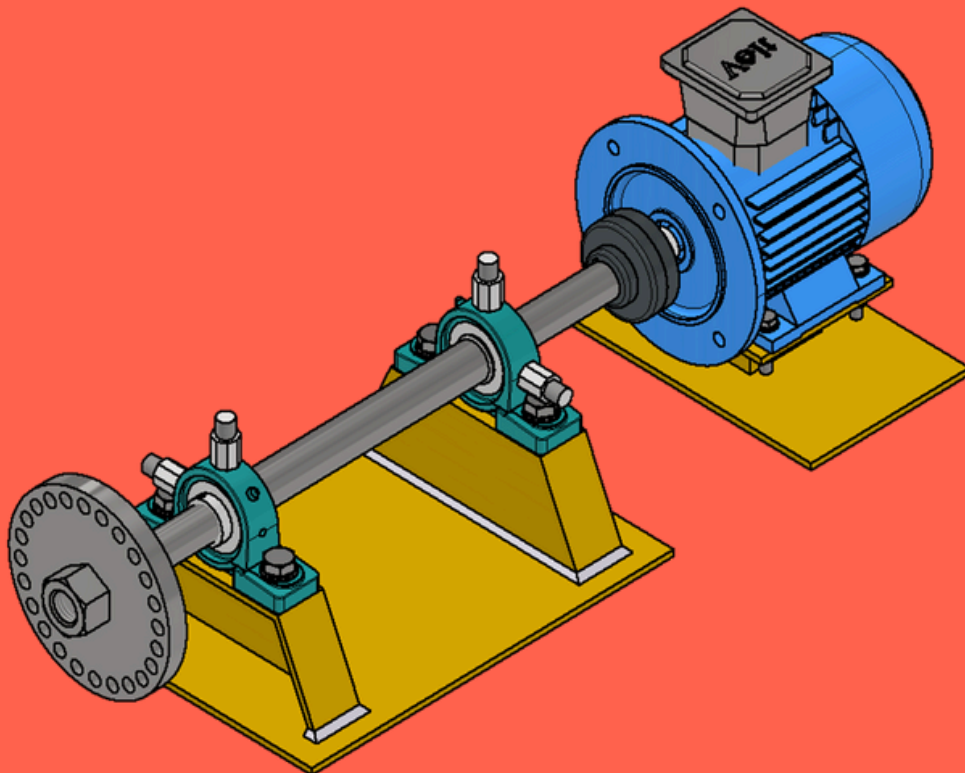


MANUAL DE ENSAMBLAJE Y OPERACIÓN

SISTEMA DE BALANCEO DE ROTORES MEDIANTE ANÁLISIS DE VIBRACIONES



**Por: Aarón Cortez y
Jean Carlos Guachamin**

1era Edición, 2025

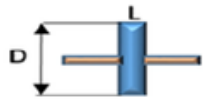
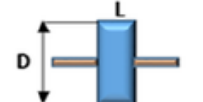
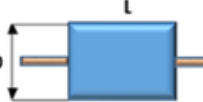
Contenido

- 1. Limitaciones..... 1
- 2. Conexiones electrónicas..... 2
 - 2.1 Lista de equipos..... 2
 - 2.2 Instrucciones..... 2
- 3. Ensamblaje del banco de pruebas..... 3
 - 3.1 Lista de equipos..... 3
 - 3.2 Instrucciones..... 3
- 4. Configuración de Software y Hardware..... 4
 - 4.1 Instrucciones..... 4
- 5. Operación..... 5
 - 5.1 Instrucciones..... 5
- 6. Solución a problemas..... 6

1. Limitaciones y aclaraciones

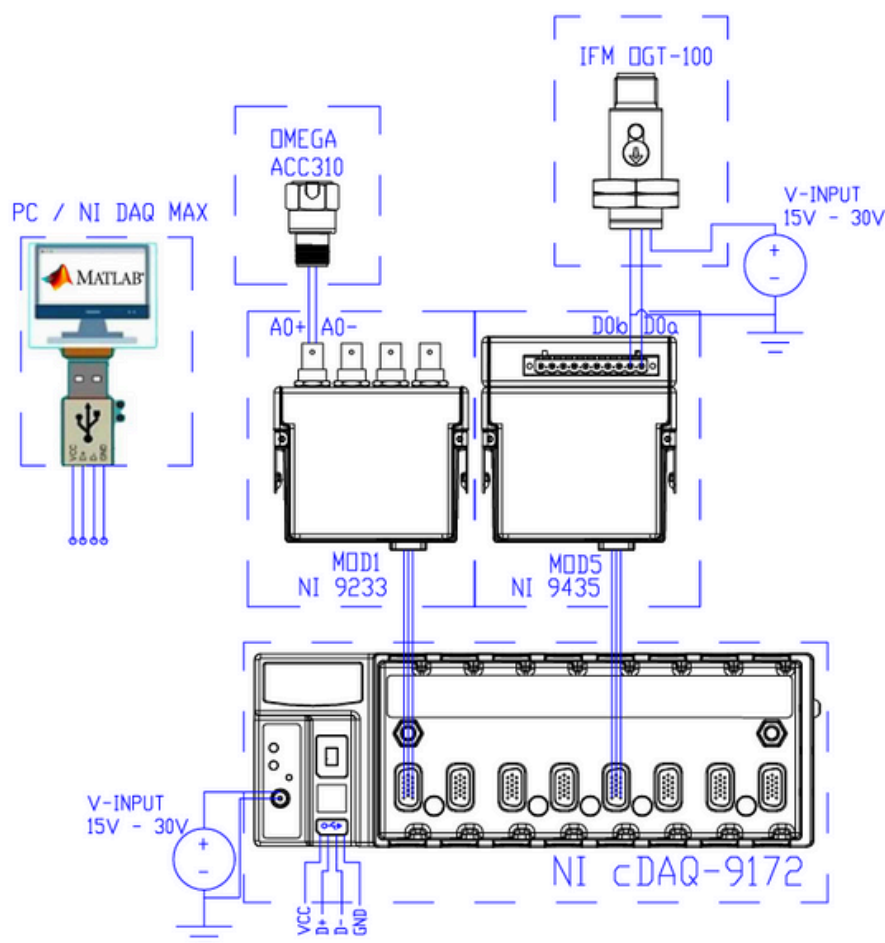
Antes de operar este equipo para alguna demostración, debe tener en cuenta ciertas limitaciones y aclaraciones de este proyecto, ya que por la falta de estas pueden surgir mal interpretaciones del funcionamiento del proyecto o mala operación de los equipos.

- Este proyecto realiza únicamente balanceo en un plano ya que la relación L/D es menor a 0.5, por lo que las rpms de trabajo deben ser menor a 1000 rpm.

ROTOR \ MODELO	RELACIÓN L/D	MODELO DE BALANCEO		
		UN PLANO	DOS PLANOS	MÚLTIPLES PLANOS
	Menor que 0.5	Hasta 1000 RPM	Superior a 1000 RPM	NO
	Mayor que 0.5 Y Menor que 2	Hasta 150 RPM	150-2000 RPM Superior a 70% Vel. Crítica	Superior a 2000 RPM Superior a 70% Vel. Crítica
	Mayor que 2	Hasta 100 RPM	Superior a 100 RPM y Hasta el 70% Vel. Crítica	Superior a 70% Vel. Crítica

- El proyecto calcula una masa de balance a una posición angular, pero no la posición radial. Recordemos que la fuerza producida debido al desbalance es directamente proporcional a la masa, radio y velocidad angular cuadrada. La distancia al eje a la que se coloca la masa de balance influye en la cantidad de corrección que se necesita.
- El método utilizado en este proyecto, método vectorial, no se limita a colocar una masa igual y opuesta a la masa desbalanceada, sino que trata de encontrar la combinación exacta de masa y posición que contrarreste el **efecto del desbalance** del todo el sistema. Es decir, el vector de la masa de balance debe tener una magnitud tal que contrarreste la vibración y un ángulo de aplicación adecuado que dependa de la geometría del sistema.
- El proceso de balanceo es un proceso iterativo en el que la amplitud de las vibraciones se va reduciendo en cierta medida en cada iteración hasta alcanzar un valor aceptable.
- La señal de las vibraciones se filtra para obtener una mejor representación de las amplitudes y fase de las vibraciones debido al desbalance, pero puede darse el caso que haya vibraciones ajenas al desbalance que estén a la misma frecuencia o cercanas y se sumen a los datos filtrados. Por eso deben recordar que la calidad de los datos dependerá de la calidad del filtrado.

2. Conexiones electrónicas



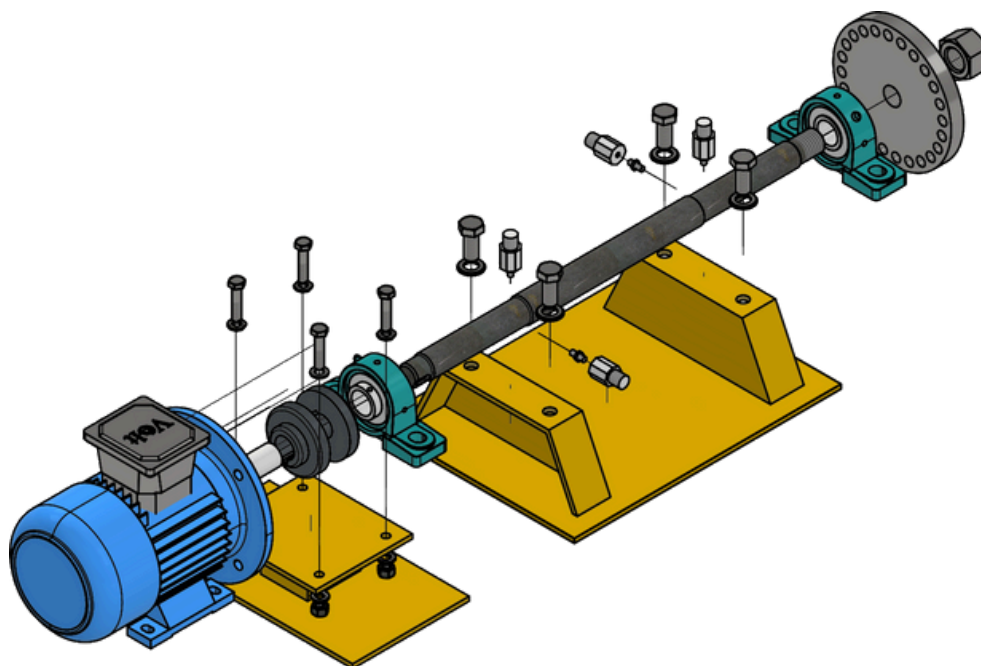
2.1 Listado de equipos:

- Tarjeta de adquisición de datos NI cDAQ-9172 (chasis).
- Módulo analógico NI-9233.
- Módulo digital NI-9435.
- Acelerómetro OMEGA ACC310.
- Sensor fotoeléctrico IFM OGT-100.
- Computadora.

2.2 Instrucciones:

- El módulo digital NI-9435 se recomienda conectarlo en el slot 5 o 6 de la tarjeta de adquisición de datos NI cDAQ-9172, ya que estos están hechos especialmente para señales digitales.
- El módulo analógico NI-9233 se recomienda conectarlo en el slot 1 de la tarjeta de adquisición de datos NI cDAQ-9172, ya que así está configurado en el código.
- El módulo digital NI-9435 no puede alimentar al sensor fotoeléctrico IFM OGT-100, por lo que debe alimentar el sensor con una fuente externa. El módulo digital, la fuente de alimentación y el sensor deben tener la misma referencia (GND).

3. Ensamblaje del banco de pruebas



3.1 Listado de componentes:

- Motor SIEMENS 80M IMB3.
- Eje de 600 mm.
- Chumaceras de piso UCP206 20.
- Lovejoy J type – 5J 1-1/8".
- Bocín 19mm : 28.58mm.
- Disco volante de inercia de 24/25 perforaciones.
- Contratuerca.
- Pernos.
- Arandelas.
- Base de motor.
- Base de chumaceras.
- Prisioneros para los acelerómetros.

3.2 Instrucciones

- En caso de querer ocupar los acelerómetros en el eje radial horizontal de las chumaceras, debe remover la arandela que está debajo del prisionero de esa posición.
- En caso de querer cambiar algún componente del ensamblaje, revise y adapte el ensamblaje a las medidas del componente cambiado.
- La posición del sensor óptico marca el punto de referencia, pero el sentido de giro del motor y del incremento de los grados (horario o anti-horario) afecta a los cálculos de la posición de balance.

4. Configuración de software y hardware

4.1 Instrucciones

- El computador debe tener instalado la versión del driver de NI MAX compatible con el chasis. Para el chasis NI cDAQ-9172, la versión compatible es la 17.5.
- El computador debe tener instalado la versión de MATLAB compatible con el driver de NI MAX. Para la versión 17.5 de NI MAX, la versión de MATLAB compatible son las de 2016b hasta 2018b.
- Instalar en MATLAB el paquete de Data Acquisition Toolbox. Revisar la documentación del Data Acquisition Toolbox para comprobar la conexión de MATLAB con el chasis, el estado de los módulos y sus funciones.
- Descargar y tener listos los scripts `Captura_de_datos.m` y `Calculo_de_masa_balance.m` del repositorio compartido en la tesis de este documento.
- En el script `Captura_de_datos.m`, revisar que la configuración de los módulos y sus puertos sea la realizada en físico.
- Para la aplicación de balanceo en un solo plano, se concluyó que se puede realizar con un único acelerómetro, así que puede únicamente configurar un solo canal analógico.
- Una vez se ejecute la primera captura de datos, se crearan en la misma carpeta archivos con los datos de cada sensor. Modificar el for de procesamiento de datos dependiendo de la cantidad de sensores usados. Modificar los nombres de los archivos para no perder la información.
- En el script `Calculo_de_masa_de_balance.m`, la posición inicial es la fase de vibración, es decir, es el ángulo entre el sensor fotoeléctrico y el acelerómetro.
- En el script `Calculo_de_masa_de_balance.m`, la posición de ensayo es el ángulo de posición de la masa de prueba con respecto a la marca del sensor fotoeléctrico.
- En el script `Calculo_de_masa_de_balance.m`, asegure de que el archivo está llamando a los archivos creados según la prueba realizada.
- Tomar en cuenta el sentido de giro del motor ya que este puede cambiar la referencia o desfase de los sensores en el sistema.

Nota:

En caso de necesitar más detalles, revise los comentarios realizados en el código o la documentación de esta tesis.

5. Operación

5.1 Instrucciones

- **Preparación del equipo:** Instalar los sensores y conectarlos a la tarjeta de adquisición de datos y al programa MATLAB.
- **Colocación de referencia:** Antes de iniciar el proceso de balanceo, marcar un punto de referencia en el rotor. Durante la rotación, esta marca permanecerá estacionaria bajo la luz del sensor fotoeléctrico.
- **Medición inicial:** Hacer girar el rotor a su velocidad normal y ejecutar el script Captura de datos para registrar la magnitud de la vibración debido al desbalance original m_o en la chumacera utilizando el analizador de vibraciones. Esta magnitud corresponde al vector OA, mientras que su dirección se determina por la posición en la que se observa la marca del sensor fotoeléctrico. Llamar al archivo de datos capturados "mo.mat".
- **Prueba con masa de ensayo:** Detener el rotor y añadir una masa de prueba m_e en cualquier punto de la cara del disco volante de inercia.
- **Segunda medición:** Reiniciar la rotación del rotor y ejecutar nuevamente el script Captura de datos para registrar la nueva amplitud de vibración generada por $m_o + m_e$. Este nuevo valor define el vector OB. Llamar al archivo de datos capturados "me.mat".
- **Cálculo de la masa de balanceo:** Se ejecuta el script de calculo de masa de balance para determinar la masa, en gramos, de balanceo m_b . Antes de ejecutar el script, debe colocar la posición de la masa de prueba en la variable, posiciónEnsayo y la magnitud de la masa de prueba en la variable m_{ensayo} .
- **Análisis gráfico:** Se muestra la representación de los vectores OA y OB en una hoja polar y se determina gráficamente el vector AB junto con el ángulo beta, que corresponde a la diferencia angular entre OA y OB.
- **Corrección del desbalance:** Retirar la masa de ensayo m_e y colocar la masa de balanceo m_b en una nueva posición. Esta posición se obtiene trasladando la ubicación original de m_e un ángulo beta en el sentido contrario al movimiento de la marca observada bajo la luz del sensor fotoeléctrico (contraria al giro del motor). Editar en el script Calculo de masa de balance según el sentido de giro.
- **Verificación del balanceo:** Medir el desbalance residual ejecutando nuevamente el script de Captura de datos. Si este supera los valores permisibles según la tabla de tolerancias, repetir el procedimiento hasta alcanzar un balance adecuado. Llamar al archivo "mb.mat".

6. Solución a problemas

Durante la instalación y preparación del proyecto se pueden presentar algunos problemas o errores . Presentaremos algunos de los problemas que se han presentado y sus respectivas soluciones.

- En caso de que el chasis no aparezca en el software de NI MAX como conectado, revise las siguientes opciones:
 - a. Revisar que esté encendido el chasis.
 - b. Revisar que el puerto USB de la PC funcione bien.
 - c. Comprobar que aparezca el chasis conectado en el administrador de dispositivos de Windows. En caso de no aparecer ahí, instalar manualmente el driver desde el administrador de dispositivos.
- El módulo digital 9403 se descartó ya que no cuenta con contadores internos y solo puede leer señales digitales bajo demanda. En caso de querer cambiar el módulo digital NI 9435, asegurarse de usar un módulo digital que cuente con las funciones de contador.
- En caso de que MATLAB no reconozca alguno de los módulos colocados en el chasis, revise las siguientes opciones:
 - a. Asegurarse de que los módulos estén bien conectados.
 - b. Revisar que los módulos aparezcan conectados en el software NI MAX.
 - c. En caso de aparecer desconectados en el software NI MAX, diríjase al desplegable a la izquierda, de click derecho en el respectivo módulo y reinicie el módulo.
 - d. En caso de aparecer conectado en el software NI MAX, en el desplegable a la izquierda, de click derecho en el chasis y seleccione refresh para comprobar que estén conectados y luego cierre la aplicación de MATLAB y vuelva a abrirla.

**Manual de usuario
para proyecto integrador INGE - 2725
2024 - 2025**

En caso de dudas, contacte con el docente técnico a cargo del laboratorio de mecatrónica de la universidad Escuela Politécnica Superior del Litoral.