

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**DISEÑO MECÁNICO DE UN BANCO DE PRUEBAS UTILIZANDO
UN SOFTWARE CAD: MOTOR BANDA – DISCO.**

DISEÑO MECÁNICO DE UN BANCO DE PRUEBAS

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO SUPERIOR
EN ELECTROMECAÁNICA**

KEVIN VLADIMIR IGUAGO SILVA

DIRECTOR: CATALINA ELIZABETH ARMAS FREIRE

DMQ, septiembre 2022

CERTIFICACIONES

Yo, KEVIN VLADIMIR IGUAGO SILVA declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



KEVIN VLADIMIR IGUAGO SILVA

kevin.iguago@epn.edu.ec

kevinnk24@gmail.com

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por KEVIN VLADIMIR IGUAGO SILVA, bajo mi supervisión.

Ing. Catalina Elizabeth Armas Freire
DIRECTOR

elizabeth.arms@epn.edu.ec

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

KEVIN VLADIMIR IGUAGO SILVA

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todas las personas que confiaron en mí y me han apoyado en el largo camino que ha sido mi carrera universitaria, especialmente a mi madre Nancy Lorena Silva Campoverde por su compañía, guía y buenos consejos que me han convertido en el hombre que soy, a mis abuelos Gloria María Campoverde y Samuel Benjamín Silva Túqueres por formarme con buenos valores durante mi niñez y enseñarme que mediante esfuerzo y trabajo honesto se puede triunfar en la vida, a los miembros de mi familia Diego Samuel Silva Campoverde, Diana Raquel Silva Campoverde y Milena Elizabeth Alcívar Silva por acompañarme durante todas las etapas de mi vida y finalmente agradezco a mi hermana Génesis Isabela Morales Silva que es el motivo por el cual me esfuerzo cada día en ser mejor persona para poder darle el mejor ejemplo posible.

De igual manera, agradezco a los docentes que formaron parte de mi formación académica, pues aparte de brindarme una parte de su conocimiento, me han enseñado valores muy importantes que me servirán para toda mi vida tanto en el ámbito profesional como en el personal.

Kevin I.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	IV
RESUMEN	VI
ABSTRACT	VIII
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO.....	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Alcance	2
1.4 Marco teórico.....	3
2 METODOLOGÍA.....	11
2.1 Especificaciones y características técnicas	12
Selección de bandas y poleas	12
Selección de chumaceras.....	19
Diseño del árbol de transmisión	20
Diseño del disco	21
2.2 Elementos que conforman el banco de pruebas.....	21
Bandas y poleas.....	21
Árbol de transmisión	22
Disco	22
Chumaceras y motor	22
Mesa.....	23
2.3 Integración de los elementos dibujados.....	24
3 RESULTADOS	30
3.1 Resultados del análisis estático de la mesa.....	30
3.2 Pruebas y análisis de resultados	32

	Prueba de movimiento.....	32
4	CONCLUSIONES.....	33
5	Recomendaciones.....	35
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
7	ANEXOS.....	38
	ANEXO I CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD	39
	ANEXO II PLANOS DE PIEZAS DEL BANCO DE PRUEBAS.....	41

RESUMEN

El presente proyecto de titulación se realizó en base a conocimientos de diseño en Autodesk Inventor, cálculos de sistemas de transmisión de potencia (bandas y poleas) y criterios técnicos en selección de materiales para construcción del eje de transmisión y el disco, todo fue diseñado para que futuros estudiantes que deseen implementar un banco de pruebas motor banda disco tengan la información de los elementos necesarios para la construcción del banco de pruebas.

Basándose en un análisis eléctrico realizado en el trabajo de titulación: "IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA UN BANCO DE PRUEBAS: MOTOR BANDA – DISCO PARA EL LTI-ESFOT ELÉCTRICO" se determina el motor a usar, el cual es un motor trifásico de 1HP que gira a una velocidad de 3 460 (RPM).

Basándose en cálculos y posteriormente en catálogos se determina que los elementos a usarse son: poleas de 2 ranuras, 2 bandas y 2 chumaceras, todos estos elementos son del fabricante SKF.

Una vez definidos esos elementos se selecciona el material para el árbol de transmisión y el disco, para ello se usó acero al carbono SAE 4140 para el árbol y SAE 1020 para el disco.

Después se dibuja o descarga los diseños 3D de los elementos ya seleccionados en el software Autodesk Inventor.

Se diseña la mesa en la cual se va a colocar toda la estructura, la mesa debe tener una altura adecuada de 100 cm ya que todo el banco fue diseñado para ser usado y manipulado por las personas.

Al tener todos los elementos en el software CAD se unen y luego se ajustan con tornillos, arandelas, bujes y tuercas. Los ajustes realizados son: entre las dos chumaceras y la mesa con tornillos, entre la base del motor y la mesa con tornillos, entre las poleas y los ejes con bujes; y, entre el disco y el árbol con un tornillo. Todos los tornillos tienen su respectiva tuerca y arandela.

Finalmente, se realiza una prueba estática de cargas a la mesa para determinar si soporta el peso de los elementos del banco de pruebas.

PALABRAS CLAVE: Transmisión de potencia, criterios técnicos, vida útil, fabricante, velocidad, análisis eléctrico.

ABSTRACT

This degree project was carried out based on design knowledge in Autodesk inventor, calculations of power transmission systems (belts and pulleys) and technical criteria in selection of materials for construction of the drive shaft and the disc, everything was designed so that future students who wish to implement a test bench motor band disc have the information of the elements necessary for the construction of the test bench.

Based on an electrical analysis carried out in the degree work: " IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA UN BANCO DE PRUEBAS: MOTOR BANDA – DISCO PARA EL LTI-ESFOT ELÉCTRICO " the motor to be used is determined, which is a three-phase motor of 1HP that rotates at a speed of 3 460 (RPM).

Based on calculations and later on catalogs, it was determined that the elements to be used would be 2 groove pulleys, 2 belts and 2 bearings, all these elements are from the manufacturer SKF.

Once these elements were defined, the material for the drive shaft and the disc was selected, for which SAE 4140 carbon steel was used for the shaft and SAE 1020 for the disc.

Then the 3D designs of the selected elements are drawn or downloaded to Autodesk Inventor software.

The table on which the whole structure is going to be placed is designed, the table must have an adequate height of 100 cm since the whole bench was designed to be used and manipulated by people.

Having all the elements in the CAD software, they are joined and then adjusted with screws, washers, bushings and nuts. The adjustments made are: between the two bearings and the table with screws, between the motor base and the table with screws, between the pulleys and the shafts with bushings and between the disc and the shaft with a screw. All bolts have their respective nuts and washers.

Finally, a static load test is performed on the table to determine if it can support the weight of the test bench elements.

KEYWORDS: Power transmission, technical criteria, service life, manufacturer, speed, electrical analysis.

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

El componente desarrollado es una simulación de un banco de pruebas motor banda-disco, que muestra los diferentes elementos que transmiten la potencia y velocidad de un motor trifásico.

Mediante cálculos y criterios técnicos se seleccionan los diferentes elementos del banco como: bandas, poleas, chumaceras, árbol de transmisión y disco.

Las bandas y poleas se escogen mediante cálculos, una vez se tengan los datos necesarios se busca en diferentes catálogos las bandas y poleas más adecuadas y de una buena calidad que aseguren su vida útil.

Las chumaceras y sus rodamientos se seleccionan por medio de catálogos, los rodamientos son del tipo rodillos a rótula ya que soportan elevadas cargas radiales, y soportan desalineaciones.

Para el diseño del árbol de transmisión se usa un criterio técnico basado en los tipos de aceros y sus aplicaciones, de este modo la mejor opción es un eje hecho de acero SAE 4140, que es un tipo de acero que se usa en la fabricación de ejes o árboles de transmisión.

Para el diseño del disco se procede a usar un criterio técnico basado en los tipos de aceros y sus aplicaciones, de este modo la mejor opción es un eje hecho de acero SAE 1020, que tiene una buena maquinabilidad.

Una vez se definen los elementos, el siguiente paso es dibujar en el software CAD basándose en las dimensiones dadas por los catálogos de los elementos, en algunos casos no es necesario dibujar algunos elementos ya que los fabricantes permiten descargar los diseños de sus productos.

Se integran todos los elementos dibujados para realizar una prueba de movimiento con lo que se comprueba que todas las piezas seleccionadas son las adecuadas para transmitir el movimiento, desde el eje del motor trifásico al disco de pruebas. Los diferentes elementos se unen en un orden lógico para evitar problemas en la simulación.

Las uniones se realizan por tornillos, arandelas y tuercas que unen el motor y chumaceras a la mesa, también se utilizan bujes para unir las poleas al eje del motor y al árbol de transmisión.

También se diseña una mesa la cual tiene una base hecha con tubos rectangulares de acero al carbono, así como una plancha de acero que se usa de tablero, la mesa es donde se apoya el banco de pruebas.

1.1 Objetivo general

Diseñar el sistema mecánico en un software CAD para un banco de pruebas: motor banda – disco.

1.2 Objetivos específicos

1. Establecer las especificaciones y características mecánicas de los elementos que conforman el banco de pruebas.
2. Dibujar los elementos que conforman el banco de pruebas.
3. Integrar los elementos del banco de pruebas.

1.3 Alcance

El proyecto corresponde a la parte mecánica y de diseño; se identificarán las características y especificaciones de los elementos mecánicos del banco de pruebas, para especificar las bandas se evaluarán: revoluciones por minuto (RPM), potencia de diseño, distancia entre centros, diámetros de poleas y el factor de servicio; para especificar las poleas se evaluarán: sección transversal de la banda y el tipo de banda; para especificar las chumaceras, rodamientos, disco y árbol de transmisión se establecerán criterios que garanticen la adaptabilidad. Las variables mencionadas se las obtendrá de catálogos, cálculos o criterios técnicos. Todos los elementos estarán diseñados para transmitir la potencia de un motor trifásico de 1 (HP) que trabaja a 3 460 (RPM).

Se realizarán los planos y los modelos en 3D con el objetivo de determinar la ubicación de cada uno de los elementos que conforman el banco.

Se verificará que los elementos que conforman el banco de pruebas cumplan los siguientes requerimientos:

- Especificación adecuada.
- Su integración sea sencilla.

1.4 Marco teórico

A continuación, se muestran los conceptos teóricos más relevantes utilizados para el diseño del banco de pruebas motor banda – disco.

Potencia de diseño para banda

La potencia de diseño es uno de los valores necesarios para el cálculo de bandas, se lo obtiene multiplicando la potencia de transmisión y el factor de servicio [1].

$$P_d = P * F_s$$

Ecuación 1.1 Potencia de diseño [1]

Donde:

- P_d : (Hp/kW) potencia de diseño
- P : (Hp/kW) potencia nominal del motor
- F_s : factor de servicio

Longitud de banda

Al momento de seleccionar una banda en los diferentes catálogos, uno de los valores necesarios es la longitud teórica de banda que se determina por medio de los diámetros de las poleas que se usan y la distancia entre centros que existen entre ambas poleas. [1]

$$L_d = 2 * C_{cp} + \frac{\pi}{2} (D + d) + \frac{(D - d)^2}{4 * C_{cp}}$$

Ecuación 1.2 Longitud de banda, [1]

Donde:

- L_d : (mm) longitud de la banda
- C_{cp} : (mm) espacio entre centros
- D : (mm) diámetro de polea mayor
- d : (mm) diámetro de polea menor

Ratio de velocidad requerida

Otro de los valores para el cálculo de bandas es el ratio de velocidad que se requiere, el cual se lo obtiene dividiendo la velocidad del eje más rápido por la velocidad del eje más lento. [1]

$$I_r = \frac{r/\text{min}(\text{eje más rápido})}{r/\text{min}(\text{eje más lento})}$$

Ecuación 1.3 Ratio de velocidad, [1]

Donde:

I_r : ratio de velocidad requerida

Potencia efectiva por banda, potencia nominal básica de banda y número de bandas

La potencia efectiva por banda es la suma de la potencia nominal total básica de la banda más la potencia nominal basada en el ratio de velocidad, y la potencia nominal básica de banda es la potencia efectiva pero multiplicada por dos factores de corrección, como el factor de corrección de arco de contacto y el factor de corrección de longitud de correa. Al obtener estos datos se calcula el número de bandas necesarias para el sistema, esto se obtiene dividiendo ambas potencias. [1]

$$P_b = P_{nb} + P_v$$

Ecuación 1.4 Potencia efectiva por banda, [1]

Donde:

P_b : (kW) potencia nominal básica de la banda

P_{nb} : (kW) potencia nominal basada en el diámetro de paso de la polea menor

P_v : (kW) potencia nominal basada en el ratio de velocidad

$$P_r = P_b * C_3 * C_1$$

Ecuación 1.5 Potencia nominal básica de la banda, [1]

Donde:

P_r : (kW) potencia efectiva por banda

P_b : (kW) potencia nominal total básica de la banda

- C_3 : factor de corrección por arco de contacto
 C_1 : factor de corrección por longitud de banda

$$\#Bandas = \frac{P_b}{P_r}$$

Ecuación 1.6 Número de bandas, [1]

Sistemas de polea y banda

Son sistemas que están formados por dos o más poleas separadas por cierta distancia por lo general con ejes paralelos, transmitiendo movimiento por medio de una polea conductora y una polea conducida, todo esto se conecta mediante una banda. Toda la fuerza y velocidad se transmite por el rozamiento que la banda ejerce sobre las poleas. [2]

El sentido de movimiento de la polea conductora será el mismo que el de la polea conducida tal y como se indica en la Figura 1.1:

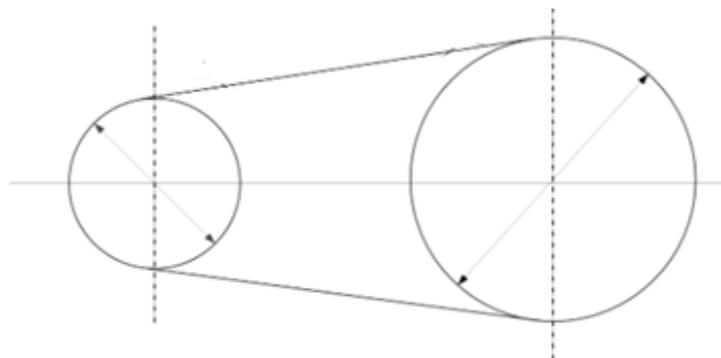


Figura 1.1 Representación del sistema polea-banda, [2]

La banda está sometida a esfuerzos diferentes en sus diferentes tramos, es decir, que el tramo que va de la polea conductora a la polea conducida estará flojo, mientras que el otro tramo estará completamente tenso, para entender de mejor manera esto observar la Figura 1.2.

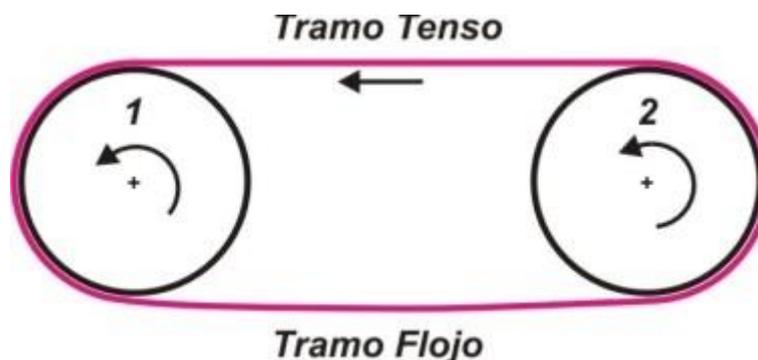


Figura 1.2 Tramos de bandas, [3]

En el mercado existen diferentes tipos de bandas. En la Figura 1.3 se presentan cuatro tipos de bandas.

1. **Redondas:** Son utilizadas para transmitir fuerzas pequeñas o cuando la banda tiene que adaptarse a curvas cerradas.
2. **Trapezoidales:** Son de las bandas más utilizadas, ya que tienen fácil adaptabilidad a los canales de las poleas evitando deslizamientos entre las bandas y poleas.
3. **Planas:** Cada vez son menos utilizadas debido a que son más susceptibles a deslizamientos entre la banda y polea.
4. **Dentadas:** A pesar de llamarse dentadas también se las considera trapezoidales, son utilizadas cuando se necesita asegurar el agarre, para este tipo de bandas se necesita que el canal de la polea tenga dientes tallados para poder acoplarse a la banda dentada. Este tipo de banda es la más usada en las transmisiones de automóviles.

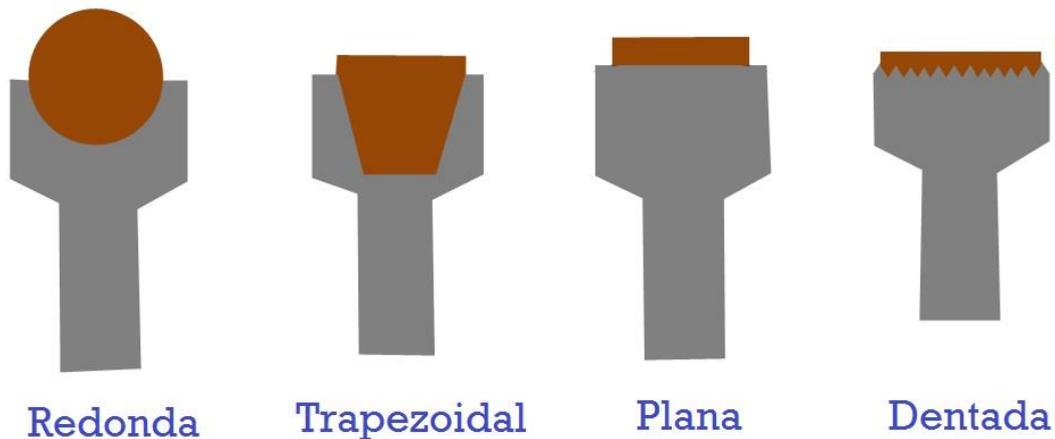


Figura 1.3 Tipos de bandas en sus respectivas poleas, [2]

A su vez existen diferentes tipos de sistemas polea-banda, tal y como se muestra en la Figura 1.4:

1. Directo
2. Correa invertida
3. Ejes cruzados

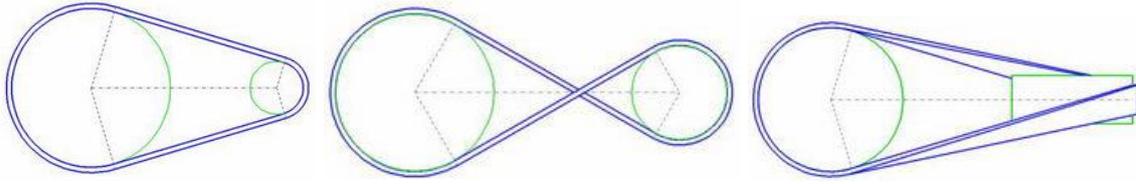


Figura 1.4 Diferentes tipos de poleas, [2]

Chumaceras

Las chumaceras básicamente son rodamientos montados, por lo general son usados para dar apoyo a los ejes de rotación, son colocados en línea paralela al eje del árbol. Tienen un diseño autolubricante, es decir, que se lubrican solos por medio de un depósito para almacenar lubricante lo que hace que no necesiten una lubricación externa constante para funcionar de manera óptima. La Figura 1.5 muestra algunos tipos de chumaceras. [4]



Figura 1.5 Diferentes tipos de chumaceras, [4]

Existen varios tipos de chumaceras como:

- **Tensora:** Es usada en líneas de transporte donde se deba alinear la banda y los ejes, de esta manera se mantiene la banda centrada de manera correcta.
- **Pared:** Estas chumaceras tienen la característica de instalarse fijas en las máquinas y dentro de estas chumaceras se colocan los ejes. Se suelen distinguir por tener 4 agujeros que sirven para fijarla en donde se necesite.
- **Brida:** Tienen la característica de permitir alinear a los ejes de manera vertical y se sujetan por 2 agujeros por donde pasan 2 tornillos.

Árboles de transmisión y ejes

Un árbol de transmisión es un elemento capaz que transmitir velocidad y potencia, por medio de uniones por chavetas, ranuras estriadas o uniones forzadas hacia otras piezas, en la Figura 1.6 se observa un ejemplo de árbol de transmisión. La diferencia entre un árbol y un eje es que los ejes no pueden transmitir potencia y solo giran cuando están unidos a otro elemento o están girando alrededor de un elemento, en la Figura 1.7 se indica un eje. [5]

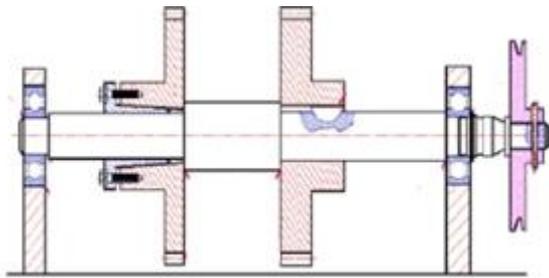


Figura 1.6 Árbol unido a una p Polea, [5]



Figura 1.7 Representación de un eje, [5]

Aceros para maquinaria

Los aceros empleados para la elaboración de piezas son denominados aceros para maquinaria y son aceros con bajos porcentajes de aleación de otros elementos, los aceros para maquinaria usan nomenclatura SAE-AISI, en la nomenclatura SAE-AISI el primer dígito expresa la aleación primordial como se observa en la Tabla 1.1, el segundo puede o no modificar al primero y los dos dígitos del último indican el monto en décimas de porcentaje que va del 0,2 al 0,4%. [5]

Tabla 1.1 Variedad del acero a partir del primer dígito

Primer dígito	Elemento de aleación
1	Carbono
2	Níquel
3	Níquel-Cromo
4	Molibdeno
5	Cromo
6	Cromo Vanadio
7	Tungsteno
8	Níquel-Cromo-Molibdeno
9	Silicio-Magnesio

- **SAE-AISI 1010**

Es bastante maleable y dúctil, se utiliza en piezas de maquinaria que necesiten de una alta tenacidad, como acero de segmentación, en la fabricación de piezas que necesiten una embutición fuerte y elementos que probablemente sufran deformaciones al frío.

- **SAE-AISI 1016**

Se usa en condiciones de cementación, en circunstancias de templado del acero o cuando está revenido, o sencillamente es usado en condiciones de calibrado, sus aplicaciones son en piezas de máquinas con gran tenacidad y resistencia o piezas que sufren deformaciones al frío.

- **SAE-AISI 1020**

Su uso es de manera general en varias aplicaciones, pero destaca por su buena soldabilidad, tiene un pequeño contenido de manganeso que lo hace tener mejor maquinabilidad que otros aceros. Mediante un tratamiento térmico se puede obtener superficies endurecidas.

- **SAE-AISI 1045**

Es usado para fabricar piezas de pequeños y medianos espesores ya que tiene una gran templabilidad, se usa para fabricar herramientas como; hachas, rastrillos, azadones, martillos, picas, porras, etc.

- **SAE-AISI 4140**

Es de los aceros con baja aleación más conocidos debido a que las piezas fabricadas con este acero soportan grandes esfuerzos y tiene un bajo costo, tiene gran resistencia al desgaste. Se emplea en: ejes, ruedas dentadas, válvulas, etc.

- **SAE-AISI 4340**

Es usado para fabricar piezas de mucha dureza y con alta tenacidad como por ejemplo: ejes para automóviles y transporte pesado, discos de freno, mandriles, levas de mando, etc.

- **SAE-AISI 8620**

Son usados en la fabricación de ejes ranurados, elementos como bujes, piñones para automóviles, transmisión y cigüeñales para automóviles, barras de torsión, tornillos sin fin, engranajes usados en reductores de velocidad, etc.

2 METODOLOGÍA

El diseño del banco de pruebas motor banda – disco se basa en una investigación aplicada. Los conocimientos obtenidos en la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica y que se aplicaron en este proyecto son: Elementos de Máquinas y Dibujo Mecánico Asistido por Computador.

Para las especificaciones del motor se consideró el siguiente trabajo de titulación:” IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA UN BANCO DE PRUEBAS: MOTOR BANDA – DISCO PARA EL LTI-ESFOT” que trata sobre los detalles eléctricos del banco de prueba motor banda – disco. [6]

Las bandas se seleccionan por medio de cálculos, fórmulas y tablas de catálogos del fabricante SKF [1], que determinan cuáles son las bandas más ideales para el diseño del banco de pruebas.

Las poleas y chumaceras se seleccionan utilizando la información y los catálogos oficiales de SKF que se encuentran en su página web [7]. Para la selección de las poleas se considera el tipo de banda seleccionada. Para la selección de chumaceras se emplea como dato principal la velocidad del motor.

Para especificar el disco se establece el acero a usarse y se considera que el diámetro del disco debe de ser mayor al diámetro de las poleas para tener mayor visualización del movimiento del disco.

Para especificar el árbol de transmisión se considera: el diámetro de las chumaceras y el diámetro de eje de las poleas, para que todo el sistema se acople de una manera adecuada; con respecto al material de este elemento se establece un acero adecuado para asegurar su función de transmisión. [5].

Una vez seleccionados todos los elementos se dibuja con sus respectivas dimensiones en Autodesk Inventor, para posteriormente unir todos los elementos y armar el banco de pruebas en el software CAD.

Una vez que se integran todos los elementos del banco de pruebas, se colocan en una mesa con las dimensiones necesarias para abarcar todos estos elementos y con una altura adecuada para su fácil manipulación.

2.1 Especificaciones y características técnicas

En esta sección se definen las especificaciones y características técnicas para el diseño del banco de pruebas.

Selección de bandas y poleas

Para la selección de bandas se utilizan los datos del motor trifásico. La Tabla 2.1 muestra los parámetros eléctricos del motor.

Tabla 2.1 Características del motor

Motor	
Marca	KHOL BACH
RPM	3 460
Frecuencia (Hz)	60
Factor de servicio	1.4
Potencia (Hp/kW)	1.0/0.75
Intensidad (A)	3.1/1.8
Factor de potencia	0.86
Voltaje (V)	220/380
Fases	3

Para la selección de las bandas se utilizan las ecuaciones de la sección 1.

Al reemplazar los datos de potencia del motor en la Ecuación 1.1, se obtiene:

$$P_d = P * F_s$$

Donde:

P_d	:	(Hp/kW)	potencia de diseño
P	:	1/0.75 (Hp/kW)	potencia nominal del motor
F_s	:	1.4	factor de servicio

$$P_d = 1.4(HP)/1.05 (kW)$$

Con la velocidad del motor que se encuentra en la Tabla 2.1 y la potencia de diseño, se busca en la Figura 2.1 la sección transversal de la banda.

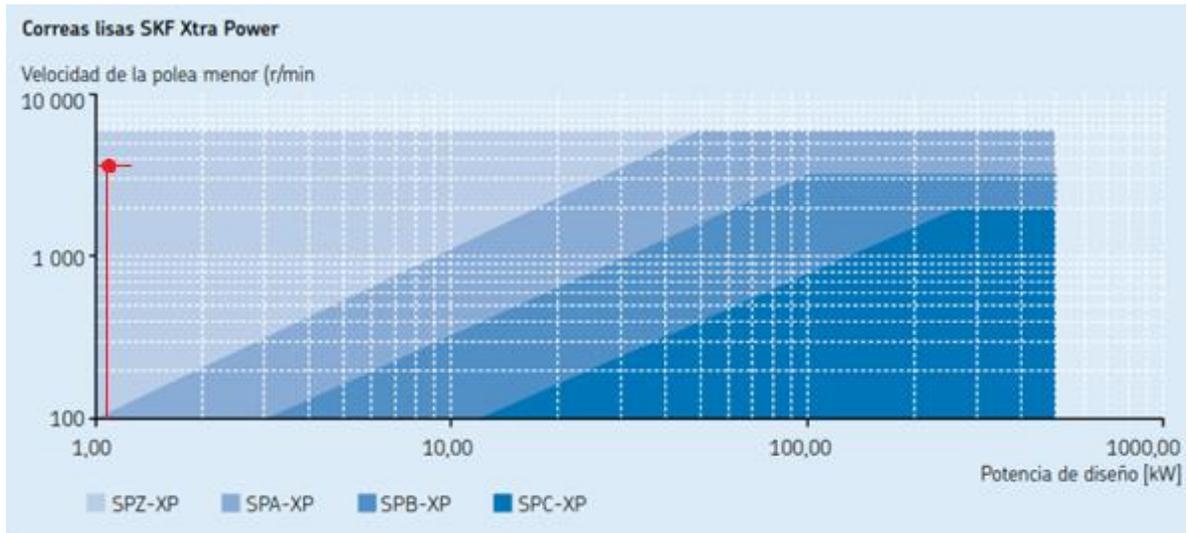


Figura 2.1 Gráfica para selección de sección transversal, [1]

Se determina que la sección de la banda es SPZ-XP.

Con el dato de la sección de la banda se selecciona un tipo de polea del tipo SPZ en el catálogo de SKF [7], en la Figura 2.2 se muestran la polea seleccionada.

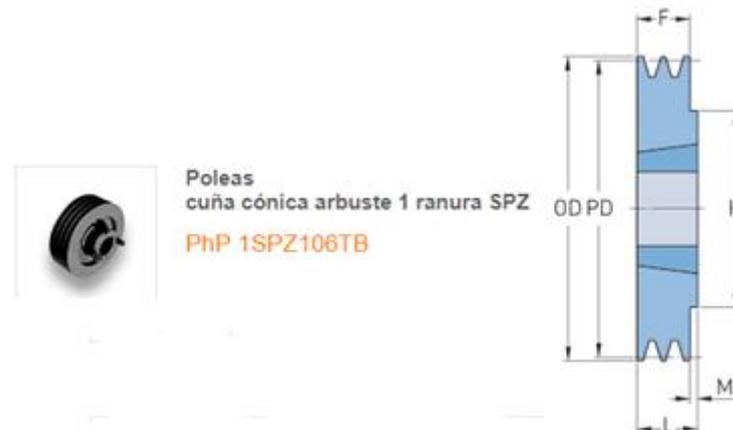


Figura 2.2 Polea seleccionada, [7]

En la Tabla 2.2 se observan las características de la polea escogida.

Tabla 2.2 Características de la polea, [7]

Diámetro de paso (PD)	106 (mm)
Diámetro exterior (OD)	110 (mm)
Tipo de polea	1
Buje n°	1610

Diámetro min.	14 (mm)
Diámetro máx..	42 (mm)
F	16 (mm)
L	25 (mm)
M	9 (mm)
H	80 (mm)

El modelo de la polea escogida es PHP 1SPZ106TB.

Las dos poleas del sistema son del mismo tipo y tienen el mismo diámetro, es decir, que la velocidad transmitida en la polea conductora y conducida será la misma que la velocidad del motor de la Tabla 2.1, y tendrán el mismo diámetro. El diámetro exterior de las poleas y el espacio entre centros se utilizan para calcular la longitud de la banda, el valor del diámetro de las poleas se visualiza en la Tabla 2.2, el valor de la distancia entre centros se define a criterio propio, el valor definido es 425 (mm) para que el motor y el disco estén separados y tener mejor visualización del funcionamiento del banco de pruebas. Se considera el dato de la velocidad transmitida para calcular el ratio de velocidad requerida. Reemplazando los datos en la Ecuación 1.2 se tiene:

$$L_d = 2 * C_{cp} + \frac{\pi}{2} (D + d) + \frac{(D - d)^2}{4 * C_{cp}}$$

Donde:

L_d	:	(mm)	longitud de la banda
C_{cp}	:	425 (mm)	espacio entre centros
D	:	110 (mm)	diámetro de polea menor
d	:	110 (mm)	diámetro de polea mayor

$$L_d = 1\ 195.58 \text{ (mm)}$$

Reemplazando los datos en la Ecuación 1.3 se tiene:

$$I_r = \frac{r / \text{min}(\text{eje más rápido})}{r / \text{min}(\text{eje más lento})}$$

Donde:

I_r : ratio de velocidad requerida

$$I_r = \frac{3\,460 \text{ (RPM)}}{3\,460 \text{ (RPM)}}$$

$$I_r = 1$$

Con el valor del ratio de velocidad requerida, el diámetro de paso de la polea más pequeña y la velocidad del motor, se busca en la Figura 2.3 los valores de la potencia basada en el diámetro de paso de la polea menor y la potencia basada en el ratio de velocidad.

Velocidad del eje más rápido r/min	Potencia nominal por correa para diámetro de paso de polea menor (mm)												Potencia adicional por correa para ratio de velocidad			
	67	71	75	80	85	90	95	100	112	125	132	140	100 to 1.05	1.06 to 1.24	1.25 to 1.59	> 1.59
kW													kW			
100	0.13	0.15	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24	0.25	0.30	0.35	0.37	0.40	0.00	0.01	0.01	0.01
500	0.53	0.60	0.67	0.75	0.83	0.92	1.00	1.08	1.28	1.49	1.61	1.74	0.01	0.04	0.06	0.07
720	0.72	0.82	0.91	1.03	1.15	1.26	1.38	1.50	1.77	2.07	2.23	2.41	0.01	0.05	0.09	0.10
800	0.79	0.89	1.00	1.13	1.26	1.39	1.51	1.64	1.95	2.27	2.45	2.65	0.01	0.06	0.10	0.11
900	0.87	0.99	1.10	1.25	1.39	1.53	1.68	1.82	2.16	2.52	2.72	2.94	0.01	0.07	0.11	0.12
960	0.92	1.04	1.16	1.32	1.47	1.62	1.78	1.93	2.29	2.67	2.88	3.11	0.02	0.07	0.11	0.13
1 000	0.95	1.08	1.21	1.36	1.52	1.68	1.84	2.00	2.37	2.77	2.98	3.23	0.02	0.07	0.12	0.14
1 100	1.03	1.17	1.31	1.48	1.65	1.83	2.00	2.17	2.58	3.01	3.24	3.51	0.02	0.08	0.13	0.15
1 200	1.10	1.25	1.41	1.59	1.78	1.97	2.15	2.34	2.78	3.25	3.50	3.79	0.02	0.09	0.14	0.17
1 300	1.18	1.34	1.50	1.71	1.91	2.11	2.31	2.51	2.98	3.49	3.76	4.06	0.02	0.09	0.15	0.18
1 400	1.25	1.42	1.60	1.82	2.03	2.25	2.46	2.67	3.18	3.72	4.01	4.33	0.02	0.10	0.17	0.19
1 440	1.28	1.46	1.64	1.86	2.08	2.30	2.52	2.74	3.26	3.81	4.10	4.44	0.02	0.10	0.17	0.20
1 500	1.32	1.51	1.69	1.92	2.15	2.38	2.61	2.84	3.37	3.95	4.25	4.60	0.02	0.11	0.18	0.21
1 600	1.39	1.59	1.79	2.03	2.27	2.52	2.76	3.00	3.56	4.17	4.49	4.86	0.03	0.12	0.19	0.22
1 700	1.46	1.67	1.88	2.14	2.39	2.65	2.90	3.15	3.75	4.39	4.73	5.12	0.03	0.12	0.20	0.24
1 800	1.53	1.75	1.97	2.24	2.51	2.78	3.05	3.31	3.94	4.61	4.97	5.37	0.03	0.13	0.21	0.25
1 900	1.59	1.83	2.06	2.34	2.63	2.91	3.19	3.46	4.12	4.83	5.20	5.62	0.03	0.14	0.23	0.26
2 000	1.66	1.90	2.14	2.44	2.74	3.03	3.33	3.62	4.30	5.04	5.43	5.86	0.03	0.15	0.24	0.28
2 100	1.72	1.98	2.23	2.54	2.85	3.16	3.46	3.77	4.48	5.25	5.65	6.10	0.03	0.15	0.25	0.29
2 200	1.79	2.05	2.31	2.64	2.96	3.28	3.60	3.91	4.66	5.45	5.87	6.34	0.04	0.16	0.26	0.30
2 300	1.85	2.12	2.40	2.74	3.07	3.40	3.73	4.06	4.83	5.65	6.08	6.57	0.04	0.17	0.27	0.32
2 400	1.91	2.20	2.48	2.83	3.18	3.52	3.86	4.20	5.00	5.85	6.30	6.80	0.04	0.17	0.29	0.33
2 500	1.97	2.27	2.56	2.92	3.28	3.64	3.99	4.34	5.17	6.04	6.51	7.02	0.04	0.18	0.30	0.35
2 600	2.03	2.34	2.64	3.02	3.39	3.76	4.12	4.48	5.34	6.24	6.71	7.24	0.04	0.19	0.31	0.36
2 700	2.09	2.41	2.72	3.11	3.49	3.87	4.25	4.62	5.50	6.42	6.91	7.46	0.04	0.20	0.32	0.37
2 800	2.15	2.47	2.80	3.20	3.59	3.98	4.37	4.75	5.66	6.61	7.11	7.67	0.05	0.20	0.33	0.39
2 880	2.19	2.53	2.86	3.27	3.67	4.07	4.47	4.86	5.78	6.75	7.26	7.83	0.05	0.21	0.34	0.40
2 900	2.20	2.54	2.87	3.28	3.69	4.09	4.49	4.89	5.81	6.79	7.30	7.87	0.05	0.21	0.34	0.40
3 000	2.26	2.60	2.95	3.37	3.79	4.20	4.61	5.02	5.97	6.96	7.49	8.07	0.05	0.22	0.36	0.42
3 100	2.31	2.67	3.02	3.46	3.89	4.31	4.73	5.15	6.12	7.14	7.67	8.26	0.05	0.23	0.37	0.43
3 200	2.37	2.73	3.09	3.54	3.98	4.42	4.85	5.27	6.27	7.31	7.85	8.45	0.05	0.23	0.38	0.44
3 300	2.42	2.79	3.16	3.62	4.07	4.52	4.96	5.39	6.41	7.47	8.02	8.64	0.05	0.24	0.39	0.46
3 400	2.47	2.86	3.23	3.70	4.17	4.62	5.07	5.52	6.53	7.63	8.19	8.82	0.05	0.25	0.40	0.47
3 500	2.52	2.92	3.30	3.78	4.26	4.72	5.18	5.63	6.69	7.79	8.36	8.99	0.06	0.25	0.42	0.49
3 600	2.57	2.97	3.37	3.86	4.34	4.82	5.29	5.75	6.84	7.94	8.52	9.16	0.06	0.26	0.43	0.50

Figura 2.3 Potencias basadas en varios factores, [1]

Los valores seleccionados son: 6.69 potencia basada en diámetro de paso de la polea menor y 0.06 potencia basada en el ratio de velocidad.

En la Ecuación 1.4 se reemplazan los datos escogidos:

$$P_b = P_{nb} + P_v$$

Donde:

- P_b : (kW) potencia nominal básica de la banda
- P_{nb} : 6.69 (kW) potencia nominal basada en el diámetro de paso de la polea menor
- P_v : 0.06 (kW) potencia nominal basada en el ratio de velocidad

$$P_b = 6.75 \text{ (kW)}$$

Con el valor de potencia nominal básica de la banda se buscan los factores de corrección por arco de contacto y longitud de banda en el catálogo del fabricante [1], calculando un valor más aproximado de la potencia nominal básica de la banda. Para el factor de corrección por arco de contacto, se calcula mediante la Ecuación 2.1, la cual da un valor de 0.00 (mm) ya que los diámetros de las poleas son iguales.

$$\frac{D - d}{CC}$$

Ecuación 2.1 Factor de corrección por arco de contacto

Para el factor de corrección por largo o longitud de la correa se considera la longitud de correa calculada (L_d). Los valores escogidos se encuentran marcados de color rojo como se muestra en la Figura 2.4.

Factor de corrección de arco de contacto C_3			Factor de corrección de longitud de correa C_1					
$\frac{D-d}{CC}^*$	Arco de contacto en polea menor	Factor de corrección de arco de contacto C_3	Long. correa	Factor de corrección (ISO, DIN)				
mm	°	-	mm	SPZ 3V	SPA	SPB 5V	SPC	8V
0,00	180	1,00	400	0,50				
0,05	177	0,99	475	0,65				
0,10	174	0,99	530	0,74				
0,15	171	0,98	630	0,82	0,77			
0,20	169	0,97	710	0,84	0,79			
0,25	166	0,97	900	0,88	0,83	0,76		
0,30	163	0,96	1 000	0,90	0,85	0,78		
0,35	160	0,95	1 120	0,93	0,87	0,80		
0,40	157	0,94	1 250	0,95	0,89	0,82		
0,45	154	0,93	1 400	0,96	0,91	0,84	0,70	
0,50	151	0,93	1 600	1,00	0,93	0,86	0,74	
0,55	148	0,92	1 800	1,01	0,95	0,88	0,77	
0,60	145	0,91	2 000	1,02	0,96	0,90	0,80	0,78
0,65	142	0,90	2 240	1,05	0,98	0,92	0,83	0,80
0,70	139	0,89	2 500	1,07	1,00	0,94	0,86	0,80
0,75	136	0,88	2 800	1,09	1,02	0,96	0,88	0,82
0,80	133	0,87	3 150	1,11	1,04	0,98	0,90	0,84
0,85	130	0,86	3 550	1,13	1,06	1,00	0,92	0,86
0,90	127	0,85	4 000	1,13	1,08	1,02	0,94	0,89
0,95	123	0,83	4 500	1,13	1,09	1,04	0,96	0,91
1,00	120	0,82	5 000		1,09	1,06	0,98	0,94
1,05	117	0,81	5 600		1,09	1,08	1,00	0,96
1,10	113	0,80	6 300			1,10	1,02	0,99
1,15	100	0,78	7 100			1,12	1,04	1,02
1,20	107	0,77	8 000			1,14	1,06	1,04
1,25	104	0,75	9 000			1,14	1,08	1,07
1,30	101	0,73	10 000			1,14	1,10	1,09
1,35	97	0,72	11 200				1,12	1,12
1,40	93	0,70	12 500				1,14	1,15

Figura 2.4 Factores elegidos

En la Ecuación 1.5 se reemplazan los datos:

$$P_r = P_b * C_3 * C_1$$

Donde:

- P_r : (kW) potencia efectiva por banda
 P_b : 6.75 (kW) potencia nominal total básica de la banda
 C_3 : 1 factor de corrección por arco de contacto
 C_1 : 0.93 factor de corrección por longitud de banda

$$P_r = 6.28 \text{ (kW)}$$

Con los valores de potencia efectiva por banda y potencia nominal básica de la banda, se las divide para obtener el número de bandas para el banco de pruebas.

En la Ecuación 1.6 se reemplaza los valores obtenidos:

$$\#Bandas = \frac{P_b}{P_r}$$

Donde:

P_b : 6.75 (kW) potencia nominal total básica de la banda

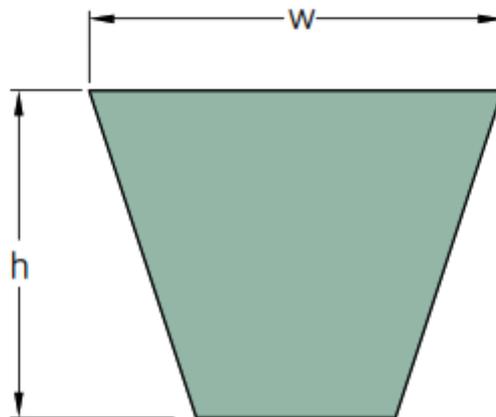
P_r : 6.28 (kW) potencia efectiva por banda

$$\#Bandas = 1.08 \approx 2 \text{ bandas}$$

Se eligen el número de bandas igual a dos porque en caso de utilizar una banda, ésta estaría soportando esfuerzos mayores.

Con todos los datos se busca en el catálogo de bandas de tipo SPZ-XP como se observa en la Figura 2.5, la banda seleccionada está encerrada en un rectángulo de color rojo que tiene el código-nombre PHG SPZ1202XP.

Correas lisas SKF Xtra Power
Sección SPZ-XP | SPA-XP



Sección	Dimensiones			Designación
	Long. del paso	Ancho	Alto	
-	mm	-	-	-
SPZ	1 202	9,7	8	PHG SPZ1202XP
	1 212	9,7	8	PHG SPZ1212XP
	1 237	9,7	8	PHG SPZ1237XP

Figura 2.5 Tipo de banda escogida, [1]

Selección de chumaceras

Para la selección de las dos chumaceras se considera la velocidad transmitida por el sistema polea-banda que es igual a la velocidad del motor, con ese valor se busca en la página de SKF [7] una chumacera que cumpla con las características necesarias para el banco de pruebas. La chumacera escogida tiene el código-nombre P2B 103-SRB-SRH. En la Figura 2.6 se observa la chumacera y en la Tabla 2.3 se observa sus características, la chumacera seleccionada trabaja a una velocidad límite de 5 100 (RPM), más que suficiente para la velocidad transmitida que es de 3 460 (RPM). Los rodamientos son de tipo rodillos a rótula.



P2B 103-SRB-SRH

Figura 2.6 Chumacera seleccionada, [8]

Tabla 2.3 Características de chumacera seleccionada, [8]

CARACTERÍSTICAS		
Nombre	Símbolo	Valores
Carga dinámica	C	73.8 (kN)
Carga estática	C0	81.4 (kN)
Carga límite	Pu	9.12 (kN)
Velocidad máxima de trabajo		5 100 (RPM)
Valor límite	e	0.28
Factor de carga axial	Y1	2.4
Factor de carga axial	Y2	3.6
Factor de carga axial	Y0	2.5
Diámetro medio del rodamiento	dm	59.944 (mm)
Fuerza de fijación axial del mecanismo de fijación	Pa	2.29 (kN)

Diseño del árbol de transmisión

Al realizar el diseño del árbol, se establece el tipo de acero, la mejor opción es el acero SAE 4140 [5], este acero es usado para fabricación de varias herramientas, pero su mayor aplicación es en la construcción de ejes y árboles. Para los diámetros del árbol se consideran las dimensiones de otros elementos del banco. Los dos extremos del árbol tienen un diámetro de 19 (mm) para una buena unión con el diámetro de eje de la polea y el disco de 19 (mm), y el centro del árbol tienen un diámetro de 30 (mm) para una buena unión con el diámetro de eje de las chumaceras de 30.163 (mm).

Diseño del disco

Para el diseño del disco se establece el acero SAE 1020 [5] que es usado en aplicaciones generales, pero destaca por su buena maquinabilidad. Para las dimensiones del disco se considera los diámetros exteriores de las poleas, el disco tiene mayor diámetro que las poleas por lo que se determina un diámetro de disco de 154 (mm), 16 (mm) de ancho y un diámetro de eje de 19 (mm), también en uno de los lados del disco tiene un pequeño cilindro de 30 (mm) de diámetro.

2.2 Elementos que conforman el banco de pruebas

Una vez seleccionados todos los elementos se los dibuja en el software CAD, teniendo en cuenta las dimensiones de los elementos obtenidas en catálogos.

Bandas y poleas

como en el caso de las poleas y bandas. En la Figura 2.7 se muestran las poleas y bandas por defecto escogidas en el software CAD.

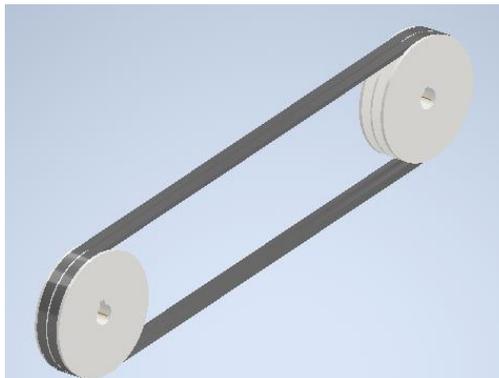


Figura 2.7 Modelo 3D del sistema polea-banda

En la Tabla 2.4 se muestran las modificaciones hechas a las dimensiones de las poleas por defecto, los cambios se los realiza para que tengan similitud con las dimensiones dadas por los catálogos.

Tabla 2.4 Dimensiones por defecto y modificadas de las poleas

Dimensiones por defecto	Dimensiones modificadas
Diámetro exterior 112 (mm)	Diámetro exterior 110 (mm)
Diámetro de paso 108 (mm)	Diámetro de paso 106 (mm)

En el Anexo II se muestran los planos a detalle.

Árbol de transmisión

El árbol de transmisión se diseña en el software CAD. En la Figura 2.8 se observa el árbol de transmisión.



Figura 2.8 Modelo 3D del árbol de transmisión

En el Anexo II se muestran las dimensiones del árbol de transmisión.

Disco

El disco se diseña en el software CAD. En la Figura 2.9 se indica el disco.

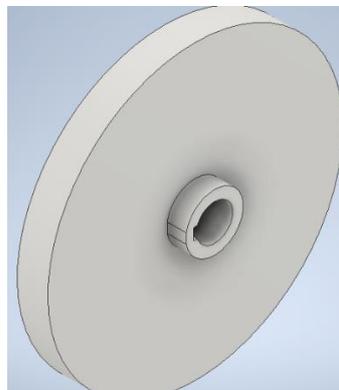


Figura 2.9 Modelo 3D del disco

En el Anexo II se muestran las dimensiones del disco.

Chumaceras y motor

Para los modelos 3D de las chumaceras y el motor se toman los diseños de los fabricantes SKF y Motive, respectivamente.

En la Figura 2.10 se muestra la chumacera.

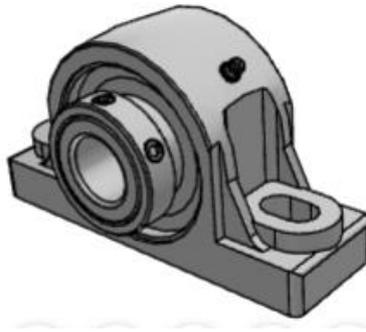


Figura 2.10 Modelo 3D de la chumacera, [8]

En el Anexo II se muestran las dimensiones de la chumacera.

En la Figura 2.11 se visualiza el motor.

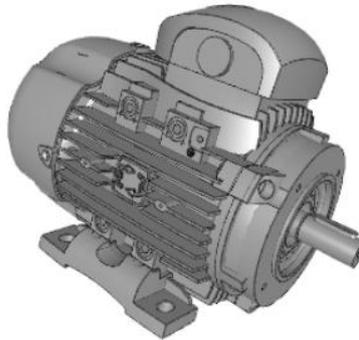


Figura 2.11 Modelo 3D del motor, [9]

En el Anexo II se muestran las dimensiones del motor.

Mesa

Para el dibujo de la mesa, se usa tubos rectangulares de acero de 40x60 (mm) y 2 (mm) de espesor como se ve en la Figura 2.12, los datos del tubo rectangular están en el catálogo de tubos rectangulares de Import Aceros [11].



Figura 2.12 Tubo rectangular, [11]

El tablero es de una plancha de acero como se observa en la Figura 2.13 de medidas 1 220 x 2 440 (mm) y 3 (mm) de espesor del fabricante Dismetal [12].

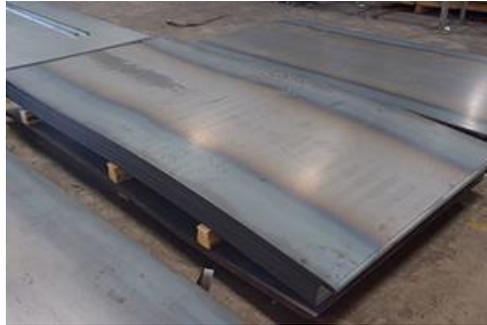


Figura 2.13 Planchas de acero, [12]

En la Figura 2.14 se observa la mesa dibujada.

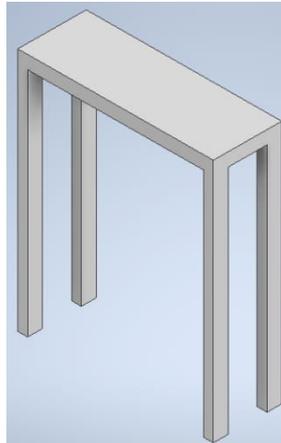


Figura 2.14 Modelo 3D de la mesa

En el Anexo II se muestran las dimensiones de la mesa.

2.3 Integración de los elementos dibujados

El proceso de integración de los elementos se lo realiza en el software CAD, se verifica que al momento de unir los diferentes elementos no se restrinja el movimiento de estos o presenten uniones sin sentido, permitiendo así realizar la simulación de movilidad que va desde el eje del motor al disco. A los elementos integrados se les modificó el color para distinguir un elemento de otro, en la Figura 2.15 se observa a los elementos del banco de pruebas.

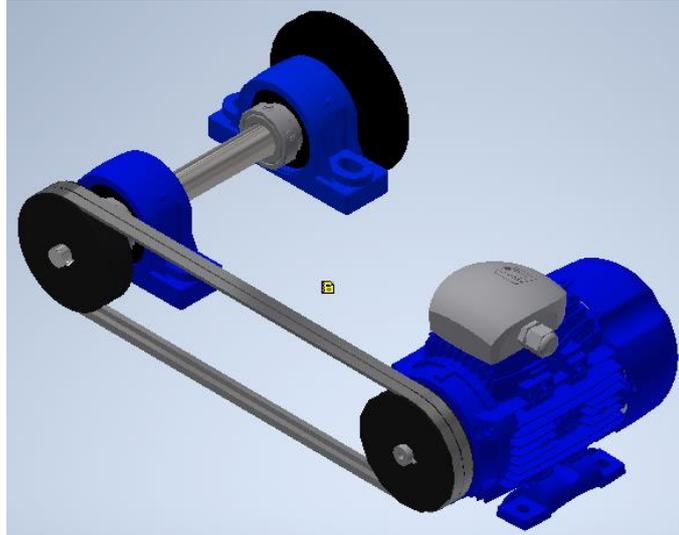


Figura 2.15 Elementos integrados en el Software CAD

Todos los elementos deben sujetarse por medio de diferentes componentes como chavetas o tornillos.

Las poleas se unen al eje del motor y al árbol de transmisión por chavetas. El disco se une al árbol por una chaveta ISO 2491 A 6X4 - 14. En la Figura 2.16 se observa la representación 3D de una chaveta.

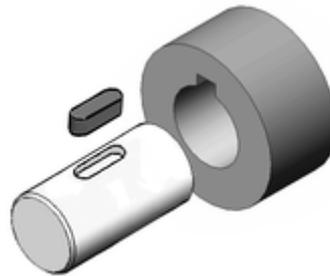


Figura 2.16 Representación 3D de una chaveta, [12]

En el Anexo II se muestran las chavetas en los planos del motor y el árbol.

Cuando las poleas estén en sus respectivo eje o árbol se las ajusta con un buje que se selecciona de los catálogos de SKF [7], y es de número 1610 y su código es PHF TB1610 X 19MM. En la Figura 2.17 se observa el buje escogido.

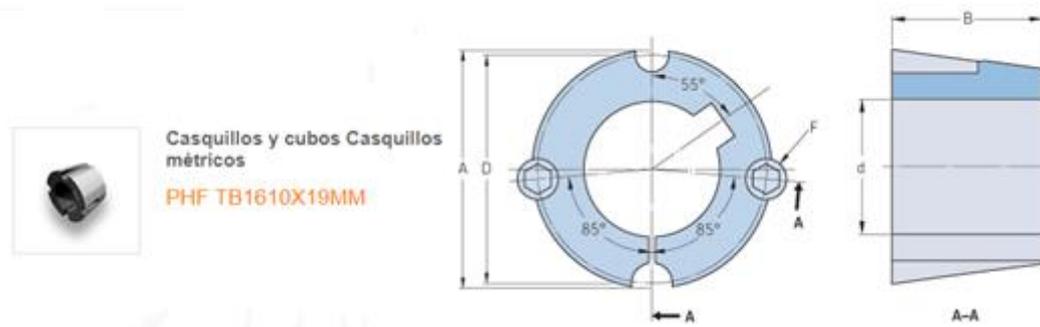


Figura 2.17 Bujes seleccionados, [7]

En la Tabla 2.5 se observan las características del buje.

Tabla 2.5 Características del buje, [7]

Buje N°	TB1610
Diámetro interior (d)	19 (mm)
Ancho de chavetero	6 (mm)
Profundidad de chavetero	2.8 (mm)
B	25.4 mm
A	57.7 (mm)
D	54 (mm)
F	9.525X15.875 (mm)

Los bujes de las poleas no pueden ser añadidos al diseño banco de pruebas ya que las poleas por defecto del software CAD no pueden ser modificadas ni se les puede colocar otros elementos adicionales.

Para la construcción se deberá colocar los bujes para sujetar las poleas al eje del motor y al árbol de transmisión.

El banco de pruebas se coloca encima de la mesa y se lo sujeta con tornillos, arandelas y tuercas; el motor y las chumaceras van sujetos a la mesa por tornillos, en la mesa se realizan los agujeros por donde pasan los tornillos que tienen un diámetro de 14 (mm); el disco se sujeta al árbol por un tornillo sin tuerca y arandela. Los tornillos utilizados son:

- ISO 4014 M14X65 para la sujeción de la chumacera delantera que es la más alejada al disco.

- ISO 4014 M14X110 para la sujeción de la chumacera trasera que es la más cercana al disco.
- ISO 4014 M8X80 para la sujeción delantera del motor que es la más cercana a la polea.
- ISO 4014 M8X40 para la sujeción trasera del motor que es la más alejada a la polea.
- ISO 4017 M4X10 para la sujeción entre el disco y el árbol.

Las tuercas usadas son:

- ISO 7042 M14 para todos los tornillos M14.
- ISO 7042 M8 para todos los tornillos M8.

Las arandelas usadas son:

- ISO 7091 ST14 para todos los tornillos M14.
- ISO 7091 ST8 para los tornillos M8.

En la Figura 2.18 se muestra los ajustes hechos con tornillos en una chumacera.

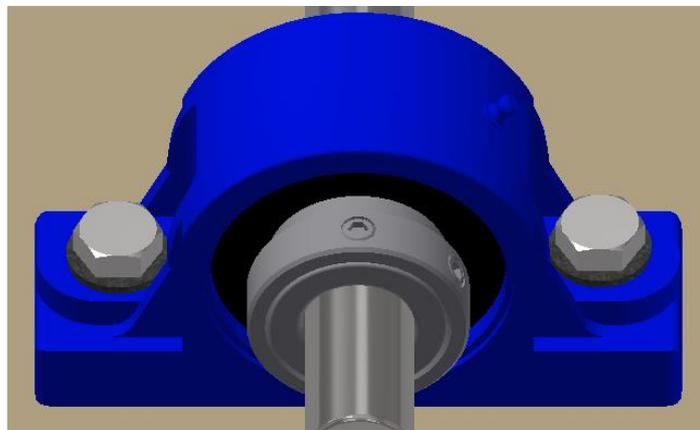


Figura 2.18 Tornillos en chumacera

En la Figura 2.19 se muestra los ajustes hechos con tornillos en el motor.

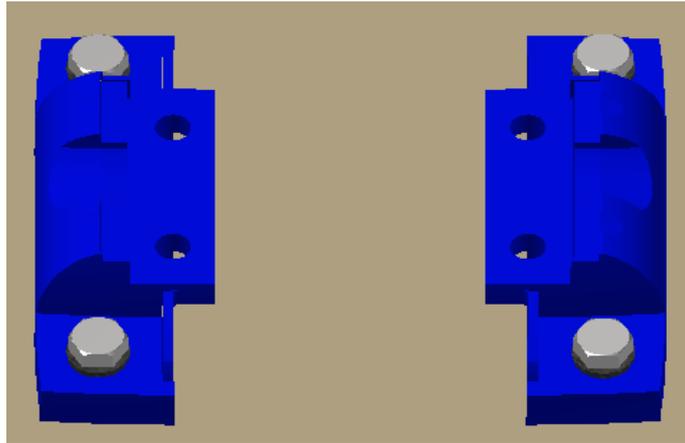


Figura 2.19 Tornillos en motor

En el disco se realiza un agujero para que ingrese el tornillo, el agujero debe tener 8 (mm) de diámetro y se hace una rosca para un tornillo M4. En la Figura 2.20 se muestra el agujero y rosca hechos en el disco.

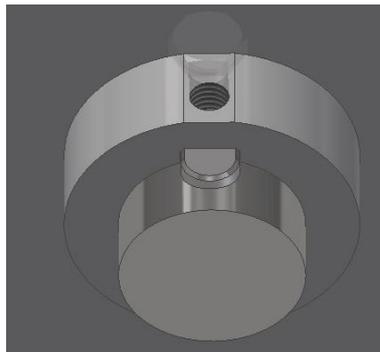


Figura 2.20 Tornillo en el disco

En la Figura 2.21 se observa el ajuste hecho con un tornillo en el disco.

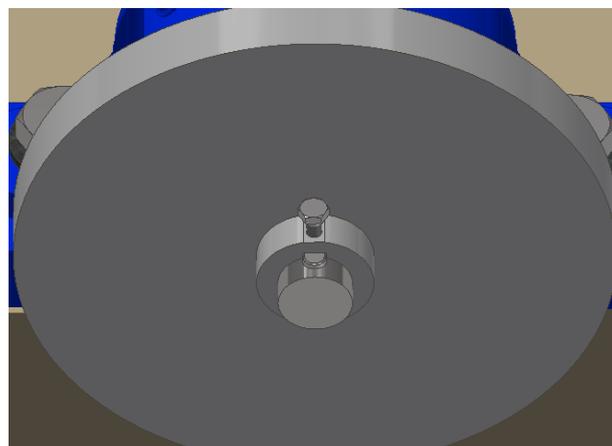


Figura 2.21 Tornillo en el disco

Los rodamientos de las chumaceras se ajustan al árbol de transmisión por tornillos, en la Figura 2.22 se muestran los tornillos.

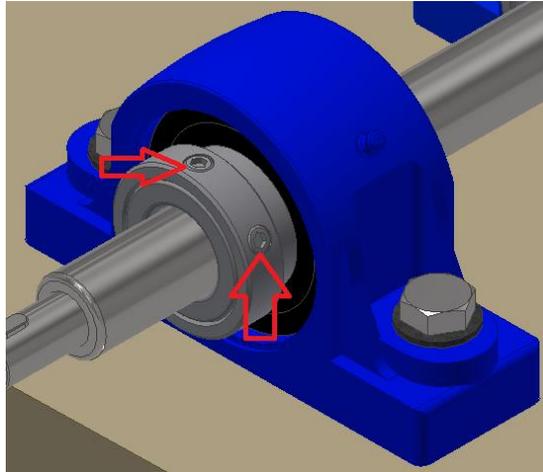


Figura 2.22 Tornillo en el disco

Todos los agujeros realizados no se muestran en ninguno de los planos del Anexo II debido a que la opción para realizar agujeros para tornillos está disponible sólo para los archivos de ensamblaje y no para piezas individuales, por consecuencia estos agujeros no se pueden mostrar en planos de elementos individuales.

3 RESULTADOS

Por medio de cálculos y criterios de selección, se diseñó un banco de pruebas motor banda – disco que se coloca en una mesa que soporta el peso de todos los elementos.

3.1 Resultados del análisis estático de la mesa

En el software CAD utilizado, se hace un estudio estructural para precisar las deformaciones de la mesa al cargar con el peso del banco de pruebas como se observa en la Figura 3.1. Además, en la Tabla 3.1 se muestra el resumen del estudio o análisis realizado.

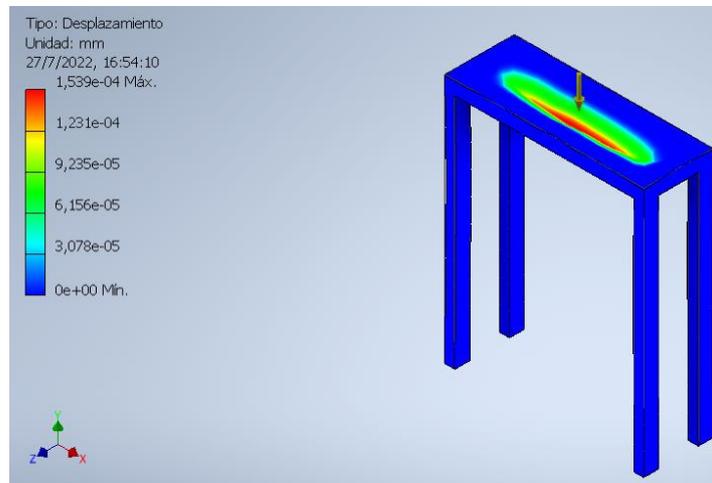


Figura 3.1 Análisis estructural de la mesa en Inventor (vista superior)

Tabla 3.1 Resultados de análisis estático de la mesa

Título	Mínimo	Máximo
Volumen	16 928 000 (mm ³)	
Masa	132,885 (kg)	
Tensión de Von Mises	0,0000178035 (MPa)	0,134789 (MPa)
1era Tensión principal	-0,0801114 (MPa)	0,144316 (MPa)
3era Tensión principal	-0,198834 (MPa)	0,0751195 (MPa)
Desplazamiento	0 (mm)	0,000153912 (mm)
Coefficiente de seguridad	15 (su)	15 (su)
Tensión XX	-0,0807025 (MPa)	0,0760036 (MPa)
Tensión XY	-0,0358143 (MPa)	0,0353625 (MPa)
Tensión XZ	-0,019082 (MPa)	0,0171557 (MPa)

Tensión YY	-0,142373 (MPa)	0,121165 (MPa)
Tensión YZ	-0,0644212 (MPa)	0,0647673 (MPa)
Tensión ZZ	-0,141824 (MPa)	0,134155 (MPa)
Desplazamiento X	-0,00000828105 (mm)	0,00000987327 (mm)
Desplazamiento Y	-0,000153908 (mm)	0,00000342273 (mm)
Desplazamiento Z	-0,0000236422 (mm)	0,0000242039 (mm)
Deformación equivalente	0,000000000783995 (su)	0,000000634917 (su)
1era deformación principal	-0,0000000218852 (su)	0,000000459497 (su)
3era deformación principal	-0,000000755949 (su)	0,000000051081 (su)
Deformación XX	-0,000000131092 (su)	0,000000109848 (su)
Deformación XY	-0,000000231002 (su)	0,000000228088 (su)
Deformación XZ	-0,000000123079 (su)	0,000000110655 (su)
Deformación YY	-0,00000051134 (su)	0,00000030538 (su)
Deformación YZ	-0,000000415517 (su)	0,000000417749 (su)
Deformación ZZ	-0,000000502888 (su)	0,000000425439 (su)

En la Figura 3.2 se muestra los puntos críticos de desplazamiento de la mesa, a pesar de ello el desplazamiento sigue siendo mínimo como se muestra en la Tabla 3.1, dado que la mesa no deberá soportar fuerzas tan grandes como en la simulación, se determina que el diseño de la mesa es el más adecuado para el banco de pruebas.

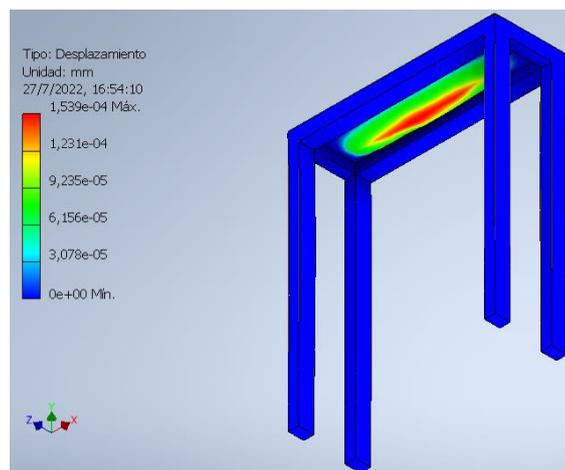


Figura 3.2 Análisis estructural de la mesa en Inventor (vista inferior)

Una vez realizados los análisis estáticos de la mesa, se unen todos estos elementos para visualizar el resultado final del diseño realizado se muestra en la Figura 3.3.

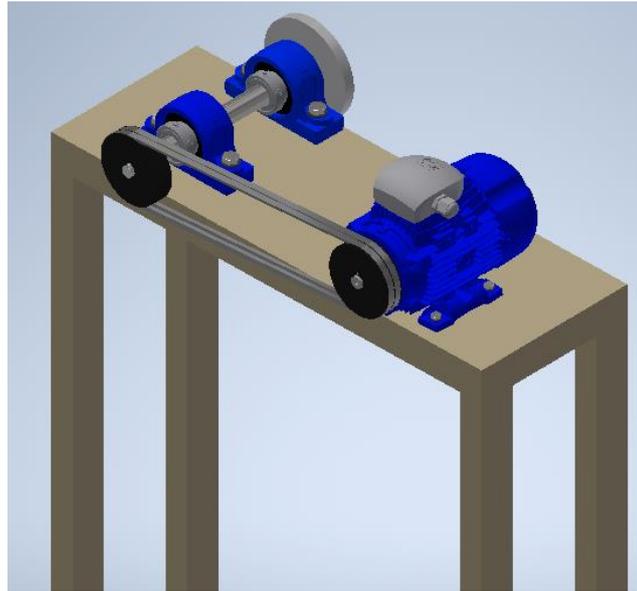


Figura 3.3 Diseño 3D del banco de pruebas terminado

3.2 Pruebas y análisis de resultados

Prueba de movimiento

La prueba de movimiento es la parte final del diseño del banco de pruebas, al simular el movimiento del banco se concluye que el diseño es correcto y las dimensiones de los elementos seleccionados son los adecuados. Se visualiza esta prueba escaneando el código QR de la Figura 3.4 o siguiendo el enlace que está en la parte inferior de éste.



Figura 3.4 Diseño 3D del banco de pruebas terminado

Enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=yH3IY96O11M>

4 CONCLUSIONES

- Al seleccionar todos los elementos se tiene que los requerimientos del banco de pruebas son:
 1. Las poleas conductora y conducida tienen un diámetro externo de 110 (mm), un diámetro de paso de 106 (mm), un espacio entre centros de 425 (mm) y tienen los canales para colocar dos bandas.
 2. Las dos bandas tienen un largo de 1 202 (mm), una altura de 8 (mm) y 9.7 (mm).
 3. Las dos chumaceras tienen un diámetro de rodamiento de 59.94 (mm), velocidad límite de 5 100 (RPM) y los rodamientos son de tipo rodillos a rótula.
 4. El árbol de transmisión tiene de largo 370 (mm), en su parte más ancha el diámetro del árbol es de 30 (mm) y en su parte más angosta el diámetro del árbol es de 19 (mm).
 5. El disco tiene un diámetro de 154 (mm) y 16 (mm) de ancho.
- Los requerimientos de la mesa para el banco de pruebas son:
 1. Altura de la mesa 1 015 (mm).
 2. Dimensiones del tablero 800X200 (mm).
- Los elementos que se dibujaron en el software CAD son: árbol de transmisión, disco, poleas, bandas y mesa.
- Los diseños 3D de los elementos que fueron descargados de las páginas de los fabricantes son: diseño de chumaceras y diseño del motor.
- Las piezas usadas en la sujeción de los elementos del banco de pruebas son:
 1. Buje N° 1610 de 57 (mm) de diámetro y diámetro interior de 19 (mm).
 2. Tornillos ISO 4014 M14X65, ISO 4014 M14X110, ISO 4014 M8X80, ISO 4014 M8X40 e ISO 4017 M4X10.
 3. Tuercas ISO 7042 M14 e ISO 7042 M8,

4. Arandelas ISO 7091 ST14 e ISO 7091 ST8.

- En el análisis estático realizado en la mesa se observó que al aplicar una fuerza de 1500 (N) sobre la mesa se tiene un desplazamiento máximo de 0,00000342273 (mm) lo que indica que la mesa sufrirá una deformación muy pequeña y el diseño de la mesa es el adecuado para el banco de pruebas.

5 RECOMENDACIONES

- Antes de empezar algún diseño mecánico en un software CAD se sugiere consultar si los elementos que se desean usar tienen sus modelos 3D descargables en internet o en los catálogos de los fabricantes, esto ayuda mucho al momento de diseñar y ahorra tiempo.
- Al diseñar en Autodesk Inventor es recomendable utilizar los elementos por defecto del software como bandas, poleas, tornillos, rodamientos, tuercas, etc., ya que es una manera más eficiente de integrar esos elementos a nuestro diseño sin necesidad de tener que dibujar y unir dichos elementos.
- Si se desea implementar el banco de pruebas motor banda – disco es necesario investigar los precios de los elementos ya que al ser componentes de SKF pueden ser demasiado costosos y afectar el presupuesto que se tenga para implementar el banco de pruebas.
- Es necesario que la mesa, el árbol de transmisión y el disco sean maquinados y fabricados por algún profesional, a pesar de tener todas las dimensiones de estos elementos y los materiales con los que se fabrican hay que tener en cuenta que así se tenga conocimientos en soldadura o maquinado no se puede realizar el mismo trabajo que un profesional y algún fallo en el maquinado de estos elementos podría causar fallos en el banco de pruebas.
- En caso de implementar el banco de pruebas se debe verificar que la sujeción sea correcta, caso contrario podrían existir vibraciones no deseadas en el banco de pruebas.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SKF, «SKF Xtra Power Belts,» mayo 2021. [En línea]. Available: https://www.skf.com/binaries/pub12/Images/0901d19680c966a9-10552_5-EN---Catalogue-XP2-Belts_tcm_12-581517.pdf#cid-581517. [Último acceso: 20 junio 2022].
- [2] M. T. Bua, «xunta de galicia,» 30 abril 2014. [En línea]. Available: https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947673/contido/42_sistemas_de_polea_y_correa.html. [Último acceso: 20 junio 2022].
- [3] I. A. J. Gutiérrez, «Google sites,» 2010. [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/358maquinas/transmision-por-correas-y-poleas>. [Último acceso: 20 junio 2022].
- [4] Brr, «Refacciones industriales Brr,» 2021. [En línea]. Available: <https://brr.mx/chumaceras/>. [Último acceso: 20 junio 2022].
- [5] J. G. L. Pico, «slideshare,» 18 agosto 2017. [En línea]. Available: https://es.slideshare.net/ClementeGarcia4/ejesy-arboles-manual-de-diseo-uis?from_action=save. [Último acceso: 20 junio 2022].
- [6] J. D. C. DUEÑAS, «IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA UN BANCO DE PRUEBAS: MOTOR BANDA – DISCO PARA EL LTI-ESFOT,» Quito, 2022.
- [7] SKF, «SKF,» [En línea]. Available: <https://www.skf.com/co>. [Último acceso: 20 junio 2022].
- [8] SKF, «SKF mounted-bearings,» [En línea]. Available: <https://www.skf.com/co/products/mounted-bearings/roller-bearing-units/pillow-block-units/productid-P2B%20103-SRB-SRH>. [Último acceso: 26 junio 2022].
- [9] Motive, «Trace parts,» [En línea]. Available: <https://www.traceparts.com/es/product/motive-srl-delphi?Product=10-05062014-116671&PartNumber=80>. [Último acceso: 27 junio 2022].

- [10] I. Aceros. [En línea]. Available: <https://www.importaceros.com/wp-content/uploads/2021/01/importaceros-tubo-rectangular-estructural-grandes-dimensiones.pdf>. [Último acceso: 27 junio 2022].
- [11] Dismetel. [En línea]. Available: <https://dismetel.ec/productos/planchas/laminadas-en-caliente/1220-x-2440>. [Último acceso: 27 junio 2022].
- [12] BirtLH, BirtLH, [En línea]. Available: https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/PPFM/IG/IG03/es_PPFM_IG03_Contenidos/webseite_12_representacin_de_chaveteros.html. [Último acceso: 26 julio 2022].
- [13] Disensa. [En línea]. Available: <https://disensa.com.ec/producto/tubo-estructural-negro-cuadrado-20-x-20-x-1-5-mm-ipac/>. [Último acceso: 27 junio 2022].

7 ANEXOS

ANEXO I. Certificado de originalidad

ANEXO II. Planos de elementos del banco de pruebas

ANEXO I CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

Quito, D.M. 12 de septiembre de 2022

De mi consideración:

Yo, CATALINA ELIZABETH ARMAS FREIRE, en calidad de Director del Trabajo de Integración Curricular titulado DISEÑO MECÁNICO DE UN BANCO DE PRUEBAS asociado al DISEÑO MECÁNICO DE UN BANCO DE PRUEBAS UTILIZANDO UN SOFTWARE CAD: MOTOR BANDA – DISCO elaborado por el estudiante KEVIN VLADIMIR IGUAGO SILVA de la carrera en TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTROMECAÁNICA, certifico que he solicitado a la Biblioteca General el informe para la revisión de originalidad del documento escrito completo, producto del Trabajo de Integración Curricular indicado.

El documento escrito tiene un índice de similitud de 11%.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, pudiendo el interesado hacer uso del presente documento para los trámites de titulación.

NOTA: Se adjunta el informe generado por la herramienta Turnitin.

Atentamente,

Elizabeth Armas Freire
Profesor Ocasional a Tiempo Completo
ESFOT

Documentolguago

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante	4 %
2	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	2 %
3	es.slideshare.net Fuente de Internet	1 %
4	nanopdf.com Fuente de Internet	1 %
5	bibdigital.epn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
6	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
7	Submitted to Escuela Superior Politécnica del Litoral Trabajo del estudiante	<1 %
8	repositorio.utn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
9	www.2gobbi.it Fuente de Internet	

ANEXO II PLANOS DE PIEZAS DEL BANCO DE PRUEBAS

ÍNDICE

Dibujo N° 1: Motor

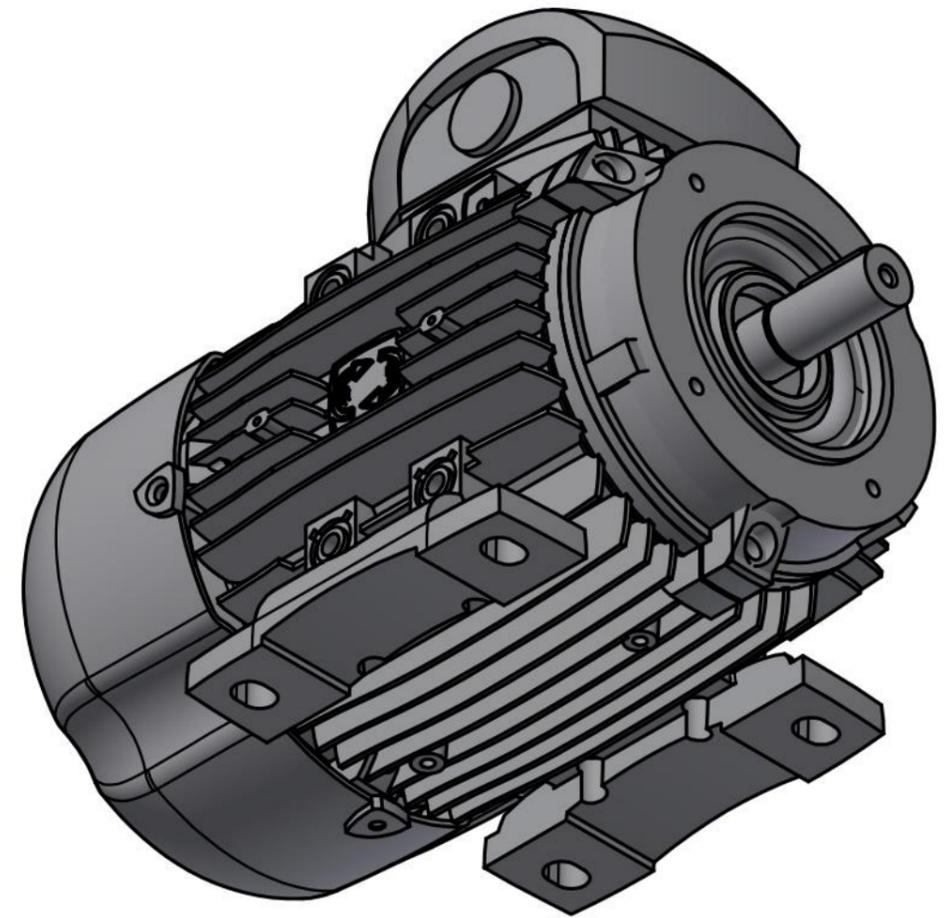
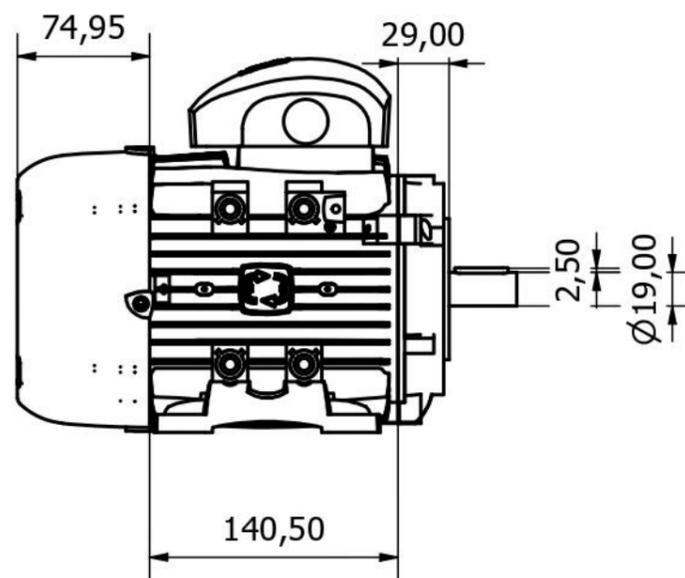
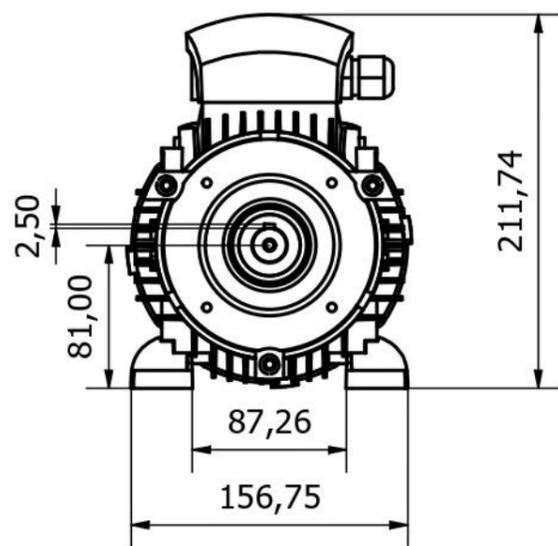
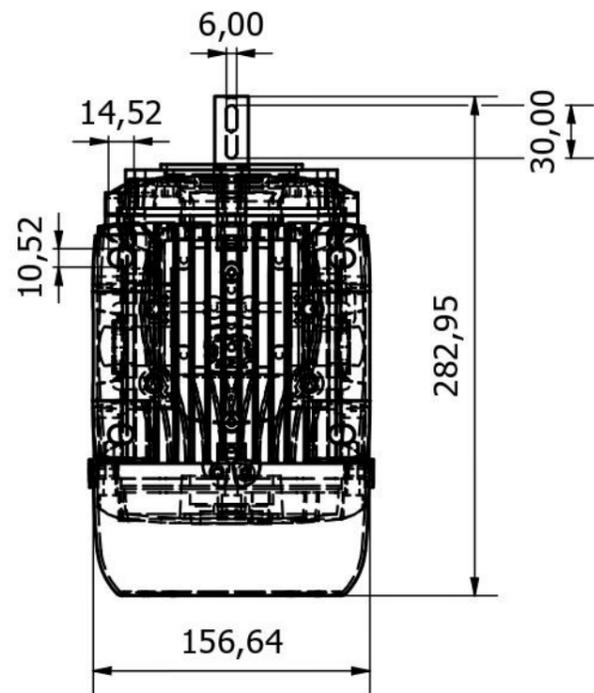
Dibujo N° 2: Mesa

Dibujo N° 3: Polea-banda y Disco

Dibujo N° 4: Chumacera

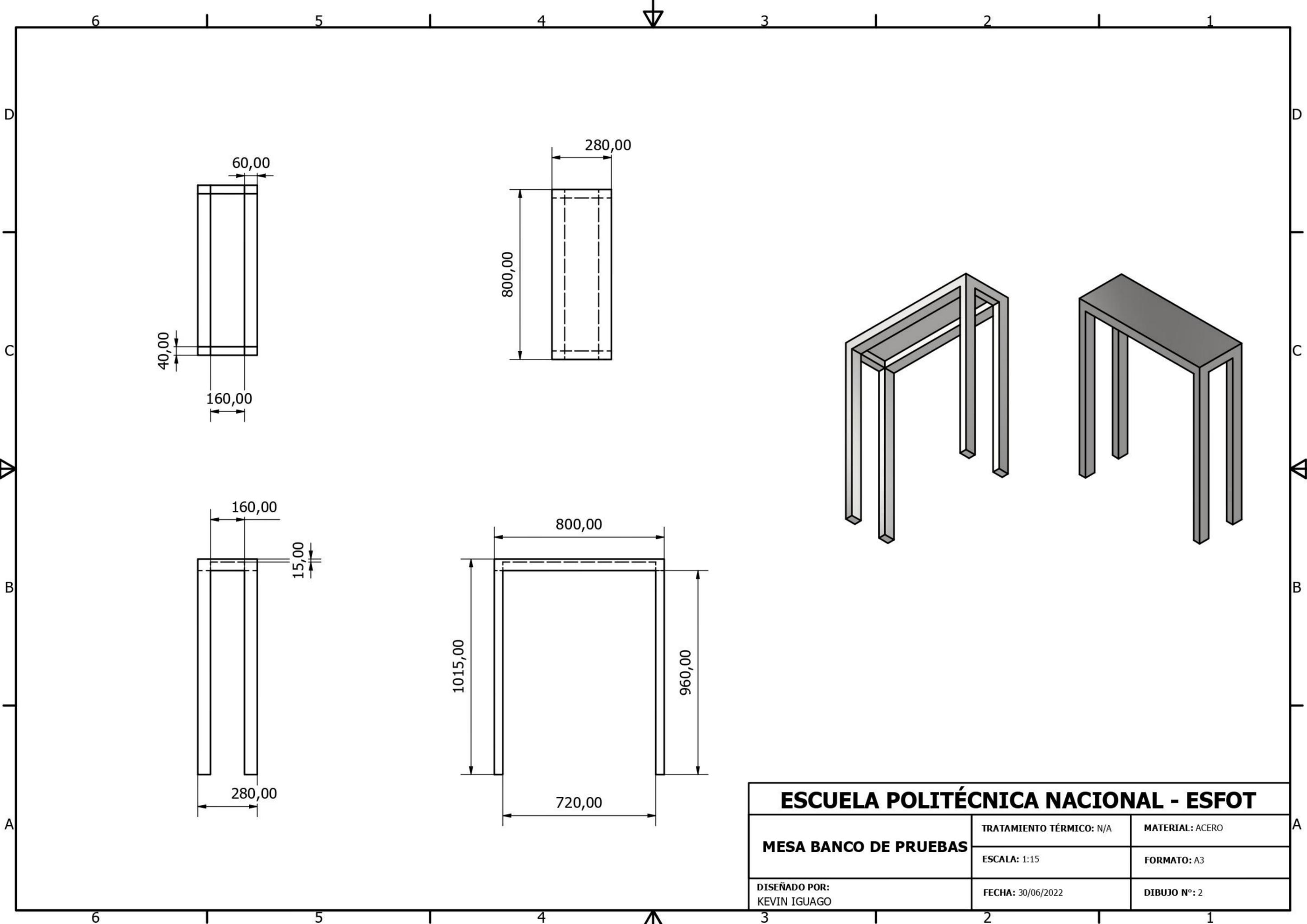
Dibujo N° 5: Árbol de transmisión

Dibujo N° 6: Banco de pruebas

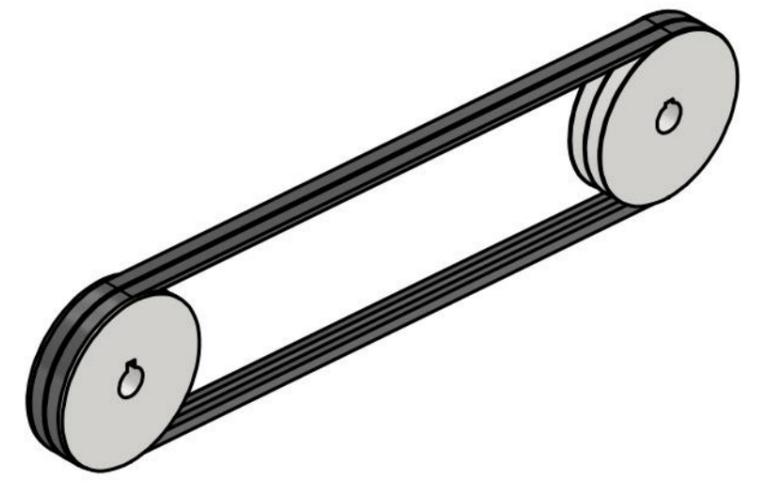
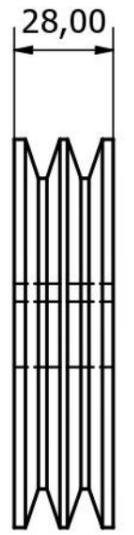
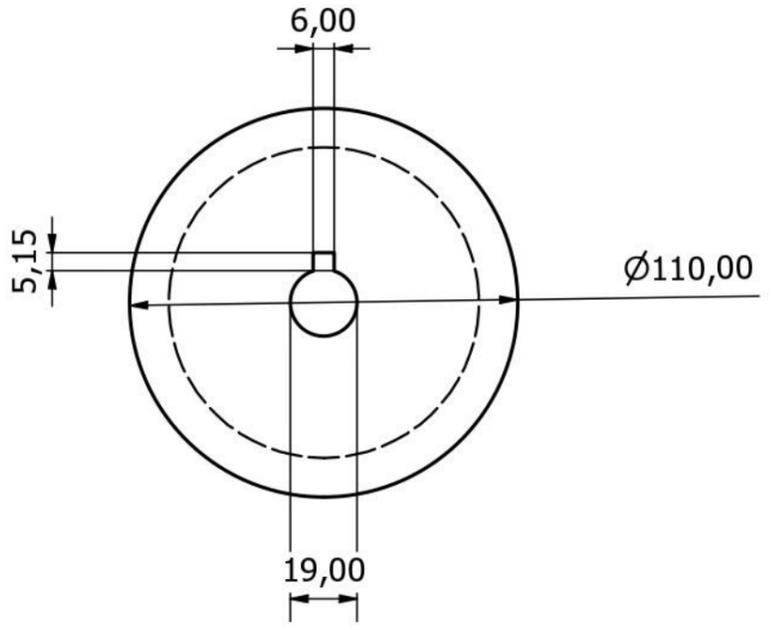


ESCALA 1:2

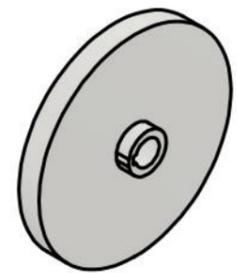
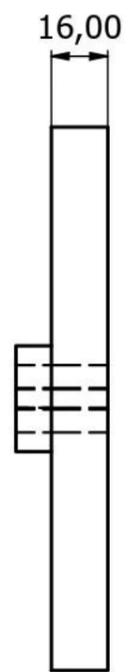
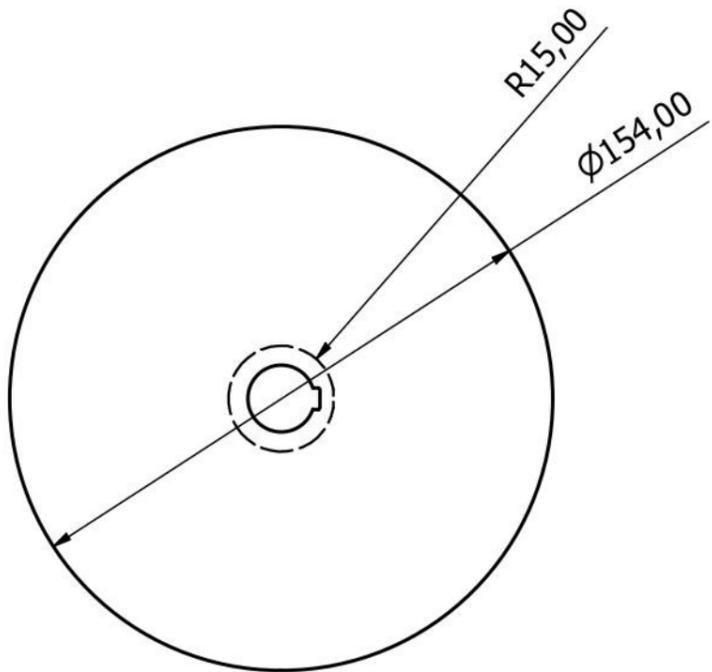
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT		
MOTOR MOTIVE TRIFÁSICO	TRATAMIENTO TÉRMICO: N/A	MATERIAL: N/A
	ESCALA: 1:4	FORMATO: A3
DISEÑADO POR: KEVIN IGUAGO	FECHA: 30/06/2022	DIBUJO N°: 1



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT		
MESA BANCO DE PRUEBAS	TRATAMIENTO TÉRMICO: N/A	MATERIAL: ACERO
	ESCALA: 1:15	FORMATO: A3
DISEÑADO POR: KEVIN IGUAGO	FECHA: 30/06/2022	DIBUJO Nº: 2

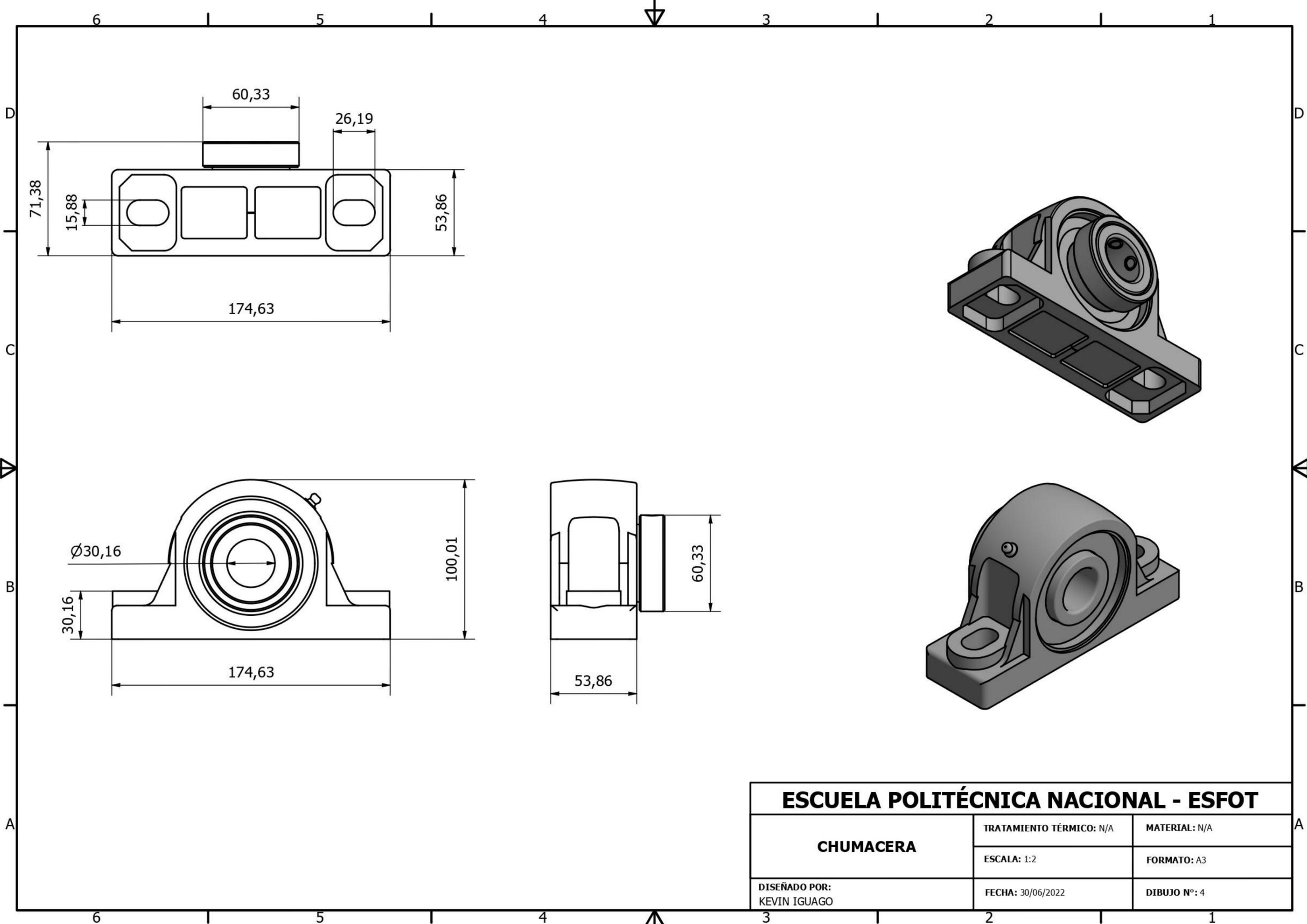


ESCALA 1:4

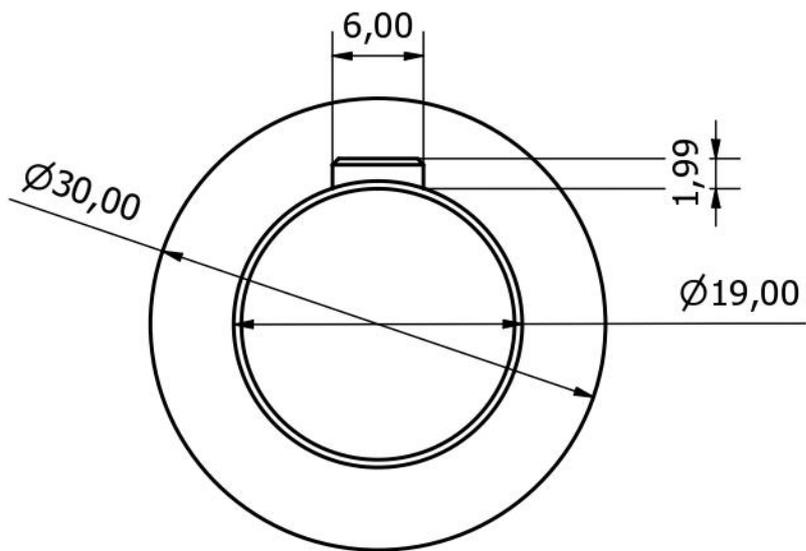


ESCALA 1:4

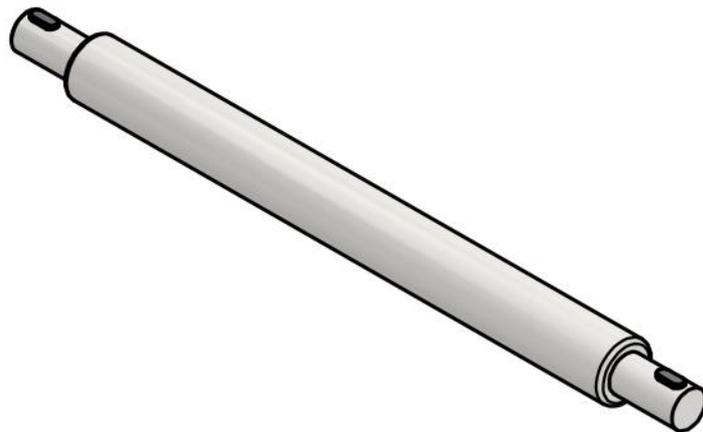
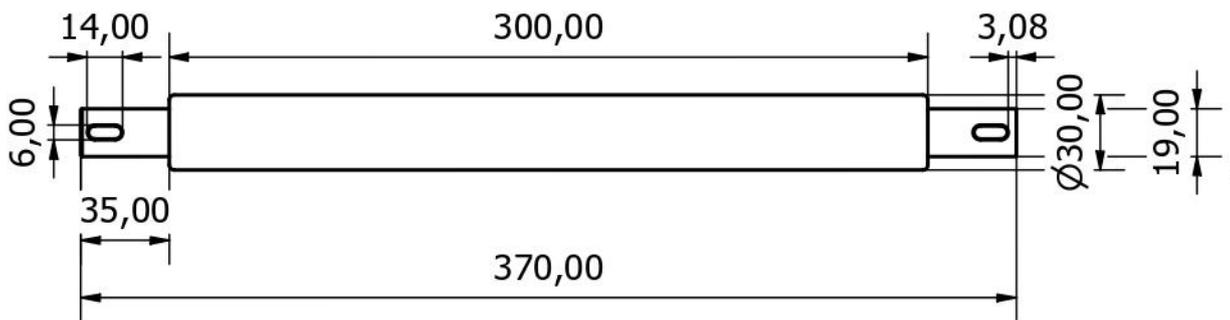
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT		
POLEAS - BANDAS Y DISCO	TRATAMIENTO TÉRMICO: N/A	MATERIAL: N/A
	ESCALA: 1:2	FORMATO: A3
DISEÑADO POR: KEVIN IGUAGO	FECHA: 30/06/2022	DIBUJO N°: 3



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT		
CHUMACERA	TRATAMIENTO TÉRMICO: N/A	MATERIAL: N/A
	ESCALA: 1:2	FORMATO: A3
DISEÑADO POR: KEVIN IGUAGO	FECHA: 30/06/2022	DIBUJO N°: 4

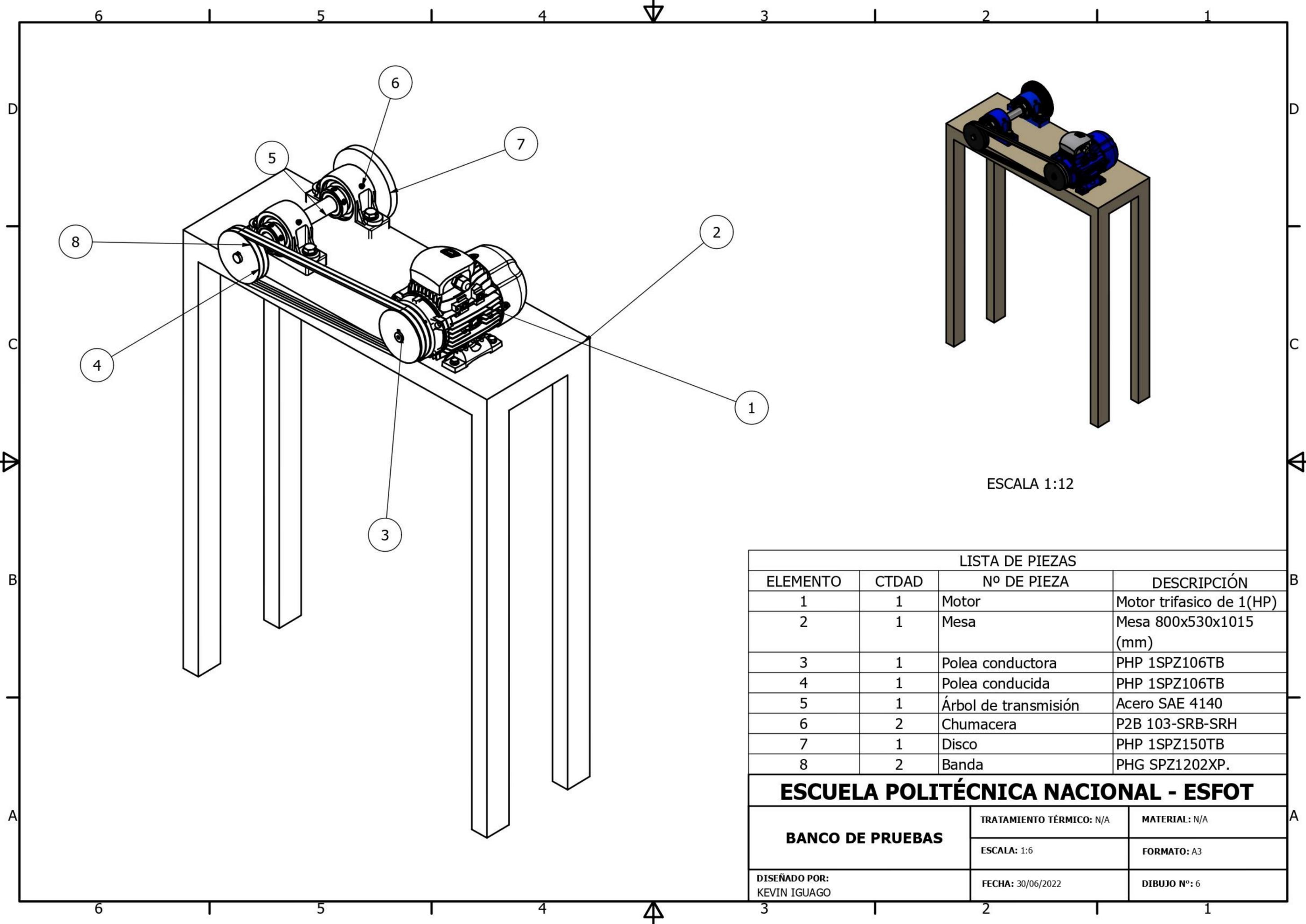


ESCALA 2:1



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT

ÁRBOL DE TRANSMISIÓN	TRATAMIENTO TÉRMICO: N/A	MATERIAL: ACERO SAE 4140
	ESCALA: 1:3	FORMATO: A4
DISEÑADO POR: KEVIN IGUAGO	FECHA: 30/06/2022	DIBUJO N°: 5



ESCALA 1:12

LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Motor	Motor trifasico de 1(HP)
2	1	Mesa	Mesa 800x530x1015 (mm)
3	1	Polea conductora	PHP 1SPZ106TB
4	1	Polea conducida	PHP 1SPZ106TB
5	1	Árbol de transmisión	Acero SAE 4140
6	2	Chumacera	P2B 103-SRB-SRH
7	1	Disco	PHP 1SPZ150TB
8	2	Banda	PHG SPZ1202XP.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT		
BANCO DE PRUEBAS	TRATAMIENTO TÉRMICO: N/A	MATERIAL: N/A
	ESCALA: 1:6	FORMATO: A3
DISEÑADO POR: KEVIN IGUAGO	FECHA: 30/06/2022	DIBUJO Nº: 6