



Diseño y construcción de un banco didáctico para prácticas de alineación, balanceo de ejes de máquinas rotativas.

Design and construction of a teaching bench for alignment practices, axle balancing rotating machines.



SENNOVA
Sistema de Investigación,
Desarrollo Tecnológico e Innovación



Palabras claves: Alineación de ejes, Balanceo de rotores, Banco didáctico, Máquinas rotativas.

Keywords: Shaft alignment, Rotor balancing, Teaching bench, Rotating machines.

Resumen

Este trabajo presenta el diseño y construcción de un banco didáctico para prácticas de alineación y balanceo de ejes en máquinas rotativas, con el fin de reforzar y complementar el conocimiento teórico práctico de los aprendices en formación de la tecnología en mantenimiento mecánico y electromecánico industrial del SENA CDITI en Dosquebradas. Se especifican los diferentes métodos de alineación en ejes de máquinas y los métodos de balanceo de rotores. Se detalla el proceso metodológico para el desarrollo del concepto y el proceso de fabricación de los componentes mecánicos de los sistemas, tanto para las prácticas de alineación como para el balanceo en el taller de mantenimiento. El esquema del banco didáctico se realizó con el software SOLIDWORKS y la manufactura fue ejecutada por aprendices de mantenimiento mecánico industrial, mantenimiento electromecánico industrial y desarrollo de componentes mecánicos para su manufactura en máquinas CNC.

Abstract

This work presents the design and construction of a teaching bench for axis alignment and balancing practices in rotating machines, in order to reinforce and complement the practical theoretical knowledge of apprentices in technology training in industrial mechanical and electromechanical maintenance of the SENA CDITI. in Dosquebradas. The different alignment methods on machine axes and rotor balancing methods are specified. The methodological process for the development of the concept and the manufacturing process of the mechanical components of the systems is detailed, both for alignment practices and for balancing in the maintenance workshop. The diagram of the didactic bench was made with SOLIDWORKS software and the manufacturing was carried out by apprentices of industrial mechanical maintenance, industrial electromechanical maintenance and development of mechanical components for manufacturing on CNC machines.

Metodología

La metodología empleada para el desarrollo del banco didáctico incluyó un análisis teórico de las técnicas de alineación de ejes y balanceo de rotores, una vez identificados los métodos se aplicó una metodología de diseño estructurada que orientó el desarrollo del prototipo virtual, la documentación del diseño; posteriormente se manufacturó el banco y efectuó su validación.

Conceptualización teórica

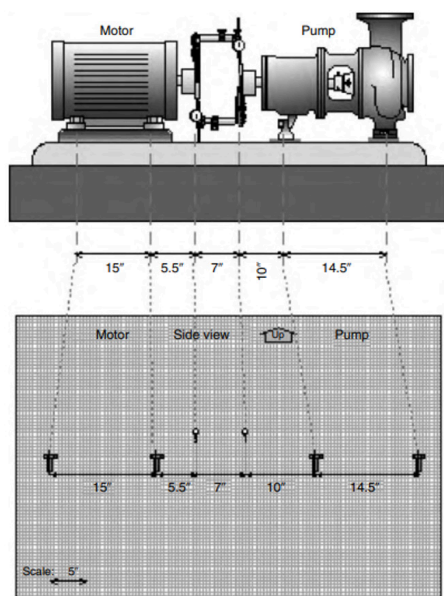
Alineación de maquinaria

La desalineación entre ejes se presenta cuando el centro de giro de los ejes de dos máquinas no está en línea bajo condiciones normales de operación. Existen dos tipos de desalineación, desalineación paralela y angular.

Modelamiento de la desalineación.

El modelo se obtiene utilizando diversos instrumentos (comparador de caratula, galgas calibradas, cabezales de emisión y receptor laser) que permiten ubicar la posición de los ejes en el espacio, de esta forma se realiza una gráfica exagerada de los valores obtenidos en un plano X (distancias entre los tornillos de la base y entre los puntos de medición respecto a los tornillos de la base) vs Y (resultados que se obtienen en los comparadores), de esta forma se puede visualizar la desalineación entre los ejes, y obtener los resultados para su corrección (Ver figura 1).

Figura 1
Gráficas de las longitudes en los tornillos de la base y los puntos de medición



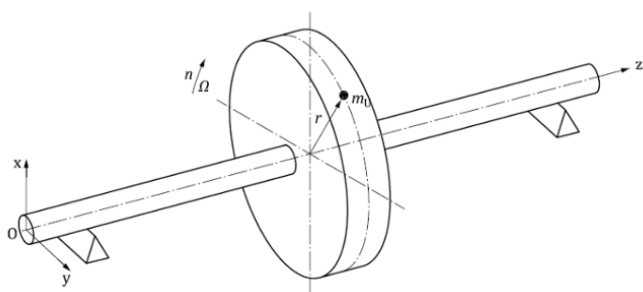
Fuente: Modelo desalineación. Shaft alignment handbook (2016).

Balaneo de rotores

Según la norma ISO 21940-2, el desbalance es la condición que existe cuando una fuerza de vibración (excitatriz) o movimiento es ejercido sobre el sistema (eje rotor y a apoyos), por las fuerzas centrífugas debido a excentricidades de masa.

El modelo más simple de un rotor desbalanceado consiste en un disco soportado por apoyos por un eje sin masa, como se muestra en la Figura 2:

Figura 2
Rotor con desbalance representado como un disco con una masa, m_d , ubicada a una distancia “ r ”



Fuente: Rotor balancing. Mechanical vibration (2019).

La masa de desbalance localizada en el disco a una distancia radial del eje genera una fuerza centrífuga de desbalance cuya magnitud está determinada por el cuadrado de la velocidad angular multiplicado por la masa de desbalance y por la distancia entre el centro de giro y el centro de gravedad de la masa de desbalance.

Las propiedades físicas de los rotores y de su estructura soporte y apoyos, son los parámetros que definen que el balanceo de un rotor cumpla determinada tolerancia. Por esta razón, se han creado diversos métodos de balanceo según los parámetros del sistema.

El método de balanceo para rotores rígidos busca adicionar o eliminar una masa de contrapeso para reducir el efecto del desbalanceo, por otra parte, los métodos de rotores flexibles a pesar de seguir un principio similar tienen en cuenta la flexión del eje en los diferentes armónicos de vibración.

El balanceo en un solo plano es posible realizarlo con el método de 4 corridas sin fase el cual solo requiere medir las amplitudes de la vibración durante 4 oportunidades; por otra parte, el método de coeficientes de influencia requiere medir las amplitudes vibratorias y fase de estas en dos sensores de manera simultánea.

Diseño del banco didáctico.

Para el diseño del banco didáctico se siguió la metodología de diseño establecida por Ulrich y Eppinger.

Identificación de las necesidades del cliente.

Definiendo como cliente objetivo a los instructores del área de fabricación mecánica y a los aprendices de últimos trimestres de mantenimiento mecánico y electromecánico industrial, mediante el proceso de encuesta se logró establecer las necesidades que debe cumplir el banco didáctico, estas fueron agrupadas y categorizadas como se muestra en la tabla 1.

Especificaciones Objetivo

Con base en las necesidades del cliente y la revisión del estado del arte de equipos similares que se encuentran en el mercado fue necesario establecer algunas de las especificaciones técnicas objetivo, tabla 2, para el desarrollo del producto y con los cuales poder desarrollar los conceptos preliminares del mismo.

Tabla 3
Concepto seleccionado

Función	Solución
Almacenar o aceptar la energía externa	Clavija trifásica
Energizar la máquina	Interruptor AC trifásico
Convertir la energía en movimiento rotativo	Motor AC trifásico
Reducir vibraciones	Aislamiento vibratorio, balanceo, alineación
Girar el eje	Acople rígido o flexible
Aceptar herramienta o calzos	Tornillos de posicionamiento
Posicionar motor o eje	Tornillos de posicionamiento
Ajustar motor o eje	Tornillos de sujeción
Posicionar masa	Discos con agujeros fijos
Sujetar masa	Tornillos de fijación
Acoplar eje a masa	Manguito de fijación
Girar masa	Disco giratorio
Medir vibraciones	Colector de vibraciones magnético
Medir velocidad de giro	Tacómetro laser

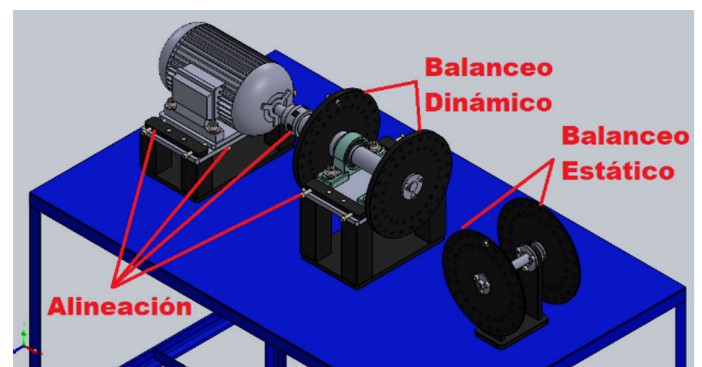
Fuente: Elaboración propia.

Prueba del concepto

La prueba del concepto según Ulrich (2013), implica el desarrollo de los detalles de cada componente del equipo tanto de manera virtual como real, para así poner a prueba el mismo e identificar falencias, mejoras y ventajas del producto, valorándolo e identificando si este cumple con las necesidades del cliente.

Con base en el concepto desarrollado y seleccionado anteriormente, los materiales, componentes y maquinaria con la que cuenta el SENA CDITI en Dosquebradas, se genera el modelo virtual del banco de alineación y balanceo como se muestra en la figura 4.

Figura 4
Modelo virtual banco de alineación y balanceo



Fuente: Elaboración propia.

El prototipo virtual fue verificado en cuanto al cumplimiento de las especificaciones técnicas y las necesidades del cliente; posteriormente, se generaron los planos de detalle y ensamble para su construcción.

Manufactura del banco

La manufactura del banco didáctico fue realizada por aprendices de tecnología en mantenimiento mecánico, tecnología en mantenimiento electromecánico industrial y tecnología en producción de componentes mecánicos con máquinas de control numérico computarizado, en la figura 5 se presenta el proceso de ensamblaje para su posterior verificación.

Figura 5
Ensamblaje y ajuste de componentes mecánicos



Fuente: Elaboración propia.

Una vez finalizado el proceso de manufactura del banco, se realizó la conexión del motor trifásico y se realizaron varias pruebas de validación. El banco se encuentra listo para su uso.

Conclusiones y recomendaciones

Se presenta un banco didáctico de alineación y balanceo de maquinaria, para ser utilizado en el proceso formativo de los aprendices de mantenimiento mecánico y electromecánico industrial del CDITI.

Para cada una de las pruebas los valores de desalineación pueden ser registrados de manera análoga mediante comparadores de caratula o de manera digital mediante la aplicación para Android o iOS “Shaft Alignment Tool TKSA 11”, el movimiento de la maquina móvil la cual puede ser tanto el motor como el eje con discos perforados se realiza

mediante empujadores laterales, gatos mecánicos de tornillo y calzos de diversos espesores.

El proceso de balanceo estático se realiza en un mecanismo de discos perforados opuestos de bajo peso y baja fricción de rotación con el fin de reducir los errores de medición angular, adicionalmente para este balanceo se requiere de una báscula de resolución mínima de 1 gramo y múltiples masas completamente simétricas con respecto a su centro de gravedad.

El proceso de balanceo dinámico se puede realizar mediante el método de 4 corridas sin fase empleando la aplicación para Android o iOS “Balancer” y un analizador de vibraciones de un solo canal o sensor. También es posible realizar este tipo de balanceo mediante el método de coeficientes de influencia empleando un analizador de vibraciones de mínimo dos canales y sensor laser para la identificación de la fase en las ondas vibratorias.

Con el fin de facilitar los procesos pedagógicos para la alineación y balanceo de la maquinaria se hace necesario una actualización tecnológica en cuanto a sistemas de alineación laser, y sistemas de análisis de vibraciones de última generación de múltiples canales con software especializado en manejo y análisis de señales vibratorias.

El avance en inteligencia artificial en los últimos años encamina futuros trabajo en el desarrollo de modelos predictivos automáticos de fallas en maquinaria los cuales requieren de sistemas de manejo de gran volumen de datos o BIG DATA, sistemas de filtros inteligentes de datos atípicos, y procesos de aprendizaje automático o Machine Learning.

Referencias bibliográficas

- Piotrowski John. (2016). Shaft Alignment Handbook (L.L.Faulkner (Ed.); Third Edition). CRC Press - Taylor & Francis Group.
- ISO 21940-2:2017 - Mechanical vibration – Rotor balancing: Part 2: Vocabulary.
- ISO, 21940-1:2019 - Mechanical vibration - Rotor balancing - Part 1: Introduction.
- Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2013). Diseño y desarrollo de productos (Abiud Florez Valentín & Instituto Tecnológico y de estudios superiores de Monterrey (Eds.); Quinta edición). mc Graw Hill Education.