

Adaptación de un banco de pruebas para transmisiones de potencia mecánica mediante
elementos flexibles con enfoque didáctico

Anderson Yesid Reyes Jerez

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Mecánico

Director

Ricardo Alfonso Jaimes Rolon

Ingeniero Mecánico M.S.C.

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Mecánica

Bucaramanga

2024

Tabla de Contenido

Introducción	10
1.1 Justificación	10
1.2 Objetivos	11
1.2.1 General	11
1.2.2 Específicos	11
2. Capítulo I. Marco Teórico.....	12
2.1 Estado Del Arte.....	12
2.1.1 Bancos De Prueba Desarrollados.....	13
2.1.1.1 Nivel Local.....	13
2.1.1.2 Nivel Nacional.....	14
2.1.2 Importancia Del Correcto Trabajo En Laboratorios Para La Enseñanza.....	17
2.2 Referentes Teóricos	19
2.2.1 Transmisión De Potencia Mecánica.....	19
2.2.2 Principales Parámetros Involucrados En La Transmisión De Potencia Mecánica	20
2.2.3 Elementos De Medición.....	23
2.2.3.1 Instrumentos De Medición De Fuerza.	24
2.2.3.2 Instrumentos De Medición De Velocidad Angular.....	24
2.2.3.3 Instrumentos De Medición De Parámetros Eléctricos	25
3. Capítulo II. Diseño Metodológico	25
3.1 Tipo De Investigación.....	26
3.2 Diseño y Ensamble Del Sistema De Arranque Para La Unidad De Potencia.....	26
3.3 Diseño y Ensamble Del Sistema De Carga.....	26
3.4 Diseño y Ensamble De Sistemas De Seguridad Del Banco De Pruebas	27
3.5 Diseño y Ensamble Del Sistema De Medición Para Parámetros Mecánicos.....	28
3.6 Diseño Del Software De Procesamiento y Visualización De Datos Eléctricos y Mecánicos Adquiridos.....	28
3.7 Creación De Guías Prácticas Para La Realización De Experimentos En El Banco De Pruebas, Así Como Un Instructivo De Manejo	29
3.8 Diagrama Conceptual Del Banco De Pruebas	30
4. Capítulo III. Ejecución y Resultados	30
4.1 Diseño y Ensamble De Un Sistema Eléctrico De Arranque Para La Unidad De Potencia, Sistema De Inducción De Carga y Sistema De Seguridad	30

4.2 Sistema Eléctrico De Arranque De La Unidad De Potencia.....	35
4.3 Sistema De Inducción De Carga	41
4.3.1 Sistema De Disipación.....	41
4.3.1.1 Factores De Selección Y Matriz Qfd Para El Sistema De Disipación.	41
4.3.1.2 Diseño Del Sistema De Disipación.	43
4.3.2 Generador Eléctrico	44
4.4 Sistema De Seguridad Del Banco De Pruebas.....	46
4.5 Implementar Herramientas Que Permitan La Medición Y Observación De Los Principales Parámetros De Operación Del Equipo.....	46
4.6 Diseño Del Sistema De Medición.....	47
4.6.1 Instalación De Los Sensores Sobre El Banco De Pruebas.....	51
4.6.2 Código De Arduino.....	53
4.7 Diseño De La Interfaz Grafica.....	55
4.7.1 Componentes Necesarios Para La Ejecución De La Interfaz Grafica	57
4.8 Entorno De La Interfaz	58
4.9 Puesta En Marcha Y Pruebas De Los Sensores	59
4.10 Creación De Guías Prácticas Para La Realización De Experimentos En El Banco De Pruebas.....	61
4.10.1 Calculo De Transmisiones Flexibles	62
5. Capítulo IV. Conclusiones	64
Referencias bibliográficas.....	66

Lista de Tablas

Tabla 1. Matriz QFD para la selección del sistema de disipación	42
Tabla 2. Valores promedio de los datos tomados durante la prueba	60

Lista de Figuras

Figura 1. Banco de pruebas actual	14
Figura 2. Banco didáctico de baja potencia	15
Figura 3. Banco de pruebas.....	15
Figura 4. Módulos del banco de pruebas	16
Figura 5. Gráfica de velocidad tangencial	21
Figura 6. Gráfica explicativa de la relación de velocidades	21
Figura 7. Gráfica explicativa del sentido de giro para elementos conectados por cadenas, correas y cables	22
Figura 8. Diagrama conceptual	30
Figura 9. Estado original del banco	31
Figura 10. Estado actual del banco	32
Figura 11. Unidad de potencia	32
Figura 12. Ficha técnica de la unidad de potencia	33
Figura 13. Sistema de carga	34
Figura 14. Ficha técnica de la unidad de carga.....	34
Figura 15. Catálogo de selección SINAMIC V20	36
Figura 16. Esquema eléctrico de la conexión del variador de velocidad.....	38
Figura 17. Contactor electromagnético con relé térmico electromagnético integrado	39
Figura 18. Esquema electrónico para el control de la unidad de potencia mediante borneras	39
Figura 19. Montaje electrónico para el control de la unidad de potencia	40
Figura 20. Resistencias sumergibles	43
Figura 21. Sistema de disipación	44
Figura 22. Cableado previo del generador	45
Figura 23. Nuevo cableado de las terminales de conexión del generador	45
Figura 24. Placas de protección acrílica	46
Figura 25. Diseño conceptual del circuito de medición.....	47
Figura 26. Instalación del sensor infrarrojo en el eje del motor	51
Figura 27. Instalación del sensor infrarrojo en el eje del generador	51
Figura 28. Instalación de la celda de carga del motor.....	52
Figura 29. Instalación de la celda de carga del generador	52
Figura 30. Diagrama de flujo del código implementado en Arduino	54
Figura 31. Diseño conceptual del sistema para visualización de datos	56

Figura 32. Interfaz gráfica.....58

Figura 33. Datos obtenidos de la consola de Arduino durante la prueba60

Figura 34. Encabezado de la guía para el desarrollo del cálculo de una transmisión flexible por poleas en V.....62

Lista de Apéndices

Ver apéndices adjuntos y pueden ser consultados en la base de datos de la Biblioteca UIS

Apéndice A. Guía para el desarrollo del cálculo de una transmisión flexible por poleas en V.

Resumen

Título: Adaptación de un banco de pruebas para transmisiones de potencia mecánica mediante elementos flexibles con enfoque didáctico*

Autores: Anderson Yesid Reyes Jerez**

Palabras clave: Transmisión, elementos, mecánica, flexibles, modernización.

Descripción: La carencia de herramientas prácticas y didácticas adecuadas en el campo de la ingeniería mecánica, particularmente en la Universidad Industrial de Santander, ha generado una disparidad en el proceso de enseñanza-aprendizaje, especialmente en el área de diseño de máquinas. Con el propósito de subsanar esta brecha, se ha adaptado un antiguo banco de pruebas, implementando modificaciones que faciliten una experiencia de aprendizaje dinámica y un contacto directo con los componentes mecánicos de las transmisiones, incluyendo elementos flexibles. Esto implica el restablecimiento de la funcionalidad, la modernización de los sistemas de medición, arranque y visualización de datos, además de la elaboración de una guía detallada para la realización de experimentos.

Se han establecido prácticas de laboratorio que fomentan la experimentación activa y el análisis crítico de los resultados obtenidos. La reforma del banco de pruebas no solo busca mejorar la calidad de la educación en ingeniería mecánica, sino también preparar a los estudiantes para enfrentar los desafíos tecnológicos actuales y futuros en el campo. Esta iniciativa promueve la innovación y el desarrollo de habilidades prácticas, fundamentales para el éxito profesional en la industria.

*Trabajo de Grado

**Facultad de Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Ricardo Alfonso Jaimes Rolon. Ingeniero Mecánico M.S.C

Abstract

Title: Adaptation of a test bench for mechanical power transmissions using flexible elements with a didactic approach*

Authors: Anderson Yesid Reyes Jerez**

Key Words: Transmission, Elements, Mechanics, Flexible, Modernization.

Description: The lack of practical and didactic tools suitable in the field of mechanical engineering, particularly at the Industrial University of Santander, has led to a disparity in the teaching-learning process, especially in the area of machine design. In order to address this gap, an old test bench has been adapted, implementing modifications to facilitate a dynamic learning experience and direct contact with the mechanical components of transmissions, including flexible elements. This involves restoring functionality, modernizing measurement systems, startup, and data visualization, as well as developing a detailed guide for conducting experiments.

Laboratory practices have been established to promote active experimentation and critical analysis of the results obtained. The reform of the test bench not only aims to improve the quality of education in mechanical engineering but also to prepare students to face current and future technological challenges in the field. This initiative promotes innovation and the development of practical skills, essential for professional success in the industry.

*Bachelor Thesis

**Facultad de Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Ricardo Alfonso Jaimes Rolon. Ingeniero Mecánico M.S.C

Introducción

Los componentes prácticos de enseñanza realizan una función fundamental en el ámbito pedagógico, en el caso particular de los estudiantes de ingeniería mecánica de la Universidad Industrial de Santander no cuentan con herramientas prácticas y didácticas idóneas para el entendimiento y aplicación de sus conocimientos en un entorno interactivo para la materia de diseño de máquinas, siendo este un elemento fundamental en el proceso de aprendizaje, especialmente cuando esta materia se orienta al desarrollo de elementos pragmáticos y de aplicación física en la resolución de problemas.

La escuela de Ingeniería Mecánica cuenta con un banco de pruebas para sistemas flexibles de transmisión de potencia que se encuentra en pésimas condiciones y carece de elementos de medición. Resulta de gran importancia corregir los defectos de este elemento educativo y mejorar los sistemas tecnológicos que presenta, con el propósito de que los estudiantes obtengan una herramienta esencial de aprendizaje de la cual carecen actualmente.

¿Qué características debe tener la adaptación del banco de pruebas para transmisiones de elementos flexibles presente en la escuela de ingeniería mecánica de la Universidad Industrial de Santander, con el fin de facilitar el entendimiento y la familiarización de los estudiantes con respecto a la transmisión de potencia mecánica mediante elementos flexibles?

1.1 Justificación

El componente práctico es muy importante para la asimilación de los conocimientos teóricos impartidos en cualquier contexto educativo, funcionando este como nexo con la realidad. En su investigación Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio (1994) Derek Hudson recalca la importancia de la correcta implementación de actividades en laboratorios como herramienta pedagógica, que facilita la adquisición de conocimiento y habilidades prácticas por parte de los estudiantes.

Principalmente, en la ingeniería se busca aplicar conocimientos científicos a la invención, diseño, perfeccionamiento y manejo de procedimientos en la industria y otros campos de aplicación científica (Definitions from Oxford Languages, 2022) es justamente en los laboratorios donde se presenta la oportunidad a los estudiantes de corroborar y aplicar aquello que han aprendido de manera teórica, a su vez los docentes pueden incentivar la adquisición de conocimiento por parte de sus alumnos de manera empírica.

Con la realización de este proyecto se busca que los estudiantes de ingeniería mecánica logren comprender con mayor facilidad los aspectos físicos involucrados en la transmisión de potencia mediante elementos flexibles. A su vez se desea que los estudiantes se familiaricen con estos componentes con la intención de que se sientan más cómodos y seguros en su futuro actuar como profesionales al desarrollar funciones de diseño o mantenimiento relacionadas con este ámbito.

1.2 Objetivos

1.2.1 General

Adaptación del banco de pruebas para transmisiones de elementos flexibles, orientado a las transmisiones de potencia mediante bandas en “V”, con el fin de apoyar el proceso de enseñanza/aprendizaje del diseño de las Transmisiones Flexibles, facilitado el entendimiento y la familiarización de los estudiantes sobre el tema, en la escuela de ingeniería mecánica de la Universidad Industrial de Santander.

1.2.2 Específicos

- Diseño y ensamble de los montajes que permitan el estudio y prueba de sistemas de transmisión flexible, tales como: sistema eléctrico de arranque de la unidad de potencia, sistema de inducción de carga y sistema de seguridad del banco de prueba.

- Diseño y ensamble de herramientas que permitan la medición y observación de los principales parámetros de operación del equipo, en el cual se tomarán en cuenta el diseñar y ensamblar el sistema de medición para parámetros mecánicos y diseñar software en el que se procesen y observen los datos eléctricos y mecánicos adquiridos.
- Creación de guías prácticas para la realización de experimentos en el banco de pruebas.

2. Capítulo I. Marco Teórico

El marco teórico que fundamenta esta investigación proporcionará al lector una idea más clara respecto a que es y qué fin tiene un banco de pruebas, así como en qué consiste la correcta aplicación del trabajo práctico en el proceso de aprendizaje, además de la importancia que tiene cuando se busca incentivar la apropiación de conocimientos teóricos por parte de los estudiantes. Finalmente se establecen los conceptos y principios físicos involucrados en un banco de pruebas que transmite potencia mecánica a través de elementos flexibles y los sistemas que permiten la toma de estos datos.

2.1 Estado Del Arte

Gran cantidad de proyectos se han realizado en torno a los bancos de pruebas, estos suelen ser implementados en la investigación de nuevas tecnologías y la enseñanza, ya que crea un ambiente más cercano de la teoría con la práctica. En lo que refiere a la educación la importancia del trabajo realizado mediante elementos prácticos, como lo son los bancos de prueba, realidad virtual y simuladores ha sido recalcada por autores como Derek Hudson.

Para obtener una visión completa en el desarrollo de este proyecto, se realizó una investigación de antecedentes enfocada en los bancos de prueba existentes, se encontró que estos elementos prácticos a pesar de ser una gran herramienta de aprendizaje no son comunes en el mercado y las pocas empresas que comercializan estos equipos los desarrollan

principalmente como herramientas visuales, permitiendo únicamente observar el funcionamiento general del dispositivo sin dar en detalle los factores técnicos, además de que los precios de estos bancos suelen ser poco accesibles. En consecuencia, varias universidades han optado por construir o diseñar sus propios bancos con el fin de desarrollar destrezas en los estudiantes y realizar proyectos de carácter investigativo.

2.1.1 Bancos De Prueba Desarrollados

Un banco de pruebas es un elemento práctico que permite el ensayo de nuevas tecnologías, así como la comprobación de teorías científicas en un ambiente controlado de manera replicable y rigurosa. El término es utilizado en una gran cantidad de disciplinas para describir investigaciones experimentales, plataformas y ambientes de desarrollo para nuevos productos. En un ambiente académico los bancos de pruebas constituyen un elemento práctico de los laboratorios en donde los estudiantes llevan a cabo experimentos con el fin de adquirir nuevos conocimientos de manera empírica. En el caso de académicos experimentados y proyectos de investigación los bancos de prueba son implementados para el desarrollo de nuevas tecnologías.

2.1.1.1 Nivel Local. El banco de pruebas presente en los laboratorios de la escuela de ingeniería mecánica en la Universidad Industrial de Santander (Gómez, Ochoa, 2004) tenía por objetivo mejorar la experiencia práctica de diseño enfocándose en el estudio de transmisión de potencia mecánica mediante elementos flexibles. En este proyecto se define qué son los sistemas de transmisión mecánica y su funcionamiento, así como los diversos tipos que se encuentran en la industria. Se presentan las generalidades y modelo de diseño para cada uno de los casos de estudio en lo que a transmisiones flexibles respecta, siendo estas correas planas, en V y cadenas.

El montaje del proyecto consiste en un motor eléctrico de cuatro caballos de potencia conectado a un generador eléctrico mediante el sistema de transmisión que se desee estudiar, siendo la carga del sistema un conjunto de bombillas incandescentes conectadas al generador. Para la medición del torque y las revoluciones en cada eje, motor y generador eléctrico, se instalaron dinamómetros y lectores ópticos respectivamente. Los datos obtenidos se tomaban de manera analógica a base de observar los resultados en cada elemento de medición.

Los resultados de este proyecto fueron satisfactorios, sin embargo, su enfoque carece de un elemento de enseñanza. Actualmente el banco de pruebas se encuentra en un estado de deterioro avanzado, carece de sistemas de medición, arranque, operación y seguridad.

Figura 1

Banco de pruebas actual



2.1.1.2 Nivel Nacional. La Universidad Distrital Francisco José de Caldas realizó un proyecto el cual tenía por objetivo diseñar un banco didáctico para realizar prácticas de transmisión de potencia con elementos rígidos y flexibles (Gamboa, Franco, 2019). El proyecto inicialmente planteaba el diseño de un banco modular teniendo como referencia el fabricante de bancos de prueba “GUNT HAMBURG”, con el fin de poder observar cada etapa de la

transmisión de potencia, sin embargo, llegaron a la conclusión de que esto implicaba invertir más tiempo y dinero además de presentar un mayor reto en el diseño, ya que GUNT HAMBURG diseña sistemas modulares de muy baja potencia y el objetivo del proyecto era diseñar un banco de pruebas con características industriales.

Figura 2

Banco didáctico de baja potencia

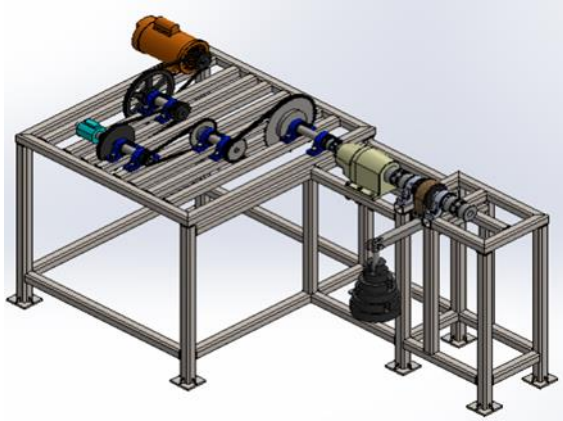


Nota. Adaptado de Montaje engranajes simples, GL410 [Fotografía] por G.U.N.T. Gerätebau GmbH, 2023, (<https://www.gunt.de/es/productos/mecatronica/procesos-de-montaje/elementos-de-accionamiento-y-engranajes/montaje-engranajes-simples/030.41000/gl410/glct-1:pa-150:ca-69:pr-395>). Imágenes utilizadas con licencia de Shutterstock.com.

Finalmente, diseñaron un banco de transmisión de potencia con componentes estandarizados con el fin de facilitar su mantenimiento, se diseñó un sistema de carga mediante un freno Prony, y se realizó la respectiva selección de los elementos de medición. Aunque es un buen diseño y tiene en cuenta un enfoque didáctico para la mejora en el aprendizaje de los estudiantes este no presenta herramientas de enseñanza como guías de actividades o manual instructivo. La materialización del proyecto nunca se llevó a cabo con lo que no es posible determinar si sus objetivos pedagógicos y de diseño se cumplen con satisfacción.

Figura 3

Banco de pruebas



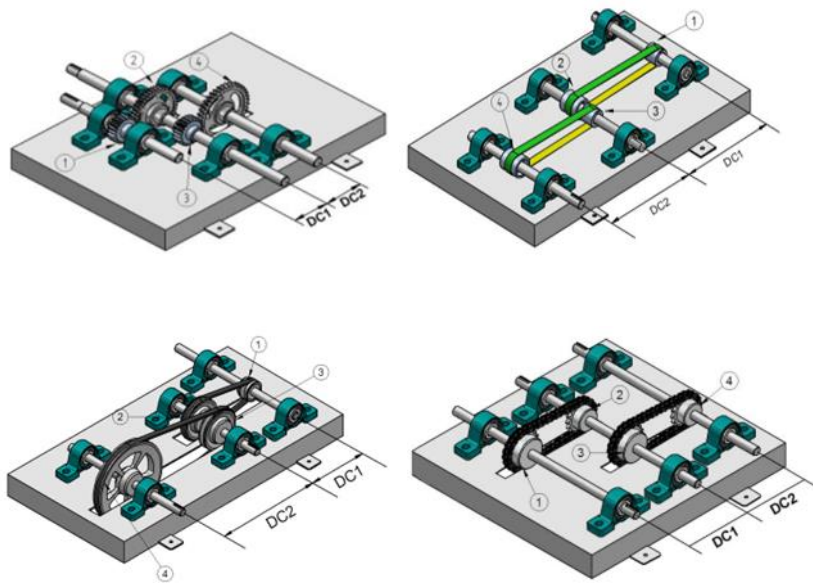
Nota. Adaptado de Diseño de un banco didáctico para ensayos de transmisión de potencia, por Franco y Gamboa, 2019,

(<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/24300/GamboaBaqueroKarenJulieth2020.pdf?sequence=1>)

La Universidad Pontificia Bolivariana en su facultad de ingeniería mecánica también desarrolló un banco de pruebas (Carvajal, Rojas, 2010), el objetivo de este proyecto es determinar la eficiencia de diversos sistemas de transmisión de potencia mecánica a partir de la medición del torque, a la entrada y salida del sistema. El proyecto consiste en cuatro módulos de transmisión, mediante engranajes, poleas para bandas planas, poleas para bandas en “V” y cadenas. Cada módulo se instala en una estructura base la cual cuenta con torquímetros, unidad de potencia y carga. El motor seleccionado para el proyecto es de 1 HP debido a los bajos requerimientos de torque para el desarrollo de los experimentos. Los valores de torque son calculados mediante una conversión del voltaje visualizado por el operador en dos multímetros conectados cada uno a los torquímetros. El sistema de carga consiste en un freno de zapata ajustable mediante una serie de roscas y la carga suministrada al sistema de potencia se calcula mediante una balanza ubicada de tal forma que permite medir la fuerza aplicada.

Figura 4

Módulos del banco de pruebas



Nota. Adaptado de Banco de pruebas de sistemas de transmisión de potencia, por Carvajal y Rojas, 2010,

https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1095/digital_19134.pdf?sequence=1

El proyecto resulta muy completo, teniendo todos los parámetros de diseño de piezas, selección de materiales, así como selección de piezas estándar. Sin embargo, posee un limitado número de experimentos que se pueden realizar, los módulos no permiten un amplio margen de posibles actividades ya que las dimensiones de los diversos elementos están predefinidas por los autores.

2.1.2 Importancia Del Correcto Trabajo En Laboratorios Para La Enseñanza

Derek Hodson en su investigación, Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio (1994) erige el trabajo práctico como una herramienta de gran utilidad en el proceso de aprendizaje. Hodson establece tres aspectos fundamentales en el aprendizaje científico que pueden extrapolarse al contexto de la ingeniería y que son fácilmente abordados durante el trabajo realizado en los laboratorios.

- El *aprendizaje de la ciencia* donde se hace referencia a la adquisición de conceptos teóricos y conceptuales.
- El *aprendizaje sobre la naturaleza de la ciencia* establece la relación entre la ciencia y la sociedad. La percepción de la ciencia y los métodos investigativos.
- La *práctica de la ciencia* en donde se ven implicadas las técnicas utilizadas en los procesos de investigación.

Los conceptos adquiridos por parte de los estudiantes “*Aprendizaje de la ciencia*” son reforzados mediante espacios que permiten el cuestionamiento, la aplicación y la comprobación de estos.

La percepción de la ciencia “*aprendizaje sobre la naturaleza de la ciencia*”, que ha sido idealizada por la cultura pop y un concepto generalizado de perfección para el caso de la ingeniería, usualmente desmotiva y desincentiva a los estudiantes del trabajo realizado en laboratorios. Esto por miedo a cometer errores y fracasar en los experimentos. Este concepto de perfección que impide un correcto desarrollo del proceso de aprendizaje puede reconstruirse demostrando a los estudiantes que el equivocarse es algo común y muchas veces esperado en el proceso de estudio e investigación. Equivocarse y no tener razón puede resultar igualmente enriquecedor si se aborda desde la metodología correcta, debe permitirse al estudiante realizar una introspección del proceso investigativo realizado y el porqué del fallo junto con ayuda del docente, sin que el error cometido sea una excusa para que el maestro presente su conocimiento.

De esta forma los conceptos erróneos del estudiante pueden adaptarse y cambiar, más no ser rechazados como erróneos y sustituidos por los conceptos “correctos” del maestro generando una desmotivación por parte del estudiante hacia el aprendizaje.

El desarrollo de actividades prácticas puede convertirse en una actividad dinámica e interactiva, en la cual los estudiantes de manera intuitiva desarrollen una familiarización natural

entre el pensamiento y la acción “*práctica de la ciencia*” que les permitirá abordar problemas con facilidad, partiendo en la búsqueda de una solución desde su accionar mismo. Esta parte del proceso de aprendizaje no puede ser adquirida únicamente mediante la enseñanza teórica, es intrínseco del trabajo práctico y permite desarrollar lo que Polanyi (1958) y Oakeshott (1962) determinan cómo *maestría* en el caso de la ciencia. Este concepto puede transferirse a la ingeniería como: La naturalidad que presentan aquellas personas con años de experiencia al lidiar con los problemas que se presentan en el ambiente laboral industrial e investigativo.

2.2 Referentes Teóricos

Los sistemas de transmisión de potencia son uno de los principales componentes cuando se habla de máquinas en las cuales se ve involucrado el movimiento de sus piezas. El uso de estos mecanismos se extiende incluso a épocas previas a la invención de la máquina de vapor, siendo un ejemplo el reloj de Anticitera. En la actualidad su aplicación está presente en prácticamente toda la maquinaria moderna, desde juguetes hasta máquinas industriales.

2.2.1 Transmisión De Potencia Mecánica

Se denomina transmisión mecánica al sistema que permite el flujo de energía asociada al movimiento desde un punto a otro dentro de una máquina. Usualmente este sistema está conformado por dos o más elementos, ya sean rígidos o flexibles, interconectados entre sí. Estas piezas transmiten el movimiento entre ellas usualmente variando parámetros tales como velocidad y torque mediante el dimensionamiento de los componentes según se desee y requiera. Cuando hay una reducción de velocidad, existe un incremento correspondiente en el par torsional transmitido. Por el contrario, un incremento de velocidad causa una reducción de par torsional en la salida, en comparación con la entrada del sistema de transmisión. (Mott R. L., Diseño de Elementos de Máquinas, 2005).

2.2.2 Principales Parámetros Involucrados En La Transmisión De Potencia Mecánica

En la transmisión de potencia mecánica usualmente se hace uso de elementos rotatorios que se encuentran en contacto o interconectados mediante elementos flexibles como bandas, correas, cables o cadenas. Los elementos rotatorios permiten una mayor eficiencia volumétrica con respecto a elementos de traslación. También permite un cambio en factores tales como torque y velocidad angular a partir del correcto dimensionamiento de las piezas.

- **Potencia Mecánica:** En física el concepto de potencia refiere a la cantidad de energía aplicada a un cuerpo en un tiempo determinado, su unidad internacional de medida corresponde a Watts [W], en el caso de energía mecánica en un objeto que presenta movimiento rotacional la potencia es dada por el producto del torque y la velocidad angular a la que se somete el elemento.

$$P = \tau \cdot \omega$$

- **Torque:** El torque o momento, puede definirse como la fuerza aplicada a un objeto que produce la rotación de este sobre un eje. El torque está directamente relacionado con la magnitud de la fuerza aplicada, el radio o distancia a la que se ejerce y el ángulo de aplicación de la fuerza.

$$\tau = r \times F$$

$$\tau = r \cdot F \cdot \text{Sen}(\theta)$$

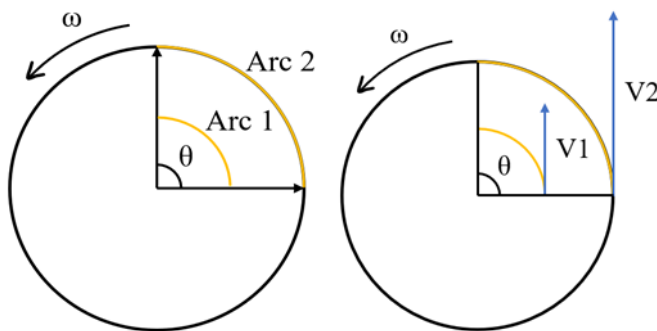
- **Velocidad Angular:** Corresponde a la medición de velocidad de rotación de un objeto. Definido como los grados girados por unidad de tiempo.

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

- **Velocidad Tangencial:** En un objeto que se encuentra en rotación cada parte que lo conforma posee la misma velocidad angular, sin embargo, la velocidad tangencial definida como la distancia recorrida por unidad de tiempo varía en función de la distancia con respecto al eje de rotación. Los puntos más alejados del eje de rotación deben recorrer una distancia mayor en el mismo lapso que aquellos más cercanos al eje, por ende, presentan una velocidad lineal mayor.

Figura 5

Grafica de velocidad tangencial

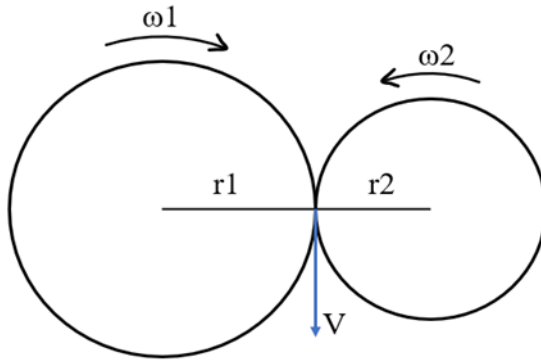


$$V = \omega \cdot r$$

- **Relación de Velocidad:** Los elementos rodantes en contacto tienen la particularidad de compartir el mismo valor de velocidad tangencial en su punto común, sin embargo, la diferencia de radios permite que se presenten diferentes valores de velocidad angular para cada uno. Al factor multiplicativo que determina a qué velocidad gira un elemento en función del otro se le llama relación de velocidad.

Figura 6

Grafica explicativa de la relación de velocidades



$$V = \omega_1 \cdot r_1 = \omega_2 \cdot r_2$$

$$\omega_1 \cdot r_1 = \omega_2 \cdot r_2$$

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1}$$

Suponiendo r_1 y r_2 como constantes, ya que el radio de los elementos rodantes no ha de cambiar, se obtiene.

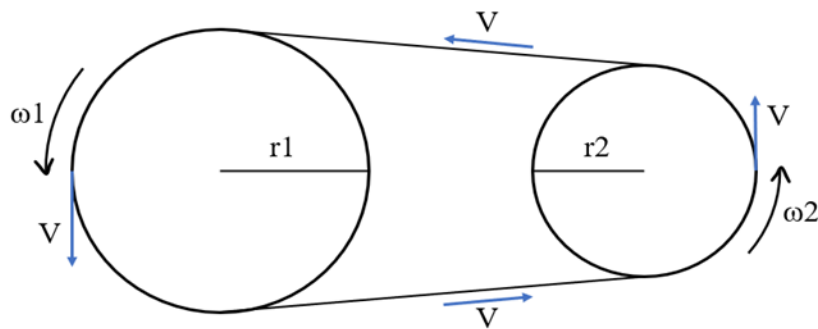
$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = C$$

$$\omega_1 = C \cdot \omega_2$$

Es importante aclarar que los elementos rodantes en contacto directo poseen sentidos de giro opuestos, mientras uno presenta sentido de giro horario el otro va en sentido antihorario. Para aquellos elementos que transmiten el movimiento entre sí por medio de bandas, correas, cables o cadenas el sentido de giro es el mismo, sin embargo, el concepto de relación de velocidad también es aplicable.

Figura 7

Gráfica explicativa del sentido de giro para elementos conectados por cadenas, correas y cables



- **Eficiencia Mecánica:** En los sistemas, desde mecánicos hasta térmicos, químicos, eléctricos y electrónicos es habitual que toda la energía suministrada al sistema no se vea aprovechada debido a la pérdida o disipación de esta, la relación entre energía suministrada y aquella consumida se denomina eficiencia. Para el caso particular de los sistemas mecánicos, la energía motriz es disipada principalmente en forma de calor debido a la deformación de los elementos móviles que se encuentran en contacto. También se puede presentar el caso en el cual el movimiento no se transmite adecuadamente entre las piezas ya que estas presentan deslizamiento.

$$Eficiencia = \frac{Energía\ de\ Entrada}{Energía\ de\ Salida}$$

Suponiendo que se evalúa la energía de entrada y salida en el mismo intervalo de tiempo.

$$Eficiencia = \frac{Potencia\ de\ Entrada}{Potencia\ de\ Salida} = \frac{\tau_1 \cdot \omega_1}{\tau_2 \cdot \omega_2}$$

2.2.3 Elementos De Medición

Un instrumento de medición es un objeto que permite comparar magnitudes con un estándar previamente establecido.

2.2.3.1 Instrumentos De Medición De Fuerza. Una fuerza es la capacidad física para cambiar el estado de un elemento, principalmente este concepto se aplica a la dinámica de los objetos, en donde un objeto que se encuentra en movimiento a velocidad constante o estático sólo puede variar su velocidad si una fuerza incide sobre él.

- **Dinamómetros:** Herramienta que permite calcular el peso de un cuerpo o realizar la medición de una fuerza, a partir de los cambios en la elasticidad de un muelle con una determinada calibración. Los dinamómetros hacen uso de la ley de Hooke, la cual relaciona la deformación de un resorte con la fuerza que se aplica, caracterizado por una constante propia del resorte.
- **Celdas de Carga:** Las celdas o células de carga permiten que una determinada fuerza genere un valor de potencial eléctrico específico, mediante el efecto piezoeléctrico. Son ampliamente utilizadas en la ingeniería, la construcción e industrias relacionadas con elementos que se someten a deformaciones y fuerzas.
- **Torquímetro:** Los sensores de torsión o torquímetros funcionan midiendo la fuerza de reacción generada por un objeto que está creando torsión. Por lo general mide este par estando conectados de manera lineal con un objeto que genera par o sobre el que actúa un par, como un motor y sus soportes estáticos. Estos tipos de sensores de par no están destinados a girar.

2.2.3.2 Instrumentos De Medición De Velocidad Angular. Revisar el concepto de velocidad angular en la sección 2.2.2

- **Tacómetro:** Permite determinar la velocidad de giro de un eje, usualmente la unidad de medida corresponde a las revoluciones por minuto que da el elemento.

2.2.3.3 Instrumentos De Medición De Parámetros Eléctricos. Los instrumentos de medición eléctrica son indispensables a la hora de querer poner en práctica algún método eficaz para calcular las cantidades eléctricas.

- **Amperímetro:** Instrumento capaz de medir la intensidad de la corriente eléctrica, su unidad de medida es el amperio y sus submúltiplos, el miliamperio y el microamperio. Dependiendo del tipo de corriente puede ser utilizado. Lo ideal es hacer uso de él cuando midamos una corriente continua y no alterna.
- **Voltímetro:** Mide el valor de la tensión en la corriente eléctrica, teniendo como unidad de medición el voltio y sus múltiplos; el megavoltio, y kilovoltio; y los submúltiplos como el milivoltio y el microvoltio.
- **Ohmímetro:** Consiste en precisar el valor óhmico de una resistencia desconocida para medir la continuidad de un conductor.
- **Multímetro:** Instrumento que emplea en su funcionamiento los parámetros del amperímetro, el voltímetro y el Ohmímetro. A través de un conmutador pueden ser seleccionadas sus funciones, dependiendo el tipo de corriente.

3. Capítulo II. Diseño Metodológico

En este apartado se busca establecer el método con el que se desarrollarán cada uno de los objetivos específicos del proyecto. Estos corresponden al paso a paso en la adaptación del banco de pruebas para transmisiones flexibles para el laboratorio de diseño de la Universidad Industrial de Santander. A su vez se define el tipo de investigación y población a la cual está dirigido.

3.1 Tipo De Investigación

El presente proyecto pertenece a la categoría de investigación de tipo descriptivo y de diseño experimental ya que se enfoca en identificar las características necesarias para la adaptación de un banco de pruebas. Estos cambios serán aplicados con el objetivo de mejorar la experiencia y aprendizaje de los estudiantes de las materias relacionadas al diseño.

3.2 Diseño y Ensamble Del Sistema De Arranque Para La Unidad De Potencia

El diseño original del proyecto contemplaba la instalación de un variador de velocidad eléctrico con una potencia de hasta 2 HP con frecuencias desde 0 hasta 60 Hz y una resolución de 0,01 Hz. Un guardamotor arrancador conectado directamente al motor y el variador de velocidad protegía el sistema de los picos de tensión. El banco de pruebas actual no cuenta con ninguno de estos sistemas, por lo que sería más que idóneo volver a seleccionar estos elementos en función de su disponibilidad en el mercado, hay que considerar que el proyecto original se llevó a cabo en el 2004, de cualquier forma, es muy factible encontrar elementos que cumplan con las mismas características del diseño original y de fabricación más actual.

La adecuada selección del variador de velocidad y guardamotor serán más que suficiente para ofrecer a los operarios un sistema con el cual controlar los parámetros de arranque del banco de pruebas. La estructura de apoyo cuenta con suficiente espacio para la instalación de estos equipos.

3.3 Diseño y Ensamble Del Sistema De Carga

El sistema de carga original consistía en un banco de focos incandescentes conectados en paralelo, de esta forma se podía modificar la carga del sistema incrementando el número de focos conectados mediante interruptores. La carga del sistema era modificada en un rango desde 0 hasta 1500 Watts “2 HP”, con variaciones de 100 Watts. Este sistema de carga resulta

útil para tomar mediciones a la salida del generador como voltaje y corriente “potencia eléctrica generada”, sin embargo, los sistemas de medición en el banco no van orientados a parámetros eléctricos sino meramente mecánicos. Por esta razón la aplicación de un sistema de carga como el freno Prony es una alternativa bastante llamativa, ya que el sistema de carga mediante focos presenta un gran tamaño y gran emanación de energía térmica, además el freno Prony permite una visualización más clara de la carga a la que se ve sometido el sistema.

La aplicación del freno Prony implica el desmonte del generador eléctrico y la adaptación del eje y estructura para soportar las cargas torsionales generadas. Cabe aclarar que un sistema de consumo de potencia por freno se ha aplicado en transmisiones que cuenta con la mitad de la potencia de este proyecto. Es principalmente por esta razón que el sistema de carga a implementar será la resistencia eléctrica conectada al generador, como se tenía previsto en el diseño original, siendo un cambio que la resistencia no estará dada por focos incandescentes sino por una resistencia eléctrica variable de una gran cantidad de Ohmios para evitar su calentamiento por el efecto Joule. De esta forma el proyecto quedará abierto a la posibilidad de que se implemente en el estudio de la conservación y pérdida de energía eléctrica.

3.4 Diseño y Ensamble De Sistemas De Seguridad Del Banco De Pruebas

La gran potencia que presenta el motor deriva en grandes velocidades y fuerzas de los elementos en movimiento. El proyecto no cuenta con jaulas de seguridad que protejan a los operarios de introducir extremidades cuando el sistema está en operación u objetos tales como correas o cadenas que salgan despedidos a altas velocidades. Tampoco cuenta con un sistema de freno de emergencia que permita la parada del sistema en caso de una situación imprevista.

El diseño de las jaulas de seguridad y el freno de emergencia se realizará a partir de la energía del sistema, así como de un factor de seguridad designado por normativa.

3.5 Diseño y Ensamble Del Sistema De Medición Para Parámetros Mecánicos

Los principales parámetros de medición corresponden al torque suministrado por el motor y transmitido al generador, así como las revoluciones de cada eje.

El diseño original del banco de pruebas medía el torque en cada elemento mediante dinamómetros cuidadosamente ubicados y que eran observados por el operador para determinar el valor de torque al multiplicar la magnitud de la fuerza por la distancia de aplicación. Actualmente la implementación de un torquímetro digital para esta función es una mejor opción, sin embargo, el reducido espacio disponible en los ejes para la instalación de uno de estos equipos hace que la implementación de celdas de carga que reemplacen a los antiguos dinamómetros resulte más viable.

Para la toma de datos respecto a la velocidad angular de los ejes la mejor opción resulta ser un tacómetro óptico que permita medir las revoluciones por minuto del eje, esto debido a su fácil implementación hablando tanto en términos de montaje como de programación.

3.6 Diseño Del Software De Procesamiento y Visualización De Datos Eléctricos y Mecánicos Adquiridos

Ya sea para los torquímetros, celdas de carga y tacómetros ópticos, estos emiten un voltaje en función del valor medido. Cada uno de estos voltajes puede ser procesado mediante los puertos PWM presentes en una placa Arduino, esto permite realizar gráficas del comportamiento de cada variable o realizar cálculos físicos con los valores obtenidos.

3.7 Creación De Guías Prácticas Para La Realización De Experimentos En El Banco De Pruebas, Así Como Un Instructivo De Manejo

La implementación de sistemas de medición y visualización automáticas permitirá que los estudiantes se enfoquen más en el entendimiento del objeto de estudio, tal como recomienda el autor Derek Hudson. Es importante guiar a los estudiantes en el desarrollo de actividades prácticas de manera sutil, mas no crear un paso a paso o una lista de cosas por hacer ya que esto no promueve la creatividad, ni incentiva el aprendizaje. Cada guía contara con la información pertinente para el desarrollo de las actividades, cabe aclarar que el acompañamiento de un tutor siempre es necesario tanto para la operación de un equipo con estas características como para impartir los conocimientos requeridos y responder a los cuestionamientos de los estudiantes.

La primera actividad estará orientada a los conceptos de velocidad y torque, en donde en base a los conocimientos de relación de velocidad se le indicará a cada estudiante un valor de torque y velocidad a alcanzar mediante el dimensionamiento de las poleas, teniendo en cuenta el material disponible en el laboratorio.

Para la segunda actividad se entrará en materia de la potencia mecánica y como esta se disipa a través de diversos mecanismos, se estudiará como cada sistema de transmisión flexible posee diversos valores de eficiencia.

La tercera actividad va orientada al estudio de como la eficiencia se ve afectada en un sistema de transmisión de potencia en base a parámetros tales como la tensión ejercida en la correa, cadena o cable, así como los grados de desalineamiento presente entre los ejes.

Ya por último se busca que con estos conceptos los estudiantes estén en la capacidad de diseñar un sistema de transmisión flexible con lo que incentivara esta práctica de ser posible.

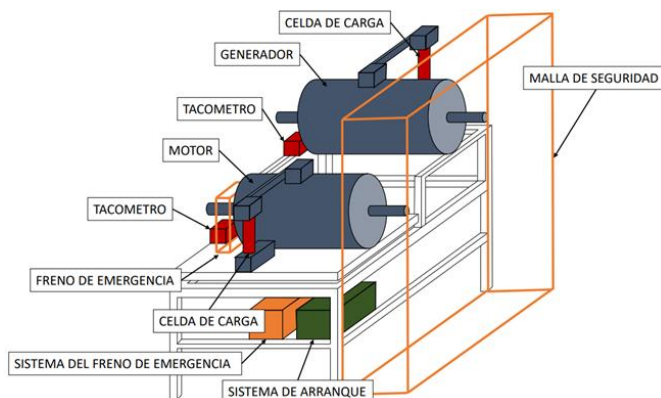
Para cada actividad se busca que los estudiantes estén lo más involucrados que se pueda en el proceso de montaje de cada pieza, de esta forma se pueden familiarizar con la instrumentación y los equipos de trabajo.

En cuanto al instructivo de uso se busca adaptar el previamente desarrollado, agregando por supuesto las características del manejo del software y los equipos de medición.

3.8 Diagrama Conceptual Del Banco De Pruebas

Figura 8

Diagrama Conceptual



4. Capítulo III. Ejecución y Resultados

4.1 Diseño y Ensamble De Un Sistema Eléctrico De Arranque Para La Unidad De Potencia, Sistema De Inducción De Carga y Sistema De Seguridad

El banco de pruebas presente en los laboratorios de diseño de la escuela de ingeniería mecánica es un proyecto que se desarrolló en el año 2004 con la intención de poner a prueba sistemas de transmisión de potencia flexibles tales como correas, bandas, cadenas y cables.

El montaje original consistía en una estructura que soportaba un motor de dos caballos de fuerza y un generador de 1.5 kW (2 hp). Ambos elementos fueron modificados de tal manera

que sus ejes atraviesan su estructura, permitiéndoles ser acoplados al bastidor por los dos extremos de los ejes y que roten libremente. El objetivo de esta modificación era poder determinar el torque aplicado sobre la estructura cuando el sistema era puesto en marcha. Esto se lograba al fijar tanto el motor como el generador mediante dinamómetros a barras instaladas en los elementos y la estructura. Respecto a la medición de las revoluciones de cada eje, el banco contaba con tacómetros ópticos.

Figura 9

Estado original del banco



Nota. Adaptado de Banco de pruebas para transmisiones de elementos flexibles por Gómez, Ochoa, 2004,

https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1095/digital_19134.pdf?sequence=1

La placa que soporta el motor cuenta con un montaje que permite la rotación y el desplazamiento de la unidad de potencia, logrando una gran versatilidad para modificar parámetros de distancia y grados de alineamiento entre los ejes de la unidad de potencia y el sistema de carga.

Figura 10

Estado actual del banco



La unidad de potencia es un motor trifásico, este presenta dos posibles valores de potencia a suministrar dependiendo del voltaje al cual se somete. La configuración de potencia para este caso es de dos caballos de fuerza (2 hp / 1.5 Kw) y mil setecientos diez revoluciones por minuto (1710 RPM) cuando se somete a una tensión nominal de doscientos veinte voltios (220V). En esta configuración el motor consume aproximadamente seis punto cuatro amperios (6.4A).

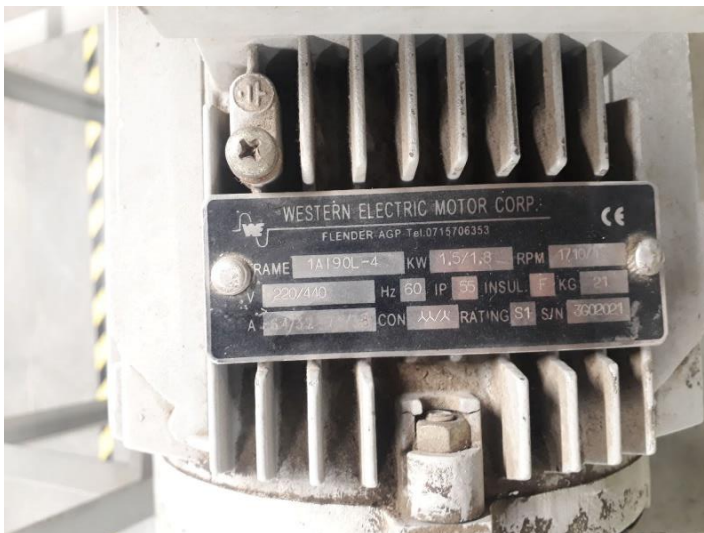
Figura 11

Unidad de potencia



Figura 12

Ficha técnica de la unidad de potencia



El sistema de carga consiste en un generador eléctrico de dos punto nueve kilo voltio-amperio (2.9 KVA) con un factor de potencia de 1 ($\text{Cos}(\varphi)=1$). El generador requiere de tres mil seiscientos revoluciones por minuto (3600 RPM) para generar un voltaje de ciento veinte voltios (120 V) y una capacidad máxima de veinticuatro punto dieciséis amperios (24.16 A). El generador originalmente daba energía a una serie de bombillas incandescentes conectadas en paralelo de tal forma que se podían encender o apagar aumentando o disminuyendo la carga del sistema. A medida que la carga del sistema aumentaba, encendiendo una mayor cantidad

de focos, el torque experimentado por el generador incrementaba, esto gracias a la fuerza generada por el fenómeno de inducción eléctrico.

Figura 13

Sistema de carga



Figura 14

Ficha técnica de la unidad de carga



Cuando un conductor se mueve a través de un campo magnético o cuando el propio campo magnético cambia, las líneas del campo magnético que pasan por el conductor también

cambian. Este campo magnético cambiante induce una corriente eléctrica en el conductor, generando una fuerza electromotriz (FEM). La corriente inducida crea su propio campo magnético que se opone al cambio en el campo magnético original, siguiendo la ley de Lenz. Es gracias a este fenómeno que se genera un torque en la estructura interna del generador cuando el rotor comienza su movimiento y debido a que el estator se fijaba a la estructura mediante un dinamómetro fácilmente se podía apreciar la fuerza ejercida por el cambio de las líneas de campo en las bobinas del estator.

La funcionalidad del banco de pruebas se perdió durante los años debido a su mal almacenamiento y la falta de mantenimiento, las barras que conectaban los componentes tales como el motor y el generador a la base se doblaron. El banco no contaba con el sistema de carga original y de igual manera no contaba con un sistema de arranque ni con equipos de medición.

4.2 Sistema Eléctrico De Arranque De La Unidad De Potencia

Usualmente los bancos de pruebas dedicados a la enseñanza cuentan con una potencia notablemente más reducida que la presente en este proyecto, principalmente este tipo de elementos didácticos suelen ser alimentados por un operario quien mueve una manivela de o suelen contar con un motor de pequeño tamaño, ya que pretenden enseñar conceptos básicos tales como la relación de velocidades y el torque, sin embargo con este proyecto se pretende que el estudiante pueda observar de primera mano un equipo operando con parámetros reales cercanos a la industria. Esto funciona como ventaja ya que adicional al enfoque didáctico del proyecto permite el ensayo de piezas industriales, sin embargo, juega en contra del proyecto ya que disipar una enorme cantidad de energía resulta una tarea difícil.

Originalmente el banco de pruebas contaba con un variador de frecuencia o velocidad MICRO MASTER MM300/2 de marca Siemens, sin embargo, este ya no estaba presente en el

banco. La implementación de un variador de velocidad se hace indispensable ya que estos equipos pueden variar la frecuencia de la electricidad que se suministra para accionar el motor y gracias a esto se puede controlar la velocidad de rotación del motor.

A grandes rasgos el funcionamiento general de un variador de frecuencia consiste en una fase de rectificado en la cual la corriente alterna pasa a ser corriente continua mediante la implementación de diodos, posteriormente con el uso de capacitores se suaviza la señal de entrada y finalmente una serie de interruptores electrónicos controlan la dirección y frecuencia de salida permitiendo una conversión de corriente continua a corriente alterna.

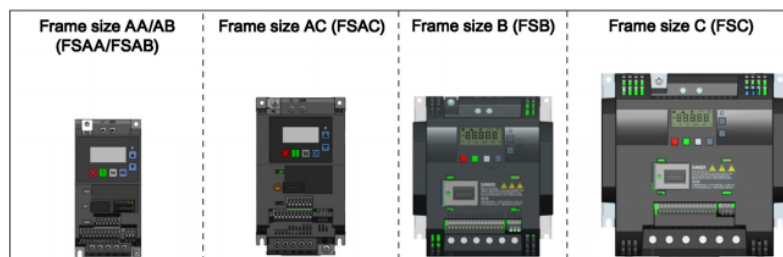
Como parámetros de selección para el variador de velocidad se han de tener en cuenta el tipo de motor a alimentar, en este caso trifásico, el voltaje de suministro, doscientos veinte voltios (220 V) y la potencia del motor, dos caballos de fuerza (2 hp / 1.5 Kw). Como proveedor se seleccionó al fabricante Siemens ya que dentro de su catálogo cuenta con una serie de equipos diseñados para el control de motores trifásicos, serie SINAMIC V20. Dentro de esta línea de productos se encuentra un variador de velocidad que cumple con los requerimientos establecidos, variador de frecuencia 6SL3210-5BB21-5UV1.

Figura 15

Catálogo de selección SINAMIC V20

Single phase AC 230 V variants

The single phase AC 230 V inverters are available in three frame sizes.



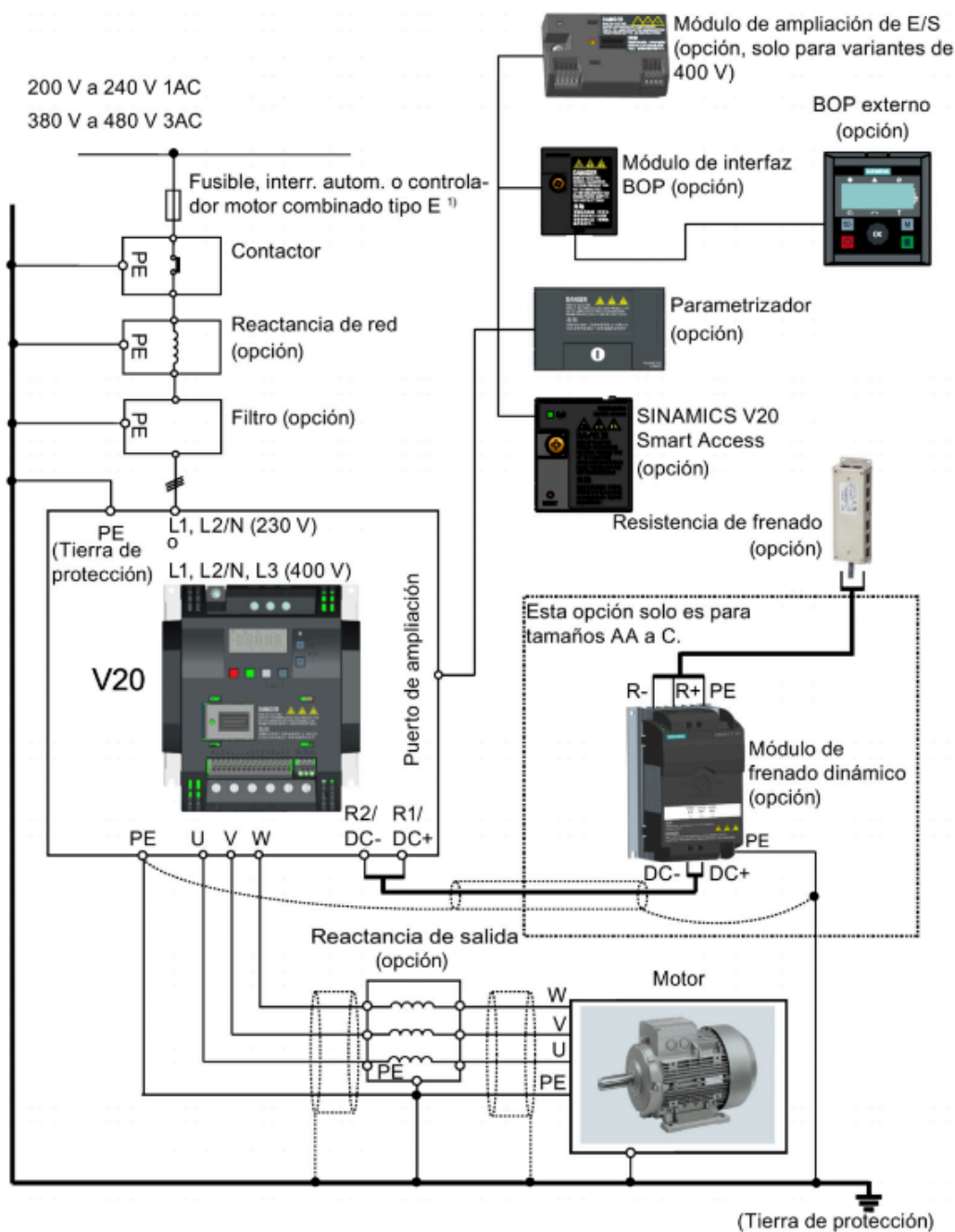
Component	Rated output power	Rated input current	Rated output current	Article number	
				unfiltered	filtered
FSAA (without fan)	0.12 kW	2.3 A	0.9 A	6SL3210-5BB11-2UV1	6SL3210-5BB11-2BV1
	0.25 kW	4.5 A	1.7 A	6SL3210-5BB12-5UV1	6SL3210-5BB12-5BV1
	0.37 kW	6.2 A	2.3 A	6SL3210-5BB13-7UV1	6SL3210-5BB13-7BV1
FSAB (without fan)	0.55 kW	7.7 A	3.2 A	6SL3210-5BB15-5UV1	6SL3210-5BB15-5BV1
	0.75 kW	10 A	4.2 A	6SL3210-5BB17-5UV1	6SL3210-5BB17-5BV1
FSAC (with single fan)	1.1 kW	14.7 A	6.0 A	6SL3210-5BB21-1UV1	6SL3210-5BB21-1BV1
	1.5 kW	19.7 A	7.8 A	6SL3210-5BB21-5UV1	6SL3210-5BB21-5BV1
FSB (with single fan)	1.1 kW	14.7 A	6.0 A	6SL3210-5BB21-1UV0	6SL3210-5BB21-1AV0
	1.5 kW	19.7 A	7.8 A	6SL3210-5BB21-5UV0	6SL3210-5BB21-5AV0
FSC (with single fan)	2.2 kW	27.2 A	11 A	6SL3210-5BB22-2UV0	6SL3210-5BB22-2AV0
	3.0 kW	32 A	13.6 A	6SL3210-5BB23-0UV0	6SL3210-5BB23-0AV0

Nota. Adaptado de SINAMIC V20 Inverter Operating Instructions, 2012,

<https://media.distributordatasolutions.com/springfieldts/2018q4/3eb02f3336f440b58d69caeeda26190e5c1453558.pdf>.

Una vez adquirido el variador de velocidad la instalación eléctrica se realizó conforme las recomendaciones del fabricante. Las tres fases de la red eléctrica se conectaron a un guarda motor, que cuenta con un contactor electromagnético integrado con un relé térmico electromagnético configurado para accionarse cuando la corriente eléctrica supere los siete amperios (7A). Esto con la intención de mantener la integridad tanto del motor como del variador ante los sobre picos de tensión. El variador de velocidad requiere únicamente de dos fases provenientes de la red eléctrica con lo que se realizó la conexión de estas.

El variador procesa la señal entregada desde las dos fases provenientes de la red eléctrica y suministra una conexión de tres fases a su salida. Estas fases se conectan al motor en configuración de estrella.

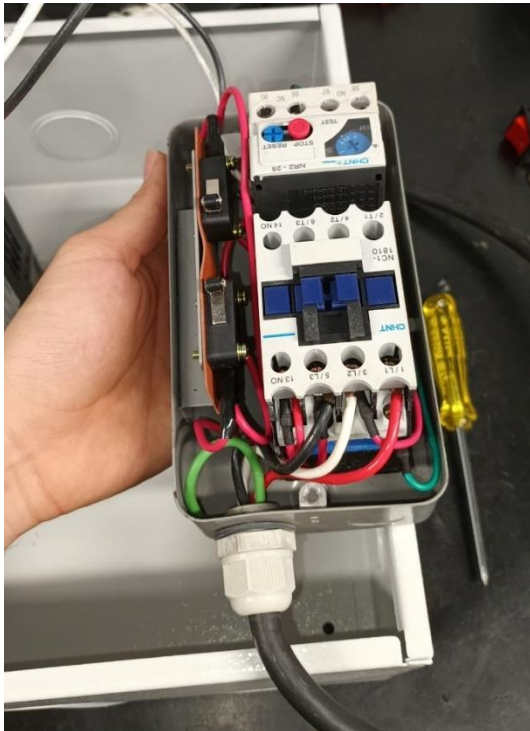
Figura 16*Esquema eléctrico de la conexión del variador de velocidad*

Nota. Adaptado de Convertidor SINAMICS V20, Getting Started, conexiones del sistema típicas, 2012,

(https://cache.industry.siemens.com/dl/files/829/67274829/att_106716/v1/v20_operating_instructions_es-ES_es-ES.pdf)

Figura 17

Contactor electromagnético con relé térmico electromagnético integrado



El variador de velocidad presenta tres variantes de configuración mediante las cuales se puede controlar el motor. La primera y más básica es el control mediante el panel integrado, BOP (Basic Operator Panel). La segunda un control por borneras y por último un control mediante conexión MODBUS que permite la interconexión de múltiples dispositivos automatizados.

Con la intención de realizar un control del sistema de potencia lo más intuitivo posible se realizó únicamente la conexión de un interruptor y un potenciómetro mediante las borneras para encender y apagar el motor además de regular la velocidad de este mismo. A recomendación del fabricante en la entrada analógica la resistencia del potenciómetro es mayor a cuatro punto siete Kiloohms ($\geq 4,7 \text{ k}\Omega$).

Figura 18

Esquema electrónico para el control de la unidad de potencia mediante borneras

4.3 Sistema De Inducción De Carga

El sistema previo de carga consiste en dos subsistemas: un generador eléctrico y un grupo de focos incandescentes como elementos disipativos de energía.

4.3.1 Sistema De Disipación

El sistema de disipación energética original presentaba dos principales inconvenientes. El primero era su gran tamaño, ya que consistía en quince (15) focos lo cual derivó en el segundo problema y este era la gran cantidad de energía térmica disipada al ambiente, los focos incandescentes principalmente liberan energía en forma de calor más que de luz debido a su alta ineficiencia. Los principales aspectos positivos de un sistema de carga eléctrico como el que se tenía en el diseño original es que se puede variar fácilmente la carga del sistema con interruptores. En el montaje previo cada foco tiene un consumo de cien Watts (100W) y estos se podían conectar progresivamente hasta un consumo máximo de mil quinientos Watts (1500W) mediante una serie de interruptores.

4.3.1.1 Factores De Selección Y Matriz Qfd Para El Sistema De Disipación. Durante la fase de rediseño se tuvieron en cuenta dos principales opciones a la hora de seleccionar el sistema de carga, la implementación de un freno Prony o un sistema de carga mediante el uso de resistencias eléctricas similar al que se estaba manejando con anterioridad.

El freno Prony implicaba una modificación completa de la estructura del chasis y una mayor complejidad al variar la carga del sistema, ya que, aunque la forma de incrementar o disminuir la carga de un freno Prony es aumentando o disminuyendo el peso de este se debe considerar la gran potencia del sistema, que en este caso es de dos caballos de fuerza (2hp). Utilizar una carga demasiado pequeña podría implicar un gran riesgo para los usuarios ya que incluso una masa de un kilo (1Kg), como las usadas para aumentar la fuerza de frenado, a la suficiente velocidad puede generar una grave lesión en el cuerpo humano. Cada variación de

la carga del sistema debería aplicarse con el banco fuera de funcionamiento por temas de seguridad, lo que podría limitar el alcance del proyecto cuando se realicen pruebas con carga dinámica.

En el caso de la implementación de un sistema de carga eléctrico los usuarios no están exentos de peligro, es importante recordar que manejando los parámetros de velocidad y torque adecuados se pueden generar hasta ciento veinte voltios (120V), sin embargo el riesgo de choque eléctrico se puede mitigar limitando las áreas de acceso por parte de los usuarios además de que la correcta conexión y uso de materiales aislantes es más que suficiente para garantizar la seguridad de todo aquel próximo al banco cuando este está en funcionamiento. A su vez se pueden generar pruebas con carga dinámica sin afectar la continuidad de los datos tomados.

A continuación, se presenta una matriz QFD con las dos alternativas propuestas para el diseño del sistema de disipación. La calificación se dará en un rango de 1 a 5 y los porcentajes variarán dependiendo del requerimiento más importante para el elemento a seleccionar.

Tabla 1

Matriz QFD para la selección del sistema de disipación

Criterio de evaluación		Banco de resistencias eléctricas			Freno Prony
Eficiencia	25%	4	4	2	2
Costos	15%	2	1	4	3
Mantenimiento	5%	3	3	2	1
Seguridad	30%	1	1	1	1
Facilidad de construcción	25%	4	5	2	2
Total	100%		2.8		1.75

Nota. Estudio de viabilidad para la selección del sistema de disipación.

4.3.1.2 Diseño Del Sistema De Disipación. Teniendo en cuenta los anteriores aspectos se tomó la decisión de implementar un sistema de disipación eléctrico, ya que si bien el peligro al manejar un sistema con una potencia tan elevada como en el presente proyecto es intrínseco. La manipulación de los parámetros de carga resulta relativamente sencilla y segura para los usuarios. Los principales problemas del montaje original se solucionaron mediante el uso de resistencias eléctricas sumergibles, estas presentan un tamaño considerablemente más reducido y el medio en el cual disipan la energía, como lo es el agua, tiene una gran capacidad de almacenar energía térmica.

Figura 20

Resistencias sumergibles



La capacidad de producción energética del sistema a plena carga es de dos caballos de fuerza (2hp), lo cual equivale a aproximadamente mil quinientos Watts (1500W). Considerando un factor de eficiencia del cero punto noventa y tres (0.93) esto debido a pérdidas energéticas, se obtiene una producción de mil cuatrocientos Watts (1400W). Al igual que en el

diseño original se implementó la posibilidad de incrementar gradualmente la carga del sistema. Se fabricó un banco con resistencias eléctricas sumergibles, cada una con un consumo de trescientos cincuenta Watts (350W), conectados a un grupo de interruptores.

A su vez se fabricó un recipiente de acero galvanizado con una base de veinticinco centímetros por veinticinco centímetros y una profundidad de treinta centímetros (25cm x 25cm x 30cm). En la cual se instalaron las resistencias eléctricas y se impermeabilizó el ensamblaje con la implementación de silicona de alta temperatura. El objetivo de este diseño consiste en la capacidad de realizar pruebas de larga duración al disipar una gran cantidad de energía térmica al sumergir las resistencias eléctricas en agua.

Figura 21

Sistema de disipación



4.3.2 Generador Eléctrico

El generador eléctrico fue específicamente modificado al igual que el motor para que su eje atravesara por completo su estructura y de esta forma se abrió la posibilidad de acoplar el generador al chasis del banco mediante chumaceras sin limitar sus grados de rotación. El generador podía fijarse al conectar un dinamómetro a una barra de acero, permitiendo medir la fuerza del torque aplicado. A medida que el sistema era cargado conectando más y más focos incandescentes, la fuerza generada por el motor eléctrico aumentaba.

Debido al paso del tiempo y el mal almacenamiento, uno de los acoples del generador se desgastó, como consecuencia se dio una conicidad en la pared interna del acople, esta conicidad producía una excentricidad al poner en marcha el banco de pruebas, generando una gran cantidad de vibraciones, se hizo necesario mecanizar un nuevo acople. Una vez instalado el nuevo acople las vibraciones perceptibles durante el funcionamiento del banco se habían reducido considerablemente.

De igual forma parte de las conexiones internas del generador se encontraban en pésimas condiciones por lo que se reemplazó el cableado y las terminales eléctricas para garantizar la seguridad del equipo y los usuarios.

Figura 22

Cableado previo del generador



Figura 23

Nuevo cableado de las terminales de conexión del generador



4.4 Sistema De Seguridad Del Banco De Pruebas

El principal aspecto para mejorar con respecto a la seguridad del banco era el fácil acceso a los elementos rotatorios, por lo que se decidió instalar un conjunto de placas acrílicas, con la intención de obstaculizar el paso a las poleas, ejes y correas cuando el banco se pusiese en funcionamiento. Se diseñó el armazón considerando la remoción de las placas de ser necesario.

Figura 24

Placas de protección acrílica



4.5 Implementar Herramientas Que Permitan La Medición Y Observación De Los Principales Parámetros De Operación Del Equipo

La toma de datos es un proceso fundamental en diversas disciplinas y contextos debido a su importancia para la generación de información significativa y la toma de decisiones fundamentadas. En el caso del presente proyecto es crucial la visualización de parámetros tales como las revoluciones por minuto y torque que experimentan los ejes. Esto con el objetivo de realizar un contraste entre cálculos teóricos y aquello que se experimenta en realidad. De igual

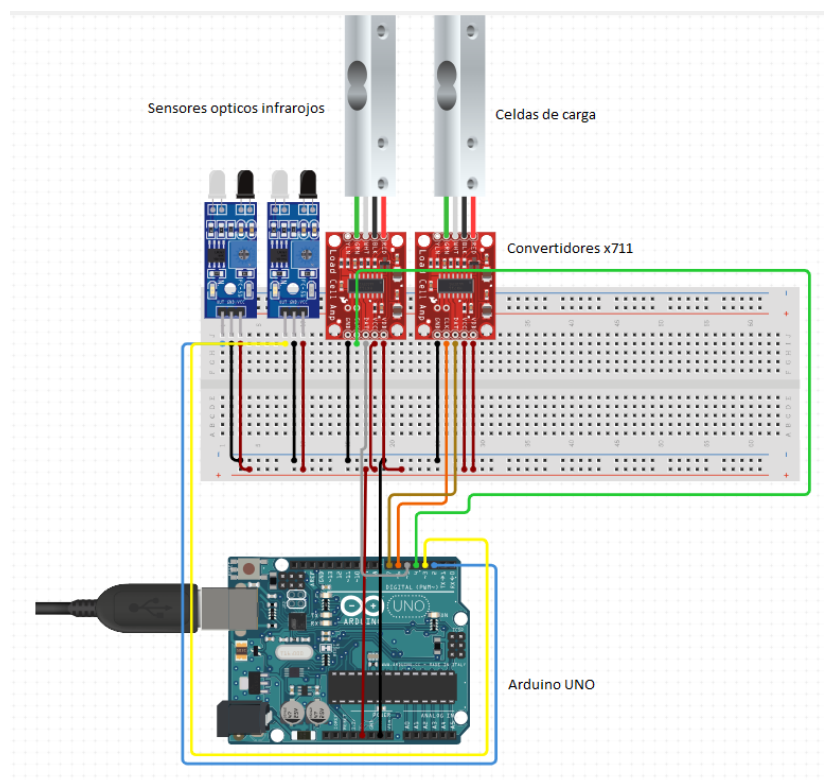
forma una visual directa de los parámetros genera una idea clara e instantánea de lo que está sucediendo.

4.6 Diseño Del Sistema De Medición

Los principales parámetros por medir en el montaje son las revoluciones por minuto y el torque de cada eje. Hay gran variedad de instrumentos que permiten la toma de estos datos, sin embargo, debido a la necesidad realizar una interfaz gráfica que permita de forma eficaz observar en tiempo real la información, así como almacenarla para un posterior análisis se optó por crear un entorno electrónico compatible con la tecnología de Arduino. Arduino es una plataforma de hardware de código abierto diseñada para facilitar el desarrollo de proyectos electrónicos. Consiste en una placa de circuito impreso con un microcontrolador y un entorno de desarrollo integrado (IDE) que simplifica la programación y la interacción con componentes electrónicos.

Figura 25

Diseño conceptual del circuito de medición



El circuito planteado consta de 4 componentes, los cuales serán descritos a continuación para comprender el rol que tienen dentro del mismo.

- Placa de desarrollo Arduino Uno: Esta placa desempeña la crucial tarea de ejecutar el programa encargado de recibir las señales provenientes de los sensores y módulos. Posteriormente, se encarga de interpretar estas señales, transformándolas en valores numéricos refinados. Estos valores se transmiten con destreza a la interfaz de monitoreo, con el propósito de brindar al usuario una visión clara y precisa del estado de las variables de interés durante las pruebas realizadas. Este proceso meticuloso asegura una comprensión completa y eficaz de los datos esenciales.
- Convertidor Análogo/Digital Hx711 (2): Estos módulos tienen la función de recibir las señales de voltaje provenientes de las celdas de carga, las cuales se presentan en formato análogo. Su tarea principal consiste en llevar a cabo una conversión hábil de estas señales, transformándolas con precisión a una representación digital mediante una escala de 24 bits. Este proceso sofisticado asegura que las señales resultantes sean idóneas para su interpretación por parte de la placa de desarrollo, garantizando así una transición fluida y exacta de la información analógica a la digital.
- Celdas de carga de 5 Kg (2): Estas celdas de carga se constituyen mediante un par de galgas extensiométricas, las cuales experimentan un estiramiento proporcional al esfuerzo al que son sometidas. De acuerdo con dicho esfuerzo, emiten una señal de voltaje a través de su circuito de resistencias, conocido como puente de Wheastone; posteriormente, esta señal se dirige al conversor Análogo/Digital.

La capacidad de carga de 1 kg fue determinada de manera teórica mediante la ecuación de potencia mecánica.

$$P = \tau \cdot \omega \text{ [Watts]}$$

$$\tau = \frac{P}{\omega} \text{ [N*m]}$$

Conociendo los valores de potencia y radianes por segundo se llega al torque aplicado. Sabiendo que el torque es una fuerza aplicada a cierta distancia, es este caso los brazos que se extiende tanto del motor como del generador, se puede determinar la fuerza máxima a la que se someterán estas piezas.

$$\tau = F * d \text{ [N*m]}$$

$$F * d = \frac{P}{\omega}$$

$$F = \frac{P}{\omega * d} \text{ [N]}$$

$$F = \frac{1491,4 \text{ [Watts]}}{179,07 \left[\frac{\text{rad}}{\text{seg}} \right] * 0.215 \text{ [m]}} \text{ [N]}$$

$$F = 38,73 \text{ [N]}$$

Conociendo la fuerza máxima a la que se verá sometido el sistema, se puede hacer la conversión a kilogramos fuerza, esto con la intención de conocer la capacidad de la celda de carga ubicada en el motor.

$$F = \text{Masa} * \text{Aceleracion} \text{ [N]}$$

$$\text{Masa} = \frac{F}{\text{Aceleracion}} \text{ [Kg]}$$

$$\text{Masa} = \frac{38,73 \text{ [N]}}{9,8 \left[\frac{\text{m}}{\text{seg}^2} \right]} \text{ [Kg]}$$

$$\text{Masa} = 3,95 \text{ [Kg]}$$

Nuevamente se realiza la misma operación para calcular la capacidad de la celda de carga del generador.

$$F = \frac{1491,4 [Watts]}{379,99 \left[\frac{rad}{seg}\right] * 0.265 [m]} [N]$$

$$F = 14,81 [N]$$

$$Masa = \frac{14,81 [N]}{9,8 \left[\frac{m}{seg^2}\right]} [Kg]$$

$$Masa = 1,51 [Kg]$$

- Sensor óptico infrarrojo (2): Los sensores ópticos infrarrojos serán clave en la medición de la velocidad de los motores. Un sensor óptico infrarrojo para Arduino es un dispositivo que utiliza luz infrarroja para detectar la presencia o ausencia de objetos. Funciona emitiendo luz infrarroja desde un LED incorporado y luego mide la cantidad de luz infrarroja reflejada o absorbida por un objeto cercano. Estos sensores generalmente tienen un fototransistor que detecta la luz infrarroja reflejada y produce una señal eléctrica proporcional a la intensidad de la luz recibida.
- El funcionamiento básico de este sensor implica dos componentes principales: el emisor de luz infrarroja y el receptor de luz infrarroja. Cuando un objeto se coloca frente al sensor, la luz infrarroja emitida por el LED se refleja en el objeto y es recogida por el fototransistor receptor. La cantidad de luz infrarroja reflejada depende de las propiedades ópticas del objeto, como su color y su reflectividad. Esta información se puede utilizar para determinar la distancia del objeto al sensor o simplemente para detectar la presencia del objeto. Con el uso de una cinta reflectiva adherida al eje, podemos determinar la cantidad de revoluciones por minuto al estimar cuántas veces el sensor infrarrojo arroja una señal positiva en un determinado intervalo de tiempo.

La transferencia de datos hacia la interfaz se llevará a cabo mediante la vía serial, utilizando el puerto USB. De esta manera, se enviarán las cuatro variables de interés que

posteriormente serán representadas gráficamente en dicha interfaz. Esto brindará al usuario la posibilidad de conocer de manera clara y detallada los valores significativos del sistema.

4.6.1 Instalación De Los Sensores Sobre El Banco De Pruebas

Para la instalación de los sensores ópticos se implementaron pequeñas piezas de impresión 3D que permiten ubicar los sensores próximos a los ejes de rotación.

Figura 26

Instalación del sensor infrarrojo en el eje del motor

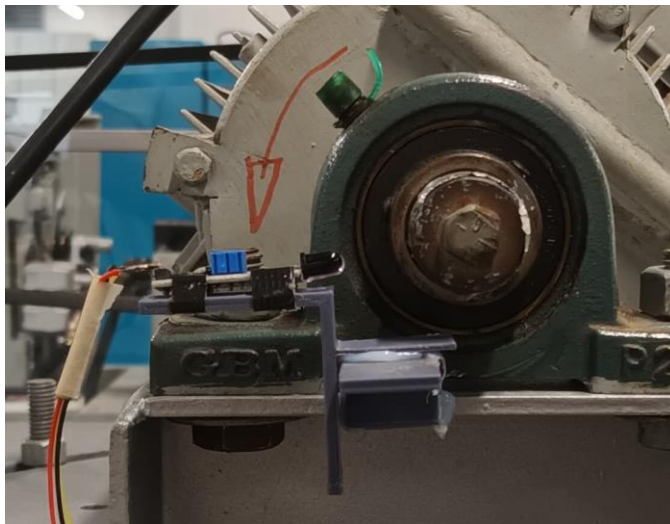
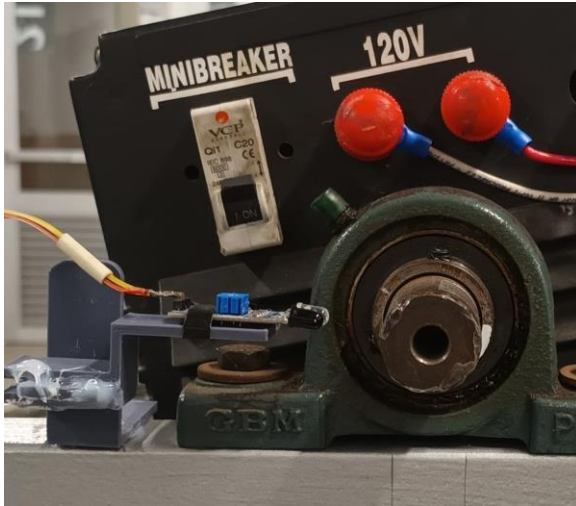


Figura 27

Instalación del sensor infrarrojo en el eje del generador



En el caso de las celdas de carga el chasis fue perforado de tal forma que permite empotrar las celdas utilizando dos tornillos.

Figura 28

Instalación de la celda de carga del motor

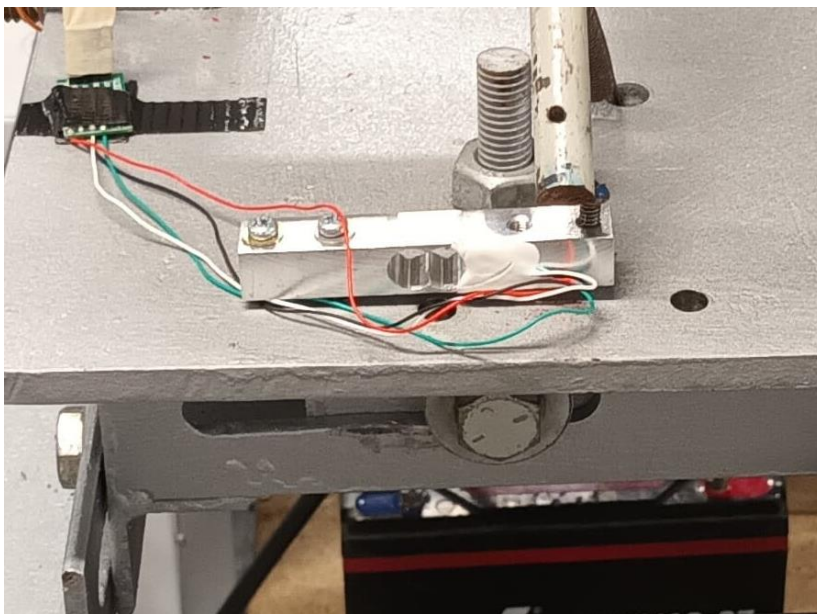
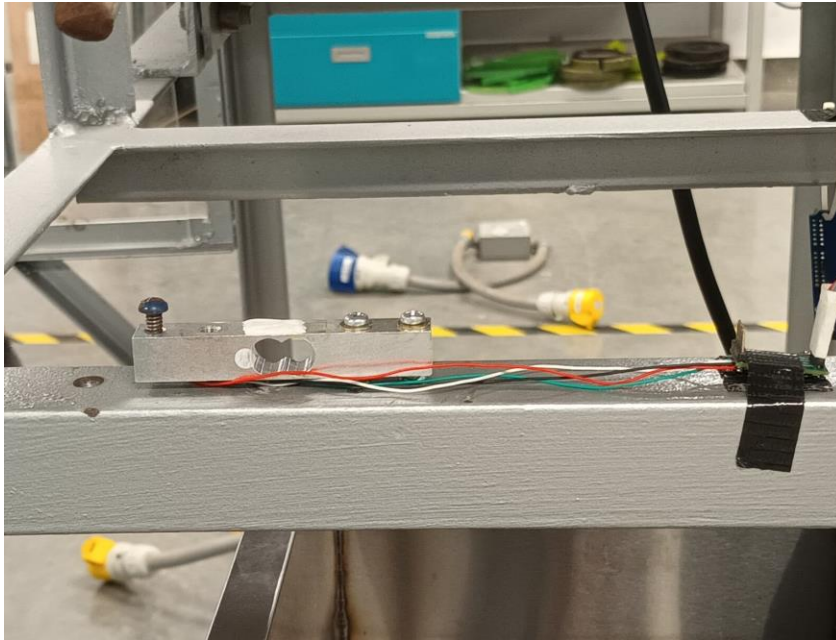


Figura 29

Instalación de la celda de carga del generador



4.6.2 Código De Arduino

El siguiente apartado detalla la funcionalidad de un programa implementado en un microcontrolador Arduino, diseñado para medir el torque y las revoluciones por minuto (RPM) de un motor y un generador. Este código hace uso de dos celdas de carga conectadas a amplificadores de instrumentación HX711 y emplea sensores infrarrojos para contabilizar las revoluciones de cada dispositivo.

El sistema requiere dos celdas de carga conectadas a amplificadores de instrumentación HX711. Además, se utilizan dos sensores infrarrojos para la detección de revoluciones en cada dispositivo (motor y generador). Los pines del microcontrolador Arduino se asignan de acuerdo con los requisitos de comunicación con los HX711 y los sensores infrarrojos.

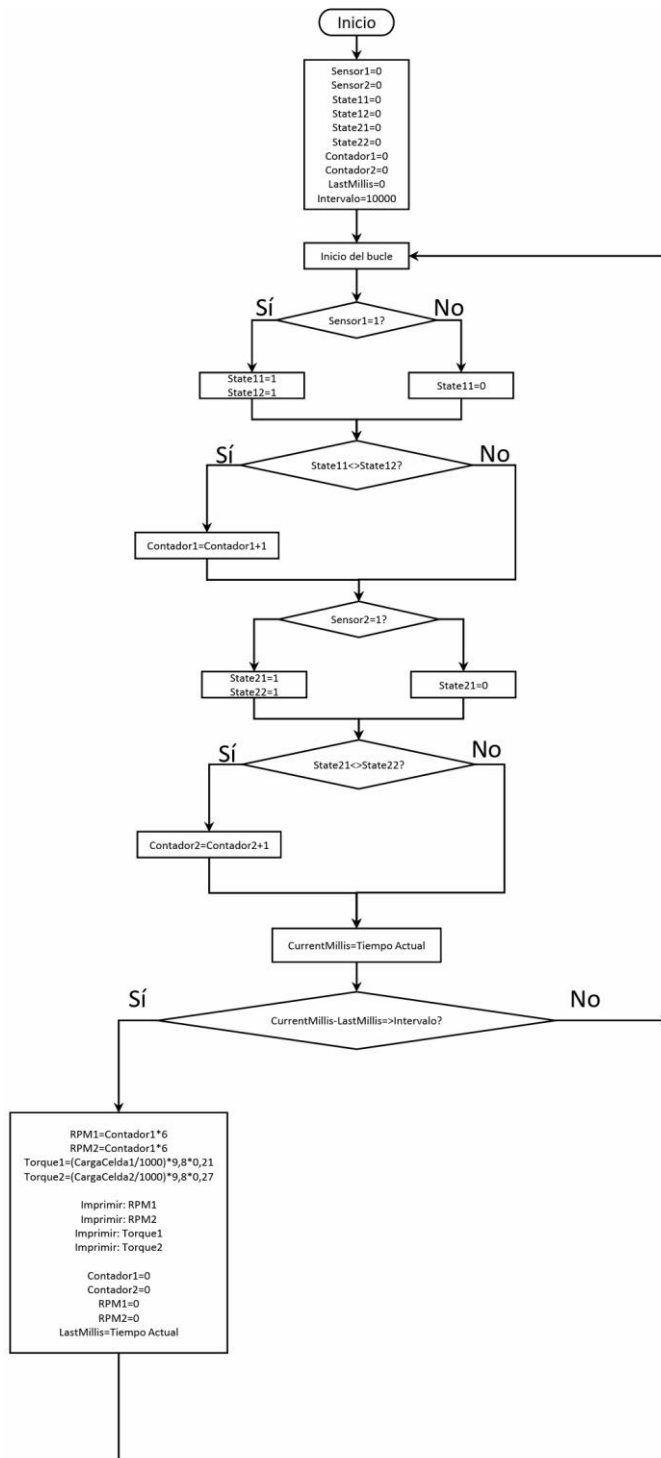
Funcionalidad del Código:

- Inicialización:
 - Se configura la velocidad de comunicación serial a 9600 baudios.

- Se definen los pines correspondientes a los sensores infrarrojos como entradas digitales.
- Se inicializan los contadores de revoluciones para cada dispositivo.
- Se procede a la inicialización y calibración de los amplificadores de instrumentación HX711, asegurando una adecuada lectura de las celdas de carga.
- Bucle Principal (loop()):
 - Se monitorean los sensores infrarrojos para detectar cambios de estado que indiquen la finalización de una revolución.
 - Se actualizan los contadores de revoluciones para el motor y el generador en función de los pulsos detectados por los sensores.
 - Para calcular las RPM de cada dispositivo, se multiplica el número de pulsos detectados por 6, considerando que cada revolución corresponde a medio ciclo.
 - Se realizan lecturas de fuerza en las celdas de carga y se calcula el torque aplicado, utilizando fórmulas específicas para cada dispositivo.
 - Los valores de torque y RPM se imprimen en serie, separados por comas, con una periodicidad de 10 segundos.

Figura 30

Diagrama de flujo del código implementado en Arduino

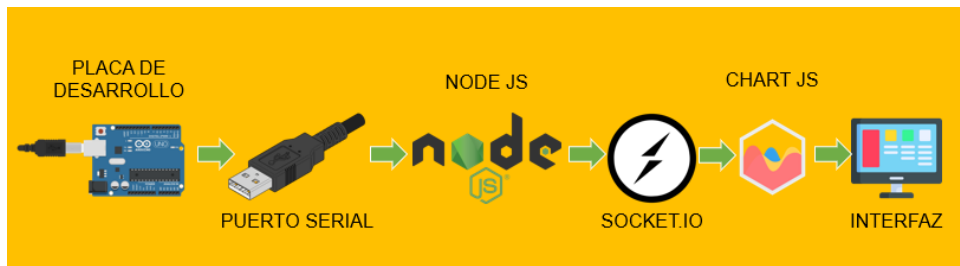


4.7 Diseño De La Interfaz Grafica

Visualizar los datos en tiempo real es crucial ya que proporciona una retroalimentación inmediata sobre el comportamiento del sistema, permitiendo a los usuarios una comprensión más profunda de la dinámica del sistema y la relación entre las variables.

Figura 31

Diseño conceptual del sistema para visualización de datos



La placa de desarrollo recopila con precisión los valores provenientes de los sensores, destinados a ser exhibidos en la interfaz. Luego, estos datos se transmiten en forma de mensajes seriales a través del puerto serial conectado entre la computadora y la placa de desarrollo. Una vez que el programa en JavaScript ha sido ejecutado, entra en juego la habilitación de la extensión Node.js. Esta extensión realiza la tarea hábil de acceder a los datos del puerto serial de la computadora, adquiriéndolos con destreza para luego escribirlos con elegancia en la consola del programa Visual Studio Code.

Una vez que los datos provenientes del puerto serial han sido adquiridos, se establece con maestría un servidor local. Este servidor despliega con elegancia el código de la interfaz en HTML, logrando esta hazaña gracias a la presencia de la extensión Socket.io. Esta extensión demuestra su eficacia al posibilitar la creación y puesta en marcha de servidores locales en navegadores web, prescindiendo de la necesidad de una conexión a internet.

En la fase culminante del proceso, al abrir el entorno de la interfaz en el navegador web, el complemento Chart.js despliega con elegancia una representación gráfica de los datos que fluyen a través del puerto serial. Este despliegue visual se realiza mediante gráficas lineales, generando así cuatro gráficas distintas, cada una asociada a una variable medida específica. Estas gráficas, presentadas con sofisticación en el entorno de la interfaz, se acompañan de una sección adicional. En esta sección, se exhiben con precisión los valores actuales

correspondientes a cada una de las variables medidas, proporcionando una visión integral y detallada de la información capturada.

4.7.1 Componentes Necesarios Para La Ejecución De La Interfaz Grafica

Para la ejecución exitosa de la interfaz, es imprescindible contar con los siguientes programas:

- Visual Studio Code: En este programa se desarrollaron los dos códigos que componen a la interfaz, y es en este mismo programa donde se debe ejecutar el comando que inicia la misma.
- Extensiones: Las extensiones corresponden a complementos que permiten desarrollar tareas como: Leer datos del puerto serial, montar el servidor web, adquirir datos de la consola de la computadora y mostrar gráficamente una variable. Estas extensiones son:
 - Node JS: Es en entorno de programación que permite ejecutar aplicaciones para los servidores web. Para este caso, node js sirve de conexión entre los datos que se leen del puerto serial y el servidor web.
 - SerialPort: Es una librería que permite leer y adquirir los datos del puerto serial de una computadora. Los datos ajustables corresponden a la velocidad de comunicación en baudios/s y el puerto serial que se va a leer.
 - Socket.io: Permite transmitir los datos que se reciben en el puerto serial al servidor web, es decir, a la interfaz de monitoreo.
 - Express JS: Se encarga de montar el servidor web en el puerto local 3000 y de darle al usuario la dirección en cuestión donde se está ejecutando la interfaz.

- Chart JS: Es una librería que permite mostrar variables de manera gráfica. En este caso muestra en 4 gráficos diferentes los distintos valores que van tomando las variables a medir.

No se tiene en cuenta Arduino IDE, ya que la programación de la placa de desarrollo se realiza una única vez, y no es necesario este programa para el funcionamiento de la interfaz.

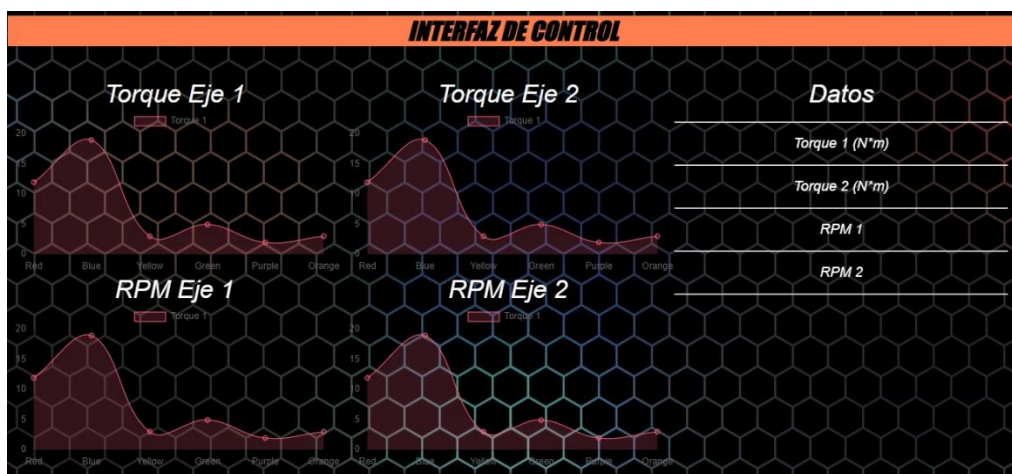
- Hardware: Únicamente es necesario un equipo (puede ser portátil o de escritorio) que tenga Windows 7 o posterior, esto para que pueda ser instalado el Visual Studio Code. Además de esto, debe contar con al menos un puerto USB para conectar la placa de desarrollo y recibir los datos por el puerto serial.

4.8 Entorno De La Interfaz

El objetivo primordial para esta fase del proyecto fue la creación de una interfaz gráfica que destacara por su intuición y ofreciera una visualización de datos nítida y comprensible. Cada elemento de diseño y funcionalidad se concibió con el propósito de facilitar la interacción del usuario y proporcionar una representación visual clara de los datos.

Figura 32

Interfaz grafica



En la interfaz se evidencias dos secciones diferentes:

- La "Sección de Gráficas" constituye el espacio dedicado a albergar las representaciones visuales de las cuatro variables medidas. Cada gráfica se actualiza de manera dinámica con la recepción de nuevas muestras a través del puerto serial, adaptando su tamaño de forma automática en respuesta a los cambios realizados. La cuidadosa selección de colores y rótulos facilita al usuario la comprensión inmediata de la variable que está siendo observada en cada gráfica, brindando una experiencia visualmente enriquecedora e informativa.
- La "Sección de Datos" constituye el espacio donde se exhiben los valores numéricos actuales correspondientes a las cuatro variables medidas. Esta sección ofrece una actualización automática de estos valores en tiempo real, cada vez que se recibe un nuevo dato desde la placa de desarrollo. Proporcionando una instantánea precisa de las variables en el momento presente, esta sección añade una capa adicional de información con su capacidad para reflejar de manera inmediata cualquier cambio en los datos recibidos.

4.9 Puesta En Marcha Y Pruebas De Los Sensores

La fase final de la instalación de los sensores incluyó una prueba, durante la cual se colocó una polea con un diámetro de 9,5 cm en el generador y otra de aproximadamente 15,2 cm en el motor. El dimensionamiento de las poleas permitía alcanzar una velocidad máxima en el eje del generador de 2736 RPM cuando el motor se encontraba a máxima potencia, 1710 RPM. Los resultados obtenidos durante la prueba corroboraron que los sensores ópticos del sistema de medición de RPM, así como las celdas de carga registraron valores aproximados al cálculo teórico, especialmente en la relación de velocidades registrada se pudo percibir una elevada precisión.

Figura 33

Datos obtenidos de la consola de Arduino durante la prueba

```

19:29:56,693 -> 2.58,4.09,2698,1644
19:30:11,124 -> 1.8,4.15,2804,1734
19:30:25,612 -> 1.4,4.24,2987,1764
19:30:39,996 -> 1.97,4.33,3032,1764
19:30:54,441 -> 1.86,4.11,2889,1752
19:31:09,243 -> 2.47,4.41,2795,1758
19:31:23,807 -> 2.58,4.01,3076,1752
19:31:38,674 -> 3.02,4.38,2963,1758

```

En la imagen se pueden observar de izquierda a derecha los valores de torque del generador, torque del motor, revoluciones por minuto del generador y revoluciones por minuto del motor. Estos datos fueron tomados múltiples veces en intervalos de diez segundos.

Tabla 2

Valores promedio de los datos tomados durante la prueba

Torque generador [N*m]	Torque motor [N*m]	Revoluciones por minuto del generador	Revoluciones por minuto del motor
2,21	4,215	2905,5	1740,75

Al calcular la relación de velocidades tomando como referencia la dimensión de las poleas instaladas se espera que tenga un valor de 1.6.

$$\text{Relacion de velocidades} = \frac{15,2[cm]}{9,5[cm]} = 1,6$$

Al calcular la relación de velocidades utilizando las revoluciones por minuto se puede observar que el cálculo teórico se aproxima enormemente a lo experimentado en la prueba.

$$\text{Relacion de velocidades} = \frac{2905,5 \text{ RPM}}{1740,75 \text{ RPM}} = 1,669$$

En cuanto al cálculo de potencia de entrada como de salida es importante recalcar que debido a las dimensiones de las poleas no se pudo alcanzar las RPM adecuadas en el eje del generador para una producción de 1,5Kw por lo que se espera que el torque experimentado tanto por el generador como por el motor sea notablemente menor al esperado en los cálculos relacionados con a capacidad de las celdas de carga.

$$\text{Potencia del motor} = 4,215[\text{N} * \text{m}] * 182.29[\text{rad/seg}] = 768.35 [\text{Watts}]$$

$$\text{Potencia del generador} = 2,21[\text{N} * \text{m}] * 304.26[\text{rad/seg}] = 672.41 [\text{Watts}]$$

Aunque la prueba tenía ciertas limitaciones para alcanzar los 1500 watts, los resultados de la potencia de entrada (del motor) y de salida (del generador) fueron comparables, demostrando un comportamiento conforme a lo previsto.

4.10 Creación De Guías Prácticas Para La Realización De Experimentos En El Banco De Pruebas

Como inspiración para la creación de las guías practicas se tuvieron en cuenta las guías experimentales presentes para los laboratorios de física, estos se encuentran segmentados por un breve resumen, donde se da un poco de contexto relacionado al experimento que se piensa realizar. Un planteamiento del problema, en donde se establece una pregunta a responder a través de la experimentación. Un objetivo general y una serie de objetivos específicos para cumplir. Hay presente un marco teórico en el que se da toda la información necesaria respecto los conceptos científicos y prácticos relacionados al experimento. Se tiene una metodología en la que se describe detalladamente los pasos a seguir para la realización del experimento a su vez se tiene una sección destinada a los resultados esperados, dando un indicio, una dirección

de lo que se debería obtener mediante el experimento. Se tiene una serie de preguntas adicional que tienen como objetivo incentivar a los participantes a expandir los límites del experimento. Como ultima sección se tiene la bibliografía, fuentes de información, una base teórica del experimento.

4.10.1 Calculo De Transmisiones Flexibles

Se escogió como tema a desarrollar el cálculo de las transmisiones flexibles. Ya que el cálculo de transmisiones flexibles es una habilidad fundamental para un ingeniero mecánico porque permite tomar decisiones informadas en el diseño, operación y mantenimiento de sistemas mecánicos, lo que conduce a la eficiencia, la seguridad y la confiabilidad de las máquinas y sistemas.

Esta práctica se diseñó de tal forma que el estudiante siga una metodología clara, permitiendo un paso a paso en el proceso de cálculo. El objetivo de la práctica es que el estudiante logre obtener un conocimiento generalizado del tema, y se le aclara al estudiante que cada fabricante presenta sistemas de cálculo únicos.

Se presentan al estudiante conceptos tales como la potencia de diseño, factor de servicio y relaciones de velocidad. De igual forma se explica la estandarización de las correas en V, su nomenclatura según las dimensiones y requerimientos. Mediante estos conceptos el estudiante adquiere la capacidad entender como ciertos factores afectan el proceso de selección de las correas.

Figura 34

Encabezado de la guía para el desarrollo del cálculo de una transmisión flexible por poleas en V



ESCUELA DE INGENIERÍA
MECÁNICA

Diseño de Maquinas.
Escuela de Ingeniería Mecánica.
Universidad Industrial de Santander.

Cálculo de Transmisiones Flexibles:

Resumen:

Se denomina transmisión mecánica a un mecanismo encargado de transmitir potencia entre dos o más elementos dentro de una máquina.

En el caso de transmisiones flexibles se consideran todas aquellas que transmiten potencia y par utilizando elementos flexibles: cadenas, bandas y correas. Este tipo de transmisiones se utilizan en ambientes con un alto grado de contaminación (polvo) y humedad, ya que sistemas de transmisión tales como los engranajes son susceptibles a estas condiciones.

De igual forma los sistemas flexibles son implementados cuando la distancia entre máquinas conducidas y máquinas conductoras es relativamente grande.

Planteamiento del problema:

Esta guía de desarrollo busca enseñarles a los estudiantes la metodología necesaria para la selección y diseño de un sistema de transmisión flexible mediante bandas en V. Pregunta de investigación: ¿Cómo diseñar un sistema de transmisión flexible mediante bandas en V?

Objetivo general:

Diseñar un sistema de transmisión flexible mediante bandas en V que satisfaga los requerimientos específicos del sistema.

Objetivos Generales:

- Determinar las dimensiones de las poleas en función de las revoluciones (RPM) requeridas.
- Seleccionar correctamente una correa en V que cumpla con los requisitos de diseño.

Marco Teórico:

Las bandas, cables, cadenas y otros componentes elásticos o flexibles similares se emplean en sistemas para transportar y transmitir energía a lo largo de distancias relativamente extensas.

Para las bandas en V los fabricantes han establecido estándares para las dimensiones de las bandas en V, y cada tamaño se identifica mediante una letra del alfabeto que corresponde a medidas en pulgadas.

Nota. Ver apéndice A.

5. Capítulo IV. Conclusiones

- La implementación de sensores digitales ha demostrado ser una estrategia efectiva para agilizar la recopilación de información. La capacidad de capturar datos de manera eficiente no solo optimiza el tiempo dedicado a la recolección, sino que también enriquece la participación de los estudiantes al proporcionar una experiencia más dinámica y enfocada en el aprendizaje.
- La implementación de la nueva estructura y sistema de arranque en el banco de pruebas ha generado un incremento significativo en la seguridad. La introducción de un botón de apagado y una barrera física efectiva ha fortalecido las medidas de seguridad al limitar el acceso a los componentes mecánicos y eléctricos. Este enfoque no solo añade una capa adicional de protección, sino que también promueve un entorno de trabajo más seguro y controlado. La combinación de estos elementos refleja un compromiso tangible con la seguridad, contribuyendo a la integridad del banco de pruebas y la protección de quienes interactúan con él.
- El banco de pruebas ha evolucionado notablemente, transformándose en una herramienta con un notable potencial para enriquecer el entorno educativo, este enfoque ofrece una oportunidad sin igual para enaltecer la experiencia de aprendizaje. La implementación de mejoras ha consolidado su posición como una herramienta no solo segura, sino también dinámica y adaptada a las necesidades de enseñanza. Esta evolución no solo promueve un aprendizaje más seguro, sino que también facilita la participación de los estudiantes al proporcionar un entorno de aprendizaje práctico y eficiente. El banco de pruebas, en su estado actual, representa una valiosa contribución para enriquecer la experiencia educativa.
- El desarrollo de este proyecto abre un gran abanico de posibilidades tanto en la metodología de enseñanza del diseño de máquinas como en el campo investigativo

relacionado con la transmisión de potencia mediante elementos flexibles al permitir ensayos mecánicos tales como pruebas de durabilidad y eficiencia.

- A pesar de los notables avances que se han realizado en las modificaciones del banco, persiste una amplia oportunidad de mejora en el ámbito de las vibraciones mecánicas. Aunque se han implementado medidas para atenuar este factor, las vibraciones aún son significativas e incluso pueden llegar a interferir con la toma precisa de datos.

Referencias bibliográficas

Carvajal, D. y Rojas, M. (2010). *Banco de pruebas de sistemas de transmisión de potencia*.

Universidad Pontificia Bolivariana. Recuperado de:

https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1095/digital_19134.pdf?sequence=1.

Franco, J. y Gamboa, K. (2019). *Diseño de un banco didáctico para ensayos de transmisión*

de potencia. Universidad Distrital Francisco José De Caldas. Proyecto curricular tecnología mecánica. Bogotá DC. Recuperado de:

<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/24300/GamboaBaqueroKar enJulieth2020.pdf?sequence=1>.

Gómez, J. y Ochoa, H. (2004). *Banco de pruebas para transmisiones de elementos flexibles*.

Universidad Industrial de Santander. Recuperado de:

<https://noesis.uis.edu.co/items/d5c38061-690b-4a2e-a919-eddd2b2e60a5>.

G.U.N.T. Gerätebau GmbH. (2023). *GL 410 Montaje engranajes simples*. GUNT

HAMBURG. Recuperado de:

<https://www.gunt.de/es/productos/mecatronica/procesos-de-montaje/elementos-de-accionamiento-y-engranajes/montaje-engranajes-simples/030.41000/gl410/glct-1:pa-150:ca-69:pr-395>.

Hodson, D. (1994). *Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio*. Enseñanza De

Las Ciencias: Revista De investigación Y Experiencias didácticas, Vol. 12, n.º 3, enero de 1994, pp. 299-313, Recuperado de:

<https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21370>.

Siemens AG. (2012). *SINAMICS. Convertidor SINAMICS V20. Getting Started (primeros*

pasos). 11/2012, A5E31406829. Recuperado de:

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/829/67274829/att_106716/v1/v20_operating_instructions_es-ES_es-ES.pdf.