

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO
ELECTROMECAÁNICO**

**Presentado por:
JOSE EDWIN TORRES CARVAJAL**

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Electromecánico

**UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
NEIVA
2016**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO
ELECTROMECAÁNICO**

**Presentado por:
JOSE EDWIN TORRES CARVAJAL.
CÓDIGO: 21131215497**

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Electromecánico

**Director
DANIEL RICARDO DELGADO, PhD**

**UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
NEIVA
2016**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente

Jurado 1

Jurado 2

DEDICATORIA

El presente proyecto es el resultado las fuerzas dadas por Dios Todopoderoso para superar cada uno de los diferentes retos a lo largo de la carrera. Dedico esta obra exclusivamente a Dios Todopoderoso, en el nombre de Jesucristo, ya que ha sido ÉL quien ha puesto las personas, los recursos, los ánimos y las circunstancias para para que este logro fuera posible.

AGRADECIMIENTOS

Sinceros agradecimientos a la Universidad Antonio Nariño, a las directivas, y a los ingenieros que con sus orientaciones apoyaron la cualificación del presente documento.

CONTENIDO

1. TITULO.....	9
2. RESUMEN.....	10
3. ABSTRACT.....	11
4. INTRODUCCIÓN.....	12
5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
6. JUSTIFICACIÓN.....	14
6.1 Hipótesis.....	14
7. OBJETIVOS.....	15
7.1 Objetivo general.....	15
7.2 Objetivos específicos.....	15
8. MARCO TEÓRICO.....	16
8.1 Bases teóricas.....	16
8.1.1 Banco didáctico electromecánico para prácticas de electricidad y mecánica.....	16
8.1.2 Definición de electricidad.....	16
8.1.3 Variador de frecuencia.....	16
8.1.4 Motor de inducción trifásico.....	17
8.1.5 Embrague electromagnético.....	19
8.1.6 Caja de cambios.....	19
8.1.7 Tablero de instrumentos e indicador de fallas.....	20
8.1.8 Tacómetro digital.....	20
8.1.9 Relé Electromecánico.....	20
8.1.10 Interruptor termomagnético.....	21
8.1.11 Pirómetro con controlador ON-OFF.....	22
8.1.12 Sensores de proximidad inductivos.....	23
8.1.13 Transmisión de poleas.....	25
8.1.14 Potencia eléctrica.....	26
8.2 Estado del Arte.....	28
8.3 Contexto local que recibe el impacto de la investigación.....	29

8.3.1 Variador de frecuencia.....	30
8.3.2 Motor de inducción trifásico Siemens	30
8.3.3 Embrague electromagnético.....	30
8.3.4 Relevos eléctricos	30
8.3.5 Tacómetro digital con sensor inductivo.....	31
8.3.5 Controlador de temperatura Digital (Pirómetro)	31
8.3.6 Fuente de poder de 110 V a 12 V por 20 Amp.....	31
8.3.7 Voltímetros y amperímetro.....	32
8.3.8 Caja de Cambio manual.....	32
8.3.7 Acero estructural.....	32
9. ALCANCE.....	33
10. METODOLOGÍA	34
10. 1 Objetivo específico 1:.....	34
10.1.1 Fase 1:	34
10.1.2 Fase 2:	40
10.2 Objetivo específico 2:.....	52
10.2.1 Fase 1:	52
10.2.2 Fase 2:	54
10.2.3 Fase 3:	55
10.2.4 Fase 4:	60
10.3 Objetivo específico 3:.....	65
10.3.1 Fase 1:	65
10.3.2 Análisis de los resultados de las pruebas.	71
10.4. Objetivo específico 4:.....	78
10.4.1 Fase 1:	79
11. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	80
12. BIBLIOGRAFÍA	81
13. RECURSOS FÍSICOS	84
14.1 Recursos adquiridos	84
14. PRESUPUESTO.....	86
15. RESULTADOS Y CONCLUSIONES	87

15.1 Recomendaciones	87
ANEXO 1. VISTA PRELIMINAR DEL MONTAJE	88
ANEXO 2. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL BANCO DIDÁCTICO ELECTROMECAÁNICO.	89
ANEXO 3. PLANO DE ACOUPLE TIPO ARAÑA PARTE MOTOR ELÉCTRICO.	93
ANEXO 4. PLANO DE ACOUPLE TIPO ARAÑA PARTE EMBRAGUE ELECTROMAGNÉTICO.....	94
ANEXO 5. PLANO DE CAJA DE CONEXIONES ELÉCTRICAS.	95
ANEXO 6. PLANO DE CAJA DE INTERRUPTORES.....	96
ANEXO 7. PLANO DE SOPORTE DE INTERRUPTORES.	97
ANEXO 8. PLANO DE TABLERO DE INSTRUMENTOS Y DE INDICADORES DE FALLAS.....	98
ANEXO 9. PLANO DE EJE DE EMBRAGUE ELECTROMAGNÉTICO MODIFICADO.	99
ANEXO 10. PLANO DE EMBRAGUE ELECTROMAGNÉTICO CON EJE MODIFICADO.	100
ANEXO 11. PLANO DE SOPORTE.	101
ANEXO 12. ESQUEMAS ELÉCTRICOS	103
ANEXO 13. TABLA: COMPARACIÓN DE EQUIVALENCIAS DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS	106
ANEXO 14. TABLA DE INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN DE LOS CALIBRES DE LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS.....	107
ANEXO 15. TABLA DE RESISTENCIA Y REACTANCIA INDUCTIVA DE LOS CONDUCTORES, EN CORRIENTE ALTERNA	108
ANEXO 16. MANUAL DE VARIADOR DE FRECUENCIAS.	109

1. TITULO.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO
ELECTROMECAÁNICO.

2. RESUMEN.

El presente trabajo de grado consiste en un diseño y construcción de un Banco Didáctico Electromecánico, el cual permite realizar clases teórico-prácticas en diferentes asignaturas de las carreras de Ingeniería Electromecánica y tecnología Electromecánica.

El equipo cuenta con diferentes dispositivos, entre los cuales se destaca un variador de frecuencia, el cual controla un motor eléctrico, el cual permite ser configurado de muchas maneras, siendo este uno de los componentes principales del equipo. Además cuenta con un embrague electromagnético, hecho a partir de un compresor de un aire acondicionado de un auto. También dispone de una caja de cambios manual de cinco velocidades, la cual tiene en su carcasa unos cortes donde queda expuesto su interior, donde se puede apreciar muy bien su funcionamiento interno.

El Banco Didáctico Electromecánico cuenta con un sistema de control cableado, por medio del cual se ha provisto de una serie de botones para inducir fallas en todo el sistema, el cual aumenta su utilidad y mejorara sustancialmente el conocimiento de los estudiantes que lo usen.

3. ABSTRACT.

This degree project is the design and construction of an Electromechanical Didactic Bank, which allows doing theoretical and practical classes in different subjects of career Electromechanical Engineering and Technology.

The machine has different devices, including an Variable Speed Drive, which controls an electric motor, as it can be configured in many ways, this being one of the main components of the machine. Furthermore, it has an electromagnetic clutch, made from a compressor of an air conditioner of a car. It also has a manual gearbox five-speed, which has cutouts in its housing where it is exposed the inside, where you can see its inner workings well.

This Electromechanical Didactic Bank has a control wiring system whereby provided with a series of buttons can induce failures throughout the system, which increases its usefulness and substantially improve knowledge of students that use it.

4. INTRODUCCIÓN.

Los criterios que tienen los ingenieros y tecnólogos electromecánicos al momento de diagnosticar fallas en equipos electromecánicos, es fundamental al momento de realizar los debidos mantenimiento de las diferentes máquinas.

En consecuencia, en las áreas de ingeniería los conceptos impartidos por los docentes en las universidades deben estar acompañados de clases prácticas, donde el estudiante tenga la oportunidad de palpar y hacer con sus propias manos lo que ha aprendido a través de la teoría. En este caso particular buscar fallas para poder, de esta manera, fortalecer su criterio en los diagnósticos de las mismas. Además es importante que las prácticas se hagan en ambientes y equipos controlados para asegurar la integridad física de los estudiantes.

La necesidad de incorporar un Banco Didáctico Electromecánico en el Laboratorio de Mecánica en la Universidad Antonio Nariño, sede Neiva-Buganviles, nace fundamentalmente, porque no se cuenta con equipos físicos para realizar prácticas en algunas de las asignaturas de la carrera de Ingeniería Electromecánica; teniendo en cuenta que los alumnos deben terminar sus carreras teniendo criterios claros para poder juzgar diferentes situación cuando empiecen a aplicar sus conocimiento en el área laboral.

A largo de este proyecto se explica de una manera más amplia cada uno de los pasos que se llevaron a cabo para la justificación, diseño y fabricación del equipo propuesto en este documento.

5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Los ingenieros y tecnólogos recién egresados tienen deficiencias para identificar fallas en los equipos electromecánicos al momento de realizar mantenimientos correctivos en los mismos.

6. JUSTIFICACIÓN.

Se justifica el **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO ELECTROMECAÁNICO**, dado que son muchos los ingenieros recién egresados, y alumnos aun, que al momento de aplicar un mantenimiento correctivo recurren al método de ensayo y error para hacer el diagnostico de las fallas que pudiera presentar el equipo a intervenir, por cuanto en el **BANCO DIDÁCTICO ELECTROMECAÁNICO** se podrán simular fallas y corregirlas de forma segura, para de esta manera definir criterios en la identificación de las mismas.

6.1 Hipótesis

Mediante el uso de un **BANCO DIDÁCTICO ELECTROMECAÁNICO**, se fortalecerá ampliamente el criterio de los futuros ingenieros para el diagnóstico de las fallas que pueda presentar los equipos electromecánicos, al momento de aplicar mantenimientos correctivos en los mismos.

7. OBJETIVOS.

7.1 Objetivo general

Diseñar y Construir un banco didáctico electromecánico para Prácticas del área de Electricidad y Mecánica, en la Universidad Antonio Nariño, sede Neiva Buganviles.

7.2 Objetivos específicos

- 1) Diseñar el banco didáctico electromecánico.
- 2) Construir el banco didáctico electromecánico.
- 3) Realizar pruebas de funcionamiento para identificar averías y realizar diagnóstico de funcionamiento.
- 4) Elaborar el manual de operación y mantenimiento del equipo.

8. MARCO TEÓRICO.

8.1 Bases teóricas

8.1.1 Banco didáctico electromecánico para prácticas de electricidad y mecánica

Es una máquina que permite realizar pruebas eléctricas con diferentes equipos eléctricos, tales como motor de inducción, variador de velocidad, fuente de alimentación, cortacircuitos termomagnéticos, embrague electromagnético, y toma de medidas eléctricas mediante instrumentos instalados. Además también permite interactuar con una caja de cambios en movimiento, pudiendo observar su funcionamiento en tiempo real. Este equipo también cuenta con sensores de revoluciones con pantallas digitales, para comprobar de forma práctica las multiplicaciones de la caja de cambios.

8.1.2 Definición de electricidad.

La Electricidad es una propiedad física de la materia. Consiste en aquella interacción negativa o positiva existente entre los protones y los electrones de la materia. Con la electricidad se mueve gran parte del mundo, gracias a las diferentes aplicaciones de los principios eléctricos. En este proyecto en particular es la fuente de energía del todo el equipo didáctico.

8.1.3 Variador de frecuencia

Un variador de frecuencia es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna, por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. En términos más simples es un variador de velocidad.

Los variadores de frecuencia operan bajo el principio de que la velocidad síncrona de un motor de corriente alterna (CA) está determinada por la frecuencia de AC suministrada y el número de polos en el estator.

$$RPM = \frac{120 * f}{p}$$

Donde

RPM = Revoluciones por minuto

f = frecuencia de suministro AC (Hercio)

p = Número de polos

En este proyecto, el variador de frecuencia controlara totalmente un motor de inducción de 0.9 HP, por medio del cual se podrán hacer diferentes ajustes.



Figura 1 – Variador de frecuencia

Fuente: <http://www.wolfautomation.com/assets/15/EV.JPG>

8.1.4 Motor de inducción trifásico

El motor trifásico es una maquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas. Tienen múltiples aplicaciones, tanto comerciales, industriales y particulares. En el proyecto tienen

una aplicación didáctica, y dentro del equipo es el encargado de suministrar todo el movimiento. El motor trifásico en este proyecto está gobernado por un variador de frecuencias.

El primer prototipo de motor eléctrico que funcionó con corriente alterna fue desarrollado y construido por Nikola Tesla y presentado en el Instituto Americano de Ingenieros Eléctricos, actualmente IEEE) en 1888.

En los motores trifásicos de inducción el estator es la parte que crea el campo magnético y, en el rotor es donde se origina el par de fuerzas causante del giro. El estator está constituido por un devanado trifásico, es decir por tres devanados monofásicos desfasados 120° en el espacio. Al conectarse el devanado a una red trifásica equilibrada, las intensidades absorbidas son también trifásicas equilibradas. Esto da lugar a un campo magnético giratorio, que presenta las siguientes características:

- Su inducción magnética es constante respecto al tiempo y, depende de la tensión y de la frecuencia de la red trifásica.
- Su número de polos depende de la configuración de las bobinas del devanado y del número de ranuras del estator.
- La velocidad de giro depende del número de polos del devanado estatórico y de la frecuencia de la red:

$$RPM = \frac{120 * f}{p}$$

Donde

RPM = Revoluciones por minuto

f = frecuencia de suministro AC (Hercio)

p = Número de polos

8.1.5 Embrague electromagnético

El embrague es un acoplamiento temporal utilizado para solidificar dos piezas que se encuentran en un mismo eje, pero separadas por una pequeña distancia. Se utilizan para transmitir a una de ellas el movimiento de rotación de la otra, y desacoplarlas a voluntad de un operario externo cuando se desea modificar el movimiento de una sin necesidad de parar la otra parte.

Este elemento lo hallaremos siempre ubicado entre un motor mecánico o eléctrico y el mecanismo de utilización, para poder parar este último sin que deje de funcionar el motor.

Los embragues electromagnéticos están compuestos esencialmente de dos partes; una bobina circundada por una caja de hierro dulce, y por una armadura o placa móvil, ubicada en la proximidad delante de la misma. Cuando fluye corriente eléctrica por la bobina, se forma alrededor de ella un campo magnético, provocando el accionamiento del mismo.

El embrague que se usa en este proyecto fue construido a partir de un compresor de aire acondicionado de una camioneta, y su aplicación en el proyecto está dada para interactuar entre el motor eléctrico y la caja de cambios instalada en el Banco Didáctico Electromecánico.

8.1.6 Caja de cambios

Una caja de cambios es un mecanicismo compuesto por diferentes engranajes y ejes, los cuales en su funcionamiento se permite manipular las revoluciones y el torque en los vehículos de combustión interna. En este caso particular tiene una aplicación muy didáctica, dado que esta tiene unos cortes en su carcasa lo que permite ver su interior mientras funciona.

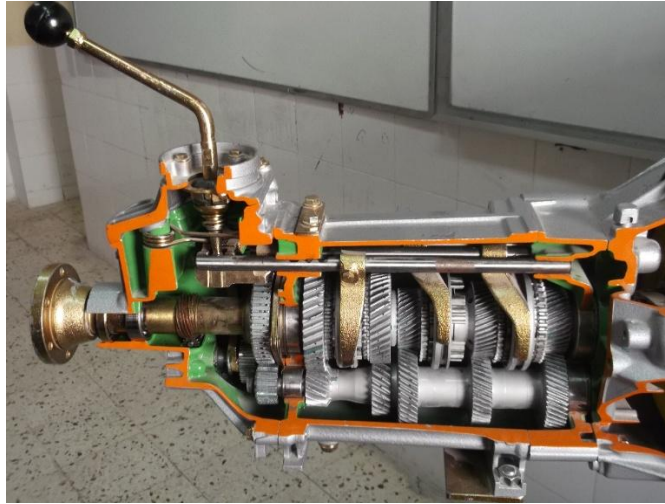


Figura 2: Caja de cambios de cinco velocidades.

Fuente: <https://grabcad.com/library/gearbox-fiat-131-5-speed-reverse-1>

8.1.7 Tablero de instrumentos e indicador de fallas

Este tablero es una parte fundamental de los circuitos eléctricos y de los equipos como tal, dado que en este se puede apreciar las mediciones de las diferentes variables, mediante el uso de instrumentos, los cuales nos permitirán mantener un control de las condiciones del equipo; y además también nos permite visualizar que tipo de fallas se está presentando cuando se presenta una inconsistencia en su funcionamiento.

8.1.8 Tacómetro digital

Es un dispositivo que mide frecuencia de rotación de un elemento bajo operación dinámica. Son utilizados para una gran diversidad de usos industriales, ya sea en motores eléctricos, de combustión interna, molinos, bandas transportadoras, turbinas, etc. En el proyecto tiene uso para obtener el número de revoluciones en diferentes partes de las partes en movimiento.

8.1.9 Relé Electromecánico

Un relé es un interruptor accionado por un electroimán. El relé maneja dos partes, una de control, que está conectado a la bobina del relé, y otra es de potencia. Este elemento tiene muchas aplicaciones, entre las industriales, domésticas, automotrices, en fin, están por todos lados. En el proyecto son parte fundamental del control cableado para inducir fallas y protecciones.

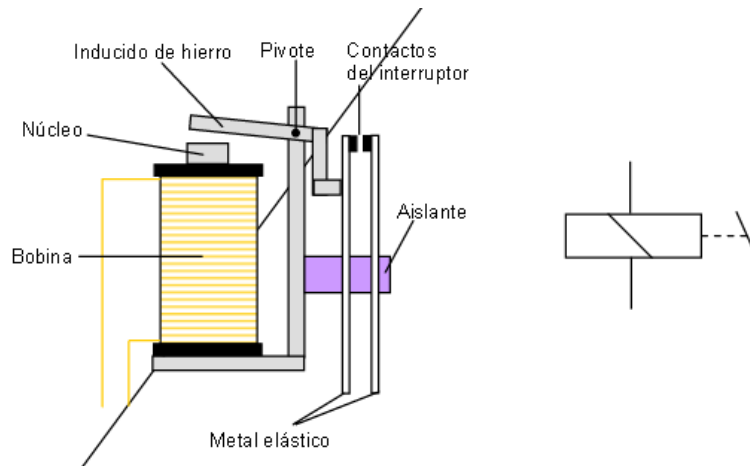


Figura 3: Relé

Fuente: <http://platea.pntic.mec.es/~pcastela/tecno/documentos/apuntes/rele.pdf>

8.1.10 Interruptor termomagnético

Un interruptor termomagnético es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores máximos. El funcionamiento de este dispositivo está basado en dos de los efectos producidos por la circulación de corriente en un circuito: el magnético y el térmico. El dispositivo consta, por tanto, de dos partes, un electroimán y una lámina bimetálica, conectadas en serie y por las que circula la corriente que va hacia la carga. La aplicación de estos interruptores se da en todas las instalaciones eléctricas normalizadas, tanto en edificaciones y maquinas eléctricas. En este caso este dispositivo brindara la protección de sobrecarga y corto circuito del equipo; la cual hará una desconexión automática en caso de alguna de las dos fallas. Además de esta desconexión automática, el aparato está provisto de una palanca que permite la desconexión manual de la corriente.

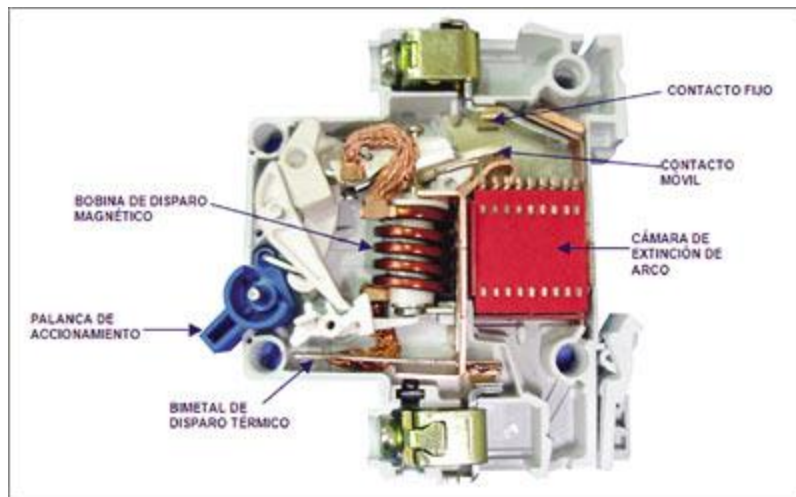


Figura 4 - Interruptor termomagnético

Fuente: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1741>

8.1.11 Pirómetro con controlador ON-OFF

Un pirómetro es un controlador de temperatura indispensable para mantener procesos industriales a temperatura correcta. Los controles de temperatura automatizan métodos de producción para garantizar procesos conforme a las directrices de manufactura de un productos, utilizar un controlador que facilita la tarea de mantener la temperatura a rangos deseables. Este dispositivo funciona con un sensor de temperatura, como una termocupla. La utilización que se le está dando en este caso particular es controlar la temperatura de la caja de cambios.

Las siguientes son aplicaciones típicas en donde se utilizan controles de temperatura:

- Mantenimiento de temperatura en tanques
- Alarmas en sistemas de calentamiento
- Corte de energía en resistencias eléctricas
- Abertura y cierre de ventilas y motores



Figura 5 : Pirómetro con controlador ON-OFF

Fuente: <http://www.gsatermicos.com.ar/productosporcategoria.php?categoria=5>

8.1.12 Sensores de proximidad inductivos

Los sensores inductivos son una clase especial de sensores que sirve para detectar materiales ferrosos. Los sensores inductivos de velocidad de rotación constan en principio de tres componentes magnéticos esenciales bobina fija, pieza de hierro dulce e imán permanente. En principio no son apropiados para detectar velocidades extremadamente lentas, pues su señal de salida tiende entonces a ser cero.

En este Banco Didáctico Electromecánico su aplicación está dada para determinar las revoluciones de salida y entrada de las diferentes marchas de la caja de cambios

Ventajas de los sensores inductivos

- Bajos costes de fabricación,
- Alta estabilidad a perturbaciones: baja resistencia interna estática (más elevada en modo dinámico), ninguna electrónica local (pasividad eléctrica) que haya de ser protegido
- Ningún problema en caso de derivas de la tensión continua (principio de medición dinámico)
- Amplio margen de temperaturas (depende sobre todo de la masa de llenado).

Desventajas

- Límites de reducción del tamaño constructivo en caso de tecnología de bobinaje convencional
- Señal de salida dependiente de la velocidad de rotación, no sirve para movimientos casi estáticos
- Sensibilidad a variaciones del entrehierro.



Figura 6: Imagen de sensor inductivo de tacómetro.

Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/monarch-instrument/product-7418-413985.html>



Figura 7: Tacómetro con sensor de proximidad inductivo.

Fuente: <http://es.aliexpress.com/item/DC-8-15V-Hall-Proximity-Switch-Sensor-NPN-4-Digital-Red-LED-Tachometer-RPM-Speed-Meter/1980591687.html?spm=2114.43010408.3.1.9E4Po8>

8.1.13 Transmisión de poleas

Los sistemas de transmisión de poleas y correas se usan para transmitir la potencia mecánica proporcionada por el eje de un motor a otro, separados entre sí, a una cierta distancia. La transmisión del movimiento por correas se debe al **rozamiento** éstas sobre las poleas.

Las **poleas** son ruedas con una o varias hendiduras en la llanta, sobre las cuales se apoyan las correas.

Las **correas** son cintas cerradas que se emplean para transmitir movimiento de rotación entres dos ejes generalmente paralelos. Pueden ser de forma plana, redonda, trapezoidal o dentada.

Este sistema es empleado en este proyecto para trasmitir la potencia desde el ejes del embrague electromagnético al eje de entra de la caja de cambios.



Figura 8: Correa estriada.

Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/hutchinson/product-11998-297427.html>

8.1.14 Potencia eléctrica

La potencia eléctrica es la relación de paso de energía de un flujo por unidad de tiempo; es decir, la cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento en un momento determinado.

En los equipos que funcionan con corriente alterna y basados en el electromagnetismo, como los motores y los transformadores, por ejemplo, coexisten tres tipos diferentes de potencia:

- Potencia activa
- Potencia reactiva
- Potencia aparente

En la figura 9 se aprecia el triángulo de potencias que forman la potencia activa, la potencia reactiva y la potencia aparente.

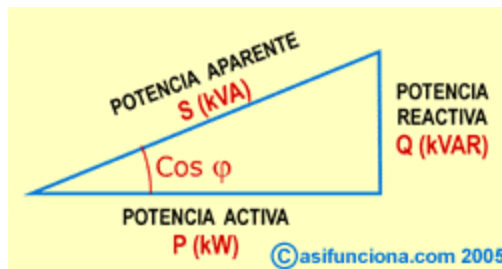


Figura 9: Triángulo de potencias que forman la potencia activa, la potencia reactiva y la potencia aparente.

Fuente: http://www.asifunciona.com/respuestas/respuesta_2/respuestas_2.htm

- **Potencia activa**

La denominada “potencia activa” representa en realidad la potencia útil, es decir, la energía que realmente se aprovecha cuando ponemos a funcionar un equipo eléctrico.

- **Potencia reactiva**

La potencia reactiva es la consumen los motores, transformadores y todos los dispositivos o aparatos eléctricos que poseen algún tipo de bobina o enrollado para crear un campo electromagnético; esta potencia reactiva no produce ningún trabajo útil y perjudica la transmisión de la energía a través de las líneas de distribución eléctrica.

- **Potencia aparente**

El valor que representa la potencia aparente de un circuito eléctrico con carga reactiva se obtiene, de acuerdo con el teorema de Pitágoras para un triángulo rectángulo, hallando la raíz cuadrada del resultado de sumar, algebraicamente, los valores de la potencia reactiva y la activa, elevados ambos valores al cuadrado.

Es importante tener estos datos presentes, ya que son definiciones importantes a la hora de ejecutar los cálculos en este proyecto.

8.2 Estado del Arte

Hoy en día dentro del ámbito eléctrico y mecánico hay muchas mejoras que se van dando a la vanguardia del desarrollo de las nuevas tecnologías. Mediante estas mejoras se encuentran puntos muy importantes como son la mejora de la eficiencia, la versatilidad y calidad.

En cuanto algunos de los componentes que usa el BANCO DIDÁCTICO ELECTROMECAÁNICO, objeto de este proyecto, hago referencia y análisis de algunos artículos científicos relacionados de los últimos diez años, del sitio web <http://www.sciencedirect.com/>.

- (Delgado Arredondo, y otros, 2016) en su artículo “Metodología para la detección de fallas en los motores de inducción a través de señales de sonido y vibración”, pretende contribuir con un método para la detección de fallas en motores asíncronos en operación en estado estable mediante señales acústicas y de vibración. Las señales son descompuestas y analizadas, para calcular la frecuencia marginal y obtener un espectro en un software. En este documento ofrecen obtener mejores resultados en comparación a otros documentos publicados acerca de detención de fallas en motores asíncronos.
- (Sbarbaro, 2016) en su artículo “Control de los circuitos de una trituradora con variador de frecuencia” expone un método sencillo pero muy útil, para controlar el circuito de una trituradora, al actual sobre el alimentador y la banda transportadora que lleva el material hasta la trituradora. Una simulación detallada de una planta de trituración es usada para probar los enfoques que muestra y comprar los rendimientos con otras estrategias industriales existentes.
- (Du Plessis, Leon, & Mathews, 2013) en su artículo “Uso de variadores de frecuencia para el ahorro de energía en los sistemas de refrigeración de minas sudafricanas”, presenta los resultados de un estudio piloto

desarrollado en las minas de Sudáfrica, donde los variadores de frecuencia son instalados en los sistemas de refrigeración donde gracias a la versatilidad del control de los variadores de frecuencia permitió obtener un ahorro de energía de un 32,2%, y además redujo sustancialmente los mantenimientos correctivos , ya que los equipos no trabajan a plena carga cuando no lo necesitan.

- (Kirchengast, Steinberger , Laimgruber, Premio, & Horn, 2015) en su artículo “Identificación y control de posición de un embrague de accionamiento electromagnético” describe el comportamiento y el accionar de embrague electromagnético con el fin de diseñar un controlador basado en modelos. Este actuador permite el movimiento suave de la armadura del embrague sin producir tirones de par no deseados. El uso de un electroimán como fuente directa de generación de fuerza axial en los embragues no es muy común en el uso de automóviles debido a las dinámicas inherentes no lineales. Sin embargo en los resultados experimentales obtenidos en un banco de pruebas muestra la efectividad del actuador propuesto.
- (Hyuk Shin, Chul Kim, & Soo Kim, 2013) en su artículo “Uso de embrague electromagnético en las bombas de agua de los sistemas de refrigeración de los motores de los vehículos para reducir el consumo de combustible” plantea que los sistemas de refrigeración de los vehículos al estar conectados de forma operativa al motor proporciona un enfriamiento excesivo lo que ocasiona un consumo innecesario de energía. Las revoluciones de la bomba de agua está ligada a las revoluciones del motor, lo que provoca este problema. En este artículo muestran el diseño de una bomba de agua con embrague electromagnético que pueden controlar el flujo del refrigerante. En este documento presentan dos diseños, uno es un embrague planetario en cual puede reducir la velocidad de rotación de la bomba hasta un 65% y otro diseño donde el embrague saca de línea la bomba y detiene por completo la rotación del impulsor. Después de hacer las pruebas obtuvieron como resultados una reducción de combustible de 1% y 4% respectivamente, en comparación con la bomba de agua convencional. Esperan que su diseño sea implementado en los vehículos dado que su efecto en la reducción en la tasa de combustible es similar a la de una bomba de agua eléctrica.

8.3 Contexto local que recibe el impacto de la investigación

A continuación se relacionan las diferentes empresas que comercializan a nivel nacional los diferentes elementos que hacen parte del BANCO DIDÁCTICO ELECTROMECAÁNICO, dado que es importante que los elementos involucrados en los procesos de funcionamiento del equipo puedan ser adquiridos localmente.

8.3.1 Variador de frecuencia

Empresa: TECO-Westinghouse Colombia.

Contacto: Diego Correa, representante de ventas Colombia.

E-mail: corread@twmc-sa.com

Teléfono: (57) (1) 884 1266

8.3.2 Motor de inducción trifásico Siemens

Empresa: Siemens Colombia

Dirección: Cra. 65 N° 11-83, Bogotá, Cundinamarca, Colombia

Teléfono: (57) (1) 4253000

8.3.3 Embrague electromagnético

Empresa: Motofrenos S.A.S.

Dirección: Cra 52 # 32-56 Medellín, Antioquia, Colombia

Teléfonos: (57) (4) 2321704 - Fax: (57) (4) 2323661 Ext 102

E-mail: motofrenos@motofrenos.com.co , comercial@motofrenos.com.co,
motofrenossa@gmail.com

8.3.4 Relevos eléctricos

Empresa: Nasol

Dirección: Cra. 5 N° 4-68 Neiva, Huila, Colombia

Teléfono: (57) (8) 8711242; (57) 315 878 8886 – (317) 432 6635

Email: almacennasolstm@hotmail.com

8.3.5 Tacómetro digital con sensor inductivo

Empresa: Vallevirtual

Contacto: Silvio Zapata

Dirección: Ubicado en Cali, Valle Del Cauca, Colombia

Teléfono: (57) 3155226488; (57) 3005013355

Email: oxigeno98@yahoo.com

8.3.5 Controlador de temperatura Digital (Pirómetro)

Empresa: Tienavirtual.co

Dirección: Ubicado en Cali, Valle Del Cauca, Colombia

Contacto: Andrés Toro Torres

Teléfono: (57) (2) 3278816; (57) 3167515146

E-mail: pedrotoro_torres@hotmail.com

8.3.6 Fuente de poder de 110 V a 12 V por 20 Amp.

Empresa: Rodrigoruizgam

Contacto: Santiago Ruiz Pimienta

Dirección: Ubicado en Medellín, Antioquia, Colombia

Teléfono: (57) 3005936163

E-mail: jas1478lopez@hotmail.com

8.3.7 Voltímetros y amperímetro

Empresa: Tiendapablus

Contacto: Emilio de Jesús Velásquez Rivera

Dirección: Cra 5 N° 10-45, Buga, Valle del Cauca, Colombia.

Teléfono: (57) 3113923573; (57) 3156469543

E-mail: ventas@tiendapablus.com

8.3.8 Caja de Cambio manual

Empresa: Servi Industrial Mager

Dirección: Cra 7 N° 11-11 Sur, Zona Industrial, Neiva, Huila, Colombia

Teléfono: (57) (8) 8600998

8.3.7 Acero estructural

Empresa: Hierros Neiva S.A.

Dirección: Av. Circunvalación N° 3-64, Neiva, Huila, Colombia

Teléfono: (57) (8) 8720935

9. ALCANCE

El presente proyecto pretende materializar un Banco didáctico electromecánico para la realización de prácticas de las diferentes asignaturas de las carreras de Ingeniería Electromecánica y Tecnología Electromecánica de la Universidad Antonio Nariño sede Neiva Buganviles.

La elaboración del equipo se encuentra dentro de las siguientes delimitaciones:

- Requiere una alimentación de corriente alterno de 115 voltios, dado que funciona con este nivel de tensión.
- Requiere un espacio de 157 cm de largo, por 140 cm de ancho y 150 cm de alto, porque esas son las dimensiones del equipo.
- Operado por una persona y supervisado por una persona, por razones de seguridad, dado que si la persona que opera el equipo sufre algún accidente la otra persona podrá auxiliarlo.
- Longitud de cable de alimentación de 3 metros, porque es una longitud razonable para que pueda ser conectado en un laboratorio.

10. METODOLOGÍA

Este proyecto se desarrolló en varias fases, las cuales están determinadas por cada uno de los objetivos específicos. Cabe destacar que para presentar esta metodología se y se ha recurrido a la ubicación de una variada bibliografía disponible en internet y en la biblioteca la de la Universidad Antonio Nariño Sede Neiva.

A continuación se describe la metodología que se llevó a cabo para el cumplimiento de los objetivos:

10. 1 Objetivo específico 1: “Diseñar el banco didáctico electromecánico”.

Para cumplir con este objetivo se hicieron necesarias 2 fases:

10.1.1 Fase 1: Se realizó el diseño en el software SolidWorks, ya que en este programa se puede ensayar modelos tridimensionales de elementos y ensamblarlas al mismo tiempo definiendo la geometría de los mismos. Además fue posible validar el diseño con análisis estáticos, estudios de pandeo, de fatiga como también el método de elementos finitos, sin necesidad de realizar el prototipo en físico, este programa es de gran utilidad en los sectores de la ingeniería, el diseño y formación de profesionales.

Esta fase constó de 5 actividades:

10.1.1.1 Actividad 1: Diseño del soporte en el programa Solidworks.

En el desarrollo de esta actividad se tuvieron en cuenta las diferentes condiciones a las que estaría expuesto el equipo y la dimensión verdadera necesaria. En esta actividad se obtuvo el diseño tridimensional del soporte del equipo, donde además se obtuvieron los planos mediante la herramienta de cota inteligente del software Solidworks, los cuales se encuentran relacionados más adelante. El soporte es fabricado con perfiles angulares de acero estructural S275JR, dado que este material presenta alta resistencia por unidad de peso, también porque su tenacidad, ya que se producirán vibraciones en el equipo, además presenta gran facilidad para unir piezas por medio de soldaduras y tornillos; y con tubos de dos pulgadas de

acero de la misma referencia, el cual cuenta con las propiedades especificadas en la Tabla 1, relacionada a continuación.

ACERO S275JR	
Densidad	7850 Kg/m ³
Dilatación térmica	Alfa
Calor específico	0,11 Kcal/kg °C
Conductividad térmica	47-58 Kw/mK
Tensión de Ruptura	410 MPa
Módulo de rigidez	81 Gpa
Dureza	217 Brinell
Tenacidad	27 J
Límite elástico	275 Mpa

Tabla 1: Propiedades de acero estructural S275JR.
Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn100.html>

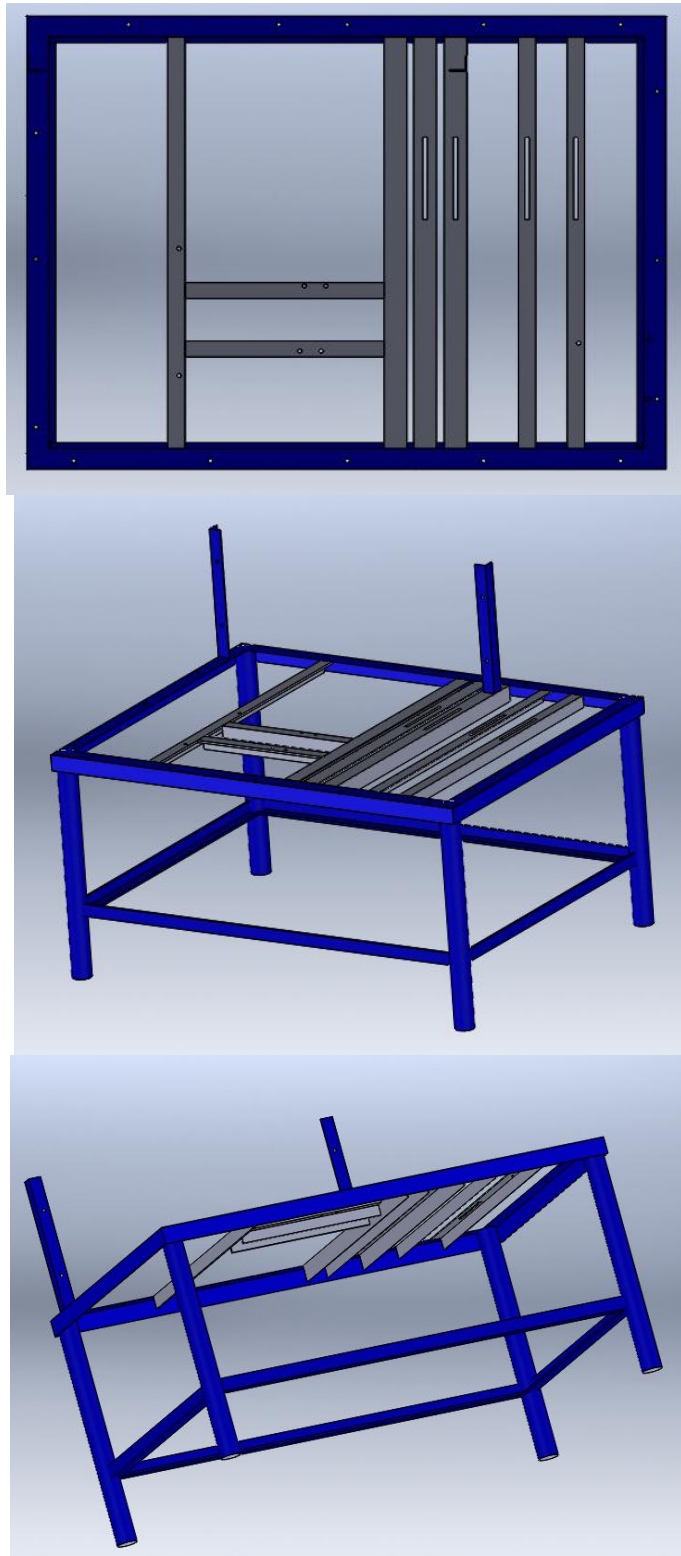


Figura 10: Imágenes del diseño del soporte del equipo.
Fuente: Autor

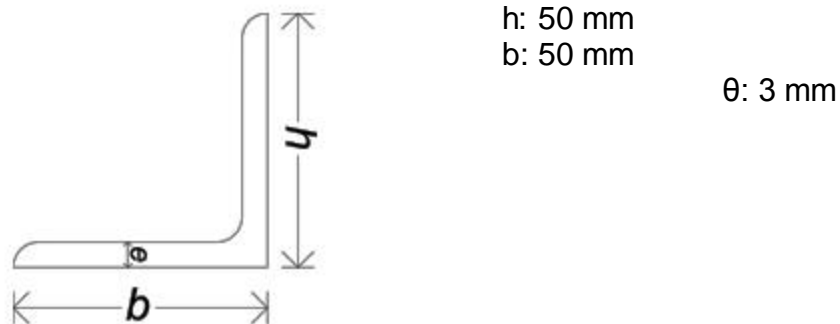


Figura 11: Medidas de perfil angular de acero.

Fuente:

http://www.incafe2000.com/Ing/Esp/Producte/producte/133706/cat/perfil_angulo

10.1.1.2 Actividad 2: Diseño del tablero de instrumentos e indicador de fallas en Solidworks.

En el desarrollo de esta actividad, se hizo uso del software Solidworks para diseñar la ubicación de los diferentes elementos que estaría ubicados en este tablero. En el tablero de instrumentos se encuentran los siguientes elementos:

- Tres pantallas digitales de tacómetros.
- Una pantalla de un voltímetro y a amperímetro integrado, de corriente alterna.
- Un pirómetro análogo-digital.
- Un voltímetro de corriente directa.
- Un indicador de equipo energizado.
- Ocho indicadores de fallas.
- Un indicador de parada de emergencia.

A continuación se relaciona una imagen del diseño y los planos se relacionan más adelante en los anexos.



Figura 12: Imágenes del diseño de tablero de instrumentos y de indicadores de fallas.

Fuente: Autor

10.1.1.3 Actividad 3: Diseño de las conexiones mecánicas en Solidworks.

En esta parte fue muy importante tener en cuenta la configuración del equipo, dado que en este se usa un embrague electromagnético, el cual fue adecuado a partir de un compresor de un aire acondicionado de una camioneta marca Ford, de la referencia Scape; se escogió este compresor dado que es robusto y de buena calidad. En el diseño del embrague electromagnético se puso a prueba la creatividad y el ingenio, partiendo de los conocimientos adquiridos durante el trascurso de la carrera. Además también se realizó el diseño de la conexión a través de un acople tipo araña al cual conectara el motor eléctrico con el embrague electromagnético, y juntamente con esto se realizó el diseño de la conexión a través de poleas y correas, la caja de cambios y el embrague electromagnético. Cabe resaltar que los diámetros internos de las partes del acople tipo araña está definido por el diámetro del eje del compresor y del motor eléctrico. Además las otras medidas están dadas por el diseño del acople tipo araña es cual se adquirió en estado prefabricado en material DIN 1691 GG25, el cual ofrece un equilibrio entre características mecánicas y facilidad de mecanizado.

A continuación se relaciona imágenes de algunos detalles del diseño hecho en el software Solidworks. Igualmente los planos se relacionan en el anexo 2 y el anexo 3.

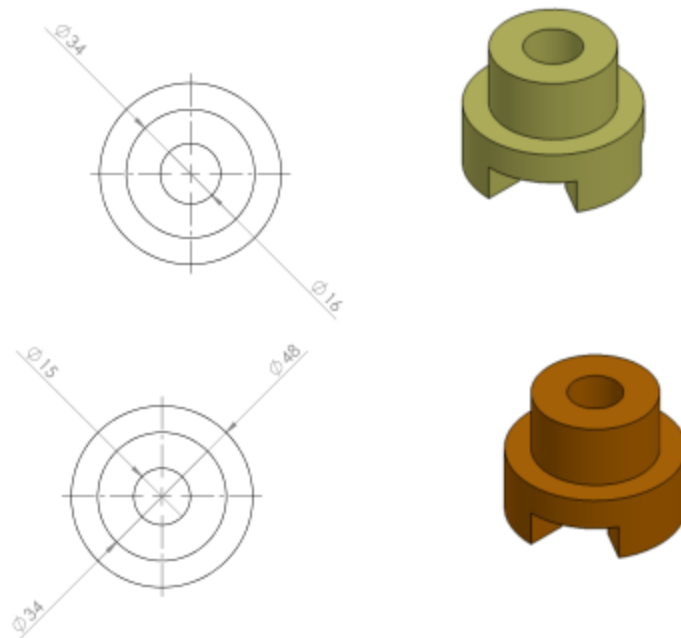


Figura 13: Conexiones mecánicas.

Fuente: Autor

10.1.1.4 Actividad 4: Descarga de figuras de elementos eléctricos y mecánicos disponibles en el sitios web compatibles con el programa Solidworks.

Teniendo en cuenta que muchas de las piezas usadas en el diseño del equipo se encontraban ya disponibles en internet, se procedió a realizar su descarga e importación al proyecto. Las figuras descargadas no tienen restricciones de derechos de autor.

10.1.1.5 Actividad 5: Ensamble de todas las piezas en el programa Solidworks.

Después de tener todas las piezas listas se procedió a realizar el debido ensamble de todas las piezas, donde todo encajo perfectamente. En las figuras siguientes se pueden apreciar los detalles.

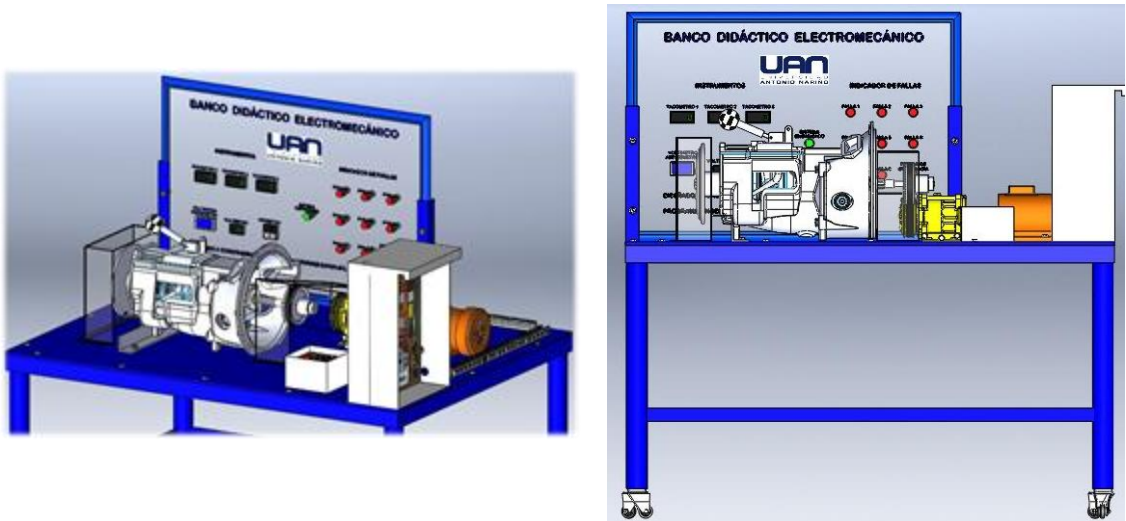


Figura 14: Banco Didáctico Electromecánico diseñado y ensamblado en SolidWorks.
Fuente: Autor

10.1.2 Fase 2: Realización de cálculos y selección de elementos.

La actividad a realizar es:

10.1.2.1 Actividad 1: Se realiza cálculos estructurales para hacer una correcta selección de los elementos para la construcción del tablero de instrumentos y fallas, y también las conexiones mecánicas; igualmente se realizaran los cálculos eléctricos necesarios para la correcta selección de los demás elementos eléctricos que componen el banco didáctico electromecánico.

10.1.2.1.1 Cálculos del soporte del banco.

El peso de la maquina se aproximó en 170 Kg, teniendo en cuenta datos arrojados por el software SolidWorks y el peso de los diferentes elementos que se instalan en el soporte. Después de manera experimental se corroboró, esta información. Por tanto su peso equivalente es de

$$W = mg = (170 \text{ Kg}) \cdot (9,81 \text{ m/s}^2) : 1667,7 \text{ N} = 1770 \text{ N}.$$

Se ha usado perfil angular de acero estructural de referencia S275JR, de 3 mm de espesor por 50 mm de sección, y tubo del mismo material de 2 pulgadas de diámetro por 3 mm de pared. Teniendo un área de sección de $0,17 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$, sabiendo que

$$(2,54 \text{ cm})^2 \cdot \pi \cdot 4 = 78,54 \text{ cm}^2 \approx 7,9 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$(2,48 \text{ cm})^2 \cdot \pi \cdot 4 = 77,3 \text{ cm}^2 \approx 7,73 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$7,9 \cdot 10^3 - 7,73 \cdot 10^3 = 0,17 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

Esfuerzo permisible de flexión del acero estructural es de 275 MPa

Esfuerzo permisible de compresión del acero estructural es de 410 MPa

Para determinar el esfuerzo del diseño del soporte del banco didáctico se hace uso del principio de la siguiente definición de presión, mediante la fórmula $P = \frac{F}{A}$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{1770 \text{ N}}{0,17 \cdot 10^3 \text{ mm}^2} = 10,41 \text{ MPa}$$

Se procedió a realizar los cálculos con los datos del material seleccionado para compararlos y verificar su cumplimiento de acuerdo a los parámetros del diseño.

Se realiza primeramente el análisis de la flexión del material de acuerdo a la siguiente ecuación de esfuerzo de material:

$$\sigma_R = \frac{\text{Resistencia a la ruptura del material}}{\text{Factor de Seguridad}} = \frac{Su}{FS}$$

Teniendo en cuenta que se selecciona un factor de diseño de 8 para garantizar la durabilidad de la estructura y porque está sometido a una carga que contiene diversos componentes eléctricos.

$$\sigma_R = \frac{275 \text{ MPa}}{8} = 34,375 \text{ MPa}$$

Como $\sigma_R > \sigma$ es evidente que el material y las dimensiones del perfil soporta bastante bien la carga del banco y por ende no hay ruptura del material.

Seguidamente se comprueba la resistencia de compresión del material de haciendo uso de la ecuación de esfuerzo de material:

$$\sigma_C = \frac{\text{Resistencia a la cedencia de material}}{\text{Factor de Seguridad}} = \frac{Sy}{FS}$$

Se ha determinado un factor de seguridad de 10 debido a que está sometido a una carga estática y a vibraciones, además se ha tenido en cuenta que al ser un equipo con fines didácticos, estará operado en algún momento por personas no idóneas en su correcto manejo.

$$\sigma_C = \frac{410 \text{ MPa}}{10} = 41 \text{ MPa}$$

Como $\sigma_C > \sigma$ es evidente que los tubos de acero estructural de 2 pulgadas cumple con los requisitos del diseño de las estructura del banco.

10.1.2.1.2 Cálculo del sistema de movimiento del equipo

Para obtener la potencia necesaria del motor, el cual proporcionara el movimiento del equipo, me se tomó como base el peso del volante instalado al final de la caja de cambios que es de 2128 grs, el coeficiente de fricción generado por los engranajes

de la caja de cambios, también el coeficiente de fricción entre polea y correa, además el coeficiente de fricción generado por los cojinetes del embrague electromagnético, y el radio de la punta del volante al eje rotacional.

El coeficiente de fricción entre polea estriada y correa plana estriada es de 1. Mas el factor de corrección entre el eje y los engranajes es de 0.2; mas el factor de corrección entre el eje los cojinetes del embrague electromagnético que es de 0,04, tenemos que el coeficiente de fricción total es de 1,24.

Se define el torque con la siguiente formula: $T = F \cdot d$

$$F = mg$$

$$F_f = \mu \cdot m \cdot g \quad \text{con un } \mu = 1,04.$$

$$F_f = 1,24 (2,128 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2)$$

$$F_f = 25,89 \text{ N}$$

De esta manera se pueden obtener resultados del torque necesario para el sistema lineal.

$$T = F_f \cdot d = (25,89 \text{ N}) \cdot (0,14 \text{ m})$$

$$T = 3,62 \text{ N.m}$$

Sabemos que un N.m = 0,10197 kg.m, entonces, el torque requerido seria de

$$T = 0,362 \text{ kg.m.}$$

Teniendo en cuenta los cálculos anteriores se optó por un motor trifásico AC, el cual cumpliera con las especificaciones obtenidas.

El motor encontrado en el mercado fue de referencia 1LA3 080-4YB60, marca Siemens de 0,9 HP, el cual gira a una velocidad de 1685 RPM, trifásico. Este motor es remanufacturado. Este motor fue escogido dado que la cantidad de torque que posee es suficiente para la debida operación de la máquina.

MODELO:	1LA3 080-4YB60
POTENCIA/HP:	0,9
VOLTAJE/V:	220 YY - 440 Y
AMPERAJE/A:	3

Cos ϕ :	0,8
RPM:	1685
F.S.	1

Tabla 2: Modelo motor eléctrico.

Fuente: Placa de Motor eléctrico.



Figura 15: Imagen de motor eléctrico seleccionado para este proyecto.

Fuente: Autor

10.1.2.1.3 Cálculos eléctricos del banco didáctico electromecánico.

Para un correcto funcionamiento del banco didáctico electromecánico se hace necesario una correcta selección de elementos eléctricos, y además la seguridad juega un papel muy importante; por estos motivos una realización correcta de los cálculos de diseño eléctrico son fundamentales.

Para empezar se realiza un análisis de cargas eléctricas del equipo, partiendo de la carga instalada, ya que es necesario para determinar el tamaño de las secciones de los conductores eléctricos y también el tipo de protecciones a utilizar.

La carga instalada en el banco didáctico está definida por la potencia del motor eléctrico, que es 0,9 PH el cual funciona a 220 voltios con corriente alterna, la carga

del embrague electromagnético el cual funciona a 12 voltios con corriente directa con un consumo de 5 amperios por hora, y la carga de los instrumentos y sensores inductivos los cuales funcionan a 12 voltios con corriente directa y con un consumo de 1 amperio por hora.

La carga eléctrica de un motor eléctrico trifásico está definida por la siguiente fórmula:

$$Pa = \frac{HP * 746}{(\eta * 1000)} \text{ y sus unidades están dadas en Kw.}$$

Donde η , es el factor de rendimiento, dato suministrado por el fabricante.

Entonces tenemos,

$$Pa = \frac{0,9 * 746}{(0,94 * 1000)} = 0,714 \text{ Kw.}$$

El factor de potencia también es suministrado por el fabricante, en este caso es 0,8, pero también está definido por la siguiente fórmula:

$$FP = \cos \varphi$$

Ahora procedemos a calcular la potencia aparente, definida así:

$$S = \frac{Pa}{FP}$$
$$S = \frac{0,714}{0,8} = 0,89 \text{ Kva}$$

Seguidamente se calcula la potencia reactiva, definida por la siguiente ecuación,

$$Q = \sqrt{S^2 - Pa^2}$$

Siendo,

$$Q = \sqrt{0,89^2 - 0,714^2} = 0,5 \text{ Kvar}$$

Ahora se calculan las potencias utilizables, y para ello se tienen en cuenta los factores de utilización y de simultaneidad.

El factor de utilización está definido por la siguiente ecuación,

$$K_u = \frac{1}{\text{Factor de seguridad (FS)}}$$

Entonces,

$$K_u = \frac{1}{1} = 1$$

Y el factor de simultaneidad (K_s), se define de acuerdo a la demanda. En este caso, en el equipo todos los elementos funcionan simultáneamente por lo cual el factor de simultaneidad se define por 1.

Procediendo al cálculo de la potencia aparente útil se define así por la siguiente ecuación,

$$P_u = P_a * K_s * K_u$$

Entonces,

$$P_u = 0,714 * 1 * 1 = 0,714 \text{ Kw.}$$

Seguidamente se calcula de la misma manera, la potencia reactiva útil y la potencia aparente útil, dando como resultado los mismos valores.

Es decir:

$$Q_u = 0,5 \text{ Kvar}$$

$$S_u = 0,89 \text{ Kva}$$

Ahora se define la corriente para de esta manera seleccionar el calibre del conductor a utilizar.

La corriente está definida por la siguiente ecuación,

$$I = \frac{S}{(Vn * 1,73)}$$

Entonces,

$$I = \frac{0,89 \text{ Kw}}{(220 \text{ V} * 1,73)} = 2,34 \text{ A}$$

De acuerdo al resultado y la tabla del anexo 13, el conductor THHN de calibre AWG 14 es adecuado para esta instalación del motor, ya que este tiene una capacidad de corriente de 25 amperios. Se debe tener muy en cuenta que el calibre AWG 14 es el mínimo permitido para instalaciones de potencia. De acuerdo a la tabla de la tabla del anexo 14, el calibre ya nombrado tiene una sección de $2,08 \text{ mm}^2$.

Seguidamente se realizaron los cálculos para hallar la corriente de cortocircuito para de esta manera seleccionar la protección adecuada.

Para empezar fue necesario disponer de las tablas de datos sobre los conductores, ver anexo 15, ya que para este cálculo es necesario conocer la resistencia en corriente alterna y la reactancia inductiva del conductor, en conduit de pvc.

Continuando con los cálculos, se halla primero el ángulo de fase, entre la corriente y la tensión, este ángulo está definido por la siguiente ecuación,

$$\varphi = \arccos(\text{Factor de potencia}).$$

$$\varphi = \arccos(0,8)$$

$$\varphi = 36,9^\circ$$

Posteriormente se calcula la impedancia efectiva, dada por la ecuación siguiente,

$$Z_{ef} = (R \cdot \cos \varphi + X_L \cdot \sin \varphi) \cdot L$$

Siendo:

R: Resistencia, expresados en (Ω/km)

X_L : Reactancia inductiva, expresada en (Ω/Km)

L: Longitud del conductor, expresada en (km).

$$Z_{ef} = (10,17 \cdot \cos 36,9^\circ + 0,19 \cdot \sin 36,9^\circ) \cdot (3 \cdot 10^{-3})$$

$$Z_{ef} = 0,024740618 \Omega$$

Luego se procedió a calcular la diferencia de potencia o también llamado caída de tensión, definido así,

$$\Delta V = I \cdot Z_{ef} \cdot 1,73$$

$$\Delta V = 2,34 \cdot 0,024740618 \cdot 1,73$$

$$\Delta V = 0,1 \text{ voltios.}$$

Expresado en porcentaje seria así, de acuerdo a la ecuación siguiente,

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{V_L * 100}$$

$$\Delta V\% = \frac{0,1}{220 * 100}$$

$$\Delta V\% = 0,05$$

Finalmente se realiza el cálculo de la corriente de cortocircuito, la cual está definida por la siguiente fórmula así,

$$I_{cc} = \frac{V_n}{(1,73 * Z_{cc})}$$

$$I_{cc} = \frac{220}{(1,73 * 0,024740618)}$$

$$I_{cc} = 5,1 \text{ KA}$$

Después de realizar los cálculos anteriores, se ha procedido con los cálculos de potencia instalada de los otros componentes. Los cuales tienen una potencia de 72 W, dado que su tensión de funcionamiento es de 12 voltios DC y su corriente de 6 amperios.

Teniendo en cuenta el dato anterior, se estima que la corriente de cortocircuito generado por la instalación de los demás componentes es demasiado baja que se podría obviar en este caso. Por tal motivo se selecciona una protección de acuerdo a los datos arrojados anteriormente y teniendo en cuenta que el variador de frecuencia tiene una conexión monofásica a 110 voltios y una salida trifásica a 220 voltios a plena carga. Entonces, al realizar la búsqueda en el mercado, la protección disponible para este equipo es una protección termomagnética bipolar marca Kripal, el cual tiene una capacidad de corriente de 6 A, una capacidad de ruptura de cortocircuito de 4500 A y una curva de disparo tipo C.



Figura 16: Disyuntor bipolar, marca Kripal.

Fuente: <http://spanish.everychina.com/f-z52d8b75/p-98150024/showimage2.html>

Para la selección del tipo de variador de frecuencias, se hizo en función de la potencia del motor, teniendo en cuenta también la calidad del equipo, ya que será usado para fines didácticos. El variador escogido es de referencia JNEV-101-H1 marca Teco-Westinghouse. Este variador de frecuencia cuenta con las siguientes características:

Modelo Variador de frecuencias	
Referencia:	JNEV-101-H1
HP:	1
Corriente a torque constante:	4,2 Amperios
Tensión de entrada:	15 Voltios
Fases de entrada:	1
Tensión de salida:	230 Voltios
Fases de salida:	3
Peso:	3 Libras

Tabla 3: Modelo del variador de frecuencias de referencia JNEV-101-H1.

Fuente: <http://dealerselectric.com/JNEV-101-H1.asp>



Figura 17: Imagen de variador de frecuencia de referencia JNEV-101-H1.

Fuente: <http://www.tecowestinghouse.ca/control/jnev-101-h1/>

Para la selección de los conductores de los circuitos de control se hizo en función de la corriente, pero también se tuvo en cuenta la función final del equipo, que es didáctica, por tal motivo se seleccionó conductores de calibre AWG 18.

Para la selección de los relevos, los cuales son usados en el control de las fallas que se podrán inducir en el equipo, se hizo en función de la tensión, la corriente y la cantidad de pines necesarios, además de la calidad requerida. Los relevos que se adquirieron fueron los siguientes,

- 1 de marca EBCHQ de 8 pines.
- 5 de marca EBCHQ de 11 pines.
- 2 de marca Relpol de 8 pines.

Todos los relevos mencionados arriba tienen una capacidad de corriente de 10 A, para una tensión de 250 Vac.

En el anexo 12 se adjunta el esquema eléctrico del Banco Didáctico Electromecánico.

10.2 Objetivo específico 2: “Construir el banco didáctico electromecánico”.

Para cumplir con este objetivo se identifican 4 fases:

10.2.1 Fase 1: Fabricación del soporte del banco didáctico electromecánico.

En esta fase se realizó 4 actividades:

10.2.1.1 Actividad 1: Corte de los materiales de acuerdo a las medidas del diseño, teniendo en cuenta todas las medidas de seguridad y usando las herramientas adecuadas para ello.

En el desarrollo de esta actividad se hizo uso de un calibrador y cinta métrica flexible para definir los cortes, para posteriormente haciendo uso de una pulidora con disco de corte para realizar los cortes de los materiales.



Figura 18: Corte de material.

Fuente: Autor

10.2.1.2 Actividad 2: Unión de las diferentes piezas de acero previamente cortadas con soldadura eléctrica.

En el desarrollo de esta actividad se usó un soldador eléctrico de mediana potencia y soldadura marca West Arco de referencia 6013.



Figura 19: Soldaduras para unir las piezas del soporte.

Fuente: Autor

10.2.1.3 Actividad 3: Perforación del material para la colocación de los tornillos que fijaran los diferentes componentes del banco didáctico electromecánico.

Para la realización de este procedimiento fue necesario la utilización de brocas de aleación de molibdeno de 3/8 de pulgada, es decir, de 9,525 milímetros. Además fue necesario la utilización de un taladro de velocidad graduable, dado que si se usa una alta velocidad para la realización de las perforaciones, las brocas se dañarían.

10.2.1.4 Actividad 3: Pintar el soporte.

Para la realización de esta actividad se hizo uso de un compresor portátil disponible en el mercado llamado “Paint Zoom”, el cual viene con un kit completo para realizar labores de pintura que no son demasiado extensas. La pintura que se ha usado como base es cromato de zinc, la cual es un anticorrosivo en resina alquídica, rica en zinc y con acabado mate; para el acabado se ha usado pintura base aceite de color azul imperial.



Figura 20: Paint Zoom.

Fuente: <http://www.houzz.com/photos/43529442/Paint-Zoom-Platinum-Paint-Sprayer-contemporary-painting-tools>.



Figura 21: Labores de pintura del soporte.

Fuente: Autor

10.2.2 Fase 2: Fabricación del tablero de instrumentos e indicador de fallas.

En esta fase se realizaron 3 actividades:

10.2.2.1 Actividad 1: Corte del acrílico de acuerdo a las medidas del diseño.

Para la realizar los cortes del acrílico, se hizo uso de una cortadora de acrílicos laser.

10.2.2.2 Actividad 2: Corte de los perfiles de aluminio para el marco y ensamble del tablero de instrumentos e indicador de fallas.

10.2.2.4 Actividad 3: Demarcación y señalización del tablero. En la ejecución de esta actividad se hizo uso de uso de cinta reflectante de señalización.



Figura 22: Tablero de instrumentos y de indicadores de fallas ensamblado totalmente.

Fuente: Autor

10.2.3 Fase 3: Fabricación de las conexiones mecánicas.

Esta fase consta de 6 actividades:

10.2.3.1 Actividad 1: Corte del eje de la caja de cambios a la distancia del diseño.

Para esta actividad se hizo uso de una sierra de cinta.

Además del corte del eje se realizó cortes de la carcasa de la caja de cambios, mediante los cuales quedarán expuestos los diferentes engranajes para que sea posible su visualización interna mientras está en funcionamiento.



Figura 23: Sierra de cinta.

Fuente: <http://wesstools.blogspot.com/2015/09/sierra-de-cinta-de-1-hp-4-pulgadas-x-6.html>



Figura 24: Corte de la carcasa de la caja de cambios.

Fuente: Autor



Figura 25: Corte de la carcasa de la caja de cambios.
Fuente: Autor

10.2.3.2 Actividad 2: Maquinado y acople de polea de alta velocidad en el eje de la caja de cambios.

Para el desarrollo de esta actividad se hizo uso de un torno para maquinar en centro de la polea para lograr el diámetro adecuado para la unión con el eje de la caja de cambios.

10.2.3.3 Actividad 3: Alargamiento del eje del compresor hueco de aire acondicionado, el cual porta el embrague electromagnético.

Para esta actividad se hizo uso de un compresor de un aire acondicionado de una camioneta marca Ford, el cual salió de servicio. Este compresor porta un embrague electromagnético, el cual es el equipo necesario para el banco didáctico electromecánico. El compresor fue desarmado y se le extrajo casi todos sus componentes internos, dejando solamente los rodamientos, el eje y el embrague. Además fue necesario alargar el eje del compresor para poder colocar en uno de sus extremos un acople tipo araña. Para realizar dicho alargamiento fue necesario hacer un diseño y luego materializarlo en un torno y haciendo uso además de soldadura de West Arco de referencia 6011, ya que ofrece una resistencia de 60.000 psi y más penetración que otras soldaduras disponibles en el mercado. El plano del eje se aprecia en el anexo 8 y anexo 9.

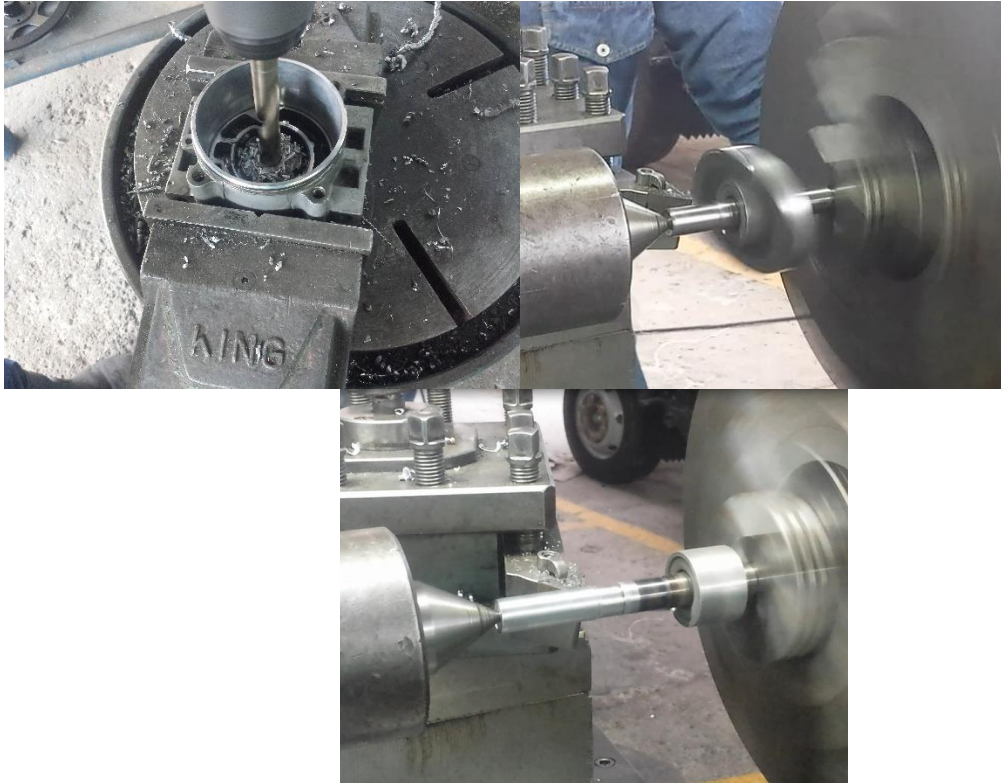


Figura 26: Imágenes del proceso de maquinado y alargamiento del eje del compresor.
Fuente Autor

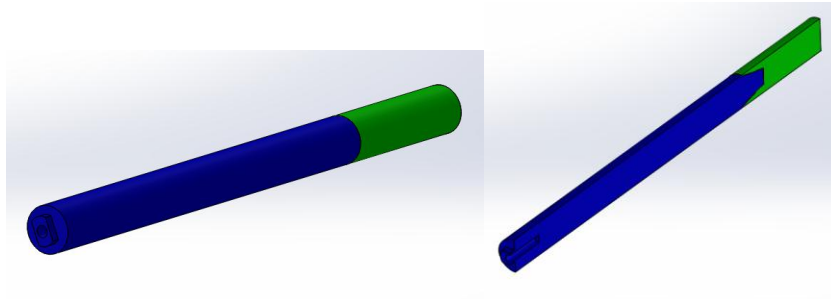


Figura 27: Imágenes del diseño del eje alargado.
Fuente: Autor

10.2.3.4 Actividad 4: Maquinado de acople tipo araña a las dimensiones de los ejes del compresor hueco del aire acondicionado y el motor eléctrico.

Para el maquinado de las piezas del acople tipo araña, el cual conecta el motor de inducción con el embrague electromagnético, se realizó en un torno de acuerdo a las dimensiones de diseño.

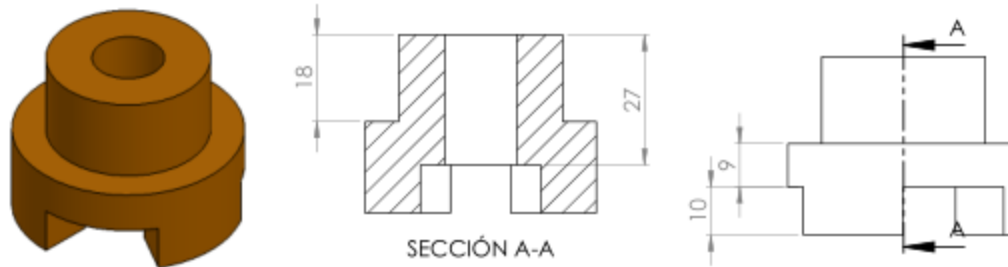


Figura 28: Imágenes del diseño del acople tipo araña.

Fuente: Autor

10.2.3.5 Actividad 5: Ensamble del acople tipo araña a los ejes del compresor hueco del aire acondicionado y el motor eléctrico.

Después de que se ha realizado el debido maquinado para lograr la dimensión adecuada de los diámetros internos de las partes tipo araña, se procedió a su instalación como se puede apreciar en la siguiente figura.



Figura 29: Acople tipo araña acoplado.

Fuente: Autor

10.2.3.6 Actividad 6: Unión del volante al eje de salida de la caja de cambios.

Para unir el volante del motor se hizo uso de tornillos y turcas, los cuales se dispusieron de tal manera que fuera seguro para la operación del equipo.



Figura 30: Unión del volante al eje de salida del motor.
Fuente: Autor

10.2.4 Fase 4: Ensamblar todas las piezas eléctricas y mecánicas para el adecuado funcionamiento del banco didáctico.

En esta fase consta de 5 actividades:

10.2.4.1 Actividad 1: Ensamble del motor de inducción y compresor hueco de aire acondicionado, el cual porta el embrague electromagnético, al soporte.

Para la realización de esta actividad se hizo uso de herramienta manual tal como llaves, copas y ratchet.



Figura 31: Motor de inducción acoplado al embrague electromagnético con acople tipo araña.

Fuente: Autor

10.2.4.2 Actividad 2: Ensamble de la caja de cambios.

Para la realización de esta actividad se hizo uso de herramienta manual tal como llaves, copas y ratchet. Además fue necesaria la ayuda de 3 personas para lograr una buena posición sin dañar a pintura.

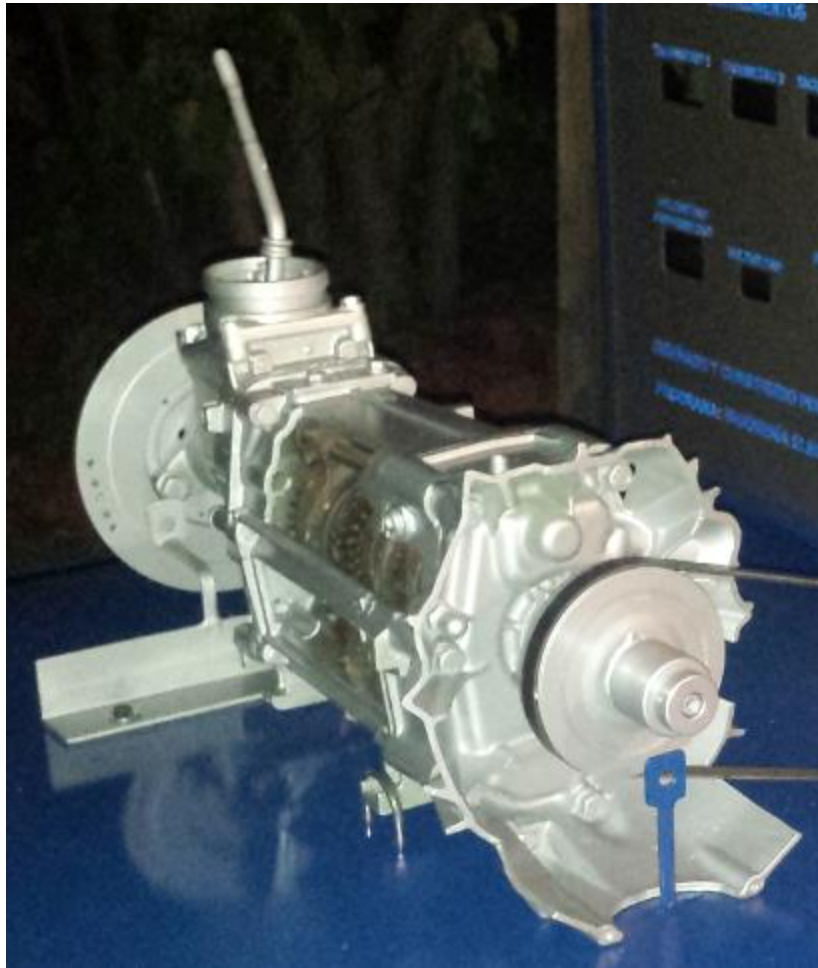


Figura 32: Caja de cambios puesta en sitio.
Fuente Autor

10.2.4.3 Actividad 3: Ensamble de tablero de instrumentos y fallas.

Luego de la instalación de los elementos anteriores se realizó la instalación del tablero de instrumentos y de indicadores de fallas.



Figura 33: Tablero de instrumentos y de indicadores de fallas acoplado.
Fuente: Autor

10.2.4.4 Actividad 4: Ensamble de caja de componentes eléctricos y caja de botones de fallas y reseteo.

Para la instalación de la caja de componentes eléctricos y la caja que contiene los botones con los cuales se inducirán las fallas se hizo necesario el uso de destornilladores, llaves y alicates.



Figura 34: Caja eléctrica y de botones instaladas.
Fuente: Autor

10.2.4.5 Actividad 5: Conexión eléctrica.

Para realizar el cableado eléctrico se hizo un diseño el cual está plasmado en los planos eléctricos, los cuales están relacionados en los anexos de este documento. Durante el proceso de cableado y conexionado se hizo uso de herramientas tal como un multímetro, corta cable, destornilladores, pinzas, busca polo y cautín.





Figura 35: Imágenes de cableado y conexionado eléctrico.
Fuente: Autor

10.3 Objetivo específico 3: Realizar pruebas de funcionamiento de los diferentes elementos que componen el banco didáctico.

Para cumplir con este objetivo se identifican 1 fase:

10.3.1 Fase 1: Realización de pruebas y toma de datos

Esta fase consta de una actividad:

10.3.1.1 Actividad 1: En este punto haciendo uso de una lista de chequeo, se realizó pruebas para comprobar el correcto funcionamiento del equipo. En estas pruebas se tomó datos de los tacómetros, se midió la tensión entre fases en el motor, se tomó datos de los voltímetros y el amperímetro, también los datos de temperatura, adicionalmente se revisó el funcionamiento de los interruptores y los relevos de cada una de las fallas didácticas. Se realizaron nueve pruebas, las cuales corresponde a las siguientes frecuencias: 20 Hz, 25 Hz, 30 Hz, 35 Hz, 40 Hz, 45 Hz, 50 Hz, 55 Hz y 60 Hz.

Además en cada una de las pruebas se hizo cambios a todas las velocidades de la caja de cambios, incluyendo la reversa y neutro; obtenido los siguientes resultados:

FRECUENCIA : 20 HZ

N° VELOCIDAD	RELACION D E CAJA DE CAMBIOS	RPM1	RPM2	RPM3	TENSION MOTOR FASE-FASE (Volts)	CORRIENTE SONSUMIDA POR EL SISTEMA (Amperios)	TENSION DC DEL SISTEMA (Volts)	TENSION AC DEL SISTEMA (Volts)	TEMPERATURA DE LA CAJA (10 MINUTOS). (Grados Celcius)	FUNCIONA- MIENTO FALLA1	FUNCIONA- MIENTO FALLA2	FUNCIONA- MIENTO FALLA3	FUNCIONA- MIENTO FALLA4	FUNCIONA- MIENTO FALLA5	FUNCIONA- MIENTO FALLA6	FUNCIONA- MIENTO FALLA7	FUNCIONA- MIENTO FALLA8	PARADA DE EMERGENCIA
VACIO	0	593	0	0	91	0,5	15,1	113	35	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
0	0	588	562	0	91	1,2	15,1	114	35	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
1	1:3,61	588	562	156	91	1,2	15,1	114	35	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
2	1:2,04	586	560	274	91	1,3	15,1	114	35	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
3	1:1,36	583	558	410	91	1,5	15,1	114	35	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
4	1:1	580	555	555	91	1,9	15,1	114	36	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
5	1:0,87	567	542	624	91	1,5	15,1	114	36	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
REVERSA	1:3,44	588	555	161	91	1,2	15,1	114	36	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

Prueba N° 1

FRECUENCIA : 25 HZ

N° VELOCIDAD	RELACION D E CAJA DE CAMBIOS	RPM1	RPM2	RPM3	TENSION MOTOR FASE-FASE (Volts)	CORRIENTE SONSUMIDA POR EL SISTEMA (Amperios)	TENSION DC DEL SISTEMA (Volts)	TENSION AC DEL SISTEMA (Volts)	TEMPERATURA DE LA CAJA (10 MINUTOS). (Grados Celcius)	FUNCIONA- MIENTO FALLA1	FUNCIONA- MIENTO FALLA2	FUNCIONA- MIENTO FALLA3	FUNCIONA- MIENTO FALLA4	FUNCIONA- MIENTO FALLA5	FUNCIONA- MIENTO FALLA6	FUNCIONA- MIENTO FALLA7	FUNCIONA- MIENTO FALLA8	PARADA DE EMERGENCIA
VACIO	0	742	0	0	109	0,6	15,1	114	35	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
0	0	737	704	0	108	1,2	15,1	113	36	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
1	1:3,61	736	703	193	108	1,2	15,1	113	36	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
2	1:2,04	736	703	344	108	1,2	15,1	113	36	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
3	1:1,36	734	701	517	108	1,2	15,1	113	36	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
4	1:1	731	700	700	108	1,3	15,1	113	36	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
5	1:0,87	714	683	785	108	2,2	15,1	113	36	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
REVERSA	1:3,44	726	695	202	108	1,6	15,1	113	36	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

Prueba N° 2

FRECUENCIA : 30 HZ

N° VELOCIDAD	RELACION D E CAJA DE CAMBIOS	RPM 1	RPM 2	RPM 3	TENSION MOTOR FASE-FASE. (Volts)	CORRIENTE SONSUMIDA POR EL SISTEMA. (Amperios)	TENSION DC DEL SISTEMA. (Volts)	TENSION AC DEL SISTEMA. (Volts)	TEMPERATURA DE LA CAJA (10 MINUTOS). (Grados Celcius)	FUNCIONA-MIENTO FALLA 1	FUNCIONA-MIENTO FALLA 2	FUNCIONA-MIENTO FALLA 3	FUNCIONA-MIENTO FALLA 4	FUNCIONA-MIENTO FALLA 5	FUNCIONA-MIENTO FALLA 6	FUNCIONA-MIENTO FALLA 7	FUNCIONA-MIENTO FALLA 8	PARADA DE EMERGENCIA
VACIO	0	889	0	0	129	0,6	15,1	114	36	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
0	0	885	846	0	127	1,3	15,1	113	36	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
1	1:3,61	884	845	234	127	1,3	15,1	113	36	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
2	1:2,04	883	843	412	127	1,4	15,1	113	36	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
3	1:1,36	881	841	621	127	1,5	15,1	113	36	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
4	1:1	873	836	836	127	1,8	15,1	112	36	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
5	1:0,87	862	825	825	127	2,4	15,1	111	36	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
REVERSA	1:3,44	874	837	837	127	1,7	15,1	112	36	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

Prueba N° 3

FRECUENCIA : 35 HZ

N° VELOCIDAD	RELACION D E CAJA DE CAMBIOS	RPM 1	RPM 2	RPM 3	TENSION MOTOR FASE-FASE. (Volts)	CORRIENTE SONSUMIDA POR EL SISTEMA. (Amperios)	TENSION DC DEL SISTEMA. (Volts)	TENSION AC DEL SISTEMA. (Volts)	TEMPERATURA DE LA CAJA (10 MINUTOS). (Grados Celcius)	FUNCIONA-MIENTO FALLA 1	FUNCIONA-MIENTO FALLA 2	FUNCIONA-MIENTO FALLA 3	FUNCIONA-MIENTO FALLA 4	FUNCIONA-MIENTO FALLA 5	FUNCIONA-MIENTO FALLA 6	FUNCIONA-MIENTO FALLA 7	FUNCIONA-MIENTO FALLA 8	PARADA DE EMERGENCIA
VACIO	0	1038	0	0	147	0,7	15,1	114	36	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
0	0	1031	986	0	146	1,5	15,1	113	37	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
1	1:3,61	1031	986	273	146	1,5	15,1	113	37	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
2	1:2,04	1031	986	482	144	1,5	15,1	112	37	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
3	1:1,36	1027	982	724	144	1,7	15,1	112	37	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
4	1:1	1023	977	977	144	2	15,1	111	37	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
5	1:0,87	1008	965	1109	143	2,7	15,1	110	37	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
REVERSA	1:3,44	1023	977	285	144	1,9	15,1	111	37	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

Prueba N° 4

FRECUENCIA : 40 HZ

N° VELOCIDAD	RELACION D E CAJA DE CAMBIOS	RPM 1	RPM 2	RPM 3	TENSION MOTOR FASE-FASE (Voltios)	CORRIENTE CONSUMIDA POR EL SISTEMA (Amperios)	TENSION DC DEL SISTEMA (Voltios)	TENSION AC DEL SISTEMA (Voltios)	TEMPERATURA DE LA CAJA (10 MINUTOS). (Grados Celcius)	FUNCIONA- MIENTO FALLA 1	FUNCIONA- MIENTO FALLA 2	FUNCIONA- MIENTO FALLA 3	FUNCIONA- MIENTO FALLA 4	FUNCIONA- MIENTO FALLA 5	FUNCIONA- MIENTO FALLA 6	FUNCIONA- MIENTO FALLA 7	FUNCIONA- MIENTO FALLA 8	PARADA DE EMERGENCIA
VACIO	0	1185	0	0	164	0,7	15,1	113	38	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
0	0	1180	1128	0	164	1,5	15,1	113	38	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
1	1:3,61	1180	1128	312	164	1,6	15,1	113	38	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
2	1:2,04	1180	1128	550	164	1,6	15,1	113	38	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
3	1:1,36	1175	1124	828	164	1,8	15,1	113	38	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
4	1:1	1170	1119	1119	164	2,1	15,1	113	38	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
5	1:0,87	1161	1111	1276	164	2,8	15,1	112	38	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
REVERSA	1:3,44	1173	1121	326	164	2	15,1	113	38	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

Prueba N° 5

FRECUENCIA : 45 HZ

N° VELOCIDAD	RELACION D E CAJA DE CAMBIOS	RPM 1	RPM 2	RPM 3	TENSION MOTOR FASE-FASE (Voltios)	CORRIENTE CONSUMIDA POR EL SISTEMA (Amperios)	TENSION DC DEL SISTEMA (Voltios)	TENSION AC DEL SISTEMA (Voltios)	TEMPERATURA DE LA CAJA (10 MINUTOS). (Grados Celcius)	FUNCIONA- MIENTO FALLA 1	FUNCIONA- MIENTO FALLA 2	FUNCIONA- MIENTO FALLA 3	FUNCIONA- MIENTO FALLA 4	FUNCIONA- MIENTO FALLA 5	FUNCIONA- MIENTO FALLA 6	FUNCIONA- MIENTO FALLA 7	FUNCIONA- MIENTO FALLA 8	PARADA DE EMERGENCIA
VACIO	0	1333	0	0	186	0,8	15,1	115	38	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
0	0	1327	1268	0	183	1,7	15,1	114	38	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
1	1:3,61	1327	1268	351	183	1,7	15,1	113	38	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
2	1:2,04	1327	1268	621	183	1,7	15,1	113	38	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
3	1:1,36	1324	1264	933	183	1,9	15,1	113	38	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
4	1:1	1317	1261	1261	183	2,4	15,1	111	38	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
5	1:0,87	1308	1252	1438	177	2,9	15,1	110	38	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
REVERSA	1:3,44	1320	1261	368	179	2,1	15,1	111	38	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

Prueba N° 6

FRECUENCIA : 50 HZ

N° VELOCIDAD	RELACION D E CAJA DE CAMBIOS	RPM 1	RPM 2	RPM 3	TENSION MOTOR FASE-FASE. (Volts)	CORRIENTE SONSUMIDA POR EL SISTEMA. (Amperios)	TENSION DC DEL SISTEMA. (Volts)	TENSION AC DEL SISTEMA. (Volts)	TEMPERATURA DE LA CAJA (10 MINUTOS). (Grados Celcius)	FUNCIONA- MIENTO FALLA 1	FUNCIONA- MIENTO FALLA 2	FUNCIONA- MIENTO FALLA 3	FUNCIONA- MIENTO FALLA 4	FUNCIONA- MIENTO FALLA 5	FUNCIONA- MIENTO FALLA 6	FUNCIONA- MIENTO FALLA 7	FUNCIONA- MIENTO FALLA 8	PARADA DE EMERGENCIA
VACIO	0	1481	0	0	203	0,8	15,1	114	38	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
0	0	1476	1411	0	198	1,7	15,1	112	38	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
1	1:3.61	1476	1411	391	198	1,7	15,1	112	38	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
2	1:2.04	1475	1410	690	199	1,9	15,1	113	38	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
3	1:1.36	1472	1408	1038	198	2,1	15,1	112	38	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
4	1:1	1468	1403	1403	198	2,4	15,1	112	38	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
5	1:0.87	1453	1388	1598	195	3,4	15,1	110	38	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
REVERSA	1:3.44	1470	1404	408	198	2,3	15,1	112	38	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

Prueba N° 7

FRECUENCIA : 55 HZ

N° VELOCIDAD	RELACION D E CAJA DE CAMBIOS	RPM 1	RPM 2	RPM 3	TENSION MOTOR FASE-FASE. (Volts)	CORRIENTE SONSUMIDA POR EL SISTEMA. (Amperios)	TENSION DC DEL SISTEMA. (Volts)	TENSION AC DEL SISTEMA. (Volts)	TEMPERATURA DE LA CAJA (10 MINUTOS). (Grados Celcius)	FUNCIONA- MIENTO FALLA 1	FUNCIONA- MIENTO FALLA 2	FUNCIONA- MIENTO FALLA 3	FUNCIONA- MIENTO FALLA 4	FUNCIONA- MIENTO FALLA 5	FUNCIONA- MIENTO FALLA 6	FUNCIONA- MIENTO FALLA 7	FUNCIONA- MIENTO FALLA 8	PARADA DE EMERGENCIA
VACIO	0	1629	0	0	219	0,8	15,1	114	39	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
0	0	1624	1553	0	213	1,9	15,1	112	39	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
1	1:3.61	1624	1553	429	213	1,9	15,1	112	39	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
2	1:2.04	1623	1552	759	213	2	15,1	113	39	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
3	1:1.36	1620	1548	1140	212	2,2	15,1	112	39	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
4	1:1	1611	1542	1542	209	2,6	15,1	111	39	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
5	1:0.87	1604	1534	1761	206	3,3	15,1	110	39	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
REVERSA	1:3.44	1616	1547	450	213	2,4	15,1	112	39	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

Prueba N° 8

FRECUENCIA : 60 HZ																		
N° VELOCIDAD	RELACION DE CAJA DE CAMBIOS	RPM 1	RPM 2	RPM 3	TENSION MOTOR FASE-FASE (Volts)	CORRIENTE CONSUMIDA POR EL SISTEMA (Amperios)	TENSION DC DEL SISTEMA (Volts)	TENSION AC DEL SISTEMA (Volts)	TEMPERATURA DE LA CAJA (10 MINUTOS) (Grados Celsius)	FUNCIONAMIENTO FALLA 1	FUNCIONAMIENTO FALLA 2	FUNCIONAMIENTO FALLA 3	FUNCIONAMIENTO FALLA 4	FUNCIONAMIENTO FALLA 5	FUNCIONAMIENTO FALLA 6	FUNCIONAMIENTO FALLA 7	FUNCIONAMIENTO FALLA 8	PARADA DE EMERGENCIA
VACIO	0	1777	0	0	231	0,8	15,1	114	39	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
0	0	1770	1691	0	222	1,9	15,1	112	39	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
1	1:3,61	1770	1691	468	222	1,9	15,1	112	39	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
2	1:2,04	1768	1690	826	221	2	15,1	111	39	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
3	1:1,36	1765	1686	1244	221	2,3	15,1	111	39	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
4	1:1	1760	1681	1681	215	2,7	15,1	110	39	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
5	1:0,87	1740	1665	1915	207	3,7	15,1	107	39	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
REVERSA	1:3,44	1764	1685	490	218	2,5	15,1	111	39	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

Prueba N° 9

10.3.2 Análisis de los resultados de las pruebas.

En las próximas nueve graficas se debe tener en cuenta que los datos de RPM1, RPM2 y RPM3 de las tablas anteriores corresponden a los datos de tacómetro 1, 2 y 3 respectivamente, en las gráficas.

Además en estas graficas se observa de una forma muy clara el comportamiento de la velocidad en cada una de las marchas de la caja de cambios.

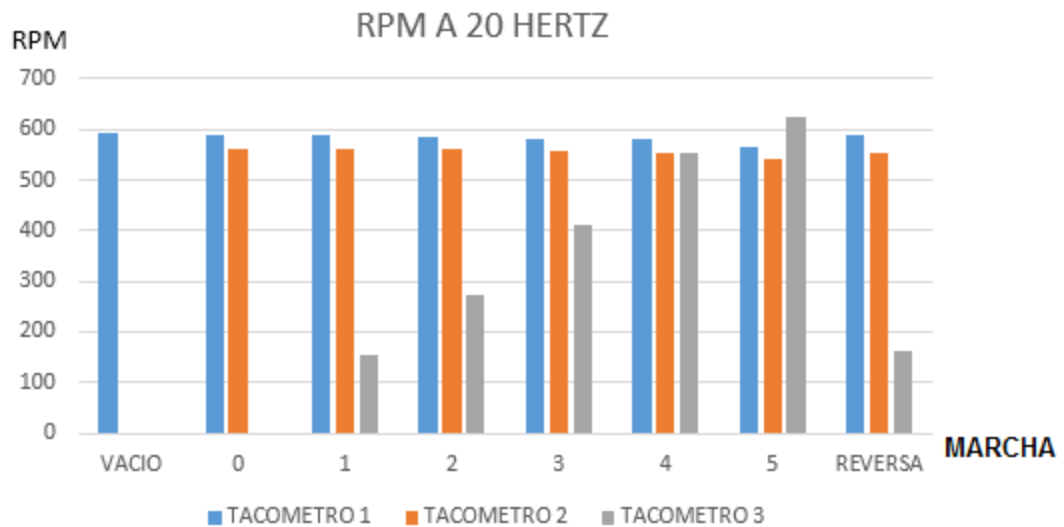


Figura 36: Grafico de las revoluciones por minuto en cada una de las velocidades de la caja de cambios y con una frecuencia en el variador de 20 Hertz.

Fuente: Autor

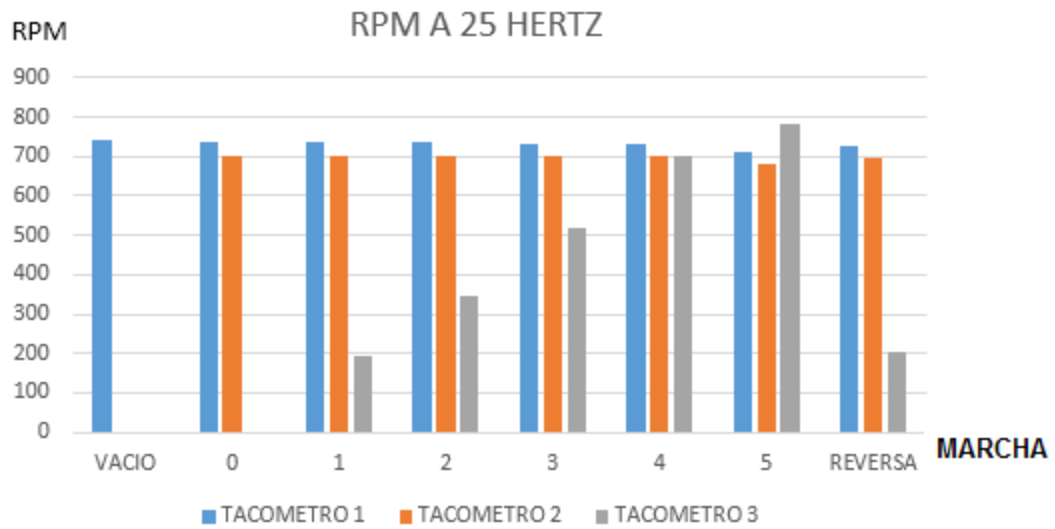


Figura 37: Grafico de las revoluciones por minuto en cada una de las velocidades de la caja de cambios y con una frecuencia en el variador de 25 Hertz.

Fuente: Autor

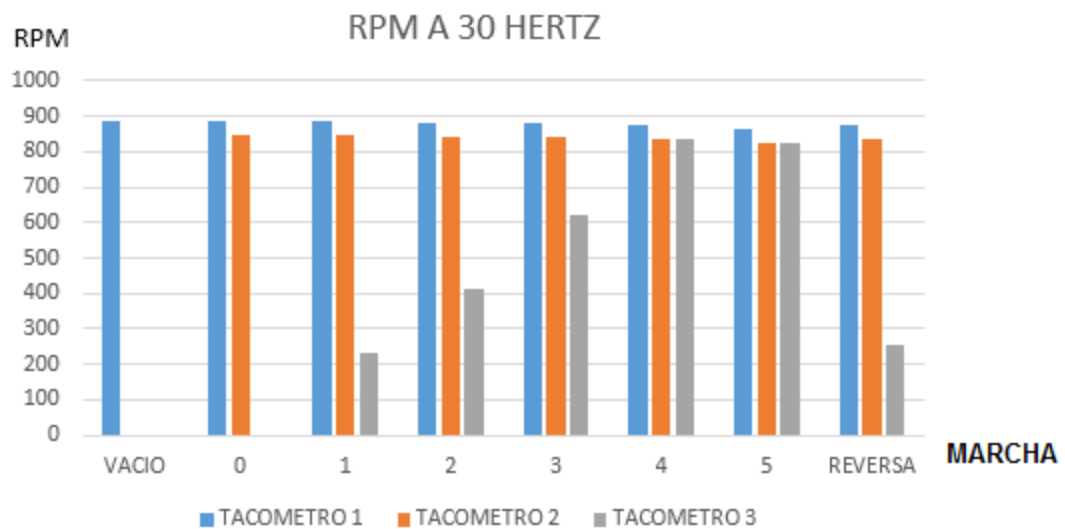


Figura 38: Grafico de las revoluciones por minuto en cada una de las velocidades de la caja de cambios y con una frecuencia en el variador de 30 Hertz.

Fuente: Autor

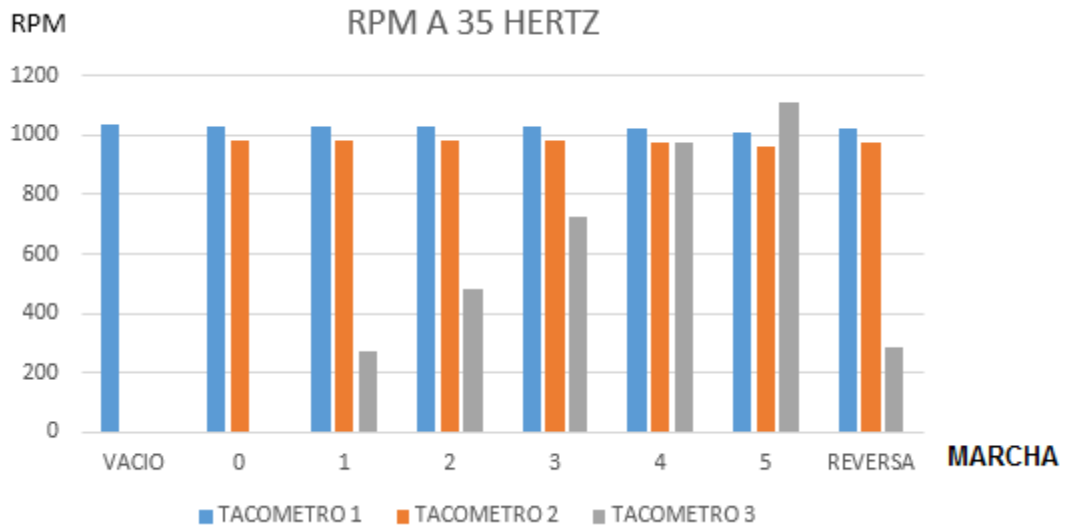


Figura 39: Grafico de las revoluciones por minuto en cada una de las velocidades de la caja de cambios y con una frecuencia en el variador de 35 Hertz.

Fuente: Autor

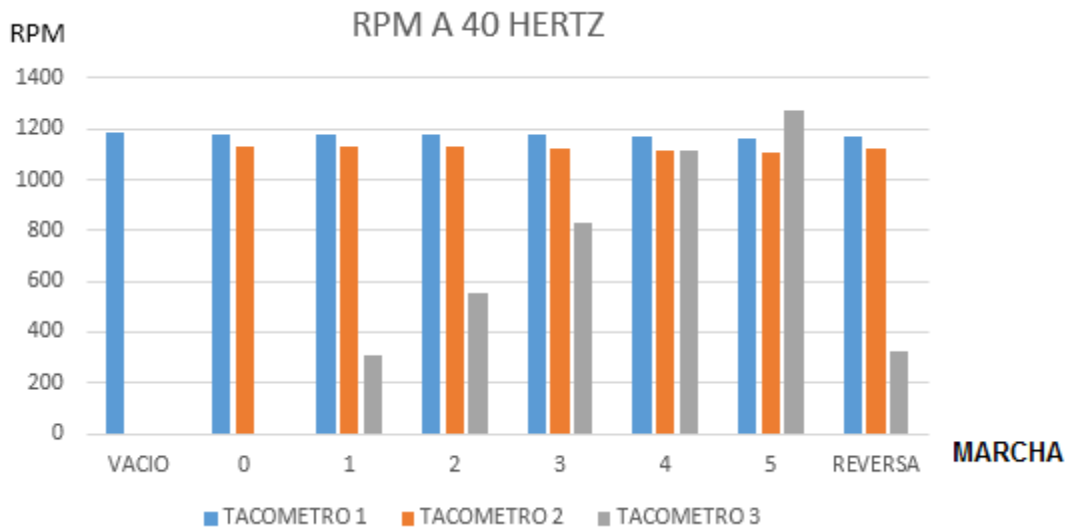


Figura 40: Grafico de las revoluciones por minuto en cada una de las velocidades de la caja de cambios y con una frecuencia en el variador de 40 Hertz.

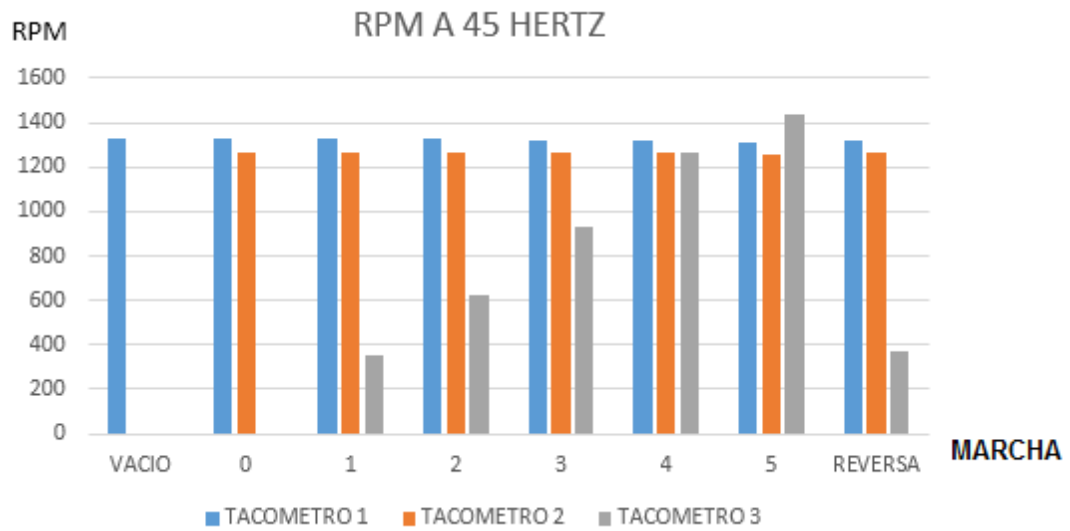


Figura 41: Grafico de las revoluciones por minuto en cada una de las velocidades de la caja de cambios y con una frecuencia en el variador de 45 Hertz.

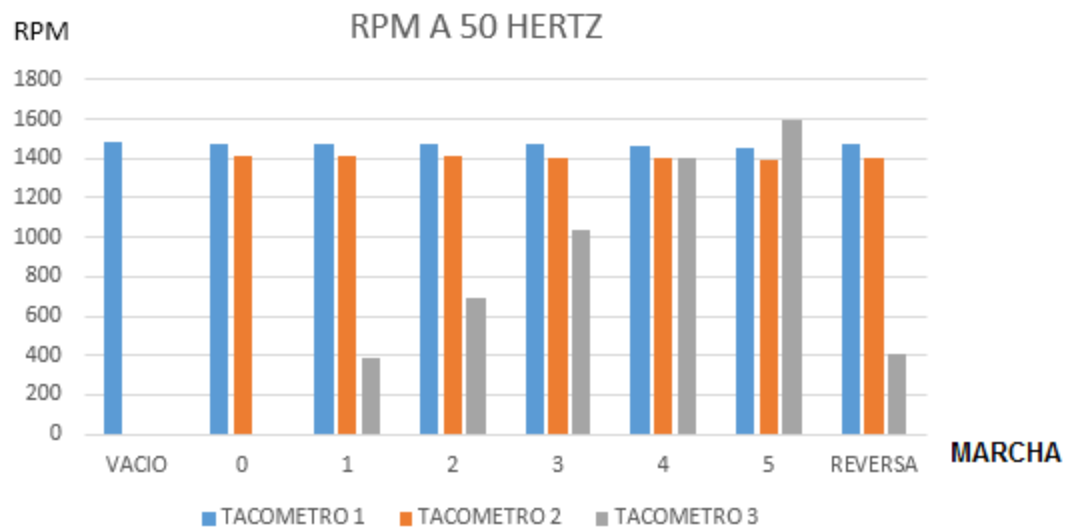


Figura 42: Grafico de las revoluciones por minuto en cada una de las velocidades de la caja de cambios y con una frecuencia en el variador de 50 Hertz.

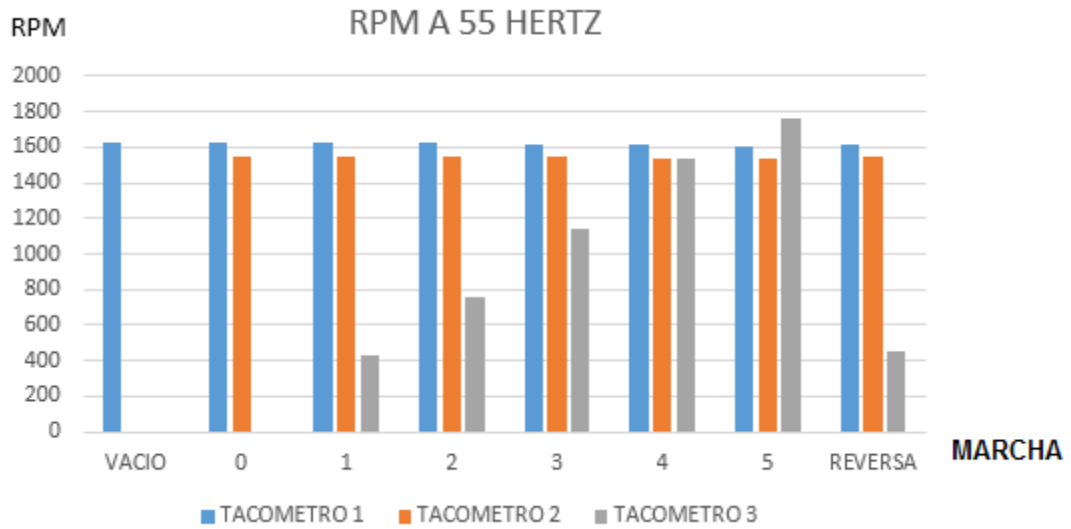


Figura 43: Grafico de las revoluciones por minuto en cada una de las velocidades de la caja de cambios y con una frecuencia en el variador de 55 Hertz.

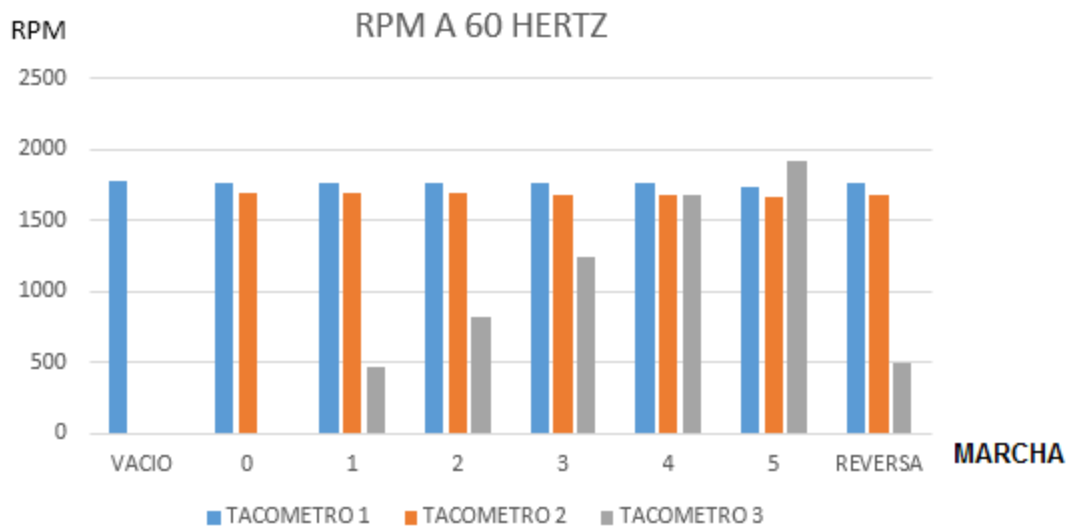


Figura 44: Grafico de las revoluciones por minuto en cada una de las velocidades de la caja de cambios y con una frecuencia en el variador de 60 Hertz.

Fuente: Autor.

En la siguiente grafica se observa el comportamiento de la corriente en diferentes configuraciones de la frecuencia y en las diferentes marchas de la caja de cambios.

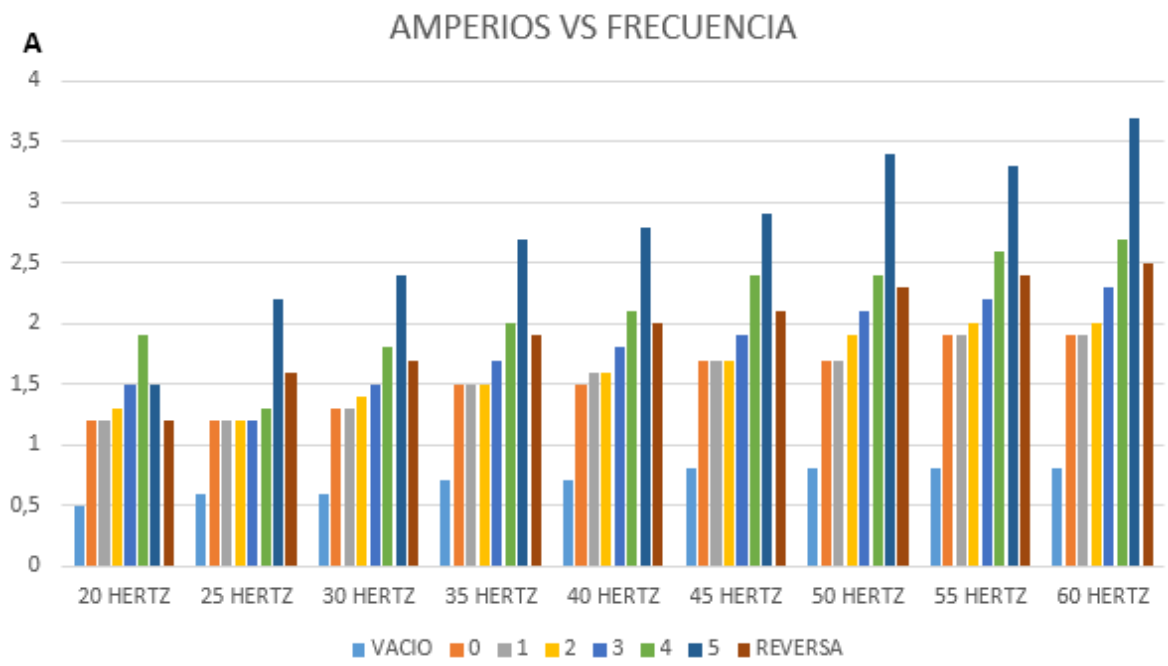


Figura 45: Grafico del consumo de corriente del sistema cuando funciona a diferentes frecuencias y velocidades de la caja de cambios.

Fuente: Autor

En la siguiente grafica se observa el comportamiento de la corriente en diferentes configuraciones de la frecuencia



Figura 46: Grafico del comportamiento de la tensión eléctrica en el sistema cuando funciona a diferentes frecuencias y velocidades de la caja de cambios.

Fuente: Autor

En esta última grafica se observa en comportamiento de la temperatura en la caja de cambios en el funcionamiento a diferentes configuraciones de frecuencia en el variador.

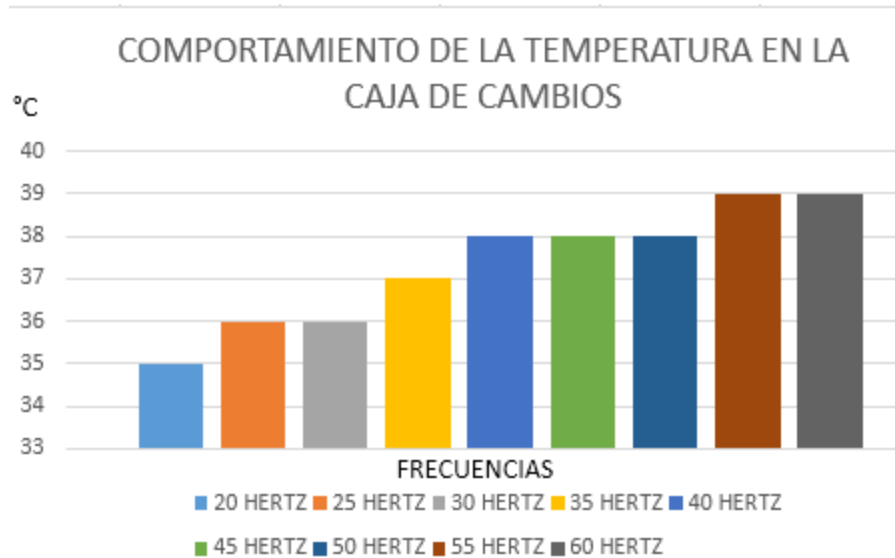


Figura 47: Grafico del comportamiento de la temperatura de la caja de cambios cuando funciona a diferentes configuraciones del variador de frecuencias.

Fuente: Autor

Después de realizar las pruebas se concluye que el proyecto ha sido un éxito, dado que todos los elementos del equipo funcionan como se esperaba; las medidas de las tensiones eléctricas en los bornes del motor están en los rangos permisibles en cada una de las pruebas; todos los instrumentos funcionan y proporcionan datos reales en todas las pruebas; el embrague electromagnético funcionó perfectamente durante el periodo de prueba; la caja de cambios trabajo de la forma esperada, sin presentar trabamientos ni recalentamiento, el cableado y los componentes eléctricos se comportaron de manera deseada, evidenciando su correcta conexión.

Además el diseño cumple con medidas de seguridad para los estudiantes, dado que en las partes móviles, donde la posibilidad de sufrir atrapamientos es alta, fueron cubiertas por guardas de acrílico.

10.4. Objetivo específico 4: “Elaboración del manual de operación y mantenimiento de equipo”.

Para cumplir con este objetivo de identifican una fase y una actividad:

10.4.1 Fase 1: Elaboración de manual de operación y mantenimiento del banco didáctico electromecánico.

10.4.1.1 Actividad 1: Haciendo uso de datos técnicos del equipo se elaboró una guía de operación y mantenimiento para prolongar la vida útil del equipo, este manual corresponde al anexo 2. Además se suministra el manual original en español del variador de frecuencias.

11. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Cronograma del proyecto Banco Didáctico Electromecánico del año 2016																																								
Actividad	Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre							
	Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Recolección de Información																																								
Diseño del proyecto																																								
Ejecución del proyecto																																								
Pruebas y ajustes necesarios.																																								
Elaboración de manuales																																								

Tabla 3: Cronograma del proyecto Banco Didáctico Electromecánico del año 2016

Fuente: Autor

12. BIBLIOGRAFÍA

- Aficionados a la Mecanica. (s.f.). *Sensores*. Recuperado el 21 de 3 de 2016, de
<http://www.aficionadosalamecanica.net/>:
<http://www.aficionadosalamecanica.net/sensores2.htm>
- Carpio Ibañé, J., Míguéz, J. V., Guirado, R., Del Valle, J. L., & Bolaños, I. (2013).
Alimentación de cargas críticas y calidad de la energía eléctrica. Madrid, España:
Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Dealer Industrial Equipment, LLC. (s.f.). Recuperado el 2 de 3 de 2016, de
<http://dealerselectric.com/>: <http://dealerselectric.com/JNEV-101-H1.asp>
- Delgado Arredondo, P. A., Morínigo Sotelo, D., Osornio Rios, R. A., Avina Cervantes, J.
G., Rostro Gonzalez, H., & Romero Troncoso, R. (7 de 1 de 2016). *Methodology
for fault detection in induction motors via sound and vibration signals*. Obtenido de
www.sciencedirect.com:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0888327016302151>
- Du Plessis, G. E., Leon, L., & Mathews, E. H. (23 de 5 de 2013). *The use of variable speed
drives for cost-effective energy savings in South African mine cooling systems*.
Obtenido de www.sciencedirect.com:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261913003577>
- García, Y. (2 de 1 de 2015). *Definición de Electricidad*. Obtenido de
<http://conceptodefinicion.de>: <http://conceptodefinicion.de/electricidad/>
- GRABCAD. (25 de 4 de 2016). *Grabcad Community*. Obtenido de <https://grabcad.com>:
<https://grabcad.com/library>
- Hibbeler, R. C. (2004). *Mecánica vectorial para ingenieros: estática*. Mexico: Pearson
Educación.
- Hyuk Shin, Y., Chul Kim, S., & Soo Kim, M. (21 de 6 de 2013). *Use of electromagnetic
clutch water pumps in vehicle engine cooling systems to reduce fuel consumption*.
Obtenido de www.sciencedirect.com:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544213004465>
- Imac. (s.f.). *El embrague*. Obtenido de imac.unavarra.es:
[http://www.imac.unavarra.es/web_imac/pages/docencia/assignaturas/maquinas-
iti/Trabajos/Embragues.pdf](http://www.imac.unavarra.es/web_imac/pages/docencia/assignaturas/maquinas-iti/Trabajos/Embragues.pdf)
- Ingemecánica. (06 de 07 de 2014). *Características Mecánicas del Acero*. Obtenido de
<http://ingemecanica.com>:
<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn100.html>

- Kirchengast, M., Steinberger, M., Laimgruber, S., Premio, D., & Horn, M. (27 de 9 de 2015). *Identification and Position Control of an Electromagnetic Clutch Actuator*. Obtenido de www.sciencedirect.com:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896315012410>
- Metas & Metrólogos Asociados. (1 de 9 de 2005). *TACÓMETROS (Medición de Frecuencia Rotacional)*. Obtenido de [metas.com.mx](http://www.metas.com.mx):
<http://www.metas.com.mx/guiaetas/La-Guia-MetAs-05-09-tacometros.pdf>
- Mott, R. L. (2006). *Diseño de elementos de máquinas* (4° ed.). México: Pearson Educación.
- Muñoz, L. (19 de 7 de 2010). *Motores asíncronos trifásicos*. Obtenido de [taringa.net](http://www.taringa.net):
<http://www.taringa.net/post/info/6222991/Motores-asincronos-trifasicos.html>
- Pérez Sanz, A. (9 de 3 de 2014). *EL RELÉ*. Recuperado el 15 de 2 de 2016, de platea.pntic.mec.es:
<http://platea.pntic.mec.es/~pcastela/tecno/documentos/apuntes/rele.pdf>
- Pulido, M. Á. (2000). *Convertidores de frecuencia, controladores de motores y SSR*. Barcelona, España: Marcombo.
- Sanchez Rodriguez, R., & Contreras Villamizar, E. F. (2010). *Diseño y construcción de un banco de prácticas en motores eléctricos, como apoyo a la asignatura de diseño de máquinas II (Tesis de pregrado)*. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. Obtenido de tangara.uis.edu.co:
<http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2010/133923.pdf>
- Sanz Serrano, J. L., & Toledano Gasca, J. C. (2008). *Técnicas y Procesos en las Instalaciones Eléctricas en Media y Baja Tensión* (6° ed.). Madrid, España: Paraninfo.
- Sbarbaro, D. (2 de 5 de 2016). *CONTROL OF CRUSHING CIRCUITS WITH VARIABLE SPEED DRIVES*. Obtenido de www.sciencedirect.com:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667016377047>
- Schäfer, T. (s.f.). *Glosario de automóviles: Caja de Cambios*. Recuperado el 30 de 1 de 2016, de [sured.info](http://www.sured.info): <http://www.sured.info/defe/caja-de-cambios.html>
- Schneider Electric. (s.f.). *Instituto Schneider Electric de Formación*. Recuperado el 16 de 2 de 2016, de [schneider-electric.es](http://www.schneider-electric.es): <http://www.schneider-electric.es/es/work/services/training/isef/teaching.jsp>
- Serbán, N. (1992). *Instalaciones eléctricas: conceptos básicos y diseño*. Obtenido de <https://books.google.com>: <https://books.google.com/books?id=PiwXAaACAAJ>
- Tekmatic. (s.f.). *Embragues y frenos electromagnéticos monodiscos*. Obtenido de tekmatic.com.ar:

http://www.tekmatic.com.ar/pdfs/09_EDF_EmbraquesElectromagneticosMonodisco.pdf

Universidad Politécnica de Madrid. (s.f). *Competencias Genéricas*. Recuperado el 4 de 2 de 2016, de innovacioneducativa.upm.es:
<http://innovacioneducativa.upm.es/competencias-genericas/formacionyevaluacion/analisis Sintesis>

13. RECURSOS FÍSICOS

14.1 Recursos adquiridos

- Variador de frecuencia marca TECO-Westinghouse, modelo JNEV-101-H1; este variador permite, en algunos de sus modelos, alimentar motores trifásicos de 220 VCA, a partir de una fuente monofásica de 110 VCA. Esta es una solución ideal cuando no hay disponibles alimentaciones trifásicas.
- Motor de inducción marca Siemens, de 0,9 Hp, a 1685 rpm.
- Embrague electromagnético de aire acondicionado de camioneta Ford Escape, con carcasa vacía de compresor.
- Polea de alta velocidad.
- Caja de cambios de un auto.
- Correa para poleas de alta velocidad.
- Volante de motor
- Tubo de 2 pulgadas de diámetro por 3 metros de largo.
- Ángulos de acero.
- Ruedas para transporte.
- Lámina galvanizada.
- Cables eléctricos, de diferentes calibres para conexiones de potencia, control y sensores.
- Sensores de revoluciones con pantallas digitales.
- Fuente de alimentación DC.
- Interruptor para reseteo.
- Interruptores para generar fallas.
- Cortacircuitos electromagnéticos.

- Interruptor de parada de emergencia.
- Caja metálica para componentes eléctricos.
- Riel Omega, para sujeción de equipos eléctricos.
- Voltímetro con pantalla digital.
- Amperímetro con pantalla digital.
- Lamina de acrílico para tablero de fallas.
- Caja de acrílico para guarda de seguridad
- Bombillos led de 110 VAC.
- Relevos electromagnéticos.
- Caja con candado.
- Termocupla.
- Termómetro digital.
- Pirómetro.

14. PRESUPUESTO.

Descripción	Fuentes			Total
	Recursos propios	Entidad externa	UAN	
Diseño del proyecto.	1.000.000			
Compra de equipos (variador de frecuencias, embrague electromagnético, sensores con pantallas, voltímetro, relevos, amperímetro digital y otros).	4.000.000			
Conexión de equipos eléctricos.	30.000			
Compra de material (ángulo de acero, lámina galvanizada, tubos).	600.000			
Compra de equipo de soldadura y otras Herramientas.	1.000.000			
Construcción de estructura.	50.000			
Compra de caja de cambios	600.000			
Maquinado de piezas	600.000			
Ruedas para transporte.	100.000			
Accesorios	300.000			
Transporte y otros.	700.000			
Papelería y otros.	200.000			
TOTAL	9.180.000			9.180.000

9.180.000 de pesos colombianos.

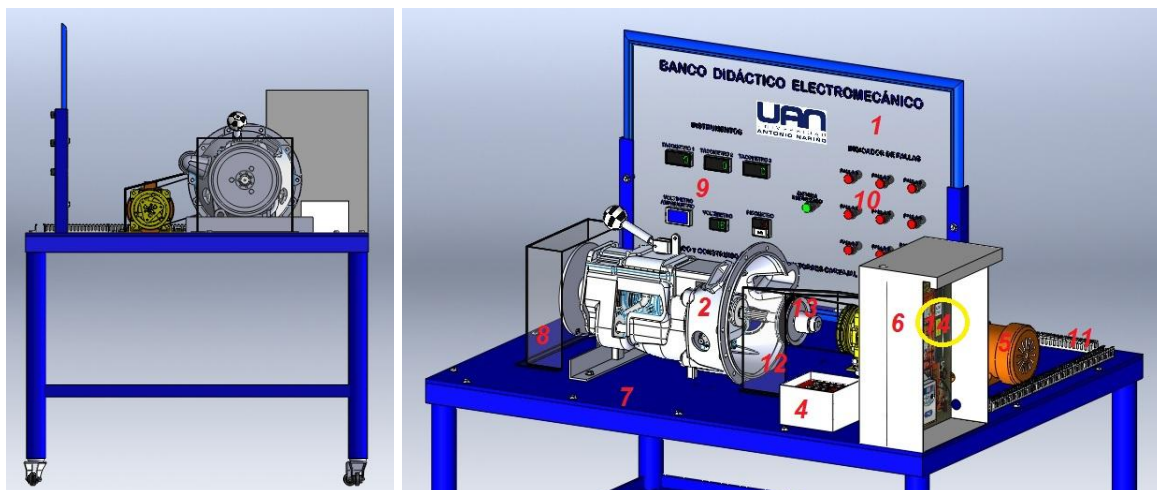
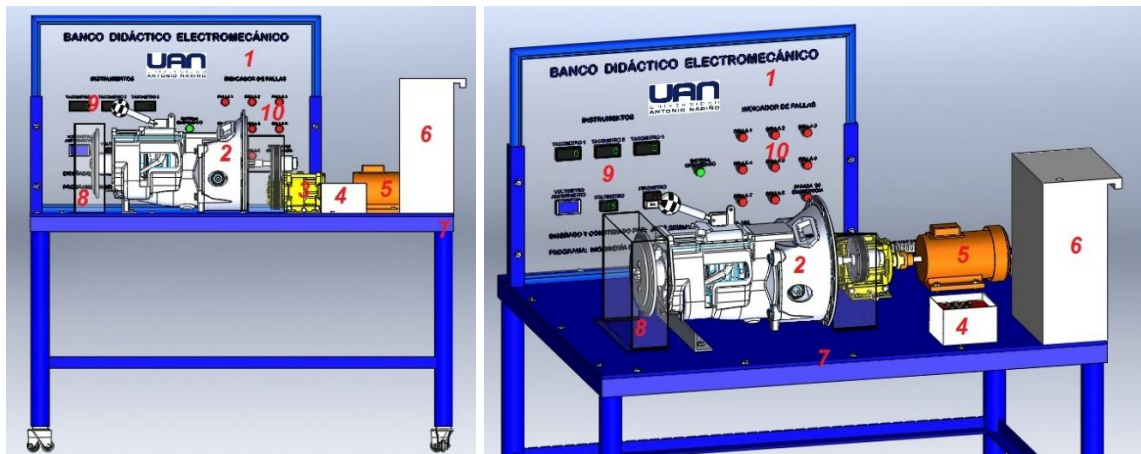
15. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

- Se diseñó el Banco Didáctico Electromecánico en el software “Solidworks”, y se realizaron cálculos de diseño.
- Se logró la fabricación del Banco Didáctico Electromecánico, teniendo en cuenta todas las condiciones de diseño y seguridad.
- Se hicieron las pruebas eléctricas y mecánicas del Banco Didáctico Electromecánico, obteniendo resultados muy satisfactorios.
- Se elaboró manual de operación y mantenimiento.
- Se ha entregado el Banco Didáctico Electromecánico a la Universidad Antonio Nariño, sede Neiva – Buganviles.

15.1 Recomendaciones

- En este banco didáctico se ha usado un variador de frecuencias tipo escalar, es decir que el motor que esté controlado por este, pierden torque al mismo tiempo que se reduce la frecuencia en el variador, por este motivo si esta condición se convierte en indeseada, se recomienda usar un variador de frecuencia vectorial.

ANEXO 1. VISTA PRELIMINAR DEL MONTAJE

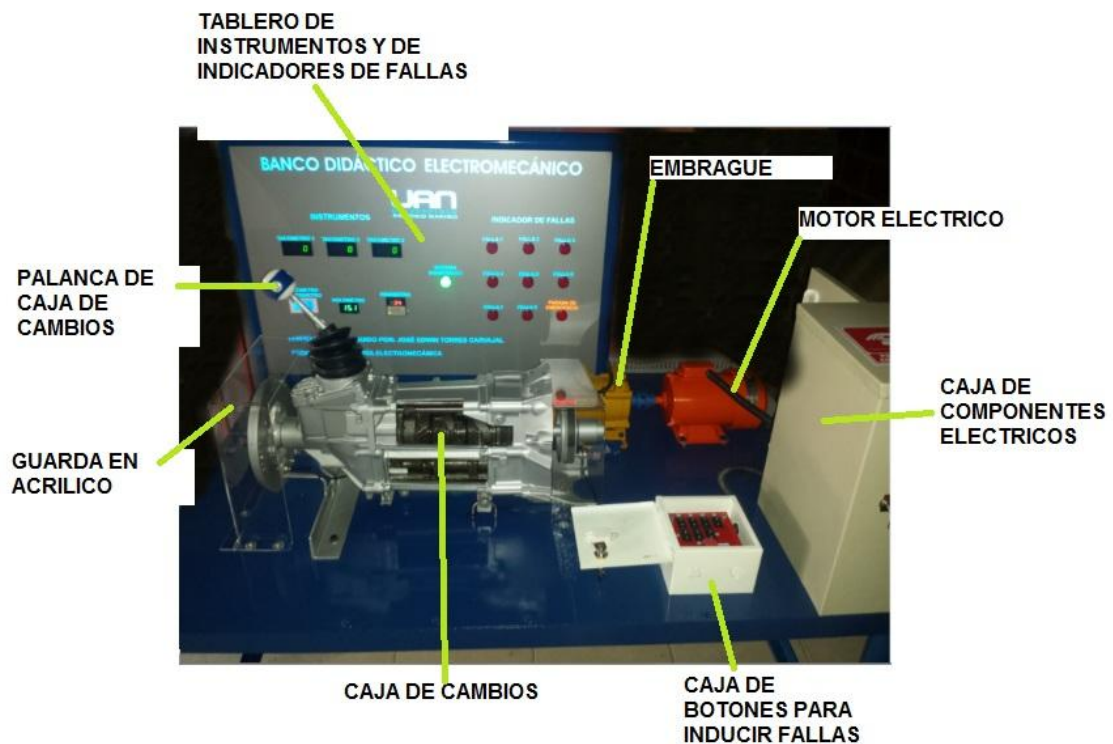


PARTES DEL BANCO DIDÁCTICO ELECTROMECAÁNICO	
NÚMERO	NOMBRE
1	Tablero de instrumentos y de indicadores de fallas
2	Caja de cambios
3	Embrague electromagnético
4	Caja de interruptores de fallas
5	Motor eléctrico
6	Caja de conexiones eléctricas
7	Soporte del banco didáctico
8	Guarda de acrílico
9	Instrumentos
10	Indicadores de fallas
11	Canaletas del cableado eléctrico
12	Guarda de acrílico
13	Polea de la caja de cambios
14	Conexiones eléctricas

ANEXO 2. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL BANCO DIDÁCTICO ELECTROMECAÁNICO.

1. Partes del Banco Didáctico Electromecánico.

A continuación en la siguientes imágenes se puede observar los nombres de las diferentes partes del banco didáctico electromecánico.



2. Recomendaciones para el adecuado uso y operación:

- Usar Gas de seguridad, guantes fabricado en poliéster y recubierto con látex, y zapatos de seguridad.
- Contar con el acompañamiento de un docente idóneo en los temas eléctricos y mecánicos.
- Tener conocimientos básicos de electricidad y mecánica.
- Mantenga sus manos siempre a la vista.

- El cable de alimentación se debe conectar a tomacorrientes de 115 voltios.
- No usar ropa que sobresalga de las mangas mientras se encuentra en operación.

3. Encendido y operación:

- El equipo se energiza al accionar el interruptor termomagnético que se encuentra en la caja de componentes eléctricos.
- El variador no arranca automáticamente por seguridad. Para la operación del variador se entrega el manual completo en español del variador de frecuencias.
- Por seguridad para iniciar la operación del equipo es necesario presionar el botón de reseteo de Falla 4 ubicado en la caja de botones.
- En la parte exterior de la caja de componentes eléctricos se encuentra debidamente señalizado el botón para parada de emergencia y también el interruptor del embrague electromagnético.
- Para hacer los cambios de velocidad en la caja de cambios se recomienda para el motor por medio del variador de frecuencias.
- El equipo cuenta con tres tacómetros, los cuales funcionan con sensores inductivos y están dispuestos de la siguiente manera: el sensor del primer tacómetro está instalado para medir la revoluciones por minuto del embrague electromagnético, el segundo está instalado para medir la revoluciones por minuto de la polea del eje de entrada de la caja de cambios, y el tercer sensor se instaló para medir la revoluciones por minuto del eje de salida de la caja de cambios.
- El equipo también cuenta con un pirómetro, el cual permite monitorear la temperatura de la caja de cambios, por medio de una termocupla tipo "J". Además se hace un control, ya que este su vez permite ser configurado para sacar de línea el embrague. Cuando se ha usado la función del pirómetro, la cual corresponde a la Falla 4, solo será posible volver a energizar el embrague después de presionar el botón de resteo ubicado en la caja de botones.
- El Banco Didáctico Electromecánicos cuenta con ruedas instaladas en las 4 paras para su fácil movilización. Además antes de empezar la operación del equipo es indispensable bloquear las ruedas con los frenos que tienen incorporados.
- Los docentes a cargo de las clases prácticas serán las únicas personas que podrán autorizar la intrusión de los estudiantes en el equipo.
- El equipo cuenta con 8 fallas las cuales podrán ser inducidas por los docentes, siendo estas las siguientes:
 - Falla 1: Caída de tensión en la línea 1 del motor eléctrico.

- Falla 2: Caída de tensión en la línea 2 del motor eléctrico.
- Falla 3: Caída de tensión en la línea 3 del motor eléctrico.
- Falla 4: Alta temperatura, controlado por el pirómetro, y este a su vez es ajustable.
- Fallas 5: Sale de línea el embrague electromagnético por caída de tensión.
- Falla 6: Sale de línea el tacómetro 1.
- Falla 7: Sale de línea el tacómetro 2
- Falla 8: Sale de línea el tacómetro 3
- Parada de emergencia: Se desenergiza todo el sistema.

MANTENIMIENTO DEL BANCO DIDÁCTICO ELECTROMECAÍNICO

1. Mantenimiento preventivo.

Para el mantenimiento preventivo del equipo se recomienda tener en cuenta los siguientes ítems:

- Cuando no se esté usando el equipo mantenerlo cubierto.
- Mantener el cable de alimentación enrollado y resguardado cuando no se esté usando el equipo.
- Limpiar el equipo una vez por semana, teniendo en cuenta que debe estar desenergizado.
- Lubricar la caja de cambios con aceite en aerosol, cada vez que se vaya a usar.
- Mantener las cajas eléctricas cerradas.
- De acuerdo al manual del variador de frecuencias, siempre después de una clase práctica, bajar su frecuencia hasta cero.

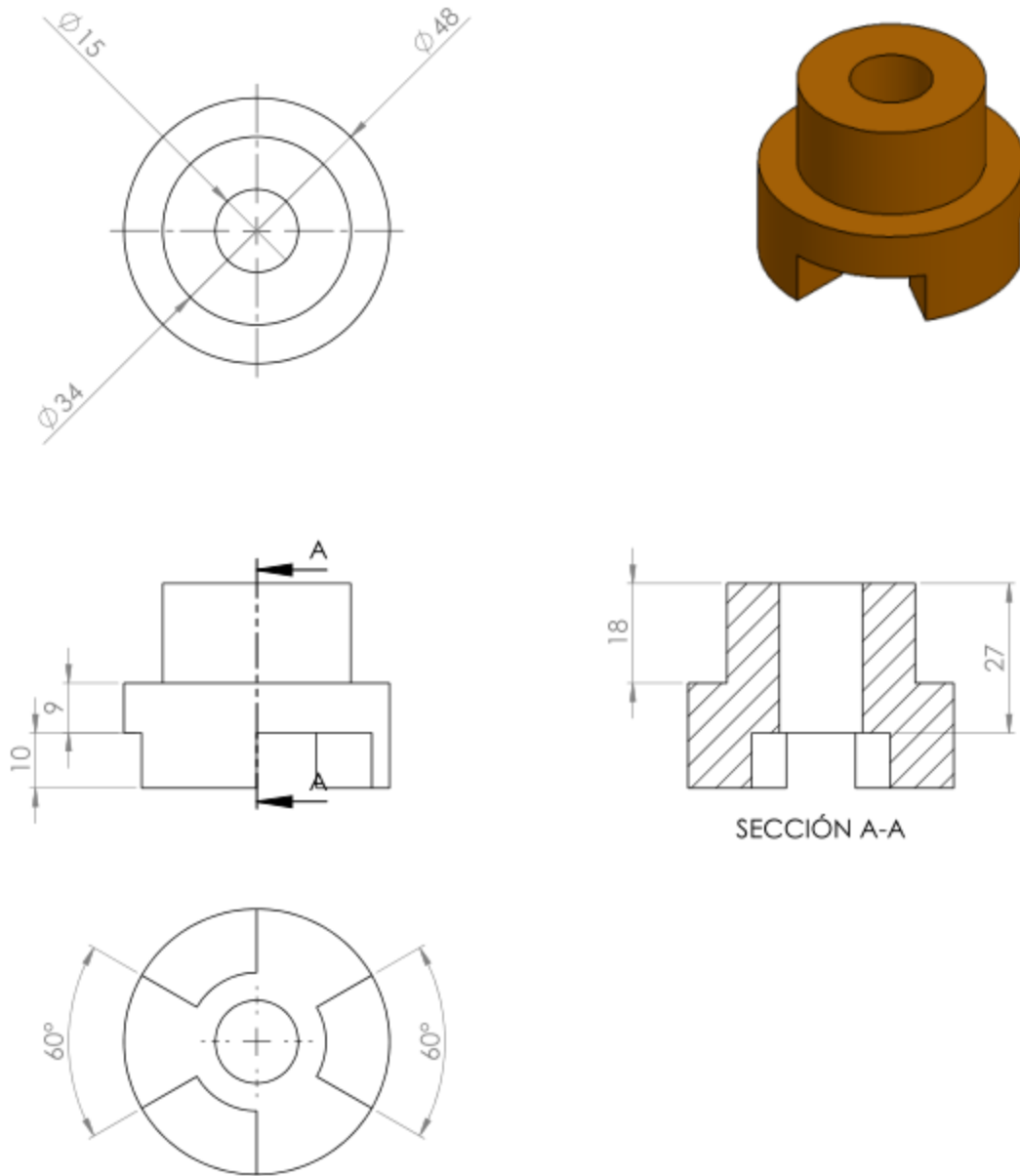
2. Mantenimiento correctivo:

Para el mantenimiento correctivo del equipo se recomienda tener en cuenta los siguientes ítems:

- En el caso que la correa pierda tensión, esta se puede tensionar con el tensor instalado, haciendo uso de herramienta adecuada.
- En el caso de daño de algún componente, la universidad está a cargo del equipo por lo tanto será responsable de su adquisición; y además en este documento se anexa los planos eléctricos para las reparaciones eléctricas correspondientes.

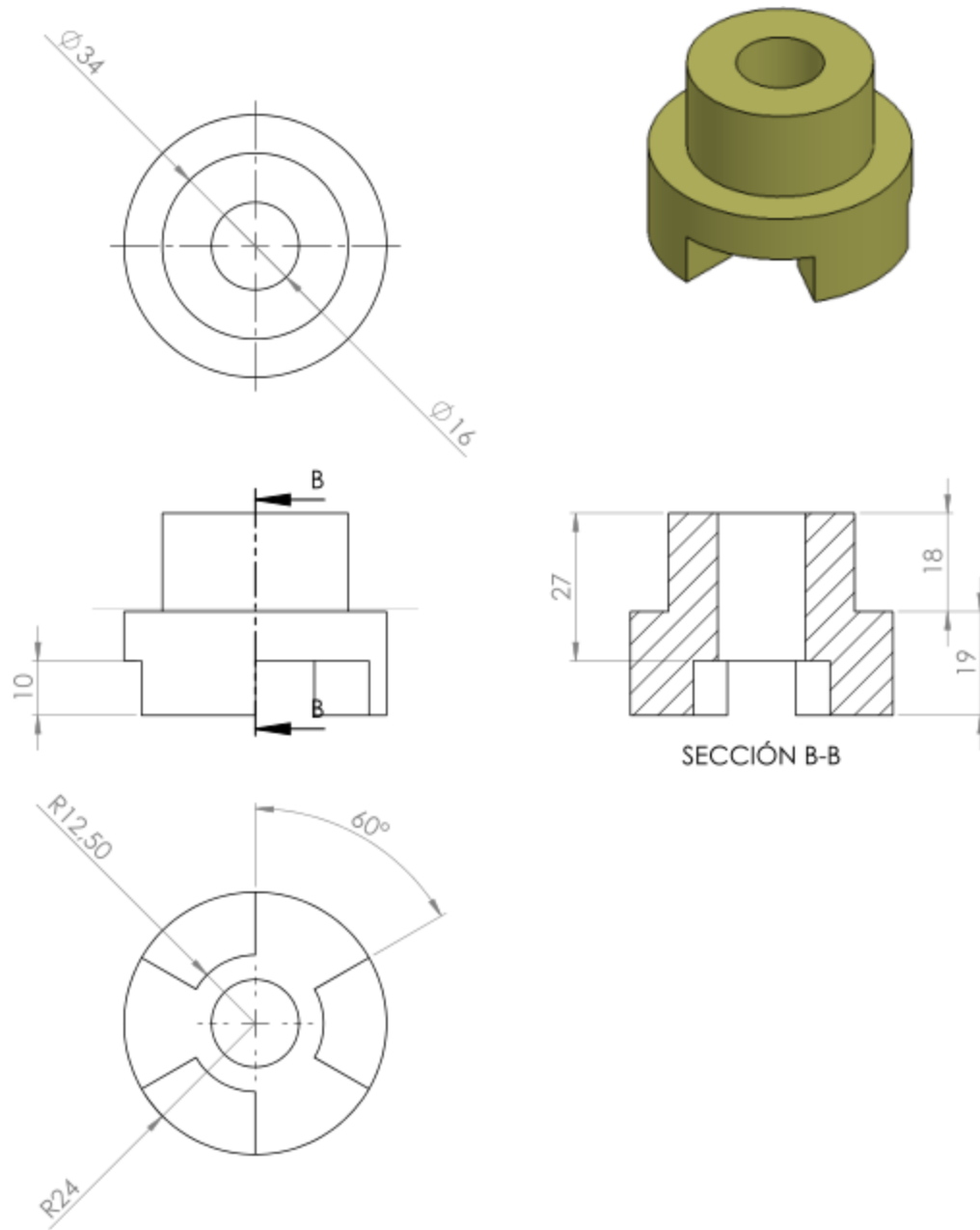
- Para reemplazar cualquier componente eléctrico se debe siempre usar la herramienta adecuada, además la persona que haga alguna actividad de mantenimiento correctivo debe ser idónea.
- El equipo se ha fabricado con factores de seguridad de diseño grandes, con el propósito que sea muy durable, por favor mantener estos factores de seguridad de diseño en los mantenimientos correctivos, para prolongar su vida útil.

ANEXO 3. PLANO DE ACOPLE TIPO ARAÑA PARTE MOTOR ELÉCTRICO.



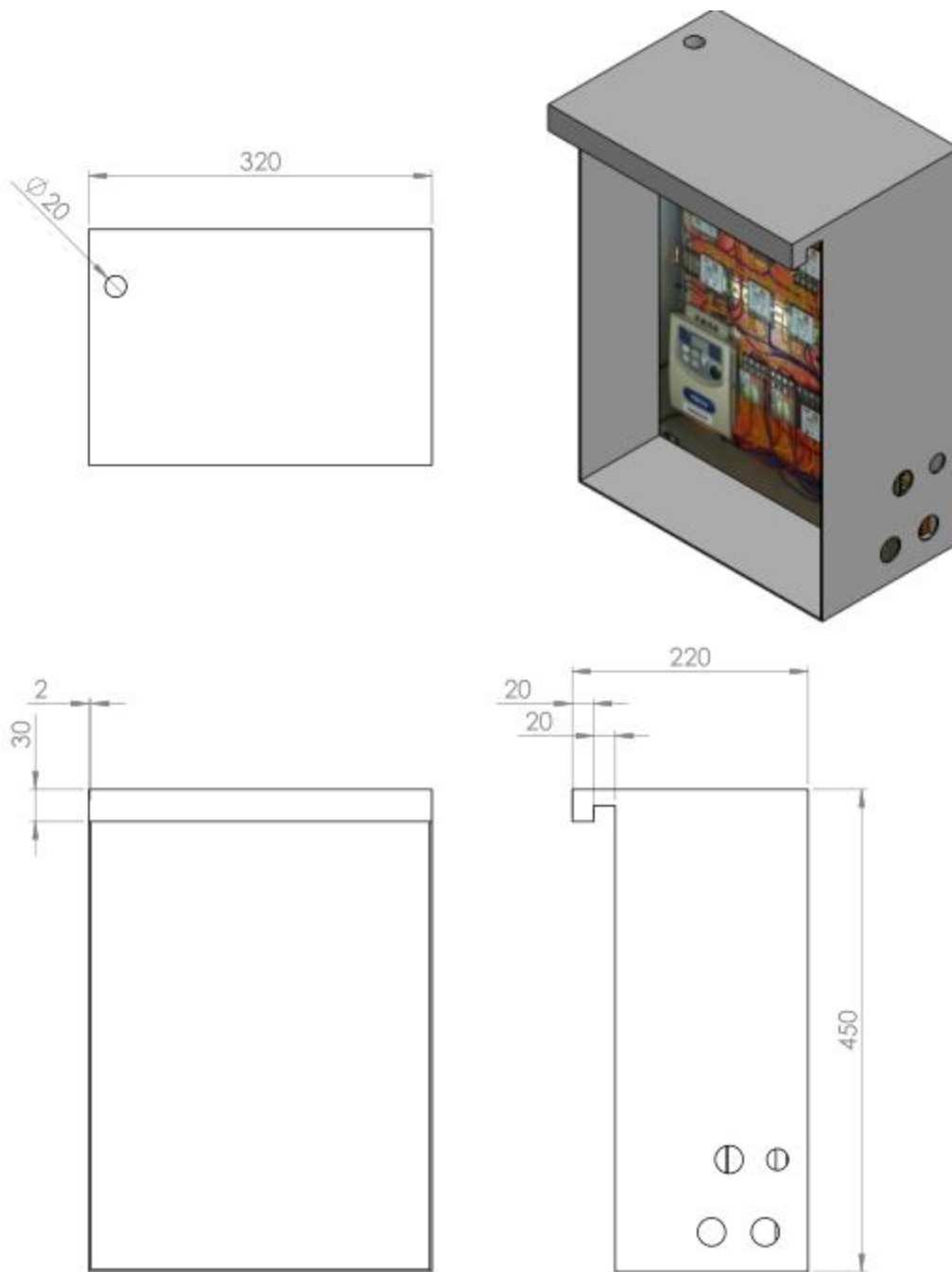
UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO	Acople tipo araña parte motor	
Material: Fundición DIN 1691 GG25		
Jose Edwin Torres Carvajal	Escala: 1:1	Unidad: mm

ANEXO 4. PLANO DE ACOPLÉ TIPO ARAÑA PARTE EMBRAGUE ELECTROMAGNÉTICO.



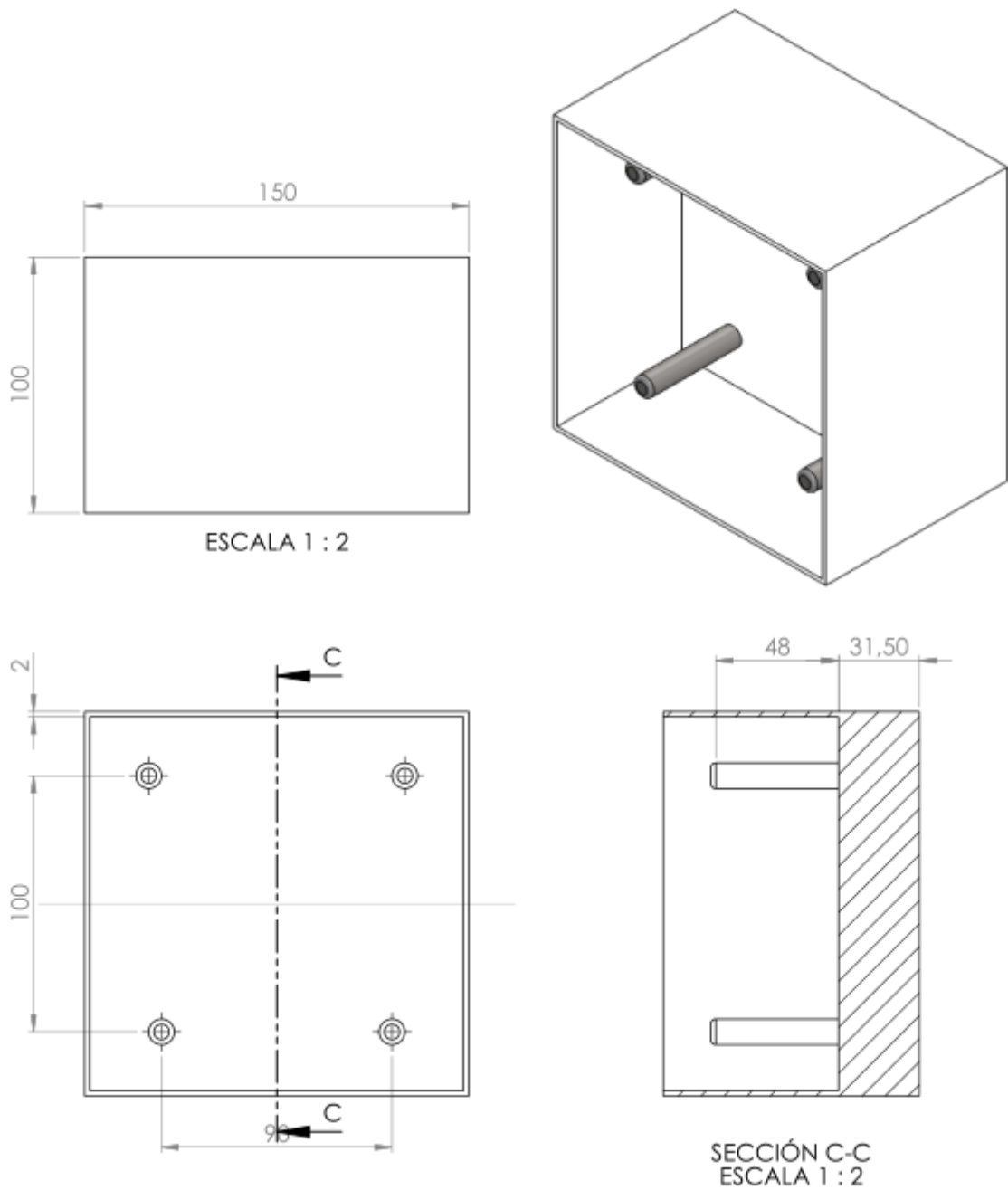
UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO	Acople tipo araña parte embrague	
Material: Fundición DIN 1691 GG25		
Jose Edwin Torres Carvajal	Escala: 1:1	Unidad: mm

ANEXO 5. PLANO DE CAJA DE CONEXIONES ELÉCTRICAS.



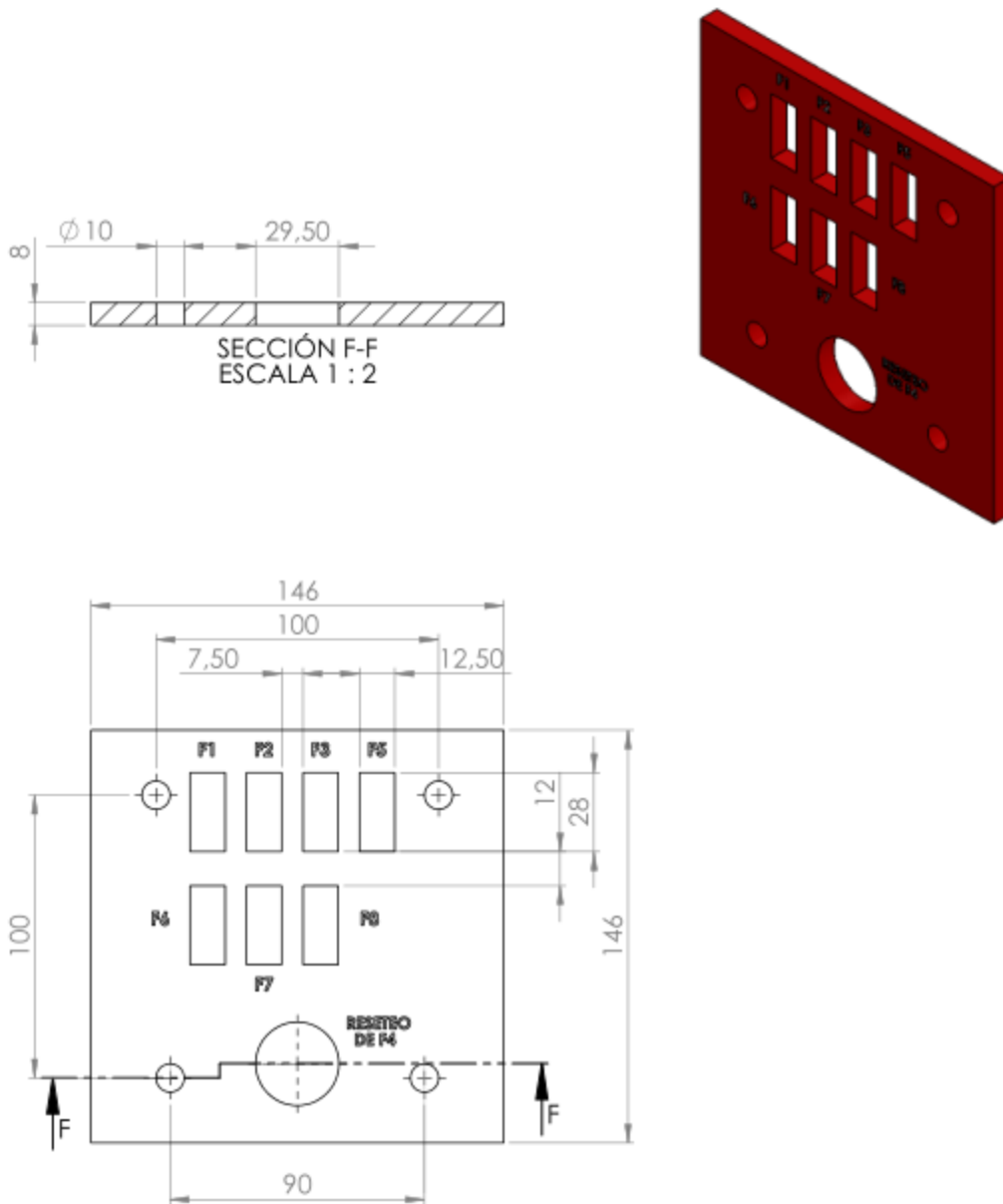
UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO	Caja de conexión eléctrica	
Material: Lamina de acero SAE 1010		
Jose Edwin Torres Carvajal	Escala: 1:5	Unidad: mm

ANEXO 6. PLANO DE CAJA DE INTERRUPTORES.



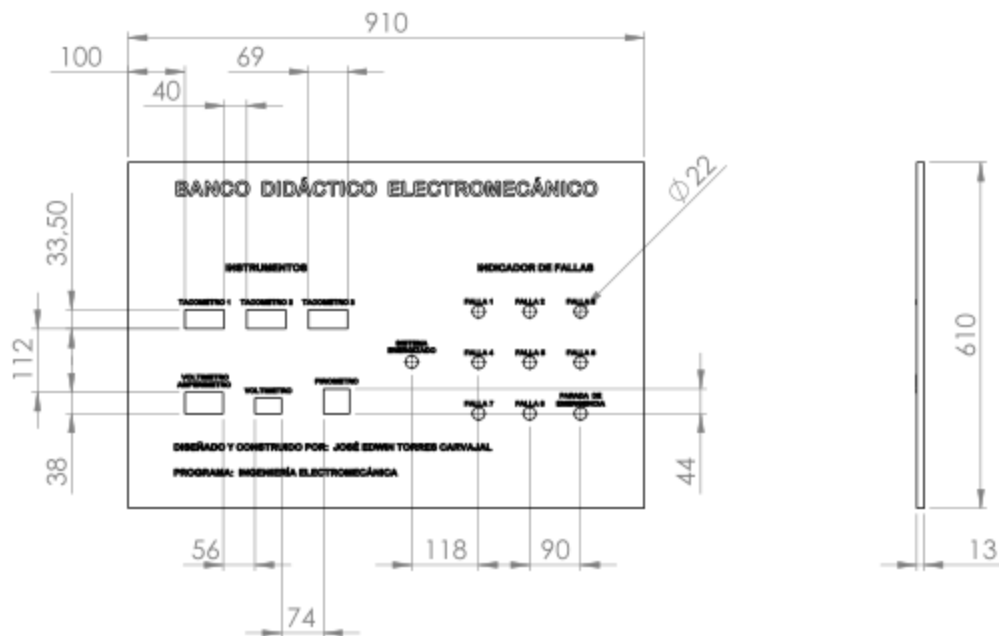
UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO		Caja de interruptores	
Material: Lamina de acero SAE 1010			
Jose Edwin Torres Carvajal	Escala: 1:2	Unidad: mm	

ANEXO 7. PLANO DE SOPORTE DE INTERRUPTORES.



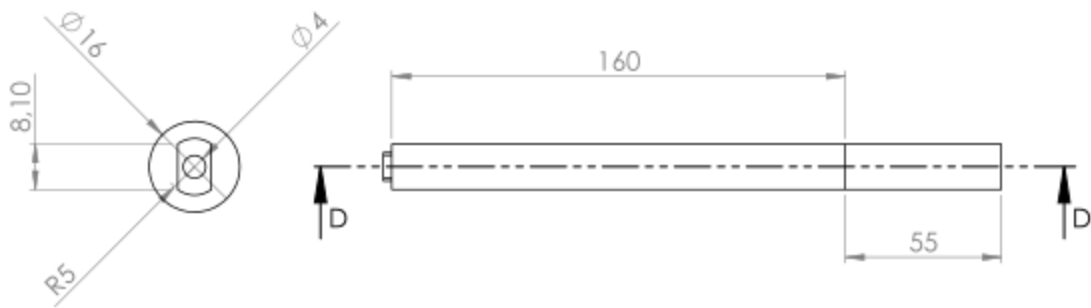
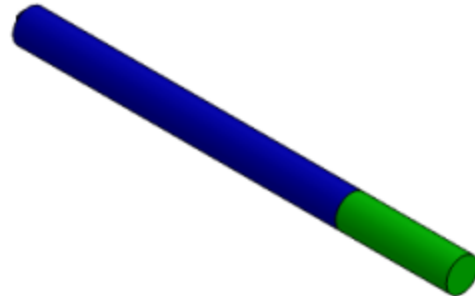
UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO		Soporte de interruptores	
Material: Acrílico			
Jose Edwin Torres Carvajal	Escala: 1:2	Unidad: mm	

ANEXO 8. PLANO DE TABLERO DE INSTRUMENTOS Y DE INDICADORES DE FALLAS.



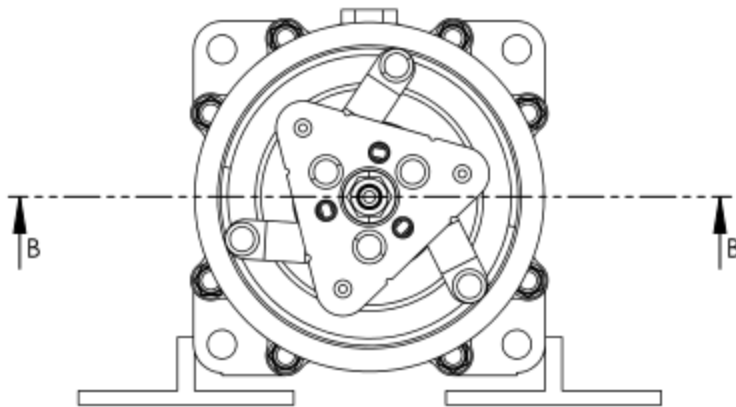
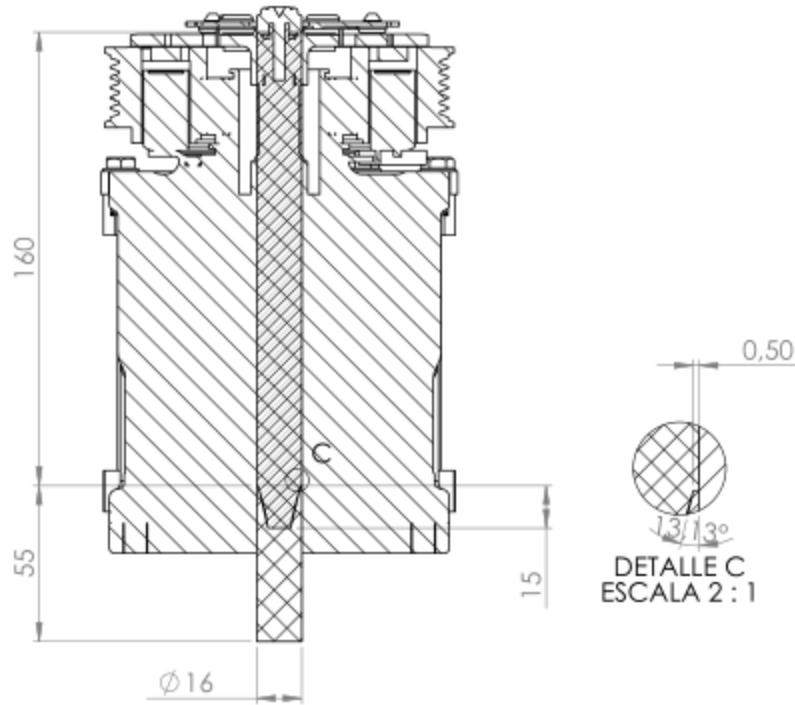
UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO	Tablero de instrumentos e indicadores de fallas	
Material: Acrílico		
Jose Edwin Torres Carvajal	Escala: 1:10	Unidad: mm

ANEXO 9. PLANO DE EJE DE EMBRAGUE ELECTROMAGNÉTICO MODIFICADO.



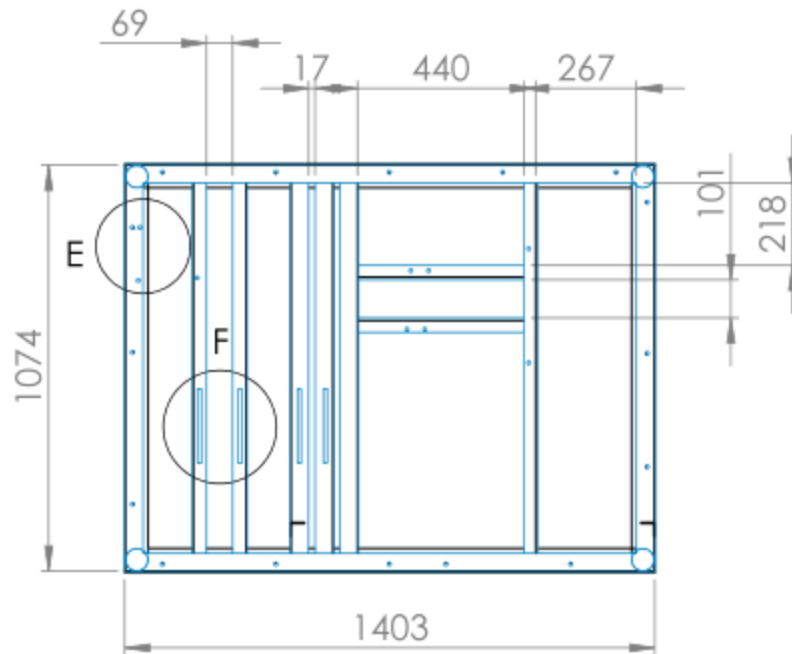
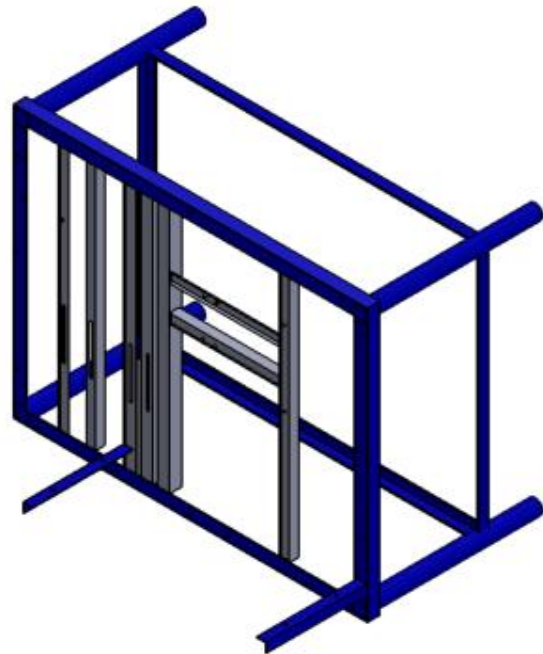
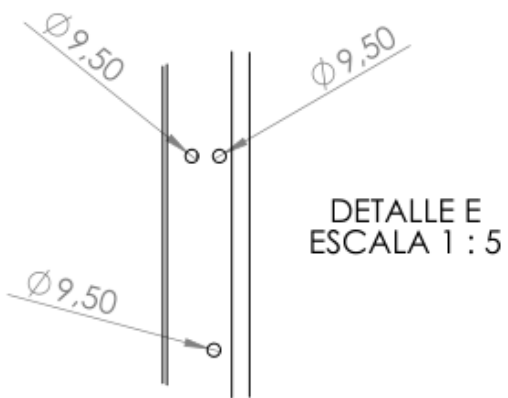
UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO	Tablero de instrumentos e indicadores de fallas	
Material: Acero SAE 1045		
Jose Edwin Torres Carvajal	Escala: 1:2	Unidad: mm

ANEXO 10. PLANO DE EMBRAGUE ELECTROMAGNÉTICO CON EJE MODIFICADO.

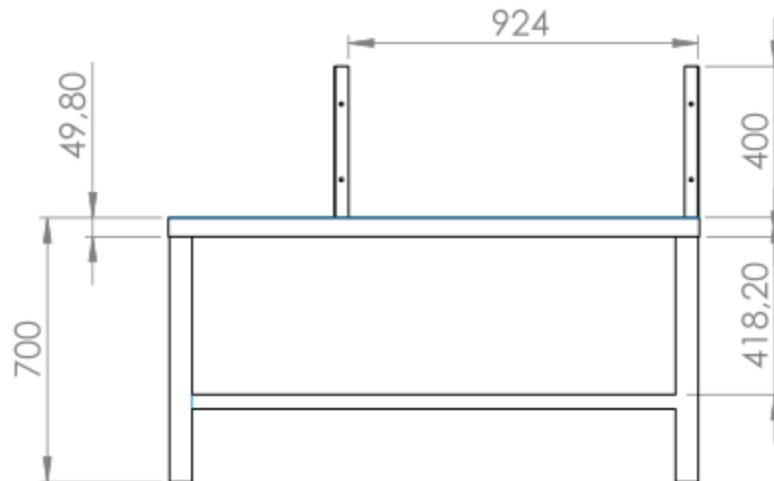
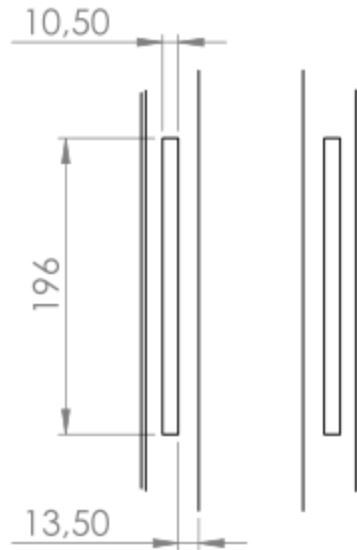


UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO	Embrague electromagnético	
Material: Aluminio		
Jose Edwin Torres Carvajal	Escala: 1:2	Unidad: mm

ANEXO 11. PLANO DE SOPORTE.

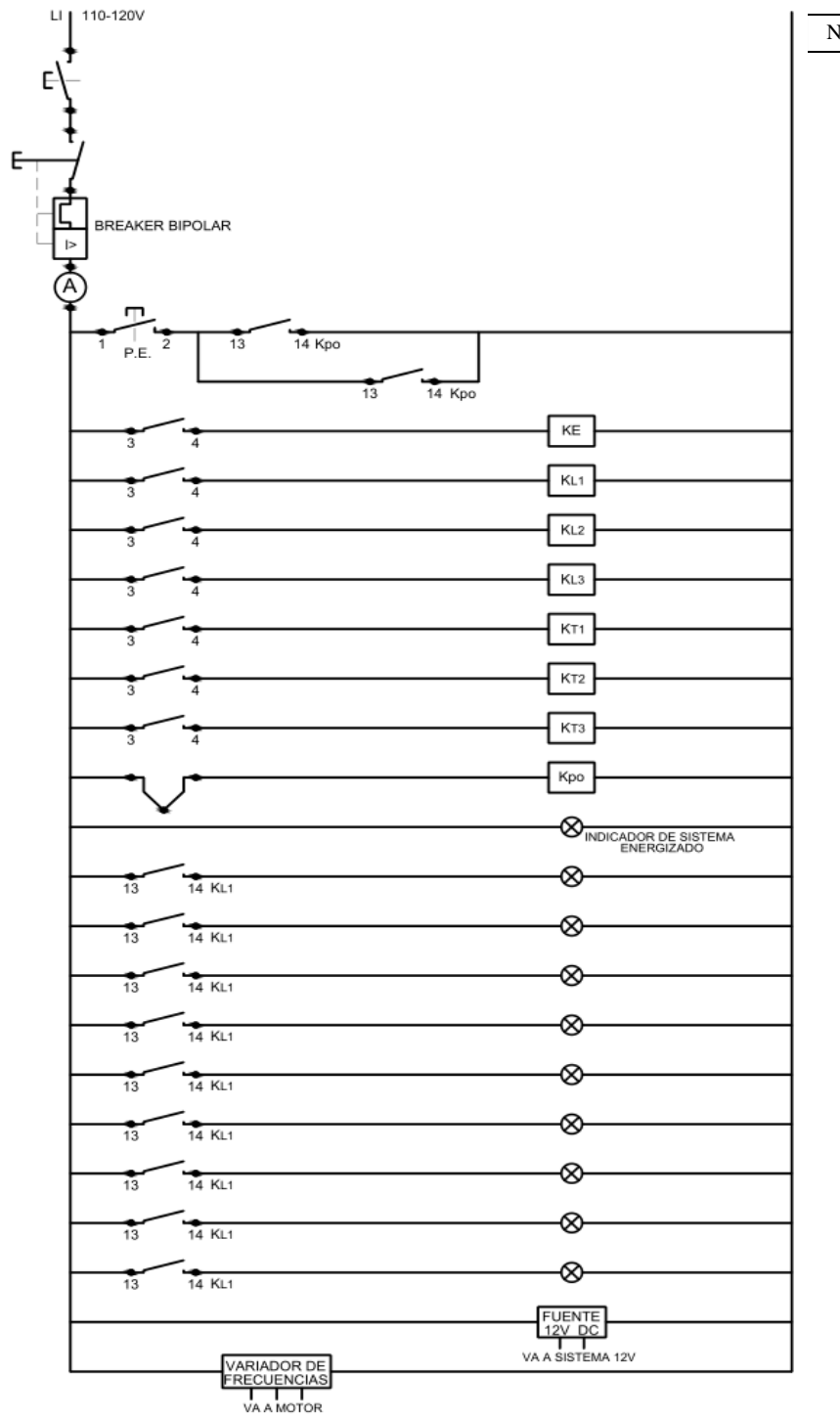


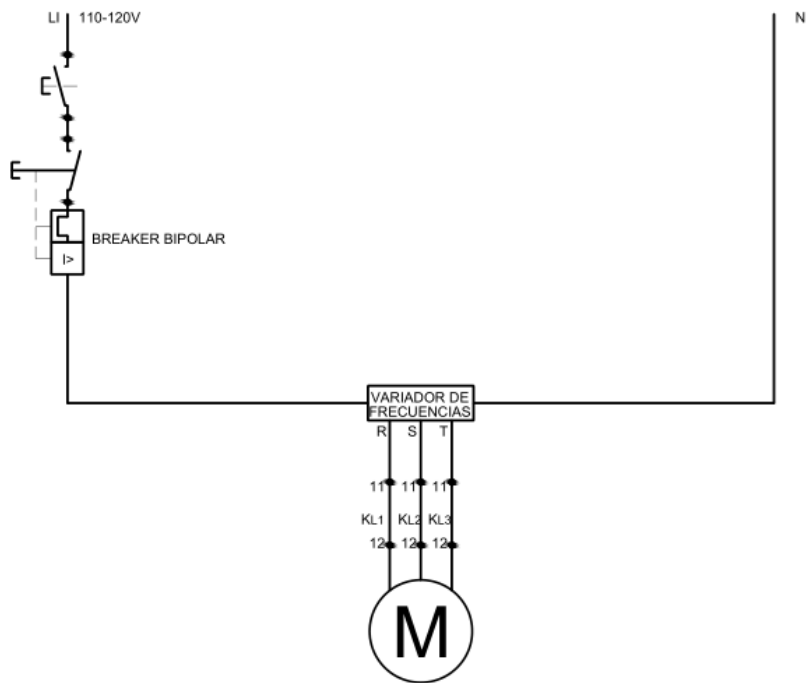
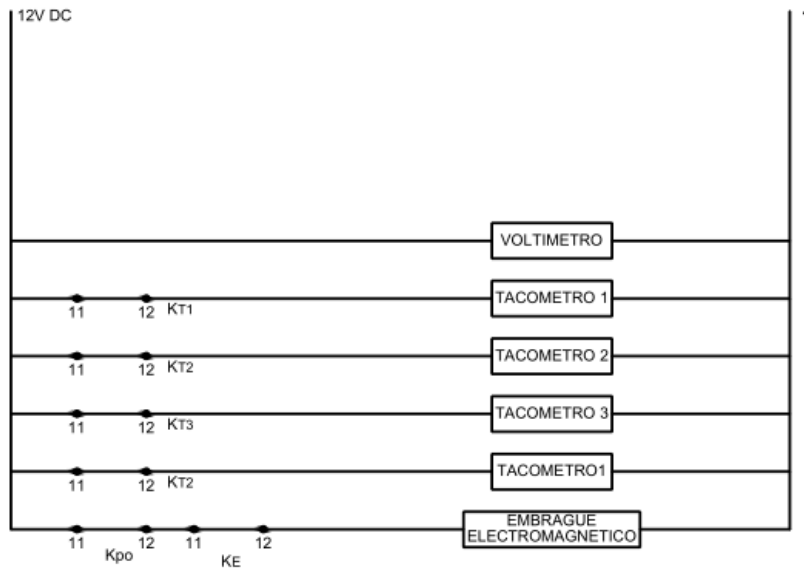
DETALLE F
ESCALA 1 : 5









UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO	Soporte	
Material: Acero SAE 1020		
Jose Edwin Torres Carvajal	Escala: 1:20	Unidad: mm

ANEXO 12. ESQUEMAS ELÉCTRICOS





CONVERSIONES

	ACCIONAMIENTO DE EMERGENCIA TIPO "SETA"
	INTERRUPTOR NORMALMENTE ABIERTO (NO)
	AMPERIMETRO
	MOTOR
	INDICADOR POR LED
	TERMOCUPLA
P.E.	PARADA DE EMERGENCIA
Kpo	BOBINA PRINCIPAL DE PIROMETRO
KL1	BOBINA DE RELEVO DE FALLA EN LINEA 1
KL2	BOBINA DE RELEVO DE FALLA EN LINEA 2
KL3	BOBINA DE RELEVO DE FALLA EN LINEA 3
KT1	BOBINA DE RELEVO DE FALLA EN TACOMETRO 1
KT2	BOBINA DE RELEVO DE FALLA EN TACOMETRO 2
KT3	BOBINA DE RELEVO DE FALLA EN TACOMETRO 3
KE	BOBINA DE RELEVO DE FALLA EN EMBRAGUE

ANEXO 13. TABLA: COMPARACIÓN DE EQUIVALENCIAS DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS

TABLA COMPARATIVA EQUIVALENCIAS - Conductores de aluminio y cobre											
CALIBRE		THHN/THWN-2						THW			
		Resistencia a 20 °C		Capacidad de corriente a 90 °C		Diámetro		Capacidad de corriente a 75 °C		Diámetro	
AWG / kcmil		Ω / km		A		mm		A		mm	
Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu
12	14	8.51	8.29	25	25	3.11	2.69	20	20	3.57	3.15
10	12	5.36	5.21	35	30	3.91	3.11	30	25	4.11	3.57
8	10	3.37	3.28	45	40	5.50	3.91	40	35	5.54	4.11
6	8	2.17	2.10	55	55	6.41	5.50	50	50	7.70	5.54
4	6	1.36	1.32	75	75	8.18	6.41	65	65	8.92	7.70
2	4	0.855	0.831	100	95	9.65	8.18	90	85	10.4	8.92
1/0	2	0.537	0.523	135	130	12.2	9.65	120	115	13.5	10.4
2/0	1	0.426	0.415	150	145	13.3	11.2	135	130	14.7	12.5
3/0	1/0	0.338	0.329	175	170	14.6	12.2	155	150	16.0	13.5
4/0	2/0	0.268	0.261	205	195	16.0	13.3	180	175	17.4	14.7
250	3/0	0.227	0.207	230	225	17.8	14.6	205	200	19.3	16.0
350	4/0	0.162	0.164	280	260	20.4	16.0	250	230	22.0	17.4
400	250	0.142	0.139	305	290	21.5	17.8	270	255	23.2	19.3
500	350	0.113	0.0991	350	350	23.7	20.4	310	310	25.4	22.0
750	600	0.0756	0.0694	435	430	28.8	23.7	385	380	30.9	25.4

Fuente: <http://es.slideshare.net/Emelis91/conductores-de-media-y-baja-tensi>

ANEXO 14. TABLA DE INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN DE LOS CALIBRES DE LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS.



ALAMBRES Y CABLES DESNUDOS DE COBRE Y ALUMINIO

CALIBRE AWG o kcmil	SECCIÓN en mm ²	CONSTRUCCIÓN			PESO TOTAL (kg/Km)		RESISTENCIA NOMINAL CD a 20°C (Ohm/Km)	
		No. de Hilos	Diámetro de c/hilo mm	Diámetro Total mm	Cu	Al	Cu	Al
14	2.08	1	1.63	1.63	18.5	-	8.29	-
12	3.31	1	2.05	2.05	29.4	8.9	5.21	8.51
10	5.26	1	2.59	2.59	46.8	14.2	3.28	5.35
14	2.08	7	0.62	1.85	18.9	-	8.46	-
12	3.31	7	0.78	2.33	30.0	-	5.35	-
10	5.26	7	0.98	2.94	47.7	-	3.35	-
8	8.37	7	1.23	3.70	75.9	23.1	2.10	3.44
6	13.30	7	1.56	4.67	120.6	36.7	1.32	2.16
4	21.15	7	1.96	5.88	191.8	58.3	0.83	1.36
2	33.63	7	2.47	7.42	305.0	92.7	0.522	0.854
1/0	53.51	19	1.89	9.47	485.2	147.5	0.328	0.537
2/0	67.44	19	2.13	10.63	611.4	185.9	0.261	0.426
3/0	85.03	19	2.39	11.94	771.0	234.4	0.207	0.338
4/0	107.22	19	2.68	13.40	972.2	295.6	0.164	0.269
250	126.68	37	2.09	14.62	1148.7	349.3	0.139	0.227
300	152.01	37	2.29	16.01	1378.4	419.1	0.116	0.189
350	177.35	37	2.47	17.29	1608.2	489.0	0.0991	0.162
400	202.68	37	2.64	18.49	1837.9	558.8	0.0866	0.142
500	253.35	37	2.95	20.67	2297.3	698.5	0.0695	0.113
600	304.03	61	2.52	22.68	2756.9	838.2	0.0581	0.0945
750	380.03	61	2.82	25.35	3446.0	1047.8	0.0462	0.0756
800	405.37	61	2.91	26.18	3675.8	1117.6	0.0433	0.0712
1000	506.71	61	3.25	29.27	4594.7	1397.0	0.0348	0.0567

Datos basados en las tablas 27 a la 29 del RETIE y Normas ASTM que aplican.

CABLE DE ALUMINIO REFORZADO CON ACERO ACSR

CÓDIGO	SECCIÓN DE ALUMINIO		CABLEADO	DIÁMETRO (mm)		PESO TOTAL kg/Km	CAPACIDAD DE CORRIENTE*	CARGA DE ROTURA kN	RESISTENCIA CD a 20°C Ohm/Km
	AWG	mm ²		Hilos Individuales					
				Acero	Al				
Swan	4	21.15	6/1	2.12	2.12	85.5	139	8.27	1.35
Sparrow	2	33.63	6/1	2.67	2.67	136	184	12.7	0.85
Raven	1/0	53.51	6/1	3.37	3.37	216	241	19.5	0.534
Quail	2/0	67.44	6/1	3.78	3.78	273	275	23.6	0.424
Penguin	4/0	107.22	6/1	4.77	4.77	433	355	37.1	0.267

*Capacidad de corriente a T. ambiente de 25°C. T. conductor de 75°C emisión solar 1kW/m².
Coeficientes de absorción y emisividad 0.5, velocidad del viento 610 mm/seg, a nivel del mar
y a 60Hz.

Nota: Los datos aquí indicados están sujetos a tolerancias normales de fabricación.
Datos basados en la tabla 30 del RETIE y Normas ASTM.

www.centelsa.com.co

Fuente: Centelsa.

ANEXO 15. TABLA DE RESISTENCIA Y REACTANCIA INDUCTIVA DE LOS CONDUCTORES, EN CORRIENTE ALTERNA

Calibre	Tipo de Conduit							
	PVC o Aluminio	Acero	PVC	Aluminio	Acero	PVC	Aluminio	Acero
	Conductor de cobre o aluminio		Conductor de cobre			Conductor de aluminio		
AWG o kcmil	Reactancia Inductiva X_L		Resistencia a CA a 75°C			Resistencia a CA a 75°C		
14	0,190	0,240	10,17	10,17	10,17	-	-	-
12	0,177	0,223	6,56	6,56	6,56	10,49	10,49	10,49
10	0,164	0,207	3,94	3,94	3,94	6,56	6,56	6,56
8	0,171	0,213	2,56	2,56	2,56	4,27	4,27	4,27
6	0,167	0,210	1,61	1,61	1,61	2,66	2,66	2,66
4	0,157	0,197	1,02	1,02	1,02	1,67	1,67	1,67
2	0,148	0,187	0,623	0,656	0,656	1,05	1,05	1,05
1	0,151	0,187	0,525	0,525	0,525	0,820	0,853	0,820
1/0	0,144	0,180	0,394	0,427	0,394	0,656	0,689	0,656
2/0	0,141	0,177	0,328	0,328	0,328	0,525	0,525	0,525
3/0	0,138	0,171	0,253	0,269	0,259	0,427	0,427	0,427
4/0	0,135	0,167	0,203	0,219	0,207	0,328	0,361	0,328
250	0,135	0,171	0,171	0,187	0,177	0,279	0,295	0,282
300	0,135	0,167	0,144	0,161	0,148	0,233	0,249	0,236
350	0,131	0,164	0,125	0,141	0,128	0,200	0,217	0,206
400	0,131	0,161	0,108	0,125	0,115	0,177	0,194	0,180
500	0,128	0,157	0,089	0,105	0,095	0,141	0,157	0,148
600	0,129	0,157	0,075	0,092	0,082	0,118	0,135	0,125
750	0,125	0,157	0,062	0,079	0,069	0,095	0,112	0,102
1000	0,121	0,151	0,049	0,062	0,059	0,075	0,089	0,082

Fuente: Instalaciones eléctricas. Obtenido por:
<https://books.google.com/books?id=PiwXAgAACAAJ>

ANEXO 16. MANUAL DE VARIADOR DE FRECUENCIAS.

Se entrega como documento independiente. También se encuentra disponible en internet en el siguiente Url:

<http://www.tecowestinghouse.com.mx/pdf/TECO%20EV-Micro%20Drive%20ESP%20Manual.pdf>



TECO EV-Micro Drive ESP Manual.pdf

ANEXO 17. FIRMAS DE DIRECTOR Y ASESOR.

**Daniel Ricardo Delgado, Phd
Director del Proyecto**

**Ing. Jorge Rojas Vargas
Asesor**