueron realizadas de forma radial y axial.

Tabla: Sistema paralelo, bomba amarilla (Radial-axial).

	% apertura	Caudal (L/min)	Vibración (RMS)
Radial	100%	41,73	1,473
Axial	100%	41,73	0,898
Radial	50%	21,57	1,241
Axial	50%	21,57	2,686
Radial	25%	11,01	1,136
Axial	25%	11,01	1,362
Radial	0%	0,00	1,364
Axial	0%	0,00	1,442

En la siguiente tabla se puede identificar los valores obtenidos de las mediciones realizadas a la bomba azul, la cual se encontraba conectada en un sistema en paralelo y cuyas mediciones fueron realizadas de forma radial y axial.

Tabla: Sistema paralelo, bomba azul (Radial-axial)

	% apertura	Caudal (L/min)	Vibración (RMS)
Radial	100%	41,73	1,701
Axial	100%	41,73	0,550
Radial	50%	21,57	1,825
Axial	50%	21,57	1,035
Radial	25%	11,01	2,222
Axial	25%	11,01	1,907
Radial	0%	0,00	2,426
Axial	0%	0,00	1,457

6. Laboratorio 6: Ensayos No Destructivos.

Objetivos de la actividad.

- Realizar mediciones de dimensiones de una pieza mecánica sometida a dos tipos de evaluaciones.
- Comprender funcionamiento de elementos para las detecciones de fallas.
- Utilizar herramientas de medición para una pieza mecánica sometida a análisis de detección de fallas.
- Conocer e interpretar los resultados de las mediciones realizadas usando los elementos para la detección de fallas.

Procedimiento de la actividad.

En esta actividad de laboratorio se realizaron dos actividades con diferentes elementos, las cuales serán detalladas a continuación.

Procedimiento 1: Tintas penetrantes.

- Inicialmente el profesor debe realizar una explicación de la actividad que se llevó a cabo.
- Posteriormente, una explicación de los elementos a utilizar, los cuales fueron: diluyente, el revelador de color blanco y el penetrante de color rojo, cuya función es detectar grietas.
- A continuación, limpiar las piezas que fueron sometidas a dicha actividad con guaipe y aerosol para quitar la pintura residual de las actividades realizadas en otros laboratorios, verificando que dichos residuos no existan.
- Luego aplicar el aerosol, pero no en exceso, solamente espolvoreando las piezas, esperando 20 minutos de secado.
- Transcurrido el tiempo de secado, con un guaipe quitar el exceso de pintura, y aplicar la pintura blanca o revelador.
- Después que se secó apurando el proceso con el ventilador para poder identificar las fallas o fisuras.

Procedimiento 2: Partículas Magnéticas.

- Se realiza una explicación sobre los elementos que se utilizaran en dicha actividad. Utilizar una pieza torneada con 3 chavetas, con la finalidad de encontrar las chavetas de la pieza mecanizada.
- También, se debe recibir una explicación sobre la herramienta yugo, su función y como se debe utilizar esta herramienta, la cual trabaja imantando las partículas magnéticas.
- Realizar mediciones de largo y diámetro de la pieza torneada antes de cualquier otra acción.
- Luego espolvorear suavemente la pieza con las partículas magnéticas, imantar con la herramienta llamada yugo, para luego con un pie de metro medir el diámetro, longitud, y para obtener la ubicación de estas chavetas.
- A continuación limpiar la pieza de los residuos de partículas, para luego ser espolvoreado con las otras partículas magnéticas fluorescentes y como también a la anterior se aplica suavemente.
- Después con el yugo, magnetizar la pieza y con la luz apreciar las chavetas.

7. Laboratorio 7: Medición de espesores de materiales y recubrimientos.

Objetivos de la actividad.

Como objetivo principal de la actividad se menciona el procedimiento correcto que se debe seguir para las experiencias a realizar, las cuales son medir el espesor, como también cuantificar el espesor de pintura, como segundo objetivo de la actividad a realizar, se tiene con fin los siguientes puntos a evaluar, tales como.

- Instruirse correctamente sobre el uso de los equipos (medidor de espesor de pared, medidor de espesor de pintura).
- Obtener conocimientos de la importancia de estas tareas en la industria.
- Lograr tener un mejor entendimiento teórico gracias a la práctica.
- Recolectar los datos obtenidos, necesarios para la realización de las tablas a emplear.

Procedimiento de la actividad.

La experiencia consta de dos actividades con distintos instrumentos cada una de estas.

Parte 1: medición de espesores materiales.

- La actividad comienza midiendo espesores con Ge inspection technologies. Este genera ondas que se acoplan dentro del material y lo atraviesan hasta que encuentran una pared posterior u otro límite. Luego, las reflexiones vuelven hacia el transductor, que convierte la energía acústica en energía eléctrica.

- Primero, calibrar el instrumento respecto al espesor del metal al cual inspeccionarán.
- Para poder medir, cubrir con vaselina la superficie para que la onda pueda avanzar.
- Realizar la medición de espesor en los estanques. Por cada estanque medir en 3 alturas y en 4 lados.
- Ya con todas las medidas que en total fueron 12, obtener el espesor promedio del estanque 1 que fue de 1,28 mm
- Realizar exactamente lo mismo en el estanque número 2, da como resultado que el espesor promedio es de 1,31mm.

Parte 2: medición de espesores de pinturas.

- La segunda actividad consiste en medir el espesor de pintura que tenían los pilares de acero del laboratorio
- Con el medidor de espesor digital de pintura medir en tres puntos significativos (lo más alto, relativamente al medio y lo más bajo posible) el espesor de pintura.
- Con estas tres mediciones, obtendrán el espesor de pintura promedio de pintura que posee, una buena capa de pintura ayuda a que el material este protegido contra la corrosión, erosión.
- Luego realizar estos mismos pasos en los pilares restantes. El espesor de pintura promedio de cada pilar fue:

- Pilar 1= 763 µm
- Pilar 2= 812 µm
- Pilar 3= 795 µm
- Pilar 4= 795 µm
- Pilar 5= 833 µm

- Pilar 6= 803 µm

Tablas y Resultados.

Los datos recopilados en la siguiente tabla, corresponden a las mediciones realizadas en el estanque 1, en el cual se realizaron mediciones en cuatro lados distintos.

Tabla: estanque 1

Lado 1	**Lado 2**	**Lado 3**	**Lado 4**
1,2mm	1,32 mm	1,28 mm	1,23 mm
1,37 mm	1,37 mm	1,23 mm	1,28 mm
1,23 mm	1,4 mm	1,2 mm	1,23 mm
Promedio de espesor de acero en los 4 lados			
1,27mm	1,36mm	1,24mm	1,25mm

En la tabla que se ve a continuación, recopila los datos de las mediciones realizadas en el estanque 2.

Tabla: estanque 2

Lado 1	**Lado 2**	**Lado 3**	**Lado 4**
1,24 mm	1,54 mm	1,24 mm	1,25 mm
1,66 mm	1,36 mm	1,23 mm	1,28 mm
1,4 mm	1,21 mm	1,27 mm	1,25 mm
Promedio de espesor de acero en los 4 lados			
1,43mm	1,37 mm	1,25 mm	126 mm

En la siguiente tabla se pueden apreciar los datos recopilados de la medición de espesores de pintura en los pilares del taller.

Tabla: Medidor espesor de pintura.

Pilar 1	**Pilar 2**	**Pilar 3**	**Pilar 4**	**Pilar 5**	**Pilar 6**
764µm	813 µm	764 µm	775 µm	815 µm	773 µm
782 µm	766 µm	819 µm	790 µm	862 µm	819 µm
743 µm	858 µm	801 µm	819 µm	824 µm	817 µm
Promedio de espesor de pintura					
763µm	812 µm	795 µm	795 µm	833 µm	803 µm

ANEXO B: NUEVAS PAUTAS DE LABORATORIO, ASIGNATURA INSPECCIÓN Y CONTROL DEL MANTENIMIENTO.

LABORATORIO N°1: VIBRACIONES MECANICAS EN BANCO DE PRUEBAS.

INTRODUCCIÓN.

En una maquinaria o componente mecánico la primera medición que se le realiza es una medición global. Estas mediciones observan el curso de uno o varios parámetros los cuales permiten detectar problemas dentro del funcionamiento.

En este primer laboratorio se realizaran actividades de monitoreo inicial al banco de pruebas, se identificaran los primeros parámetros, también se cambiaran las variables para la obtención de nuevas y distintas mediciones.

OBJETIVOS DE LA ACTIVIDAD.

Objetivo general:

- Realizar mediciones al banco de prueba en sus distintos puntos de medición.

Objetivo específico.

- Identificar los elementos que componen el banco de pruebas.
- Reconocer e identificar los distintos elementos de medición que se pueden utilizar en las mediciones de vibraciones mecánicas.
- Realizar mediciones en el banco de pruebas.
- Cambiar las variables para obtener distintas mediciones.
- Reconocer las variables en la entrega de datos

RECOMENDACIONES.

- Mantener el orden al realizar las mediciones con los instrumentos.
- Recopilar los datos entregados en tablas.
- Apoyarse de la teoría en estas mediciones.

HERRAMIENTAS REQUERIDAS PARA REALIZAR LA ACTIVIDAD.

- Fag detector.
- Tacómetro contacto.

- Pistola infrarrojo.
- Pesa.
- Planos del banco de prueba.
- Tabla para recopilación de datos.

PROCEDIMIENTO DE LA ACTIVIDAD.

- Setear el panel de velocidades en 50 Hz.
- Instalar el equipo de medición en los distintos puntos del banco de prueba donde se pueda medir.
- Calcular una masa que en teoría no afecte el estado del eje cuando esta sea aplicada. * Verificar ISO 10816.
- Aplicar la masa al eje en los orificios de los discos de masa.
- Poner en marcha el equipo.
- Medir la vibración y temperatura en los distintos puntos significativos de medición.
- Recopilar los datos obtenidos en las mediciones.
- Realizar un informe técnico de la actividad tomando en cuenta las dos partes.

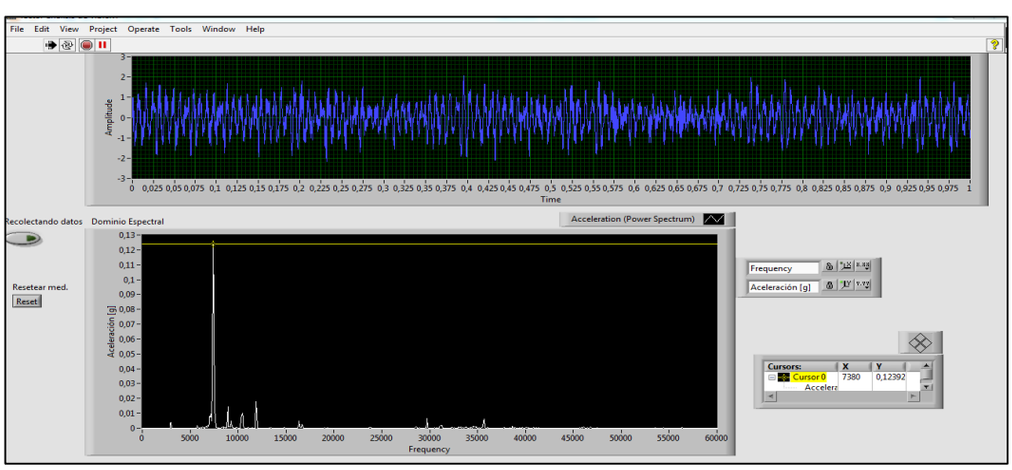
<u>Calculo para realizar el desbalanceo en el eje.</u>

Fuerza centrípeta.

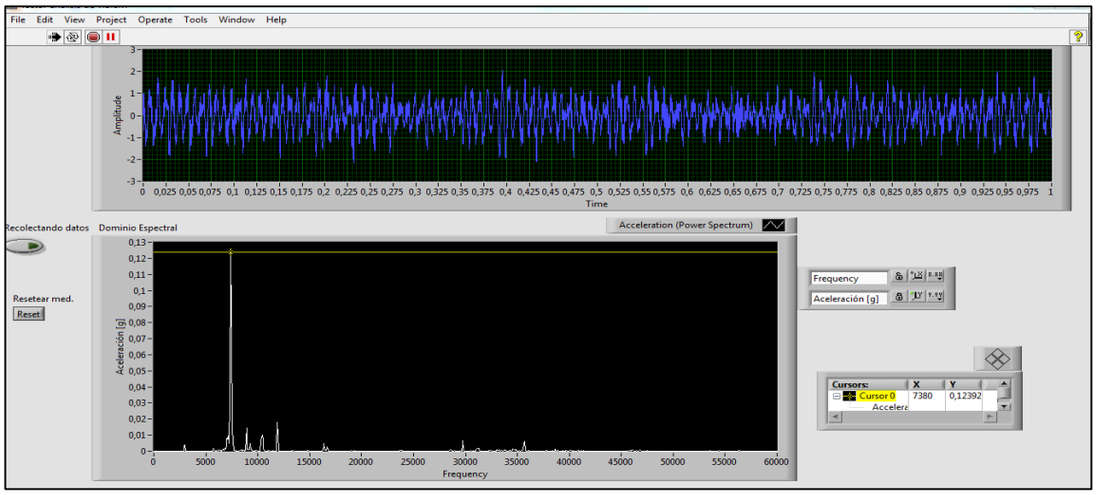
$$\text{fuerza centripeta} = \text{masa} \times \frac{\text{velocidad}^2}{\text{radio}}$$

De forma explicativa los espectros recopilados en el banco de pruebas sin masa y posteriormente con una masa de 40 gr fueron los siguientes.

Sin masa.



Con 40 gramos.



<u>TABLA DE DATOS</u>.

- Tabla de mediciones realizadas con el equipo Fag Detector.

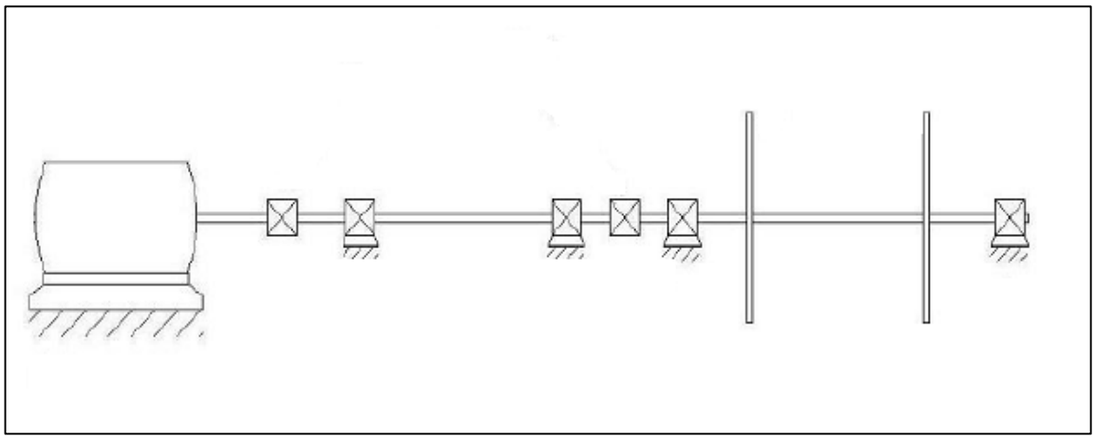
MASA							
		A	B	C	D	E	F
3000 CPM	VIBRACION [mm/s]						
	TEMPERATURA [°C]						

PUNTOS DE MEDICIÓN.

- Indique los puntos de medición.

Puntos de medición.	**Estado.**
Punto 1.	
Punto 2.	
Punto 3.	
Punto 4.	
Punto 5.	
Punto 6	
Punto 7.	

Punto 8.	



CONCLUSIONES.

COMENTARIOS PERSONALES.

MEJORA A LA ACTIVIDAD.

LABORATORIO N°2 VIBRACION EN CIRCUITOS HIDRAULICOS

INTRODUCCIÓN.

En este laboratorio se procederá a realizar operaciones de trabajo en las bombas, ya sea en serie y paralelo, y como también independientes.

La idea principal es apreciar como es el tipo de espectro que entregan las bombas, con diferentes formas de trabajo de las bombas.

OBJETIVOS DE LA ACTIVIDAD.

Objetivo general:

- Medir la vibración de las bombas, con diferentes formas de operación (Independientes, serie, paralelo).

Objetivo específico.

- Identificar los componentes del circuito
- Aplicar conocimientos sobre equipos de mediciones ya utilizados.
- Realizar chequeos si existe alguna fuga en el circuito.
- Analizar el comportamiento de las bombas, a diferentes cargas de trabajo.

RECOMENDACIONES.

- Verificar que el equipo posea todas sus partes en buen estado.
- Mantener el orden de limpieza, ya sea tanto en el taller, tanto en las herramientas de medición.
- Anotar datos obtenidos de los equipos de mediciones.
- Complementar este laboratorio con lo adquirido en la teoría.
- Para realizar la actividad, el alumno debe tener su equipo de protección personal.

HERRAMIENTAS REQUERIDAS PARA REALIZAR LA ACTIVIDAD.

- Fag Detector.
- Computador Software Trendline
- Waipe

PROCEDIMIENTO DE LA ACTIVIDAD.

- Esta actividad se deben realizar mediciones tanto la bomba amarilla y azul independientes, y también en serie y en paralelo.
- Se posiciona el sensor del Fag Detector en la bomba primero en la amarilla y con la llave de paso abierta al 100%, luego al 75%, al 50% y siguiendo al 25%, y por

ultimo al 0% midiendo la vibración radial y axial, y el caudal que posee en las diferentes formas de operación.

- Recopilar datos.
- Se procede realizar la misma operación para la bomba azul, configurando las válvulas para que solamente trabaje la bomba azul.
- Recopilar datos.
- Se configura el circuito para que las bombas trabajen en serie, midiendo el caudal y la vibración de cada bomba.
- Recopilar datos.
- Se realiza el mismo proceso para las bombas en paralelo.
- Recopilar datos.
- Realizar un informe técnico donde el objetivo sea analizar los resultados obtenidos, identificar el comportamiento del equipo.

TABLA DE DATOS.

Bomba Amarilla / Radial

% de Apertura.	Caudal (L/min)	Vibración (RMS)
100 %		
50%		
25%		
0%		

Bomba Amarilla / Axial

% de Apertura.	Caudal (L/min)	Vibración (RMS)
100 %		
50%		
25%		
0%		

Bomba Azul / Radial

% de Apertura.	Caudal (L/min)	Vibración (RMS)
100 %		
50%		

25%		
0%		

Bomba Azul / Axial

% de Apertura.	Caudal (L/min)	Vibración (RMS)
100 %		
50%		
25%		
0%		

Sistema Serie, bomba amarilla (Radial-axial)

Disposición.	% de Apertura.	Caudal (L/min)	Vibración(RMS)
Radial	100%		
Axial	100%		
Radial	50%		
Axial	50%		
Radial	25%		
Axial	25%		
Radial	0%		
Axial	0%		

Sistema serie, bomba azul (Radial-axial)

Disposición.	% de Apertura.	Caudal (L/min)	Vibración(RMS)
Radial	100%		
Axial	100%		
Radial	50%		
Axial	50%		
Radial	25%		
Axial	25%		1
Radial	0%		
Axial	0%		

Sistema paralelo, bomba amarilla (Radial-axial)

Disposición.	% de Apertura.	Caudal (L/min)	Vibración (RMS)
Radial	100%		
Axial	100%		
Radial	50%		
Axial	50%		
Radial	25%		
Axial	25%		
Radial	0%		
Axial	0%		

Sistema paralelo, bomba azul (Radial-axial)

Disposición.	% de Apertura.	Caudal (L/min)	Vibración (RMS)
Radial	100%		
Axial	100%		
Radial	50%		
Axial	50%		
Radial	25%		
Axial	25%		
Radial	0%		
Axial	0%		

CONCLUSIONES.

COMENTARIOS PERSONALES.

MEJORA A LA ACTIVIDAD.

LABORATORIO N°3: ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS – TINTAS PENETRANTES

INTRODUCCIÓN.

Se conoce como ensayos no destructivos, a cualquier prueba práctica realizada a un material que no altere sus propiedades físicas, químicas, o como también mecánicas, el ensayo no destructivo posee un daño nulo, principalmente se basan en fenómenos físicos, como por ejemplo, las tintas penetrantes, tipo de prueba que no proporciona un daño al componente examinado.

OBJETIVOS DE LA ACTIVIDAD.

Objetivo general:

- Analizar fallas a través de un ensayo no destructivo (END) conocido como tintas penetrantes.

  Objetivo específico.
- Identificar equipos en los cuales se realizara la actividad.
- Adquirir la técnica correcta de aplicación de las pinturas.
- Diagnosticar el estado de los equipos.

RECOMENDACIONES.

- Verificar que el equipo no contenga residuos de tintas.
- Mantener el orden de limpieza, ya sea tanto en el taller.
- Usar EPP para la actividad.
- Complementar este laboratorio con lo adquirido en la teoría.
- Escuchar lo explicado por el profesor, respecto al ensayo.

HERRAMIENTAS REQUERIDAS PARA REALIZAR LA ACTIVIDAD.

- Waipe.
- Revelador.
- Clinox

PROCEDIMIENTO DE LA ACTIVIDAD.

- Escuchar las características de cada spray necesario para la actividad.
- Limpiar el área a trabajar, hasta que salga todo el material de actividades realizadas anteriormente.
- Luego se limpia nuevamente para sacar lo que quede de cleenox

- Después se debe aplicar el talco, la manera de aplicación debe ser uniforme.
- Luego se analiza las socavaciones del elemento que se aplicó la tinta.

CONCLUSIONES.

COMENTARIOS PERSONALES.

MEJORA A LA ACTIVIDAD.

LABORATORIO N°4: MEDICION DE ESPESORES DE PARED

INTRODUCCION.

La medición ultrasónica de espesores es una técnica de ensayo no destructivo para la cual no es necesario cortar ni seccionar el material. Se trata de una método rápido, fiable y versátil que, a diferencia del uso de un micrómetro o un calibre, requiere el acceso a solamente una pared de la pieza a medir. Es por ello que se usa ampliamente para determinar el espesor de materiales como, por ejemplo, caños, tubos, válvulas, tanques, calderas y otros recipientes a presión, cascos navales o cualquier material sujeto a la corrosión y el desgaste.

OBJETIVOS DE LA ACTIVIDAD.

Objetivo específico:

- Realizar mediciones en el estanque del compresor en distintos puntos de este.

Objetivo general:

- Identificar el uso del elemento de medición.
- Medir en distintos puntos del estanque el espesor de las paredes de este.
- Analizar los resultados obtenidos.
- Identificar el ancho más delgado que posea el estanque.

RECOMENDACIONES.

- Realizar las mediciones de forma ordenada para asegurarse el buen funcionamiento del equipo de medición.
- Recopilar las mediciones realizadas.

HERRAMIENTAS REQUERIDAS PARA REALIZAR LA ACTIVIDAD.

- Compresor.
- Medidor ultrasonido.
- Glicerina.
- Paño para limpiar.

PROCEDIMIENTO DE LA ACTIVIDAD

- En primera instancia, identificar los puntos donde llevarán a cabo las mediciones.
- Luego, calibrar el medidor de ultrasonido. Esto se realiza colocando el palpador sobre una laina de acero inoxidable de 2mm.
- Posteriormente, corresponde medir los distintos puntos del estanque definidos con anterioridad.

- Realizar mínimo 10 mediciones.
- Recopilar estos datos en tablas y analizar los resultados.
- Realizar un informe técnico de la actividad.

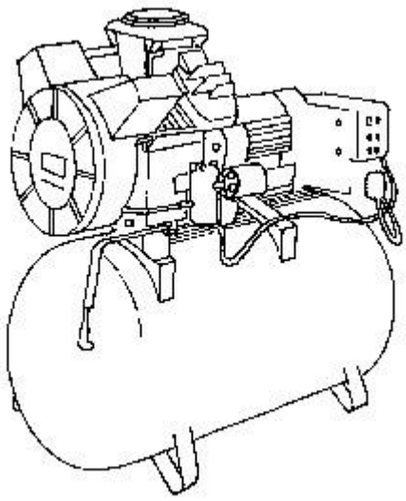
TABLAS DE DATOS

Puntos	**Mediciones (mm)**
Punto 1	
Punto 2	
Punto 3	
Punto 4	
Punto 5	
Punto 6	
Punto 7	
Punto 8	
Punto 9	
Punto 10	

PUNTOS DE MEDICIÓN.

- Indique los puntos de medición.

Puntos de medición.	**Estado.**
Punto 1.	
Punto 2.	
Punto 3.	
Punto 4.	
Punto 5.	
Punto 6	
Punto 7.	
Punto 8	
Punto 9	
Punto 10	



CONCLUSIONES.

COMENTARIOS PERSONALES.

MEJORA A LA ACTIVIDAD.

LABORATORIO N°5: PARTICULAS MAGNETICAS.

INTRODUCCIÓN.

Aplicar la técnica de partículas magnéticas, para la detección de posibles discontinuidades en la inspección de materiales ferromagnéticos. La técnica de partículas magnéticas es una técnica no destructiva relativamente sencilla, basada en la propiedad de ciertos materiales de convertirse en un imán.

Es un método que utiliza principalmente corriente eléctrica para crear un flujo magnético en una pieza y al aplicarse un polvo ferromagnético produce la indicación donde exista distorsión en las líneas de flujo (fuga de campo).

OBJETIVOS DE LA ACTIVIDAD.

Objetivo general.

- Realizar ensayos de partículas magnéticas e identificar sus resultados.

Objetivos específicos.

- Identificar las partículas a utilizar en el ensayo.
- Aplicar de manera apropiada dichas partículas.
- Identificar los resultados visibles.

RECOMENDACIONES.

- Aplicar de manera uniforme las partículas magnéticas.
- Tener una un conocimiento previo sobre el estado normal del elemento donde se realizará el ensayo.

HERRAMIENTAS REQUERIDAS PARA REALIZAR LA ACTIVIDAD.

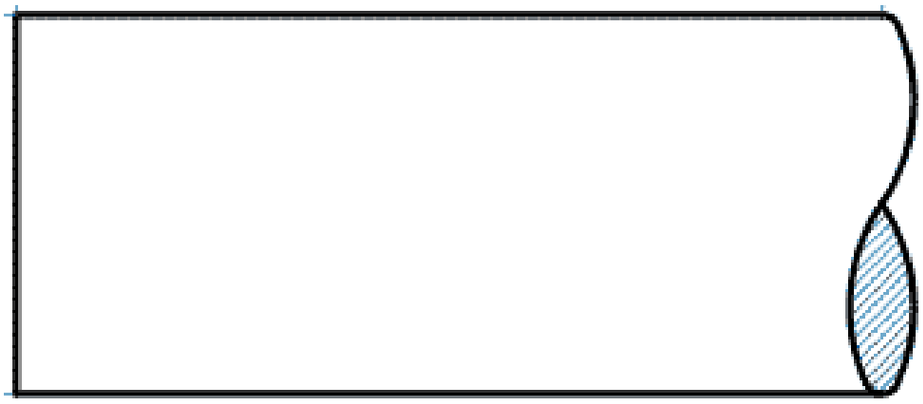
- Yugo de magnetización.
- Partículas magnéticas.
- Polvo magnético fluorescente.
- Luz ultravioleta.

PROCEDIMIENO DE LA ACTIVIDAD.

- Identificar el elemento donde realizará el ensayo.
- Aplicar corriente eléctrica a través del yugo de magnetización al elemento por 5 o 10 segundos por las distintas zonas de medición.
- Aplicar las partículas magnéticas al elemento, de manera uniforme.
- Identificar los resultados visibles en el elemento.
- Limpiar el elemento que fue usado para el ensayo.
- Aplicar el polvo fluorescente al elemento.
- Utilizar la luz ultravioleta para relevar los resultados del ensayo.
- Recopilar las observaciones y generar un informe técnico

PUNTOS DE MEDICION.

- Indicar donde están ubicados los calados del material.



CONCLUSIONES.

COMENTARIOS PERSONALES.

MEJORA A LA ACTIVIDAD.

LABORATORIO N°6: RUTA DE MEDICION

INTRODUCCIÓN.

En máquinas rotatorias, el uso de los análisis de vibraciones es fundamental para encontrar e identificar las posibles fallas que los distintos componentes pueden tener.

A través de distintos software es posible visualizar de mejor manera los datos que se recopilan en cada medición, saber utilizar esta tecnología es de gran importancia para un Técnico en Mantenimiento Industrial.

En el taller de mantenimiento se encuentran tres bancos de pruebas didácticos (rotor kit, circuito de bombas hidráulicas y circuito de transmisión de potencia), en los cuales es posible realizar mediciones de vibración y analizar posteriormente los resultados.

OBJETIVOS DE LA ACTIVIDAD.

Objetivo general:

- Realizar mediciones en cada banco de pruebas didáctico y analizar sus resultados.

Objetivo específico.

- Identificar los elementos que componen los distintos bancos de pruebas.
- Reconocer e identificar los distintos elementos de medición que se pueden utilizar en las mediciones de vibraciones mecánicas.
- Comprender el uso del software de medición Trendile, realizando su ruta de medición.
- Realizar mediciones en cada circuito.
- Analizar cada medición.
- Identificar la posible falla y estado de cada componente.

RECOMENDACIONES.

- Mantener el orden al realizar las mediciones con los instrumentos.
- Realizar una correcta medición, fijándose en el montaje de los sensores del equipo.
- Apoyarse de la teoría en estas mediciones.

HERRAMIENTAS REQUERIDAS PARA REALIZAR LA ACTIVIDAD.

- FAG Detector III.
- Computador con software Trendline.
- Tacómetro.

PROCEDIMIENTO DE LA ACTIVIDAD.

Roto Kit

- Setear el panel de control del rotor kit en 50 Hz, para que teóricamente el banco de pruebas funcione a una velocidad de 3000 RPM.
- Verificar la velocidad con un tacómetro.
- Instalar los sensores del equipo de medición en los distintos puntos del banco de prueba, en posiciones axiales y radiales dependiendo del espacio.

Circuito de Bombas hidráulicas.

- Disponer el banco de pruebas de forma paralela.
- Instalar los sensores del equipo de medición en las bombas de forma radial.

Circuito de Transmisión de Potencia.

- Poner en marcha el equipo en una dirección.
- Medir las velocidades de cada componente del banco de pruebas.
- Instalar los sensores del equipo de medición de forma radial y axial, dependiendo del espacio.

Estos pasos son los primeros en cada banco de prueba, posteriormente se realizan los mismos pasos en cada banco de pruebas. Estos son los siguientes:

- Recopilar los datos del FAG detector, importando los datos al software.
- Una vez teniendo los datos en el computador, analizar los resultados a través de los espectros de las vibraciones.
- Realizar un informe técnico, evaluando el estado de cada componente de los bancos de prueba.

CONCLUSIONES.

COMENTARIOS PERSONALES.

MEJORA A LA ACTIVIDAD.