



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LAS INGENIERÍAS Y APLICADAS

CARRERA INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

TÍTULO: “IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO PRÁCTICO PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS APLICANDO DISTINTAS CARGAS PARA VISUALIZAR LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS EN UNA PANTALLA”

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de

Ingeniero Electromecánico

Autores:

Albarracín Padilla Diego Israel

Grefa Aguinda Edgar Javier

Tutor:

Ing. Luigi Orlando Freire Martínez; Mg.

Latacunga - Ecuador

Julio 2019



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Albarracín Padilla Diego Israel y Grefa Aguinda Edgar Javier, declaramos ser autores de la presente propuesta tecnológica: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO PRÁCTICO PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS APLICANDO DISTINTAS CARGAS PARA VISUALIZAR LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS EN UNA PANTALLA”**, siendo el Ing. Luigi Orlando Freire Martínez MS.c. tutor del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Albarracín Padilla Diego Israel

C.C: 050404221-9

Grefa Aguinda Edgar Javier

C.C: 150076436-8

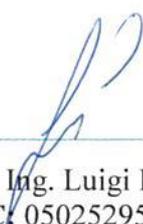


AVAL DE TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor de la Propuesta Tecnológica sobre el título:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO PRÁCTICO PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS APLICANDO DISTINTAS CARGAS PARA VISUALIZAR LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS EN UNA PANTALLA”, de **Albarracín Padilla Diego Israel** y **Grefa Aguinda Edgar Javier**, de la carrera de Ingeniería en Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondencia estudio y calificación.

Latacunga, Julio del 2019.



Nombre: Ing. Luigi Freire; Mg
CC: 050252958-9



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de Ciencias de La Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Albarracín Padilla Diego Israel y Grefa Aguinda Edgar Javier, con el título de Proyecto de titulación: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO PRÁCTICO PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS APLICANDO DISTINTAS CARGAS PARA VISUALIZAR LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS EN UNA PANTALLA”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometidos al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Julio del 2019

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)
Nombre: Ing. Paulina Freire; Ms.C
CC: 050205622-9

Lector 2
Nombre: Ing. Luis Navarrete; Ms.C
CC: 180374728-4

Lector 3
Nombre: Ing. Andrés Arévalo; Ms.C
CC: 171032684-2



AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Latacunga, julio del 2019

Estimado

Ing. Jorge Villarroel

Responsable del laboratorio de Ingeniería Electromecánica

Yo **Luigi Orlando Freire Martínez** solicito de la manera más comedida se digne receptar el equipo realizado por los estudiantes **Albarracín Padilla Diego Israel** con cedula de ciudadanía **050404221-9** y **Grefa Aguinda Edgar Javier** con cedula de ciudadanía **150076436-8** de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, cuyo tema de tesis es **IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO PRÁCTICO PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS APLICANDO DISTINTAS CARGAS PARA VISUALIZAR LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS EN UNA PANTALLA**, que sirva para la realización de las actividades tanto de docentes como estudiantes, así cumpliendo con los objetivos propuestos al inicio del desarrollo del proyecto.

Sin otro particular autorizo para que use el presente documento para cualquier fin legar pertinente de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

.....
Ing. Luigi Orlando Freire Martínez; Ms.C

C.I.0502529589

AGRADECIMIENTO

Primeramente doy gracias a Dios por haberles dado la salud y vida a mis padres para darles la dicha de ver a un hijo más como un profesional, a mis queridos padres Rafael y Marina por brindarme todo el amor, apoyo y valores incondicionales para lograr mis objetivos y en general a todas aquellas personas que aportaron con un granito de arena para realizar este proyecto en especial al Ing. Luigi Freire, Ing. Álvaro Mullo, Ing. Cristian Pilatasig e Ing. Galo Culqui gracias por su apoyo y amistad brindada.

Diego

A ti Dios por estar en todos mis ruegos, brindarme salud y vida para seguir adelante con mis metas, a la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme las puertas y formar parte de tan valiosa institución ante todo a la Carrera de Ingeniería Electromecánica que me supo formar como persona y permitirme alcanzar esta meta profesional de igual manera a todos los docentes por compartir sus conocimientos y vivencias que lograron formar un profesional, especialmente a mi madre Lourdes que siempre estuvo en la buenas y en las malas ayudándome, a mi familia del Tena y Latacunga por darme el ejemplo de lucha y perseverancia, también a las personas que aportaron con sus conocimientos al Ing. Luigi Freire, Ing. Álvaro Mullo, Ing. Cristian Pilatasig e Ing. Galo Culqui por su apoyo y amistad.

Edgar

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a todas aquellas personas que hicieron posible que llegase a culminar mi meta con éxito en especial a mis padres ya que con mucho esfuerzo y sacrificio me han podido dar la oportunidad de realizarme como profesional, porque sin el apoyo y consejos de ellos no hubiese sido posible lograr este objetivo.

Diego

Este trabajo principalmente dedico a mi madre Lourdes y mi papi Polo quienes son la principal inspiración para ser mejor cada día y brindarme todo ese amor, paciencia mostrándome el camino de superación, y a todas las personas que me apoyaron y confiaron en mi para la realización de este sueño hecho realidad.

Edgar

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DE TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	viii
ÍNDICE DE CONTENIDO	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRAC.....	xvii
AVAL DE TRADUCCIÓN	xviii
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
1. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	3
1.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	3
1.2. TIPO DE ALCANCE	3
1.3. ÁREA DEL CONOCIMIENTO:	3
1.4. SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	4
1.5. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN.....	4
1.5.1. Objeto de estudio	4
1.5.2. Campo de acción	4
1.6. SITUACIÓN POLÉMICA Y PROBLEMA.....	4
1.6.1. Situación problémica:	4
1.6.2. Problema	5
1.7. HIPÓTESIS O FORMULACIÓN DE PREGUNTA CIENTÍFICA.....	5
1.8. OBJETIVOS	5
1.8.1. Objetivo general	5
1.8.2. Objetivos específicos	6
1.9. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS	7
1.10. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES DEPENDIENTES E INDEPENDIENTES.....	8
3. MARCO TEÓRICO.....	10
3.1. Introducción	10

3.2. Antecedentes de la investigación.....	10
3.3. El electrodinómetro.....	10
3.3.1. Máquinas asíncronas	12
3.3.2. Motores de rotor jaula de ardilla o inducción.	13
3.3.4. Caso sin carga y vacío	14
3.3.5. Caso de media carga.....	14
3.3.6. Condición de plena carga	14
3.3.7. Más allá de plena carga	14
3.3.8. Clasificación de motores Jaula de Ardilla según la norma NEMA.	15
3.3.9. Variacs	17
3.3.10. Encoders.....	18
3.3.11. Codificación Incremental	18
3.3.12. Principio de funcionamiento	19
3.3.13. Codificación absoluta.....	19
3.3.14. Diferencia entre el encoder incremental y absoluto	20
3.4. Sistema de adquisición de datos.....	20
3.4.1. Pantalla TFT Nextion de 5”	20
3.4.2. Arduino mega	21
3.4.3. Partes del Arduino Mega.....	22
3.4.4. Sensor de transformador de voltaje	22
3.4.5. Sensor de corriente ACS712ELCTR-05B-T.....	23
3.4.6. Fuente de alimentación DC	23
3.4.7. Banana plugs hembra Jack Socket de 4mm	24
3.4.8. Conector banana plugs macho autoprottegidos	25
3.4.9. Comunicación serial	25
4. METODOLOGÍA.....	27
Introducción	27
4.1. Frenado Dinámico	27
4.2. Cálculo del motor de inducción de baja potencia.....	28
4.3. Torque o par del motor de inducción de baja potencia.	28
4.4. Velocidad sincrónica	29
4.6. Calculo del contrapeso del electrodinómetro.....	31
4.8. Material de construcción	33
4.9. Selección del controlador	36
4.10. Selección de la Pantalla	37

4.11.	Selección del sensor de corriente	38
4.12.	Conexiones del sistema de adquisición de datos.	38
4.13.	Diagrama de flujo del proceso de programación.	40
4.15.	Interfaz grafica	43
4.16.	Tipos de metodologías investigativas.....	46
4.16.1.	Investigación aplicada.....	46
4.16.2.	Investigación bibliográfica.....	46
4.16.3.	Investigación experimental	46
4.17.	Técnica de recolección de datos.....	47
4.17.1.	La observación en laboratorio	47
4.17.2.	Técnica de análisis de datos	47
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	48
5.1.	Cálculo del torque aplicado según la variación de la potencia y la velocidad.	48
5.2.	Análisis de resultados del resorte.	48
5.3.	Curvas características de los motores de inducción.	49
5.4.	Mediciones con carga configuración estrella Y	51
5.4.1.	Voltaje vs Torque	52
5.4.2.	Velocidad vs Torque.....	52
5.4.3.	Corriente vs Torque	53
5.5.	Mediciones configuración estrella Δ	54
5.5.1.	Velocidad vs Torque.....	54
5.5.2.	Voltaje vs Torque	54
5.5.3.	Corriente vs Torque	55
6.	PRESUPUESTO.....	56
6.4.	Análisis de impactos.....	59
6.1.1.	Impacto técnico	59
6.1.2.	Impacto económico.....	59
6.1.3.	Impactos sociales	59
6.1.4.	Impacto ambiental	60
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
7.1.	Conclusiones	61
7.2.	Recomendaciones.....	62
8.	BIBLIOGRAFÍA	63
9.	ANEXOS.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Esquema demostrativo del principio de funcionamiento de los instrumentos de tipo electrodinamómetro.....	11
Figura 3.2. Forma de rotores de máquinas asíncronas.....	13
Figura 3.3. Motor de rotor jaula de ardilla	13
Figura 3.4. Autotransformador (Variac) monofásico	17
Figura 3.5. Variac monofásico	18
Figura 3.6. Encoder codificación absoluta.....	19
Figura 3.7. Encoder codificación absoluta.....	20
Figura 3.8. Pantalla Nextion de 5”.....	21
Figura 3.9. Arduino Mega 2560	22
Figura 3.10. Partes Arduino Mega.....	22
Figura 3.11. Sensor de transformador de voltaje.....	23
Figura 3.12. Sensor de corriente ACS712 Allegro.....	23
Figura 3.13. Fuente de alimentación externa	24
Figura 3.14. Banana Jack de 4mm.....	24
Figura 3.15. Banana plugs de 4mm	25
Figura 3.16. Puerto de comunicaciones paralelo	25
Figura 3.17. Puerto de comunicaciones serie	26
Figura 3.18. Transmisión serie	26
Figura 4.1. Fuerza de frenado en pieza metálica dinámico.....	27
Figura 4.2. Sistema de conexiones entre placas.	39
Figura 4.3. Diagrama de flujo.....	40
Figura 4.4. Programación se define las librerías y pines a utilizar	41
Figura 4.5. Sección Void setup del programa.	42
Figura 4.6. Sección void loop del programa.	42
Figura 4.7. Sección void loop del programa.	43
Figura 4.8. Interface al momento de encender.	44
Figura 4.9. Interface inicio.	44
Figura 4.10. Interface corriente.	45
Figura 4.11. Interface tensión.	45
Figura 4.12. Interface revoluciones.	46
Figura 5.1. Deformación versus fuerza.....	49

Figura 5.2 Curvas características de un motor de inducción.....	50
Figura 5.3 Conexión del electrodinamómetro y el motor de inducción.	50
Figura 5.4 Conexión del electrodinamómetro y el motor	51
Figura 5.5 Voltaje (V) vs Torque (N.m)	52
Figura 5.6 Curva característica de velocidad (rpm) vs torque (N.m)	53
Figura 5.7 Corriente (A)vs Torque (N.m).....	53
Figura 5.8 Velocidad vs Torque	54
Figura 5.9 Voltaje (V)vs Torque (N.m)	55
Figura 5.10 Corriente (A) vs Torque (N.m)	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Área y sub-área de la UNESCO	3
Tabla 2.2. Actividades y tareas propuestas por objetivo	7
Tabla 2.3. Operacionalización de variable dependiente.....	8
Tabla 2.4 Operacionalización de variables independientes.....	9
Tabla 3.1. Características de los motores comerciales de inducción de jaula de ardilla de acuerdo con la clasificación en letras NEMA	15
Tabla 4.1. Características del motor de inducción al cual se le colocara la carga	28
Tabla 4.2. Características del posible motor a utilizar	30
Tabla 4.3 Selección del Acero Inoxidable.....	34
Tabla 4.4 Selección del Acero ASTM	35
Tabla 4.5. Características técnicas del microcontrolador.....	36
Tabla 4.6. Características técnicas de pantallas.....	37
Tabla 4.7. Características técnicas del sensor de corriente.	38
Tabla 4.8. Pines ocupados para las conexiones.	39
Tabla 5.1. Tabla de Torque según la potencia inyectada	48
Tabla 5.2. Pruebas del resorte.....	49
Tabla 5.3. Valores de la corriente, voltajes y revoluciones.....	51
Tabla 5.4. Prueba con carga.....	54
Tabla 6.1. Costos Directos.....	56
Tabla 6.2. Costos Directos.....	57
Tabla 6.3. Costos Indirectos	58
Tabla 6.4. El total del módulo I, II y las herramientas.....	58
Tabla 6.5 Flujo de caja anual.....	59

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TITULO: “IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO PRÁCTICO PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS APLICANDO DISTINTAS CARGAS PARA VISUALIZAR LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS EN UNA PANTALLA”.

Autor/es: Albarracín Padilla Diego Israel

Grefa Aguinda Edgar Javier

RESUMEN

La presente investigación describe la implementación de un módulo de pruebas con la capacidad de medir magnitudes eléctricas y cargas mecánicas de motores de inducción de baja potencia, mediante la representación gráfica de curvas características en una pantalla, para lo cual el sistema consta de 4 procesos fundamentales como son: la primera diseño y construcción del módulo 1 (Electrodinamómetro) y módulo 2 (sistema de adquisición de datos); la segunda etapa consiste en la medición de magnitudes físicas de los sensores de velocidad, transformadores de corriente (TC), transformadores de voltaje (TP); la tercer etapa consta de la programación y acondicionamiento de las señales eléctricas para la representación; la cuarta se basa en la comunicación y representación gráfica de las curvas características adquiridas por los procesos anteriores. La implementación del módulo se realiza para que el estudiante optimice tiempos de estudio y facilite la comprobación del comportamiento de los motores eléctricos de inducción de baja potencia, aplicando diferentes esfuerzos mecánicos, para la visualización de sus respectivas graficas características, y así demostrar las ventajas que brinda el módulo el cual va encaminada a la obtención de resultados de manera práctica y así realizar la comparación de curvas del fabricante con las medidas por el módulo.

Palabras claves: Electrodinamómetro, Sensores TC, Sensor TP.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF ENGINEERING SCIENCES AND APPLIED
ELECTROMECHANICAL ENGINEERING MAJOR

THEME: "IMPLEMENTATION OF A PRACTICAL MODULE TO DETERMINE THE BEHAVIOR OF ELECTRIC MOTORS BY APPLYING DIFFERENT LOADS TO DISPLAY THE CHARACTERISTICS CURVES ON A SCREEN".

AUTHORS: Albarracín Padilla Diego Israel
Grefa Aguinda Edgar Javier

ABSTRAC

This research describes the implementation of a module of tests with the ability to measure electrical quantities and loads mechanics of low power induction motors, using graphical representation of characteristic curves on a screen, for which the system consists of four key processes such as: the first design and construction of module 1 (Electrodynamometer) and module 2 (data acquisition system); the second stage consists of the measurement of physical quantities of speed sensors, current transformers (CT), voltage transformers (VT); the third stage consists of the programming and conditioning of the electrical signals for the representation; the fourth is based on communication and graphic representation of the characteristics acquired by previous processes. The implementation of the module is done so students will be able to optimize their study time and facilitate the verification of the behavior of low power induction electric motors, applying different mechanical stress, for displaying of their respective graphics features, and thus demonstrate the advantages provided by the module which is aimed at obtaining results in practical way and thus make the comparison of curves of the manufacturer with measures by the module.

Key words: electrodynamometer, sensors CT, sensor VT



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

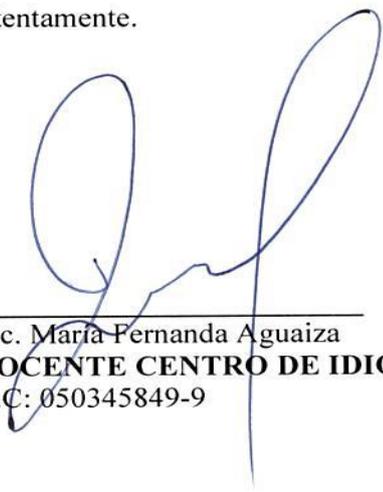
AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de titulación al Idioma Inglés presentado por los señores: **Albarracín Padilla Diego Israel** y **Grefa Aguida Edgar Javier**, pertenecientes a la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas cuyo título versa “**IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO PRÁCTICO PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS APLICANDO DISTINTAS CARGAS PARA VISUALIZAR LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS EN UNA PANTALLA**”, lo realizaron bajo mi supervisión y cumplen con una correcta estructura gramatical del Idioma.

En todo cuando puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, 24 junio del 2019.

Atentamente.



Lic. María Fernanda Aguaiza
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C: 050345849-9



CENTRO
DE IDIOMAS

1. INFORMACIÓN GENERAL

Propuesto por:

Albarracín Padilla Diego Israel

Grefa Aguinda. Edgar Javier

Tema Aprobado:

“Implementación de un módulo práctico para determinar el comportamiento de los motores eléctricos aplicando distintas cargas para visualizar las curvas características en una pantalla”.

Facultad que auspicia:

Ingeniería Electromecánica

Director:

Ing. Luigi Orlando Freire Martínez; Mg.

Equipo de trabajo:

Ing. Luigi Orlando Freire Martínez; Mg.

Albarracín Padilla Diego Israel

Grefa Aguinda Edgar Javier

Lugar de ejecución:

Región Sierra en la Provincia de Cotopaxi cantón Latacunga en la Parroquia de San Felipe en la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Tiempo de duración de la propuesta

Inicio marzo 2019 -finalización agosto 2019

Fecha de entrega

Julio 2019

Líneas de investigación:

Según las líneas de investigación determinadas a partir del plan nacional del buen vivir y la

matriz de desarrollo productiva contextualizada a la zona 3, así como también las de la Universidad Técnica de Cotopaxi para nuestra investigación se procedió de la siguiente manera:

Línea 5: Procesos Industriales

Las investigaciones desarrolladas en esta línea se enfocan a promover las tecnologías actuales y procesos industriales que los requieran, mejorando así su producción y alto rendimiento empresarial, ayudando a la economía del País.

Objetivos:

- Aportar a la Facultad de CIYA de la Carrera de Ingeniería Electromecánica con un sistema modular práctico el cual nos permita visualizar curvas características de un motor eléctrico trifásico de inducción de baja potencia.
- Demostrar que las curvas características del fabricante son semejantes a las obtenidas en el sistema.

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Acorde a nuestra investigación la línea a la cual pertenece el presente proyecto es:

- Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.
- Eficiencia energética en sistemas electromecánicos y uso de fuentes renovables de energía

Tipo de propuesta tecnológica:

Lo que se pretende con el proyecto propuesto es la implementación de un módulo práctico de laboratorio para la Carrera de Ingeniería Electromecánica en la que se pueda visualizar las curvas características de un motor eléctrico al aplicar distintas cargas.

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

“Implementación de un módulo práctico para determinar el comportamiento de los motores eléctricos aplicando distintas cargas para visualizar las curvas características en una pantalla”.

2.2 TIPO DE ALCANCE

En la Universidad Técnica de Cotopaxi campus la Matriz, se desea, implementar un sistema modular de prácticas para el estudio de cargas de los motores de baja potencia hasta ¼ de HP, con ello beneficiar a estudiantes y docentes en el área de Máquinas Eléctricas del laboratorio de la Carrera de Ingeniería Electromecánica.

2.3. ÁREA DEL CONOCIMIENTO:

Según la UNESCO se detalla el área y sub-área de conocimiento en la tabla 2.1

Tabla 2.1. Área y sub-área de la UNESCO

ÁREA	SUB ÁREA
Ingeniería, industria y construcción.	<ul style="list-style-type: none">• 52 Ingeniería y profesiones afines: Dibujo técnico, mecánica, metalistería, electricidad, electrónica, telecomunicaciones, ingeniería energética y química, mantenimiento de vehículos, topografía.

Fuente: [1]

2.4. SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

En el presente documento, se especifica el diseño y construcción de módulo 1 (electrodinamómetro) el cual aplica cargas eléctricas a un motor eléctrico trifásico de inducción; módulo 2 (sistema de adquisición de datos) que permita recopilar la información del motor y procesarla para visualizar las curvas características del mismo en una pantalla para los laboratorios de Máquinas Eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Para lo cual es necesario detallar cada uno de los pasos realizados en el mismo como son la elección del motor a ser modificado para el electrodinamómetro, la forma de adquisición, las características de los elementos electrónicos a implementar, entre otros.

2.5.OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.5.1. Objeto de estudio

Las máquinas eléctricas rotatorias inductivas – diseño y construcción del sistema modular que simula cargas mecánicas y las represente gráficamente.

2.5.2. Campo de acción

Fortalecer la formación del Ingeniero Electromecánico, aportando al desarrollo de los laboratorios de Máquinas Eléctricas de la Carrera de Ingeniería Electromecánica en la Universidad Técnica De Cotopaxi.

2.6.SITUACIÓN POLÉMICA Y PROBLEMA

2.6.1. Situación problémica:

El perfil profesional de un Ingeniero Electromecánico a nivel nacional, es muy amplio, en cuanto a los sectores industrial y productivo del país, por lo que, es importante tener el conocimiento concreto de las diferentes tecnologías existentes en la actualidad.

Al hablar del sector académico, es necesario que el estudiante de ingeniería se prepare tanto de manera teórica como práctica, su conocimiento en los distintos tipos de material tecnológico para el desarrollo del futuro profesional del estudiante, permitirá, que su desempeño sea elevado y contribuya al soporte económico, científico y social del país. Por ello, las Instituciones

Educativas deben estar plenamente equipadas con material práctico para la interacción del tridente cognoscitivo (estudiante-profesor-institución).

Actualmente en los laboratorios de la Universidad Técnica de Cotopaxi no cuenta con un electrodinamómetro con visualización en tiempo real de las curvas generadas por las máquinas rotatorias de corriente alterna, por lo cual con lleva a la implementación de un sistema modular que represente gráficamente las magnitudes medidas.

2.6.2. Problema

Inexistencia de un módulo de pruebas, que facilite a los estudiantes a comprobar el comportamiento de los motores eléctricos de inducción de baja potencia, aplicando diferentes esfuerzos mecánicos, para la visualización de sus respectivas graficas características en una pantalla en el área de Máquinas Eléctricas de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el periodo académico Marzo – Agosto del 2019.

2.7.HIPÓTESIS O FORMULACIÓN DE PREGUNTA CIENTÍFICA

Al implementar este sistema modular se aportará tanto a la Universidad como a los docentes y estudiantes que lo manipulen, ya que ayudará a facilitar la obtención de resultados del comportamiento del motor eléctrico de inducción y optimizará el tiempo de los estudiantes ayudándolos a visualizar las curvas características de este tipo de máquinas rotatorias.

2.8.OBJETIVOS

2.8.1. Objetivo general

Implementar un módulo de pruebas con la capacidad de medir magnitudes eléctricas y cargas mecánicas de motores de inducción de baja potencia, mediante la representación gráfica de curvas características en una pantalla; para la mejora del aprendizaje del futuro Profesional Electromecánico de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2.8.2. Objetivos específicos

- Investigar las tecnologías existentes vinculadas a la medición y representación de magnitudes eléctricas y cargas mecánicas, para la implementación óptima de elementos que requiera el proyecto.
- Modelar el sistema estructural a través del uso de software CAD para su construcción.
- Implementar un sistema de adquisición de datos que permita representar gráficamente las curvas características de corrientes, voltajes y velocidad aplicado a la máquina.
- Realizar pruebas y análisis de resultados de las curvas características obtenidas a diferentes cargas mecánicas.

2.9.DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS

Tabla 2.2. Actividades y tareas propuestas por objetivo

OBJETIVO	TAREAS/ACTIVIDADES
Investigar las tecnologías existentes vinculadas a la medición y representación de magnitudes eléctricas y cargas mecánicas, para la implementación óptima de elementos que requiera el proyecto.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conocer el principio de funcionamiento de un electrodinamómetro y cuáles son sus partes principales. 2. Conocer la clasificación de los diferentes tipos de motores y sus lineamientos según la norma NEMA. 3. Investigar los tipos de frenado de motores eléctricos que existente.
Modelar el sistema estructural a través del uso de software CAD para su construcción.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diseño de planos estructurales del módulo. 2. Modelados requeridos para la construcción del módulo. 3. Construcción del sistema mecánico.
Implementar un sistema de adquisición de datos que permita representar gráficamente las curvas características de corrientes, voltajes y velocidad aplicado a la máquina.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar el tipo de sensores, que se implementaran en el procesamiento de datos y visualización de curvas. 2. Conocer sobre las formas de representar gráficamente las curvas. 3. Construcción del sistema eléctrico y electrónico.
Realizar pruebas y análisis de resultados de las curvas características obtenidas a diferentes cargas mecánicas.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar pruebas de campo para verificar su funcionalidad. 2. Establecer rangos máximos de trabajo.

2.10. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES DEPENDIENTES E INDEPENDIENTES

Tabla 2.3. Operacionalización de variable dependiente.

Variable dependiente	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Unidad de medida	Instrumentos de medición
Análisis de las curvas características del motor de inducción de baja potencia.	Elementos que componen el sistema que ayuda a la comprensión de los estudiantes del comportamiento de las maquinas asíncronas de baja potencia.	Conjunto de un sistema estructural capas de aplicar cargas y representarl as gráficamente.	Voltímetros	V	Sensor de voltaje
			Amperímetros	Amp	Sensor de corriente
			Revoluciones	RPM	Encoder
			Potencia	HP	Uso de ecuaciones
			Torque	Nm	

Tabla 2.4 Operacionalización de variables independientes.

Variable independiente	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Unidad de medida	Instrumentos de medición
Existencia del sistema modular.	Actividades que ayudaran a la construcción del sistema modular.	Tareas fortuitas que se realiza distintamente para llegar a la implementación del electrodinamómetro .	Peso	Kg	Diseño
			Dimensiones	mm	Diseño
Representación gráfica.	Representación de grafica de datos adquiridos para análisis de curvas.	Mediante la adquisición, procesamiento y representaciones datos.	Tamaño	Mm o pulg	Medición
			Tiempo	s	Reloj

3. MARCO TEO'RICO

3.1. Introducción

En este capítulo se abordará la mayor parte de fundamentación teórica necesaria para el desarrollo del mismo como su principio de funcionamiento, las partes principales de un electrodinamómetro, motores de inducción y su funcionamiento y la representación de sus resultados mediante la implementación de un sistema de medición de cargas aplicadas al electrodinamómetro por medio de la visualización de una pantalla.

El tipo de módulo a implementar será interactivo con los demás módulos y así aprovechar el espacio y poder manipular los demás módulos existentes en los laboratorios de Máquinas Eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

3.2. Antecedentes de la investigación

A nivel nacional existen muchas Universidades con laboratorios con un equipamiento moderno. Las grandes empresas de equipos didácticos para laboratorios actualmente poseen en sus catálogos bancos de pruebas para motores ac; por ejemplo, la empresa Balance Systems desarrolla módulos y bancos para el control de motores ac en líneas de producción o pruebas en laboratorios, de motores ya ensamblados, las pruebas que se pueden hacer en este banco son: voltaje, corriente, revoluciones y par desarrollado para posteriormente pueden ser visualizadas en una pantalla montada en el equipo.

En la Escuela Politécnica Del Ejército sede Latacunga tienen el laboratorio de prácticas en la tesis con módulos didáctico para obtener las curvas características de funcionamiento bajo carga de corriente continua mediante un interfaz para el laboratorio de accionamientos eléctricos [2]

3.3. El electrodinamómetro

El electrodinamómetro es un dispositivo que se usa para simular carga y el par desarrollado por motores de todos los tipos. En realidad, se trata de un freno eléctrico en el cual la fuerza de frenado se hace variar eléctricamente sin necesidad de usar fricción mecánica. El electrodinamómetro es un dispositivo más estable y fácil de ajustar que los frenos de fricción mecánica. [3]

Se compone de un estator y un rotor de jaula de ardilla. A diferencia de otros dispositivos electromecánicos, en éste el estator puede girar, aunque su movimiento está restringido mediante un resorte helicoidal.

En condiciones de operación normales, se aplica una corriente directa al devanado del estator y esto crea un campo magnético que pasa tanto por el estator, como el rotor. (que está unido al motor mediante un sistema de acople mecánico), se induce un voltaje en las barras del rotor y las corrientes resultantes reaccionan con el campo magnético haciendo que el estator gire en el mismo sentido que el rotor. [3]

El contrapeso pone límite a la rotación del estator y una escala fija en la carcasa de éste indica la magnitud de su giro como se puede observar en la figura 3.1. [4]

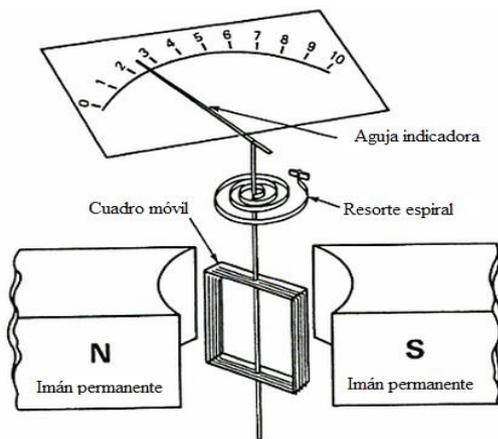


Figura 3.1. Esquema demostrativo del principio de funcionamiento de los instrumentos de tipo electrodinamómetro.

Fuente [5]

Las tres bobinas están conectadas en serie y la interacción entre sus respectivos campos magnéticos produce una fuerza de torsión, sobre la bobina móvil, proporcional a la intensidad de la corriente que circula por las mismas.

La parte fundamental del instrumento consiste en una bobina fija dividida en dos partes, y una bobina móvil sostenida por un eje entre las dos secciones de la bobina fija. Cuando circula una corriente alterna a través de ambas bobinas, que están conectadas en serie, se inducen alternativamente polos idénticos en los extremos de la bobina fija y móvil, cuya interacción hace girar la bobina móvil proporcionalmente a la intensidad de la corriente que circula por las bobinas.

En lo que concierne a sus principios básicos, los tres instrumentos descritos anteriormente pueden funcionar también con corriente continua; pero por varias razones no se emplean industrialmente para mediciones en esta última corriente.

La primera razón, y la más importante, es que los instrumentos de corriente continua poseen un potente imán permanente que los hace muy superiores a los otros para mediciones en corriente continua, y segundo, que, dadas las diferencias en el efecto inductivo de ambas corrientes, las lecturas no serían correctas en corriente continua. [3]

El electrodinamómetro consta de dos partes principales:

Módulo 1 electrodinamómetro.

- Un motor eléctrico monofásico de dos polos rotor en jaula de ardilla alimentación DC (maquinas asíncronas).
- Un variac (transformador de variable).
- Encoder de 400 pulsos absoluto.

Módulo 2 elementos de representación gráfica.

- Pantalla TFT NEXTION de 5".
- Placa arduino mega.
- Transformadores de corriente (TCs).
- Transformadores de voltaje (TPs).
- Fuente de alimentación DC.
- Conectores plugs y jacks auto protegidos.
- Cable.

3.3.1. Máquinas asíncronas

Son prácticamente motores trifásicos con corriente alterna, pero que se diferencian de las máquinas síncronas porque su velocidad no es la misma en vacío que con carga, sino que conforme se aumenta la carga, la velocidad disminuye algo, siendo la máxima cuando trabaja en vacío.

Están compuestos con el accionamiento de una masa metálica por acción de un campo giratorio. Formados por dos armaduras con campos giratorios coaxiales: La primera es fija, y la otra móvil. También se les llama estator y rotor.

El campo inductor es originado por las corrientes que circulan por el bobinado del estator, mientras que el inducido, por las del rotor.

Si bien el rotor es cilíndrico, existen dos tipos de bobinados de rotor, uno formado por barras; longitudinales cortocircuitadas en sus extremos y que por su forma recibe el nombre de rotor de jaula de ardilla, ver figura 3.2. (a), y otro, formado por bobinas realizadas de idéntica forma que en el estator y que por su forma el rotor se denomina rotor bobinado, ver figura 3.2. (b). [6]

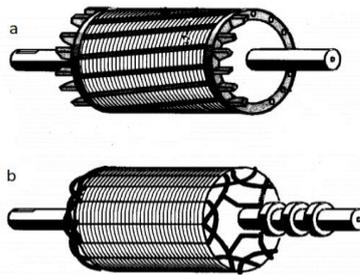


Figura 3.2. Forma de rotores de máquinas asíncronas.

(a) Rotor de jaula de ardilla. (b) rotor bobinado.

Fuente [6].

3.3.2. Motores de rotor jaula de ardilla o inducción.

Básicamente es un cilindro montado en un eje. Contiene barras conductoras longitudinales de aluminio o de cobre con surcos y conectados juntos en ambos extremos poniendo en cortocircuito los anillos que forman la jaula como se muestra en la figura 3.3.

La base del rotor se construye de un apilado hierro de laminación.

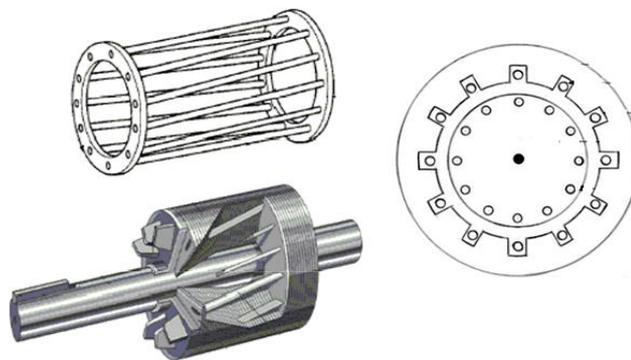


Figura 3.3. Motor de rotor jaula de ardilla

Fuente [6].

El funcionamiento es el siguiente.

Los devanados inductores en el estator de un motor de inducción instan al campo magnético a rotar alrededor del rotor. El movimiento relativo del campo y la rotación del rotor induce corriente eléctrica, las corrientes que fluyen longitudinalmente en los conductores reaccionan con el campo magnético del motor produciendo una fuerza que actúa tangente al rotor, dando por resultado un esfuerzo de torsión para dar vuelta al eje. En efecto el rotor se lleva alrededor el campo magnético, pero en un índice levemente más lento de la rotación. La diferencia en velocidad se llama deslizamiento y aumenta con la carga. [6].

3.3.4. Caso sin carga y vacío

Sin carga, el deslizamiento es muy pequeño y la frecuencia, la reactancia del rotor, y la FEM inducida en este son muy pequeñas. Por lo tanto, la corriente en el rotor es muy pequeña y solo la suficiente para producir el par sin carga y con el factor de potencia que es extremadamente pequeña. [4]

3.3.5. Caso de media carga

Al aplicar la carga mecánica al rotor, la velocidad disminuye un poco. La pequeña disminución de velocidad causa un aumento en el deslizamiento y en la frecuencia y reactancia del rotor, y en la FEM inducida en éste.

El aumento en la corriente inducida (secundaria) en el rotor se refleja con un aumento de corriente primaria en el estator y disminución de voltaje. [4]

3.3.6. Condición de plena carga

El motor de inducción de jaula de ardilla girará un valor de deslizamiento que proporciona un equilibrio entre el par desarrollado y el par aplicado. De tal manera, conforme se aplica más carga, el deslizamiento aumenta porque el par aplicado excede al par desarrollado. Cuando se aplica el valor nominal al eje del motor de inducción, el componente de la corriente del estator primario en fase que toma el motor de inducción es grande en comparación con la corriente sin carga casi de cuadratura, y el ángulo del factor de potencia es bastante pequeño. El factor de potencia a plena carga varía entre 0.8 en motores pequeños (1 HP) y 0.9 o 0.95, en los grandes motores de inducción (150 HP y superiores). [4]

3.3.7. Más allá de plena carga

Con mayor carga y deslizamiento, la frecuencia del rotor continúa aumentando y el aumento en la reactancia del rotor produce una disminución en el factor de potencia.

Considerando al motor de inducción como si fueran un transformador, se puede decir que el secundario del transformador tiene una carga en retraso, lo cual hace que el factor de potencia del primario se retrase por lo tanto cuando las cargas son mayores que la plena carga, el factor de potencia se aproxima a un máximo, para disminuir después rápidamente.

Después de la falla o punto crítico (par máximo) la corriente de línea aumenta, pero el par disminuye debido a que la rapidez de disminución del factor de potencia es mayor que la rapidez del aumento de corriente. [4]

3.3.8. Clasificación de motores Jaula de Ardilla según la norma NEMA.

Para distinguir entre diversos tipos disponibles, la National Electrical Manufacturers Association (NEMA) ha desarrollado un sistema de identificación en la cual cada tipo de motor comercial de inducción de jaula de ardilla se fabrica de acuerdo con determinadas propiedades de la construcción eléctrica y mecánica del rotor. [7]

Según la normativa NEMA de la tabla 3.1. a la que todo motor eléctrico se rige los motores jaula de ardilla deben seguir las siguientes características dependiendo de la clase que sea. [7]

Tabla 3.1. Características de los motores comerciales de inducción de jaula de ardilla de acuerdo con la clasificación en letras NEMA

Clase NEMA	Par de arranque (#de veces nominal)	Corriente de arranque	Regulación de velocidad (%)	Nombre de clase del motor
A	1,5-1,75	5 y 7	2 y 4	Normal
B	1,4-1,6	4,5-5	3,5	De propósito general
C	2-2,5	3,5-5	4-5	De doble jaula alto par
D	2,5-3,0	3-8	5-8 , 8-13	De alto par alta resistencia

Fuente: [7]

Clase A:

- Uso a velocidad constante.
- Muy buena disipación de calor

- Durante el periodo de arranque, la densidad de corriente es alta cerca de la superficie del rotor; durante el periodo de la marcha, la densidad se distribuye con uniformidad.
- Tiene la mejor regulación de velocidad, pero su corriente de arranque varía entre 5 y 7 veces la corriente nominal normal.

Clase B

- Se les llama motores de propósito general; Muy parecido al de la clase A debido al comportamiento de su deslizamiento-par.
- La mayor profundidad de sus ranuras tiende a aumentar la reactancia de arranque y la marcha del rotor. Lo cual reduce un poco el par y la corriente de arranque.
- Los motores de clase B se prefieren sobre los de la clase A para tamaños mayores.
- Las aplicaciones típicas comprenden las bombas centrífugas de impulsión, las máquinas herramientas y los sopladores.

Clase C

- Alto par de arranque (entre 2 y 2.5 veces el nominal) con bajas corrientes de arranque (de 3.5 a 5 veces la nominal).
- Son construidos con un rotor de doble jaula (más costosos).
- Bajo deslizamiento (menos del 5%) a plena carga.
- Debido a su alto par de arranque, acelera rápidamente.
- Cuando se emplea con cargas pesadas, se limita la disipación térmica del motor, ya que la mayor parte de la corriente se concentra en el devanado superior.
- Tiende a sobrecalentarse con arranques frecuentes.
- Se utilizan para cargas con alto par de arranque, compresor y transportador.

Clase D.

- También conocidos como de alto par y alta resistencia.
- Alto par de arranque (275% o más del nominal) y baja corriente de arranque.
- Alto deslizamiento a plena carga.
- La alta resistencia del rotor desplaza el par máximo hacia una velocidad muy baja.
- Diseñado para servicio pesado de arranque, en especial grandes volantes utilizados en troque ladoras o cortadoras.

También existen las clases E y F, llamados motores de inducción de arranque suave, pero obsoletos hoy en día.

3.3.9. Variacs

Los variacs también se conocen como autotransformadores y son un tipo especializado de transformador eléctrico que consta de un devanado. El devanado actúa como lado primario y secundario del transformador. El tipo ordinario de transformador tiene 2 bobinas y no está conectado eléctricamente. La resolución de un devanado permite producir transformadores más pequeños, más ligeros y más baratos que los 2 devanados ordinarios.

Un autotransformador es un transformador especial que para cada fase tiene un único devanado que actúa a la vez de primario y de secundario (Figura 3.4.). Esto es debido al pequeño valor de su tensión relativa de cortocircuito. [8]

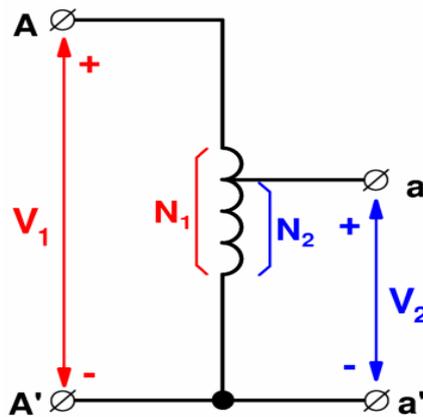


Figura 3.4. Autotransformador (Variac) monofásico

Fuente [8]

Al tener un solo devanado para el primario y el secundario un autotransformador es más barato que un transformador convencional y, además, tiene menos pérdidas, esto es, mejor rendimiento.

Hay autotransformadores en los que el terminal a no es fijo, sino que se mueve mediante un cursor. Esto permite variar la relación de transformación del autotransformador y, por lo tanto,

obtener una tensión secundaria variable a voluntad. Este tipo de autotransformadores se denomina variac y en ellos el circuito magnético de cada fase suele tener forma de toro alrededor del cual se bobina el arrollamiento que hace de primario y de secundario a la vez (Figura 3.5.).

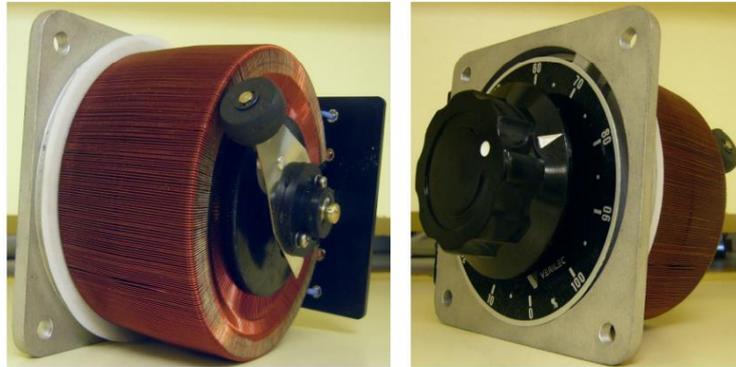


Figura 3.5. Variac monofásico

Fuente [8]

3.3.10. Encoders

Existen dos tipos de encoders que se asemejan a las características de implementación del módulo

- Codificación Incremental
- Codificación absoluta

3.3.11. Codificación Incremental

Los encoders de incremento proveen un número específico de pulsos equitativamente espaciados por revolución (PPR) o por pulgada o milímetro de movimiento lineal. Se utiliza un solo canal de salida para aplicaciones donde el sentido de la dirección de movimiento no es importante (unidireccional). Donde se requiere el sentido de dirección, se utiliza la salida de cuadratura (bidireccional), con dos canales de 90 grados eléctricos fuera de la fase; el circuito determina la dirección de movimiento basado en la fase de relación entre ellos. Esto es útil para procesos que se pueden revertir, o para mantener la posición de red cuando se encuentra inmóvil u oscilando mecánicamente. [9]

3.3.12. Principio de funcionamiento

Cuando se requiere más resolución, es posible para el contador computar los márgenes de dirección y rastreo de la serie de pulsos de un canal, el cual duplica (x2) el número de pulsos contados para una rotación o pulgada de movimiento. Al contar ambos márgenes de dirección y de rastreo de ambos canales darán una resolución x4. [9]

Una salida de un encoder incremental indica movimiento. Para determinar la posición, sus pulsos deben ser acumulados por un contador. La cuenta está sujeta a pérdida durante una interrupción de energía o corrupción por transistores eléctricos. Cuando comienza, el equipo debe ser dirigido a una referencia o posición de origen para inicializar los contadores de posición. [9]

3.3.13. Codificación absoluta

Un encoder absoluto figura 3.6. genera mensajes digitales lo cual representa la posición actual del encoder, así como su velocidad y dirección de movimiento. Si la energía se pierde, su salida será corregida cada vez que la energía sea restablecida. No es necesario ir a una posición referencial como con los encoders de tipo incremental. Los transistores eléctricos pueden producir únicamente errores de datos transitorios, usualmente muy breve como para afectar la dinámica de un control de sistema.

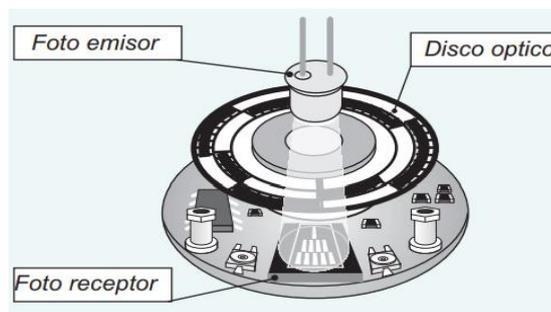


Figura 3.6. Encoder codificación absoluta

Fuente [9]

La resolución de un encoder absoluto como el de la figura 3.7. es definida como el número de bits por mensaje de salida. Esta salida puede ser directamente en código binario o Gray, el cual produce un cambio de un solo bit en cada paso para reducir errores. [9]



Figura 3.7. Encoder codificación absoluta

Fuente [9]

3.3.14. Diferencia entre el encoder incremental y absoluto

La diferencia entre los encoders incrementales y absolutos es análoga a la diferencia entre un cronómetro y un reloj. Un cronómetro mide el tiempo de incremento que transcurre entre su inicio y su término, muy parecido a lo que un encoder de incremento suministra un conocido número de impulsos relativo a un total de movimientos. Si sabías el tiempo exacto de cuando iniciaste el reloj, podrás decir que tiempo será más tarde sumando el tiempo transcurrido del cronómetro. Para controlar la posición, sumando los pulsos de incremento a una posición inicial conocida medirá la posición actual. Cuando se utiliza un encoder absoluto, la posición actual será constantemente transmitida, tal como un reloj normal te dirá la hora exacta. [9].

3.4. Sistema de adquisición de datos

Este sistema se encarga de adquirir los datos arrojados por los sensores tanto de corriente como voltaje y velocidad para poder procesarlo por el microcontrolador e imprimir gráficamente en la pantalla.

3.4.1. Pantalla TFT Nextion de 5”

Es una solución Human Machine Interface (HMI) que proporciona una interfaz de control y visualización entre un humano, máquina y un proceso. Es la mejor solución para reemplazar la pantalla LCD tradicional. [10]

Esta solución incluye hardware en parte de una serie de placas de TFT y otra de software que es el editor de Nextion. La pantalla Nextion sólo utiliza un puerto serie para hacer la comunicación. El editor Nextion tiene componentes masivos tales como botones, texto, barra de progreso, slider, panel de instrumentos, etc. para enriquecer el diseño de su interfaz. Es fácil de adaptar la familia Nextion HMI a los proyectos existentes, sólo tiene que proporcionar un protocolo figura 3.8. [10]



Figura 3.8. Pantalla Nextion de 5”

Fuente [10]

3.4.2. Arduino mega

El Arduino mega 2560 es una placa de desarrollo basada en el microcontrolador ATmega2560. Tiene 54 entradas/salidas digitales (de las cuales 15 pueden ser usadas como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs, un cristal de 16Mhz, conexión USB, jack para alimentación DC, conector ICSP, y un botón de reseteo. La placa Mega 2560 es compatible con la mayoría de shields compatibles para Arduino UNO. [11]



Figura 3.9. Arduino Mega 2560

Fuente [11]

3.4.3. Partes del Arduino Mega

La comunicación entre la computadora y Arduino se produce a través del Puerto Serie. Posee un convertidor usb-serie, por lo que sólo se necesita conectar el dispositivo a la computadora utilizando un cable USB como el que utilizan las impresoras figura 3.10.

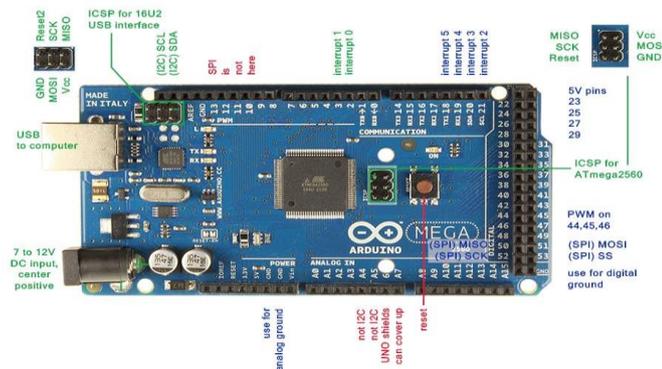


Figura 3.10. Partes Arduino Mega

Fuente [11]

3.4.4. Sensor de transformador de voltaje

El Sensor de transformador de voltaje también se lo conoce como el Transformador de voltaje AC - ZMPT101B, nos permite medir voltaje alterno, este voltaje AC no puede ser medido directamente por el ADC de nuestro Arduino pues escapa al rango de entrada (0V a 5V). El módulo ZMPT101B soluciona el problema reduciendo el voltaje AC de entrada a un voltaje menor que pueda ser leído por el Arduino o cualquier otro microcontrolador. [12]



Figura 3.11. Sensor de transformador de voltaje

Fuente [12]

3.4.5. Sensor de corriente ACS712ELCTR-05B-T

El sensor de corriente por efecto hall, que provee una solución económica y precisa para medir corriente en AC o DC, ya sea en ambientes industriales o comerciales. Este sensor funciona transformando un campo magnético originado por el paso de la corriente a través de un conductor de cobre interno en el sensor, y convirtiendo este campo en un voltaje variable. [13]



Figura 3.12. Sensor de corriente ACS712 Allegro

Fuente [13]

3.4.6. Fuente de alimentación DC

Una fuente de alimentación convierte la corriente alterna (AC) en una forma continua de energía que los componentes del ordenador necesitan para funcionar, llamada corriente continua (DC). A diferencia de algunos componentes de Hardware cuyo uso no es obligatorio, como podría ser un disco SSD, la fuente de alimentación es una pieza crucial porque, sin ella, el resto del hardware interno no puede funcionar. [14]

La fuente de alimentación es a menudo abreviada como PSU y también se conoce como fuente de poder. Las placas base, cajas y fuentes de alimentación vienen en diferentes tamaños

llamados “factores de forma”. Estos tres elementos deben ser compatibles para que funcionen correctamente juntos. [14]



Figura 3.13. Fuente de alimentación externa

Fuente [14]

Pero en lagunas fuentes de alimentación ubicadas dentro de un PC no son las únicas que existen. El otro tipo de fuente de alimentación es externa.

Las fuentes de alimentación externas son beneficiosas porque permiten que el dispositivo sea pequeño y atractivo. Sin embargo, algunos de estos tipos de fuente de alimentación son bastante grandes y su colocación podría ser problemática. [14]

3.4.7. Banana plugs hembra Jack Socket de 4mm

Son conectores de 100 % de alta calidad, su recubrimiento es de Níquel para su máxima transferencia de señal y durabilidad, adecuado para la conexión de 4mm banana plug. [15]



Figura 3.14. Banana Jack de 4mm

Fuente: [15]

3.4.8. Conector banana plugs macho autoprottegidos

Este tipo de conector banana tiene su dimensionamiento de 4mm tipo de soldadura apilable de diferente color en negro y rojo y su conexión es de soldadura, su diámetro exterior del cable es de máximo de 4mm. [15]



Figura 3.15. Banana plugs de 4mm

Fuente: [15]

3.4.9. Comunicación serial

Para comprender el funcionamiento de un puerto serie, es necesario examinar primero las comunicaciones paralelas. Un puerto paralelo estándar utilizar ocho conectores o cables para transmitir los bits de datos de forma simultánea, formando un solo carácter. La ilustración siguiente muestra la transmisión en paralelo de la letra a. [16]

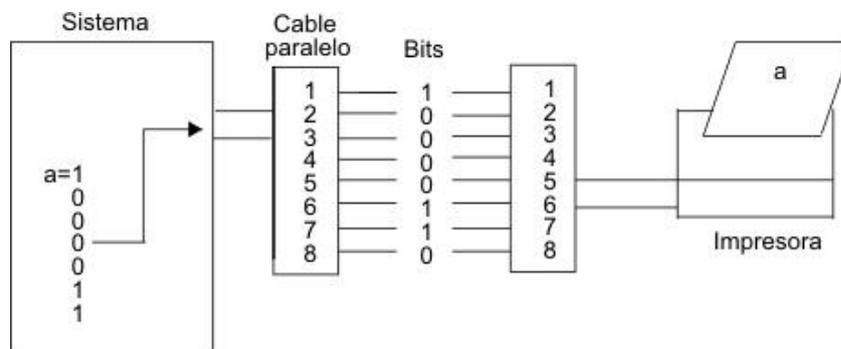


Figura 3.16. Puerto de comunicaciones paralelo

Fuente [16]

Los puertos serie requieren un solo conector, o cable, para enviar el mismo carácter de datos al dispositivo. Para conseguirlo, los datos se convierten del formato paralelo (enviado por el sistema), a formato secuencial, en el que los bits se organizan uno tras otro en una serie. Los datos se transmiten entonces al dispositivo, enviando el bit menos significativo (o el bit cero) en primer lugar. Una vez que el dispositivo remoto recibe los datos, éstos se vuelven a convertir al formato paralelo. La ilustración siguiente muestra la transmisión serie de la letra a. [16]

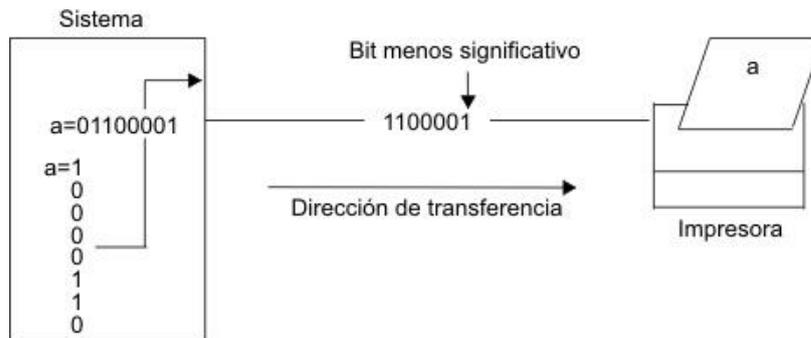


Figura 3.17. Puerto de comunicaciones serie

Fuente [16]

Las transmisiones serie de un solo carácter son simples y directas; sin embargo, surgen complicaciones cuando se transmiten en series un gran número de caracteres tal como se muestra en la ilustración siguiente. El sistema receptor no sabe cuándo finaliza un carácter y empieza el otro. Para solucionar este problema, ambos extremos del enlace de comunicación deben estar sincronizados o temporizados. [16]

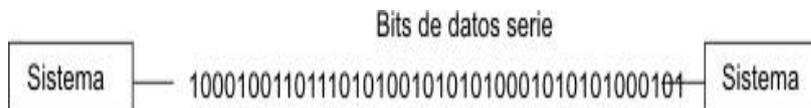


Figura 3.18. Transmisión serie

Fuente [16]

4. METODOLOGÍA

Introducción

En este capítulo se presenta los métodos aplicados, para realizar una correcta selección de los materiales utilizados (en la implementación del módulo práctico para determinar el comportamiento de los motores eléctricos de inducción de baja potencia aplicando distintas cargas mecánicas), como son el cálculo de voltaje, corriente y velocidad según el torque a aplicar, el tipo de motor a utilizar, el tipo de placas electrónicas a utilizar para sensar, procesar y representar los datos. Así como también, el tipo de comunicación utilizada entre el microcontrolador y diferentes tipos de elementos utilizados como la pantalla y los sensores.

4.1. Frenado Dinámico

En la Figura 4.1. se aprecia el frenado dinámico, el cual consiste en convertir el estator del motor de inducción en un fuerte electroimán frenando así por medio de un sistema de banda y polea al motor a pruebas, es por lo cual se escogió este tipo de frenado ya que es una forma sencilla de colocar cargas mecánicas sin pérdidas de fricción y mucho menos el contacto directo con el motor a pruebas.

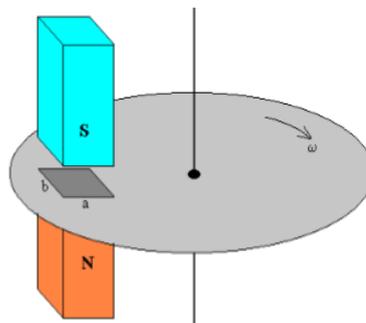


Figura 4.1. Fuerza de frenado en pieza metálica dinámico

Fuente [17]

4.2. Cálculo del motor de inducción de baja potencia

Tabla 4.1. Características del motor de inducción al cual se le colocara la carga

DATOS DEL MOTOR DE INDUCCIÓN	UNIDADES
Potencia eléctrica	175 W
Tensión de Servicio	220 V.a.c.
Corriente	1,2 A
Frecuencia	60 Hz
Revoluciones del rotor	1670 rpm

Transformamos la potencia eléctrica a potencia mecánica.

$$P_m = P_e / 746 \quad (4.1.)$$

$$P_m = \frac{175}{746} = 0,23 \text{ HP}$$

$$P_m = 0,23 \cong 0,25 \text{ HP} \wedge 1/4 \text{HP}$$

P_m: Potencia mecánica (HP)

P_e: Potencia eléctrica (W)}

4.3. Torque o par del motor de inducción de baja potencia.

Con la siguiente ecuación se determinará el par del motor eléctrico trifásico que se va a usar para las pruebas.

El par nominal para el motor se determina como:

$$T_s = \frac{2550(P_m)}{n_r} \quad (4.2.)$$

$$T_s = \frac{5250(0,23)}{1670}$$

$$T_s = 0,723(\text{lb. ft})$$

$$T_s = 0,980(\text{N.m})$$

Ts: Par nominal del motor (N.m)

5250: Constante

Pm: Potencia mecánica (HP)

Nr: Revoluciones del rotor (rpm)

4.4. Velocidad sincrónica

Los motores asíncronos o de inducción, por ser robustos y más baratos, son los motores más ampliamente utilizados en la industria. En estos motores, el campo giratorio tiene la velocidad sincrónica de acuerdo a la frecuencia de la línea alimentadora.

Teóricamente, para el motor girando en vacío y sin pérdidas, el rotor tendría también la velocidad sincrónica. Pero al ser aplicado el par externo al motor, su rotor disminuirá la velocidad en la justa proporción necesaria para que la corriente inducida por la diferencia de rotación entre el campo giratorio (síncrono) y el rotor, pase a producir un par electromagnético igual y opuesto al par externamente aplicado. [18]

La rotación del eje del motor es expresada por:

$$n_s = \frac{120f}{p} \quad (4.3.)$$

$$n_s = \frac{120(60)}{4} = 1800 \text{ rpm}$$

Donde:

ns: Rotación sincrónica (rpm)

f: Frecuencia (Hz)

p: Número de pares polos

4.5. Selección de motor asíncrono para el módulo

Al conocer las características del motor, se define el motor a ocupar para la modificación motor electrodinamómetro debe ser de una relación 1 a 1 por lo tanto se necesitaría un motor de la misma potencia.

Tabla 4.2. Características del posible motor a utilizar

DATOS DEL MOTOR DE INDUCCIÓN	UNIDADES
Potencia eléctrica	175 W
Potencia mecánica	0,23 HP
Revoluciones del rotor	1670 rpm
Eficiencia	95%

Según la ley de la potencia eléctrica es igual al voltaje por la corriente consumida, por lo tanto.

$$Pe = V.I \quad (4.4.)$$

Donde:

Pe : Potencia mecánica (HP)

V : Voltaje (V)

I : Intensidad de corriente (A)

Por lo cual se necesita conocer la corriente absorbida por el motor-electrodinamómetro, con la siguiente ecuación.

$$I_{max} = \frac{Pe}{V.\eta} \quad (4.5.)$$

$$I_{max} = \frac{175}{(50).(0,95)}$$

$$I_{max} = 3,5 (A)$$

Imax: Intensidad máxima (A)

η : Eficiencia (%)

V= Voltaje (V)

Entonces la tensión máxima del trabajo del motor va a ser los 3,5 A a 50 V.

$$175W = 50V \cdot 3,5 A$$

4.6. Cálculo del contrapeso del electrodinamómetro.

Se adapta un contrapeso al electrodinamómetro para lograr el torque necesario de frenado. Con la Ecuación 4.2, se obtiene un Torque del motor, y la distancia del muelle aplicado al electrodinamómetro, es de 96 mm transformado a pies da 0,314 ft, por lo tanto:

$$T = F \cdot d$$

$$w = F$$

$$w = \frac{T}{d} \tag{4.6}$$

$$w = \frac{0,723(lb \cdot ft)}{0,314(ft)} = 2,30(lb)$$

$$w = 0,938 (Kg)$$

Donde:

w: Peso (kg)

T: Torque (lb/ft)

F: Fuerza (N)

d: distancia (ft)

4.7. Ecuación del cálculo del resorte según Robert Hooke

Según la ley de Robert Hooke sobre elasticidad defina la siguiente ecuación.

$$F = -k \cdot x \tag{4.7}$$

Donde:

F: Fuerza aplicada (lb/ft)

k: Constante de proporcionalidad o constante de resorte.

x: Longitud de extensión o compresión. (ft)

Ecuación de mínimos cuadrados para calcular la constante elástica del resorte

$$K = \frac{\sum_{i=0}^n XiYi - n\bar{X}\bar{Y}}{\sum_{i=0}^n Xi^2 - n\bar{X}^2} \quad (4.8)$$

Donde:

Xi : Distancia de elongación del resorte (cm/g)

Yi : Masa (g)

n: Número de mediciones tomadas.

Para lo cual se utiliza la ecuación de la sumatoria de los pesos por las distancias totales.

$$\sum_{i=0}^n XiYi = (Xi1 * Yi1) + (Xi2 * Yi2) \dots + n \quad (4.9)$$

Xi : Distancia de elongación del resorte (cm/g)

Yi : Masa (g)

n: Número de mediciones tomadas.

Donde aplicamos la Ecuación 4.9 para encontrar \bar{X}

$$\bar{X} = \frac{X1+x2+x3\dots+nX}{n} \quad (4.10)$$

\bar{X} : Distancia total de elongación

Y la Ecuación 10 para encontrar \bar{Y}

$$\bar{Y} = \frac{Y1+Y2+Y3\dots+nY}{n} \quad (4.11)$$

\bar{Y} : Peso total de las masas.

Entonces aplicamos la Ecuación (4.10) en la Ecuación (4.8.) que es la ecuación lineal para determinar la curva de constante de elasticidad.

4.8. Material de construcción

Actualmente el mercado existe una gran cantidad de aceros permitiendo que los usuarios elijan el material deseado por medio de un catálogo. Sin embargo, al momento de elegir un material de acero es necesario considerar aspectos importantes.

La que cumple con las normas y especificaciones es la AISI 430 es un material de acero inoxidable muy resistente a la corrosión de moderada a buena, común a nivel del país, para la realización del módulo. **Tabla 4.3.**

El otro material que utilizaremos y que cumple con las normas y especificaciones es la de Acero ASTM-A36 es un material de acero muy resistente y dúctil, para la realización del módulo, por lo cual se escogió el material por las características que posee, la facilidad de conseguir y el precio del producto. **Tabla 4.4.**

Tabla 4.3 Selección del Acero Inoxidable

TIPOS DE ACERO	CARACTERÍSTICAS	PROPIEDADES	APLICACIONES	COMPOSICIÓN QUÍMICA							
				AISI	%C	%Cr	%Ni	%Mn	%Si	%P	%S
AISI 430	Acero Inoxidable ferrítico, magnético	Buena ductilidad	Campanas extractoras, hornos eléctricos, utensilios de cocina, industria automotriz, (accesorios), etc.	AISI 430	0,12	16-18	0,6	1	0,75	0	0,03
		Resistencia a la corrosión de moderada a buena.									
		Son magnéticos, su soldabilidad es pobre									
		Acabados 2B y N4									
AISI 304	Acero Inoxidable austenítico, no magnético	Excelente resistencia a la corrosión	Industria química petroquímica, alimenticias, industria médica, tanques, tuberías, etc.	AISI 304	0,08	18-20	8-10,5	2	1	0	0,03
		Muy buena confortabilidad y soldabilidad									
		Excelente factor higiene-limpieza									
		Se puede utilizar tanto en temperaturas criogénicas como a elevadas temperaturas									
AISI 316		Además de las propiedades anticorrosivas que ofrece el acero AISI 304 tenemos: mejor resistencia la corrosión por cloruros.	Ambientes salinos, procesos industriales, etc.	AISI 316	0,08	16-18	10-14	2-3,0	1	0	0,03

Fuente [19]

Tabla 4.4 Selección del Acero ASTM

TIPOS DE ACERO	CARACTERÍSTICAS	PROPIEDADES	APLICACIONES	COMPOSICIÓN QUÍMICA				
ASTM A36	Acero estructural al carbono	Buena ductilidad	El acero A36 se produce en una amplia variedad de formas que incluye: Planchas, Perfiles estructurales, Tubos y Láminas.	ASTM A36	%C	%Mn	%P	%S
		Buena resistencia			0,26	0	0,04 max	0,05 max
		Buen comportamiento a operaciones de doblamiento						
		Su soldabilidad						
		Buena aptitud al pulido						
ASTM A510	Aleación con el hierro	Menos carbono	Fabricación de varillas de acero	ASTM A510	%C	%Mn	%P	%S
		Límite de elasticidad			0,18 a	0,30 a	0,04 max	0,05 max
		Problema de oxidación			0,23	0,60		
		Más electronegativo es un metal y, a la inversa, cuanto más electropositivo es un metal, menor es su potencial de oxidación.						
ASTM A128	Acero al manganeso	Baja resistencia y alta en ductilidad	Aceros auténticos al manganeso	ASTM A128	%C	%Mn	%P	%Si
		Resistentes al desgaste			1,05-1,35	11 min	0,07 max	1,00 max
		Su microestructura es meta estable.						

Fuente [19]

4.9. Selección del controlador

Se seleccionó el controlador Arduino MEGA 2560 bajo el criterio personal ya que la placa debe tener 2 puertos de comunicación seria, un puerto estará usado implícitamente en la conexión USB de la placa al ordenador para la respectiva programación de la misma y el otro puerto será usado para establecer la comunicación con la pantalla Nextion; otro aspecto importante es el voltaje de operación, en este caso debe ser de 5V ya que los acondicionamientos de señales y circuito de control están referenciados a este nivel de voltaje; por esta razón se escogió un Arduino MEGA 2560.

En la Tabla 4.5. se presenta un resumen de las especificaciones y características técnicas de cada una las placas controladoras citadas anteriormente

Tabla 4.5. Características técnicas del microcontrolador.

Controlador	Arduino Uno	Arduino MEGA 2560	BeagleBone Black
Procesador	ATmega328	ATmega2560	ARM Cortex-A8
Clock Speed	16 MHz	16MHz	1GHz
Voltaje de operación	5v	5v	3,3v
I/O Analógicas	6/0	16/0	7/0
I/O Digitales	14(5v)	54(5v)	65(3,3V)
Pines PWM	6	15	8
Puerto Ethernet	NO	NO	SI
Pines para comunicación serial	Serial0: 0(RX) y 1(TX) Datos TTL	Serial0: 0 (RX) y 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) y 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) y 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) y 14 (TX) Datos TTL	UART0 J1_4 (RX) J1_5 (TX)

4.10. Selección de la Pantalla

Se escogió la pantalla TFT Nextion NX8048T050 5" debido a sus características técnicas como son el tamaño de la pantalla, costa de un programa para editar la interfaz de la misma, y la comunicación serial compatible con el arduino y precio accesible.

En la siguiente Tabla 4.6. se presenta un resumen de las especificaciones y características técnicas de las pantallas citadas anteriormente.

Tabla 4.6. Características técnicas de pantallas

Pantalla	Pantalla Shield	DOP-B07 E515	NX8048T050
Tipo de Display	3,5" TFT Táctil	7" TFT LCD (65536 colors)	5" RGB 65K true to life colours
Resolución (píxeles)	480x320	800 x 600	800 x 480
Software	UTFT_Demo Librería modificada	DOPSoft 2.00.04	Editor de Nextion
Alimentación	24 VDC	24 VDC	4.59v- 12V
Interfaces	USB: Tipo A Puerto SPI al Arduino. LM75A comunica bus I2C, LCD DATA (8pines) Control (5pines), Micro SD. SPI	COM1: RS232 COM2: RS232/RS485 USB: Tipo A y B Ethernet 10/100 Mbps	Convertor de USB a serie a TTL, También indica PCB, Vcc a 5v, GND a GND y Tx y Rx
Dimensiones	480x320	184 x 144	108x64,80

4.11. Selección del sensor de corriente

Debido a las características técnicas como son el nivel de voltaje, rango de medición, nivel de tecnología y costo, se escogió el sensor de corriente ACS712.

En la tabla 4.7. apreciamos las características técnicas del sensor de corriente.

Tabla 4.7. Características técnicas del sensor de corriente.

Equipo	ACS712ELCTR-05B-T	SCT-013-000	H970LCA Hawkeye
Rango de medición	0-5 A	0-100 A	0-20, 0-40, 0-80 A
Señal de salida	185mV/A	0-50mA	4-20 mA 0-5V
Exactitud (Error máximo)	±10%	±3%	±3%
Ajuste ZERO/SPAN	NO	NO	NO
Fuente de alimentación externa	5 VDC	1000VAC/ 1min	12-30 VDC
Montaje sobre riel DIN	NO	NO	NO

4.12. Conexiones del sistema de adquisición de datos.

En la figura 4.2. se muestra las conexiones de alimentación de los sensores con rojo como positivo y negro como negativo y las señales analógicas con los colores como azul, naranja, amarillo, gris, marrón y violeta todas estas señales están conectadas a la tarjeta arduino mega por medio de los puertos análogos de la misma.

En encoder es el único con señales digitales las cuales representamos con los colores blanco y rosado conectadas a los puertos digitales.

Y para su representación gráfica en la pantalla Nextion se ocuparán los puertos de comunicación de la misma.

Conexiones entre pines elementos de sensor, procesamiento e impresión, de datos por medio de las placas electrónicas como se muestran en la tabla 4.8.

Tabla 4.8. Pines ocupados para las conexiones.

PIN	NÚMERO DE PIN	FUNCIÓN
GND	GND	GNV
VCC	5V	5V
ADC0 PF0	0 Analógico	Lectura voltaje alterna F1 sensor 1
ADC0 PF1	1 Analógico	Lectura voltaje alterna F2 sensor 2
ADC0 PF2	2 Analógico	Lectura voltaje alterna F3 sensor 3
ADC1 PF3	3 Analógico	Lectura corriente alterna F1 sensor 1
ADC1 PF4	4 Analógico	Lectura corriente alterna F2 sensor 2
ADC1 PF5	5 Analógico	Lectura corriente alterna F3 sensor 3
PA3	2 Digital	Interrupción a encoder
PH1	16 TX2 Comunicación	Trasmisor para comunicación con pantalla
PH0	17 RX2 Comunicación	Receptor para comunicación con pantalla

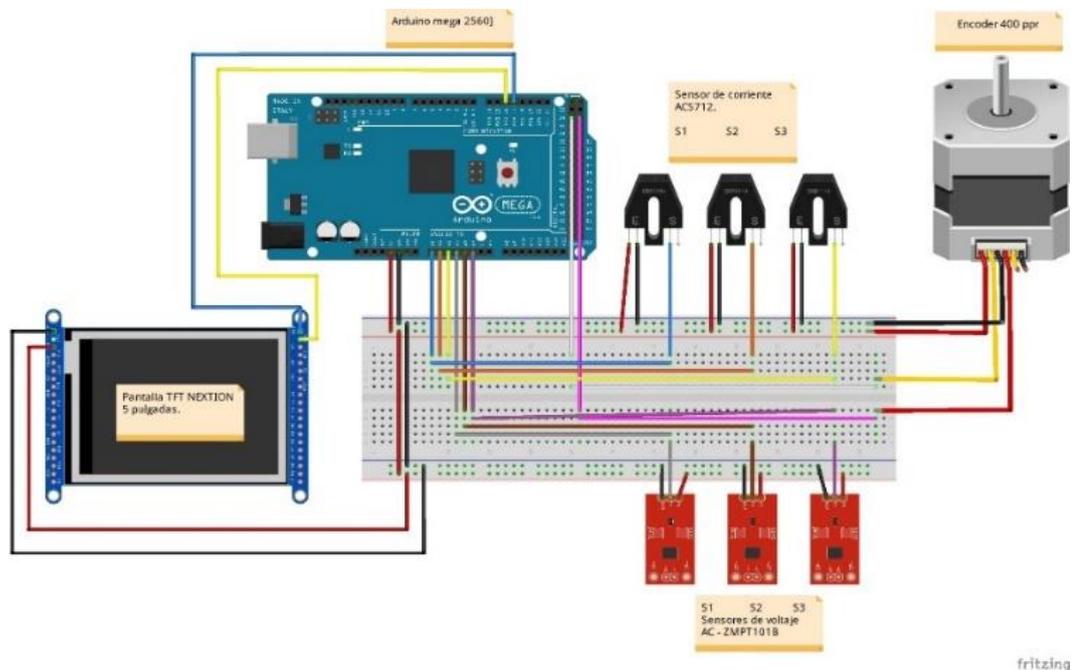


Figura 4.2. Sistema de conexiones entre placas.

4.13. Diagrama de flujo del proceso de programación.

Este es el proceso a realizar para adquirir, procesar e imprimir datos en pantalla.

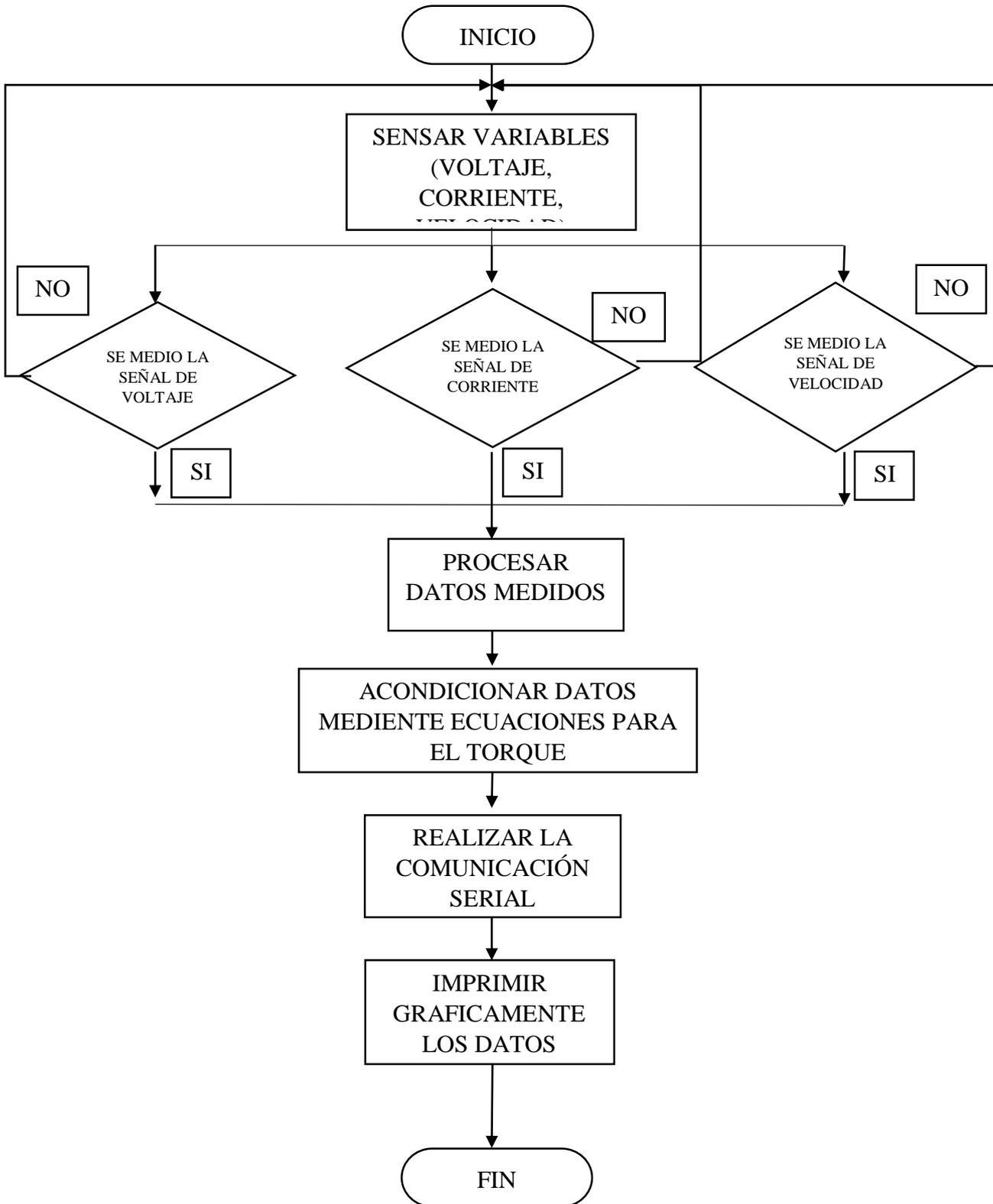
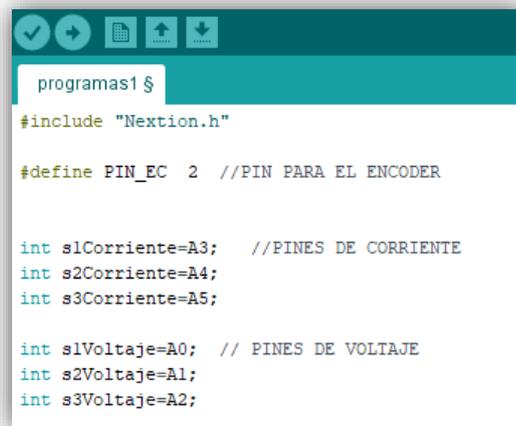


Figura 4.3. Diagrama de flujo.

4.14. Programación

Declaración de variables

Con respecto a la programación utilizada en para el modulo adquisición de datos, que se presenta en la figura 4.4. se muestran tanto las librerías utilizadas como la declaración de variables de los pines de entrada de los sensores de corriente, voltaje y encoder utilizados para la toma de datos.



```
programas1 $
#include "Nextion.h"

#define PIN_EC 2 //PIN PARA EL ENCODER

int s1Corriente=A3; //PINES DE CORRIENTE
int s2Corriente=A4;
int s3Corriente=A5;

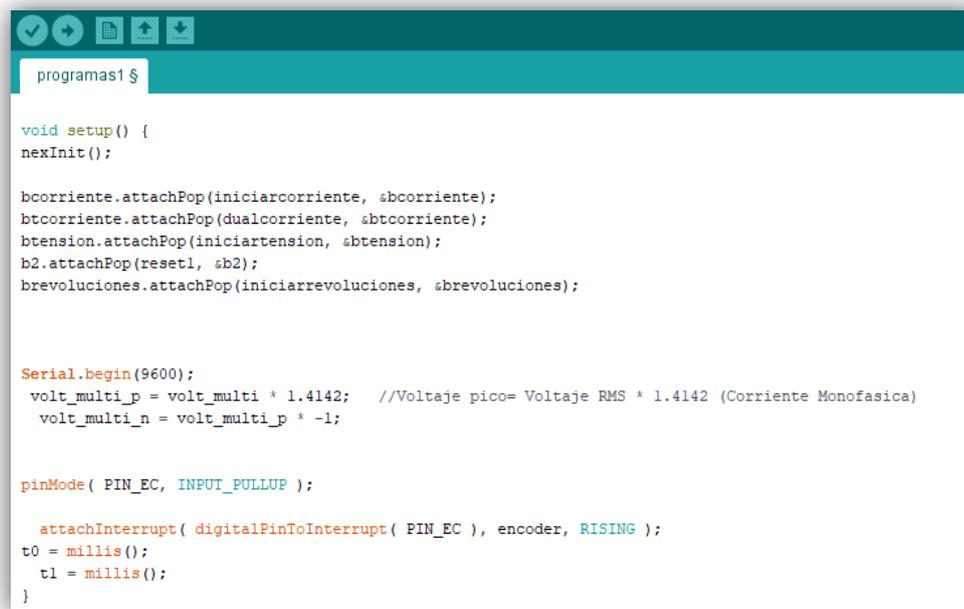
int s1Voltaje=A0; // PINES DE VOLTAJE
int s2Voltaje=A1;
int s3Voltaje=A2;
```

Figura 4.4. Programación se define las librerías y pines a utilizar

Como se observa en la figura 4.4. Tenemos la librería `#include "Nextion.h"` la cual facilita la programación del arduino para la comunicación de la pantalla, y se definen las variables `A0,A1,A2` como los pines de corriente para las entradas análogas al arduino,. Mientras tanto los pines `A3, A4, A5` son las variables de entrada de corriente al arduino.

Sección Void setup

En esta sección como se sabe es la sección de repetición en la cual colocamos la velocidad a la que trabaja el microcontrolador arduino, `Serial.begin(9600)`; Por siguiente se define que tome datos de corriente, voltaje, velocidad y los acondicione para la representación en la pantalla como se muestra en la siguiente figura.



```
programas1 $

void setup() {
  nexInit();

  bcorriente.attachPop(iniciarcorriente, &bcorriente);
  btcorriente.attachPop(dualcorriente, &btcorriente);
  btension.attachPop(iniciartension, &btension);
  b2.attachPop(reset1, &b2);
  brevoluciones.attachPop(iniciarrevoluciones, &brevoluciones);

  Serial.begin(9600);
  volt_multi_p = volt_multi * 1.4142; //Voltaje pico= Voltaje RMS * 1.4142 (Corriente Monofasica)
  volt_multi_n = volt_multi_p * -1;

  pinMode( PIN_EC, INPUT_PULLUP );

  attachInterrupt( digitalPinToInterrupt( PIN_EC ), encoder, RISING );
  t0 = millis();
  t1 = millis();
}
```

Figura 4.5. Sección Void setup del programa.

Sección Void Loop

En la figura 4.6. se aprecia la sección void loop la cual es el cuerpo del programa, en la que se seguirá un proceso de condicionamientos, conversiones, acondicionamientos, entre otros para llegar a obtener las gráficas planteadas.



```
programas1 $

void loop() {
  nexLoop(nex_listen_list); //VERIFICA SI ALGUNA ACCION SE EJECUTA EN LA PANTALLA

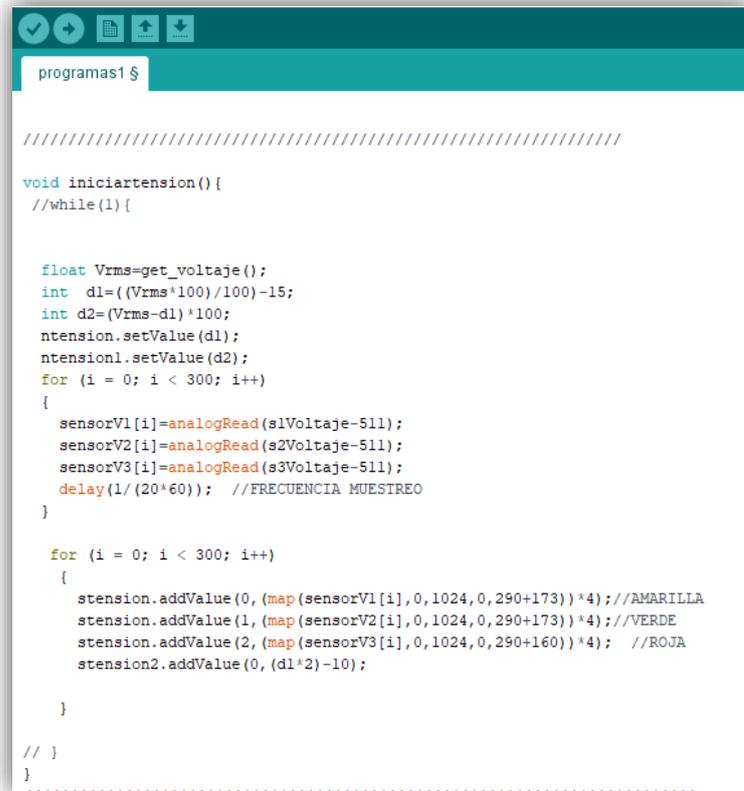
  if( millis()-t1>1000 ){
    t1 = millis();
    rpm = rpc*60;
    nrevoluciones.setValue(rpm);
    srevoluciones.addValue(0,rpm/10);
    // Serial.println(rpm);
    rpc=0;
  }

  // if(Ac==0){
  //   Serial.println("DESACTIVADO");
  // }

  // if(Ac==1){
  //   Serial.println("ACTIVADO");
  // }
}
```

Figura 4.6. Sección void loop del programa.

En esta figura representamos si existe alguna acción en la pantalla TFT que da una orden de iniciar la acción.



```
programas1 $  
  
/////////////////////////////////////  
  
void iniciartension(){  
  //while(1){  
  
  float Vrms=get_voltaje();  
  int d1=((Vrms*100)/100)-15;  
  int d2=(Vrms-d1)*100;  
  ntension.setValue(d1);  
  ntension1.setValue(d2);  
  for (i = 0; i < 300; i++)  
  {  
    sensorV1[i]=analogRead(s1Voltaje-511);  
    sensorV2[i]=analogRead(s2Voltaje-511);  
    sensorV3[i]=analogRead(s3Voltaje-511);  
    delay(1/(20*60)); //FRECUENCIA MUESTREO  
  }  
  
  for (i = 0; i < 300; i++)  
  {  
    stension.addValue(0, (map(sensorV1[i],0,1024,0,290+173))*4);//AMARILLA  
    stension.addValue(1, (map(sensorV2[i],0,1024,0,290+173))*4);//VERDE  
    stension.addValue(2, (map(sensorV3[i],0,1024,0,290+160))*4); //ROJA  
    stension2.addValue(0, (d1*2)-10);  
  
  }  
  
  // }  
}
```

Figura 4.7. Sección void loop del programa.

En la figura 4.5 se observa el acondicionamiento de la señal tomada por los sensores en este caso del voltaje, en la cual se toma las muestras en el rango de 1 segundo, para finalmente representar las gráficas en la pantalla.

4.15. Interfaz grafica

Las siguientes figuras demuestran las interfaces utilizadas en la pantalla para la interacción con pantalla-visualizador, en la figura 4.8. se representa la interfaz al momento de encender nuestro módulo 2 (sistema de adquisición de datos.).



Figura 4.8. Interface al momento de encender.

En la cual se aprecia el tema del proyecto y los integrantes, al dar un clic en la pantalla nos lleva a la siguiente ventana mostrada en la siguiente figura.

La siguiente figura 4.9. Es el inicio donde podemos seleccionar la curva que se desea visualizar.



Figura 4.9. Interface inicio.

En esta ventana se observa el menú de acciones que puede realizar el sistema de adquisición de datos como son graficas de corriente, graficas de voltaje, y graficas de revoluciones, con un clic en la gráfica deseada nos llevara a la apreciación de la misma.

En la figura 4.10. se aprecia la interface de corriente.



Figura 4.10. Interface corriente.

Como en la anterior figura observamos el menú de graficas al dar clic en la gráfica de corriente nos lleva a la siguiente ventana la cual nos graficara la corriente desfasada 120 grados, en esta ventana también tenemos botones de menú, adelante, atrás e iniciar.

Menú: Este botón llevara al usuario a la ventana inicio donde encontraremos el menú de gráficas.

Adelante: Este botón nos lleva a la siguiente ventana.

Atrás: Este botón nos lleva a la ventana anterior.

Iniciar: Este botón iniciara a censar y graficar la gráfica.

En la figura 4.11. se aprecia la interface de tención o voltaje.



Figura 4.11. Interface tensión.

En esta figurase graficara la tensión, consta de los mismos botones anteriormente definidos.

En la figura 4.6. se aprecia la interface de tención o voltaje.



Figura 4.12. Interface revoluciones.

4.16. Tipos de metodologías investigativas

En esta propuesta tecnológica se utiliza las siguientes metodologías de investigación para la obtener mejores resultados:

4.16.1. Investigación aplicada

Con el presente proyecto de investigación se pretende optimizar una mejora del aprendizaje de los futuros Profesionales Electromecánicos, mediante la actualización de los laboratorios de Maquinas Eléctricas, al implementar el sistema modular para obtener las curvas características de funcionamiento bajo carga de los motores de inducción de forma gráfica en una pantalla.

4.16.2. Investigación bibliográfica

Para la redacción de la presente propuesta tecnológica se realizar la investigación de varias fuentes bibliográficas que permiten identificar y acceder a la información acerca de los tipos de curvas de funcionamiento de motores de inducción de baja potencia favoreciendo de esa manera a la investigación trazada.

4.16.3. Investigación experimental

Se estudia básicamente la existencia tecnologías aplicables al sistema modular mediante la experimentación de los tipos de frenado dinámico para el análisis de la factibilidad de la aplicación en el proyecto.

4.17. Técnica de recolección de datos

4.17.1. La observación en laboratorio

Para la obtención de datos necesarios para implementar el sistema modular de pruebas se necesita aplicar la técnica de observación del funcionamiento bajo carga de cada uno de los motores de inducción, al observar minuciosa y detalladamente los datos presentados por los instrumentos de medición presentes en el laboratorio.

4.17.2. Técnica de análisis de datos

Para el análisis de datos obtenidos de manera experimental, se utiliza la técnica gráfica, por el cual ayuda en gran parte el análisis entre los resultados obtenidos con el sistema de adquisición de datos del módulo didáctico y los resultados obtenidos mediante las pruebas manuales de carga aplicadas a los motores de inducción.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se abordará en análisis de las curvas características del motor de inducción con los obtenidos por el sistema de adquisición de datos del electrodinamómetro y realizar la comparación de dichas curvas con las definidas por un motor de inducción.

5.1. Cálculo del torque aplicado según la variación de la potencia y la velocidad.

Con la Ecuación (4.4.) calculamos la potencia eléctrica variable del electrodinamómetro y por la conversión de potencia eléctrica a mecánica, podemos aplicar en la Ecuación 2 para obtener el torque de frenado. En la tabla 5.1. Se observa los cálculos realizados.

Tabla 5.1. Tabla de Torque según la potencia inyectada

Torque según la potencia inyectada.			
No	Velocidad (rpm)	Potencia (HP)	Torque (N.m.)
1	1782	0	0
2	1750	0,04	0,5
3	1710	0,09	1,0
4	1650	0,13	1,5
5	1587	0,18	2,0
6	1484	0,23	2,5
7	1300	0,27	3,0

5.2. Análisis de resultados del resorte.

La longitud inicial del resorte es de 0,096 m al aplicar una masa de 200g se obtuvo las medidas que se describen en tabla (5.1.) aplicando la Ecuación (4.6.) se determinó datos medidos con los cuales se graficó la curva y se analiza el punto constante y así determinar mi constante elástica.

Tabla 5.2. Pruebas del resorte

Pruebas del resorte							
Mediciones	Masa		Fuerza Y	Longitud (m)		$X = (l_0 - l_1)$	
Unidades	Kg	g	N=w=m.g	m	cm	m	cm
1	0,2	200	1,96	0,101	10,1	0,005	0,5
2	0,4	400	3,92	0,106	10,6	0,010	1,0
3	0,6	600	5,88	0,110	11,0	0,014	1,4
4	0,8	800	7,84	0,113	11,3	0,017	1,7
5	1,0	1000	9,80	0,117	11,7	0,021	2,0

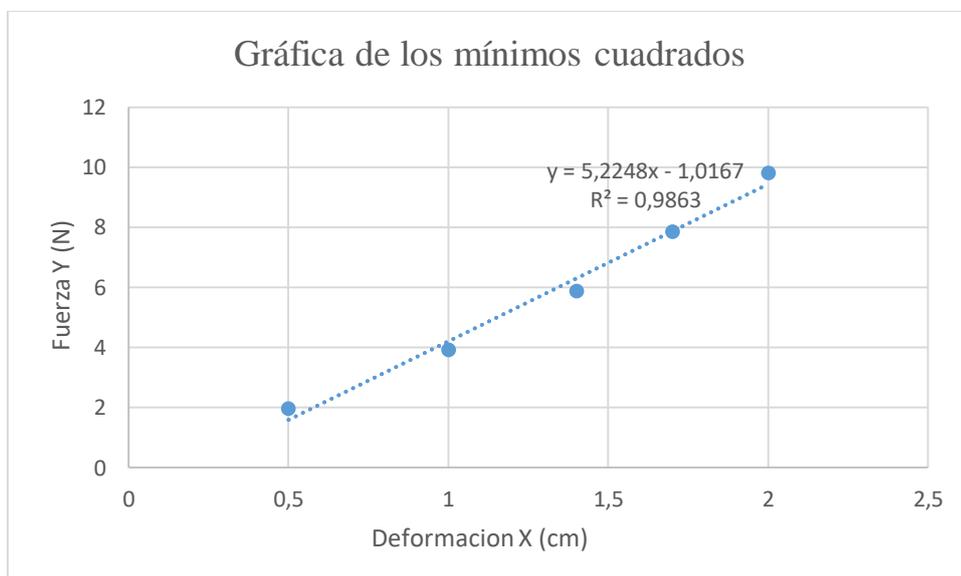


Figura 5.1. Deformación versus fuerza.

Entonces definimos mediante la Ecuación 4.8. la constante de elasticidad es de 7,93 g/cm

Lo cual al realizar la transformación correspondiente se obtiene 0,793kg/m y según la Ecuación (4.6.) entre la sumatoria de P+K el torque máximo del electrodinamómetro de 1,6 kg/m.

5.3. Curvas características de los motores de inducción.

Estas son las curvas características de los motores de inducción al aplicar una carga, en la figura 5.2 (a) se demuestra los diferentes tipos de parámetros al aplicar una carga.

Mientras que en la figura 5.2. Se observa las curvas en función de la reducción de velocidad.

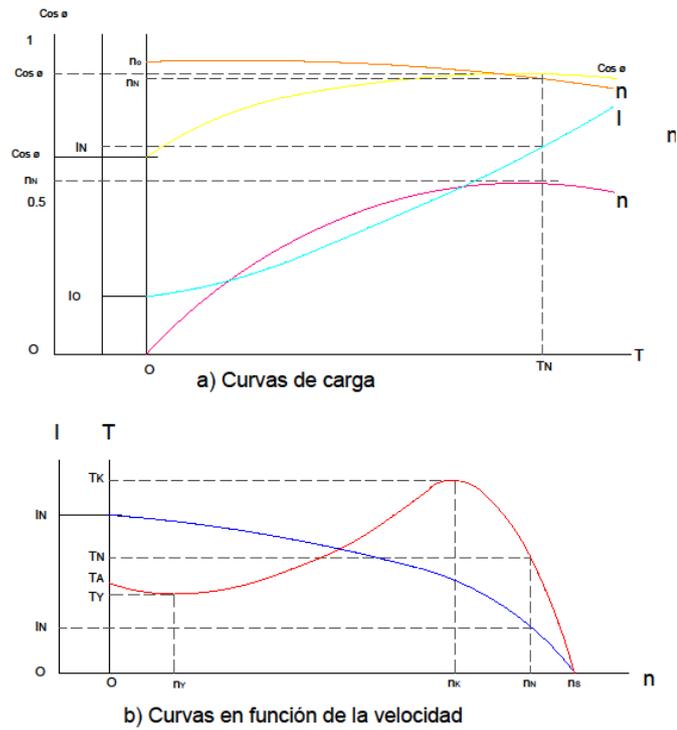


Figura 5.2 Curvas características de un motor de inducción

Fuente: [20]

Mediciones sin carga configuración estrella Y

Al poner en marcha al motor eléctrico de inducción en la configuración de estrella, con el tipo de conexión mostrado en la figura 5.2 Aplicando 0 voltios al estator del electrodinamómetro no produce ningún tipo de carga por lo que el motor trabaja en óptimas condiciones como son un voltaje nominal, corriente nominal y revoluciones nominales.

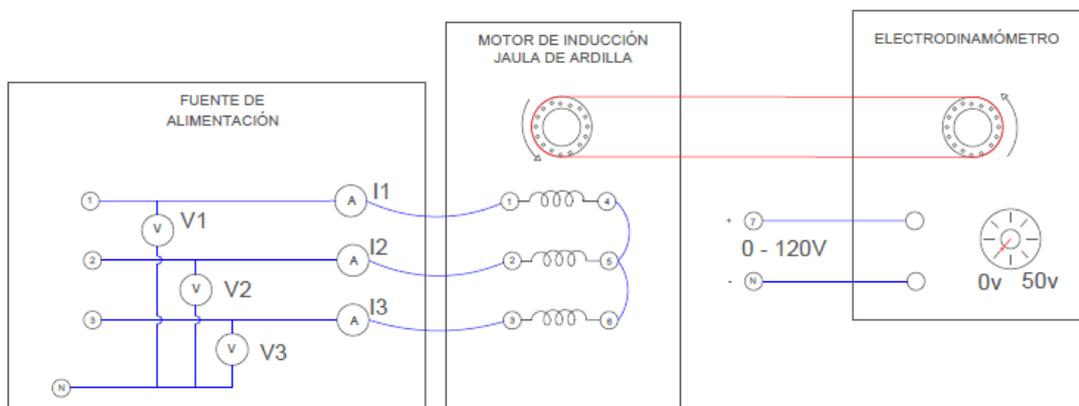


Figura 5.3. Conexión del electrodinamómetro y el motor de inducción.

5.4. Mediciones con carga configuración estrella Y

Mientras tanto al aplicar carga una carga tenemos una reacción que afecta a mi corriente, voltaje y revoluciones.

Tabla 5.3. Valores de la corriente, voltajes y revoluciones

Torque (Nm)	Velocidad (rpm)	I1 (A)	I2 (A)	I3 (A)	V1 (V)	V2 (V)	V3 (V)
0,0	1789	0,7	0,7	0,7	216,1	216,1	216,1
0,5	1750	0,8	0,8	0,8	215,7	215,7	215,7
1,0	1710	1,0	1,0	1,0	215,4	215,4	215,4
1,5	1652	1,3	1,3	1,3	215,0	215,0	215,0
2,0	1587	1,8	1,8	1,8	214,8	214,8	214,8
2,5	1448	2,3	2,3	2,3	214,7	214,7	214,7
3,0	1300	2,5	2,5	2,5	214,5	214,5	214,5

- La corriente aumenta debido a la disminución de voltaje.
- El voltaje disminuye por existiendo una caída de tención.
- Y las revoluciones del motor tienden a disminuir por el torque aplicado.

En la siguiente figura se muestra el diagrama de conexiones para una configuración estrella a una tensión del electrodinamómetro de 50V.

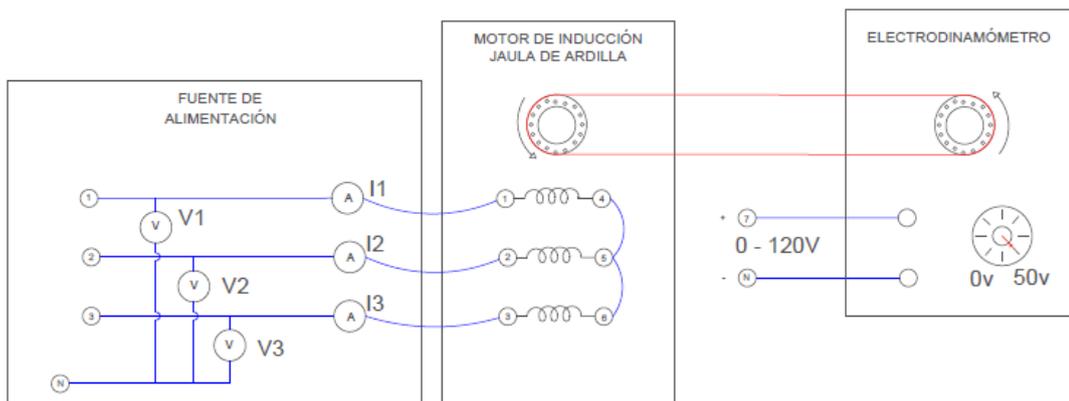


Figura 5.4. Conexión del electrodinamómetro y el motor

5.4.1. Voltaje vs Torque

En curva figura 5.5. se especifica el voltaje del motor en relación al torque aplicado por el electrodinamómetro, en la cual se aprecia que el voltaje es inversamente proporcional al torque aplicado por el electrodinamómetro.

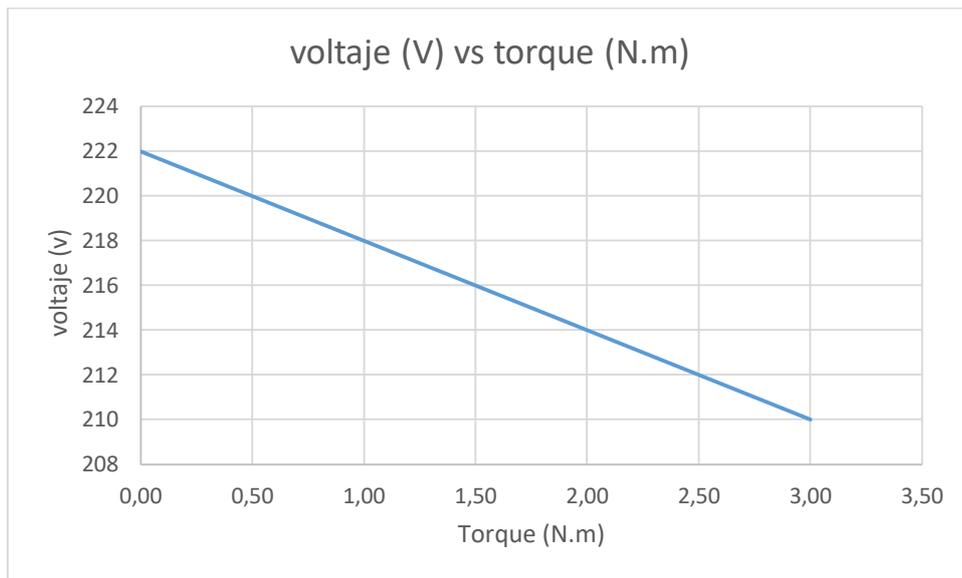


Figura 5.5. Voltaje (V) vs Torque (N.m)

5.4.2. Velocidad vs Torque

Según las mediciones tomadas en la siguiente figura 5.6. podemos apreciar la curva característica velocidad vs torque, y al analizarla llego a la conclusión que a mayor torque disminuye la velocidad figura 5.6.

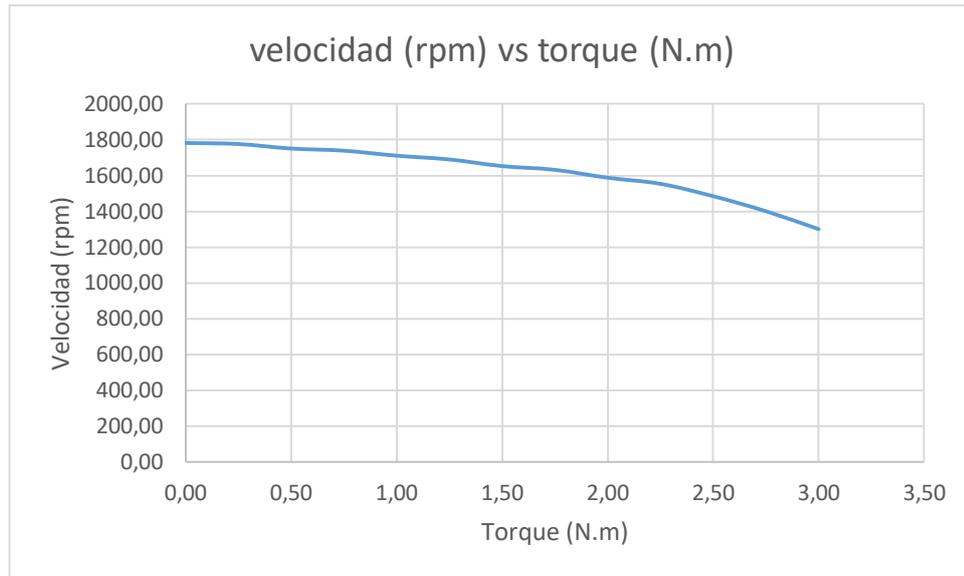


Figura 5.6. Curva característica de velocidad (rpm) vs torque (N.m)

5.4.3. Corriente vs Torque

Para el análisis de la curva característica corriente vs torque, podemos decir que más aumenta el torque la corriente va aumentando desde su punto de inicio.

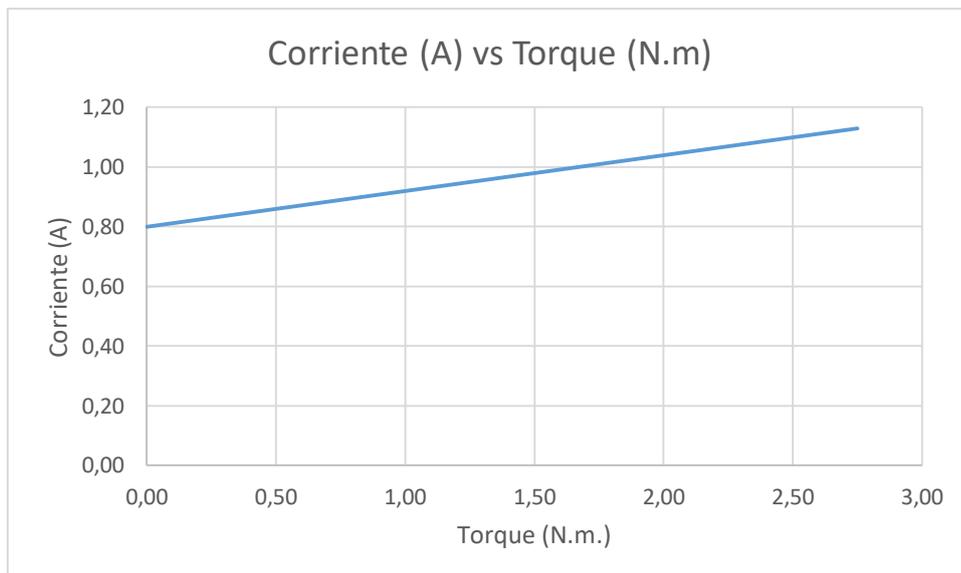


Figura 5.7. Corriente (A) vs Torque (N.m)

5.5. Mediciones configuración estrella Δ

Estas son las mediciones tomadas con la configuración en triángulo en del motor de inducción.

Tabla 5.4. Prueba con carga

Torque (Nm)	Velocidad (rpm)	I1 (A)	I2 (A)	I3 (A)	V1 (V)	V2 (V)	V3 (V)
0,0	1789	3,14	3,14	3,14	215,5	215,5	215,5
0,5	1750	3,18	3,18	3,18	215,4	215,4	215,4
1,0	1710	3,21	3,21	3,21	215,2	215,2	215,2
1,5	1652	3,26	3,26	3,26	215,0	215,0	215,0
2,0	1587	3,34	3,34	3,34	214,8	214,8	214,8
2,5	1448	3,38	3,38	3,38	214,7	214,7	214,7
3,0	1300	3,41	3,41	3,41	214,5	214,5	214,5

5.5.1. Velocidad vs Torque

En la práctica realizada podemos observar la curva característica velocidad vs torque e interpretamos que tenemos mayor velocidad menos torque.

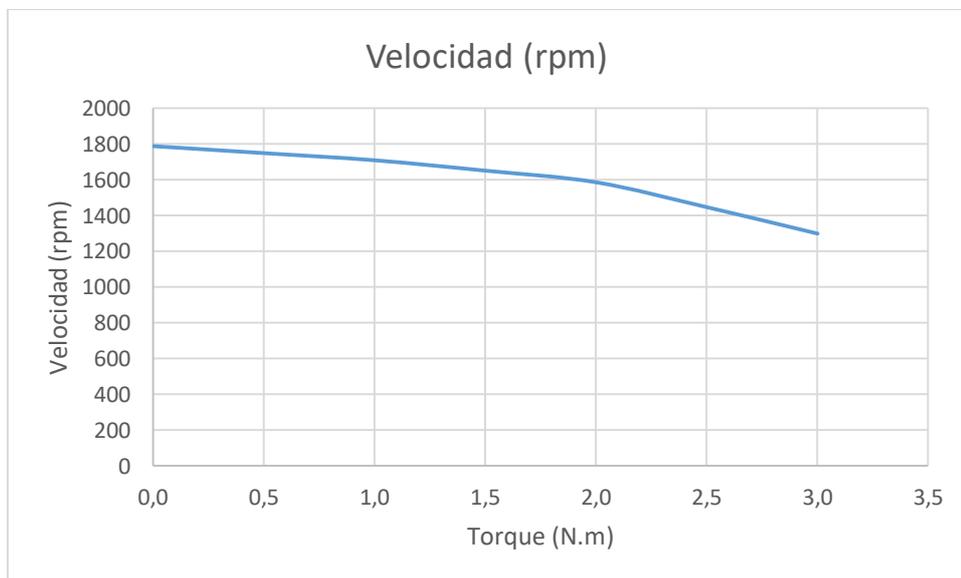


Figura 5.8. Velocidad vs Torque

5.5.2. Voltaje vs Torque

En la siguiente figura 5.9 tomamos los valores de tabla 5.3. y determinamos que menor torque mayor voltaje.

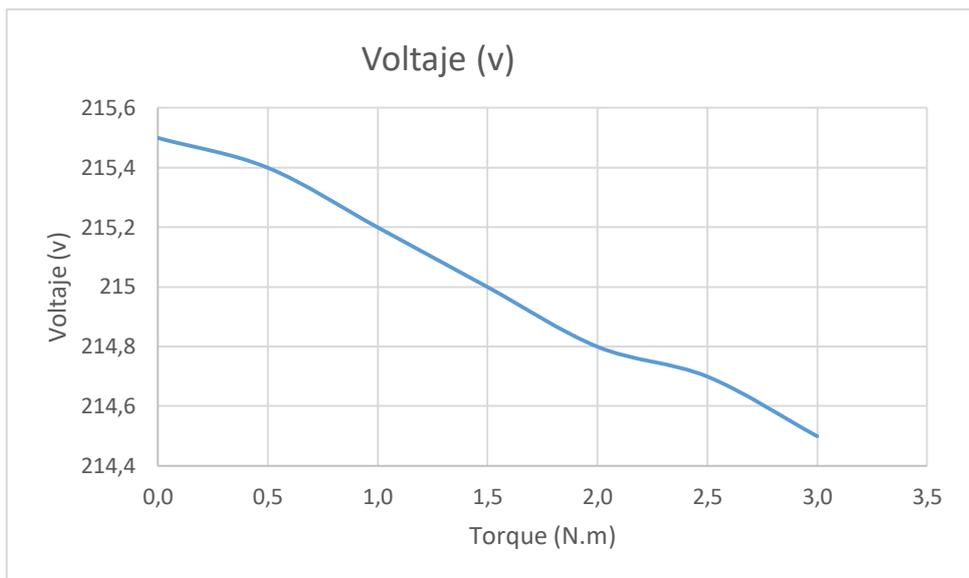


Figura 5.9. Voltaje (V) vs Torque (N.m)

5.5.3. Corriente vs Torque

Los datos tomados en la práctica se analizan en la figura 5.10 interpretamos que menor corriente mayor torque.

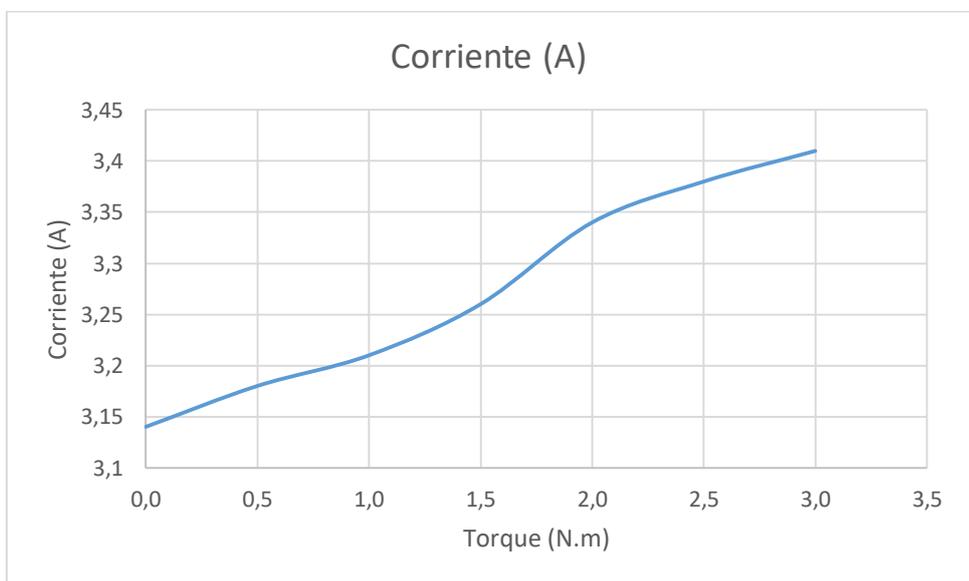


Figura 5.10. Corriente (A) vs Torque (N.m)

6. PRESUPUESTO

En esta parte se detalla cada uno de los equipos y elementos que se utilizó para la implementación del módulo con su precio actual en el mercado de igual manera cuantas unidades de cada uno que se empleó, también los distintos gastos para el módulo

Tabla 6.1. Costos Directos

PROYECTO DE TITULACIÓN II			
COMPRAS DE MATERIALES MÓDULO 1			
NOMBRE: DIEGO ALBARRACÍN Y EDGAR GREFA			
LUGAR: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		FECHA: 10/6/2019	
PRESUPUESTO		\$ 2.000,00	
SUMA DE LAS COMPRAS		\$ 679,30	
DINERO SOBRANTE		\$ 1.320,70	
CANT	DESCRIPCIÓN	P. UNIT	MONTO
1	Motor jaula de ardilla monofásico de 2HP General Electric	\$ 120,00	\$ 120,00
1	Plancha ASTM-A36 de 3mm (1/2)	\$ 40,00	\$ 40,00
1	Polea Acero Inoxidable	\$ 90,00	\$ 90,00
1	Dobles del ASTM-A36 (Construcciones Ulloa)	\$ 60,00	\$ 60,00
2	Cajas para el rodamiento (Torno)	\$ 40,00	\$ 80,00
6	Tornillo, arandela y tuerca m8	\$ 0,20	\$ 1,20
6	Tornillo, arandela y tuerca m5	\$ 0,17	\$ 1,02
6	Tornillo, arandela y tuerca m3	\$ 0,08	\$ 0,48
6	Rodamientos	\$ 5,00	\$ 30,00
6	Cable AWG #18	\$ 0,60	\$ 3,60
1	Bisagra	\$ 3,00	\$ 3,00
1	Resorte (4,5mm)	\$ 15,00	\$ 15,00
2	Resorte Templador	\$ 1,50	\$ 3,00
2	Abrazaderas	\$ 2,00	\$ 4,00
1	Corte láser	\$ 30,00	\$ 30,00
1	Corte Plasma	\$ 30,00	\$ 30,00
1	Trabajo en Suelta MIG	\$ 50,00	\$ 50,00
2	Binchas de Plástico	\$ 0,50	\$ 1,00
1	Acrílico	\$ 10,00	\$ 10,00
6	Plugs Jack hembra	\$ 2,00	\$ 12,00
40	Plugs banana macho auto protegido	\$ 2,00	\$ 80,00
1	Pintura	\$ 15,00	\$ 15,00
TOTAL			\$ 679,30

Tabla 6.2. Costos Directos

PROYECTO DE TITULACIÓN II			
COMPRAS DE MATERIALES MÓDULO 2			
NOMBRE: DIEGO ALBARRACÍN Y EDGAR GREFA			
LUGAR:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	FECHA:	10/6/2019
PRESUPUESTO		\$ 1.320,70	
SUMA DE LAS COMPRAS		\$ 429,35	
DINERO SOBRANTE		\$ 891,35	
CANT	DESCRIPCIÓN	P. UNIT	MONTO
1	Plancha Acero Inoxidable (1/4) 3mm	\$ 30,00	\$ 30,00
1	Plancha Acero ASTM-A36 (1/4) 2mm	\$ 15,00	\$ 15,00
15	Tornillo, arandela y tuerca m3	\$ 0,09	\$ 1,35
1	Pantalla Nextion 5"	\$ 120,00	\$ 120,00
4	Sensores de transformador de corriente TC	\$ 15,00	\$ 60,00
3	Sensores de transformador de voltaje TP	\$ 12,00	\$ 36,00
1	Encoder	\$ 35,00	\$ 35,00
12	Plugs Jack hembra	\$ 2,00	\$ 24,00
5	Cable AWG #18	\$ 0,60	\$ 3,00
1	trabajo en Soldadura MIG	\$ 20,00	\$ 20,00
1	Pintura	\$ 15,00	\$ 15,00
1	Placa eléctrica	\$ 5,00	\$ 5,00
1	Material Electrónico	\$ 40,00	\$ 40,00
1	Dobles del ASTM-A36 y Acero Inoxidable (Construcciones Ulloa)	\$ 25,00	\$ 25,00
TOTAL			\$ 429,35

Tabla 6.3. Costos Indirectos

PROYECTO DE TITULACIÓN II			
COMPRAS DE HERRAMIENTAS			
NOMBRE: DIEGO ALBARRACÍN Y EDGAR GREFA			
LUGAR: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI FECHA: 10/6/2019			
PRESUPUESTO			\$ 891,95
SUMA DE LAS COMPRAS			\$ 45,40
DINERO SOBRANTE			\$ 846,55
CANT	DESCRIPCION	P. UNIT	MONTO
1	Juego de llaves Mixtas	\$ 20,00	\$ 20,00
1	Juego de llaves Allen Truper	\$ 5,00	\$ 5,00
1	Playo	\$ 5,00	\$ 5,00
1	Pinza	\$ 2,00	\$ 2,00
1	Cinta termoencogible	\$ 1,20	\$ 1,20
1	Destornilladores (Estrella y Plano)	\$ 2,40	\$ 2,40
1	Cautín	\$ 8,00	\$ 8,00
3	Estaño	\$ 0,60	\$ 1,80
TOTAL			\$ 45,40

Tabla 6.4. El total del módulo I, II y las herramientas

DESCRIPCION	MONTO
MÓDULO 1	\$679,30
MÓDULO 2	\$429,35
HERRAMINETAS	\$ 45,40
MANO DE OBRA	\$2000
TOTAL	\$3.154,05

Tabla 6.5 Flujo de caja anual

AÑOS	0	1	2	3	4	5
Inversión	-					
Capital de Trabajo	(3.154,05)					
Gastos Legales	-					
INGRESOS		148.000,00	149.000,00	149.876,00	149.987,00	150.293,00
(-) COSTOS OPERACIONALES		(116.991,52)	(116.991,52)	(116.991,52)	(116.991,52)	(116.991,52)
(-) Depreciación y Amortización		-	-	-	-	-
UTILIDAD OPERACIONAL		31.008,48	32.008,48	32.884,48	32.995,48	33.301,48
(-) Intereses		(75,70)	(75,70)	(75,70)	(75,70)	(75,70)
(-) Otros Gastos		-	-	-	-	-
Utilidad antes de Obligaciones		30.932,79	31.932,79	32.808,79	32.919,79	33.225,79
(-) Participación Trabajadores		(12.467,93)	(12.467,93)	(12.467,93)	(12.467,93)	(12.467,93)
(-) Impuesto a la Renta		(17.662,89)	(17.662,89)	(17.662,89)	(17.662,89)	(17.662,89)
FLUJO DESPUÉS DE OBLIGACIONES		801,97	1.801,97	2.677,97	2.788,97	3.094,97
(-) Pago de Capital Prestado		(1.000,00)	(1.000,00)	(1.000,00)	(1.000,00)	(1.000,00)
(+) Depreciación y Amortización		-	-	-	-	-
(=) FLUJO NETO	(3.154,05)	(198,03)	801,97	1.677,97	1.788,97	2.094,97

VAN	\$1.187,44
TIR	19,12%

El proyecto si resulta ya que la tasa interna de retorno es positiva y el proyecto si resulta rentable.

6.4. Análisis de impactos

Los análisis detallados a continuación son los más relevantes utilizados en el proyecto.

6.1.1. Impacto técnico

Al implementar el proyecto tecnológico, ayudara al estudiante a comprender en gran medida el comportamiento de los motores de inducción facilitando tanto a docentes como a estudiantes la interacción con el sistema modular.

6.1.2. Impacto económico

El proyecto a implementar descartara la inexistencia de módulos electrodinamómetros en los laboratorios de Máquinas Eléctricas lo cual ayudara frugalmente a la Universidad, fomentando la educación e incentivando a realizar proyectos de tesis que ayuden económicamente a la institución.

6.1.3. Impactos sociales

El presente proyecto beneficia socialmente a los docentes y estudiantes tanto de las carreras de Ingeniería Electromecánica y Eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi ya que las dos carreras son favorecidas por la razón de que no existe dicho módulo.

6.1.4. Impacto ambiental

El proyecto a implementar no causa ningún impacto medio ambiental ya que no emite gases, desechos tóxicos ni mucho menos está en contacto con medios exteriores.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

- Se implementó un módulo de pruebas con la capacidad de medir magnitudes eléctricas y cargas mecánicas de motores de inducción de baja potencia para los laboratorios de la Universidad técnica de Cotopaxi que permitan la directa función entre la parte teórica con la parte práctica, beneficiando así al desarrollo cognoscitivo de los futuros ingenieros.
- Se realizó la investigación de tecnologías existentes para los distintos tipos de cargas mecánicas utilizados en máquinas rotóricas, lo cual conllevó a la selección del frenado dinámico ya que es uno de los frenados con mayor eficiencia vinculadas al sistema modular implementado, permitiendo evaluar con mayor precisión el comportamiento de los motores eléctricos de baja potencia, en el laboratorio de Máquinas Eléctricas de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la universidad Técnica de Cotopaxi.
- Al desarrollar el sistema estructural a través del uso de software CAD, se facilitó en gran medida la construcción de los elementos constituyentes del sistema y más aún en las piezas maquinadas las cuales necesitan ajuste mecánico, como son; alargamiento de ejes, construcción de poleas, pines, cajas para rodamientos, entre otros, realizando con más facilidad el ensamblaje estructural del proyecto.
- Se implementó un sistema de adquisición de datos que permita representar gráficamente las curvas características, para lo cual se utilizó una comunicación por puertos seriales tanto del micro controlador como la pantalla, esta comunicación se realizó mediante la conexión de los puertos transmisión arduino (tx) con transmisión pantalla (tx) y recepción arduino (rx) con recepción pantalla (rx), ya que solamente se va a graficar las curvas características mas no a controlarlas.

- Mediante las pruebas y análisis de resultados se comprobó que las curvas dadas por el fabricante son similares a las curvas obtenidas por el sistema modular implementado, satisfaciendo así la ambigüedad de los estudiantes de lo teórico con lo práctico.

7.2. Recomendaciones

- Para evitar ruidos producidos por inducción electromagnética se recomienda cablear por separado la parte de control de la parte de potencia.
- Se recomienda, que al momento de utilizar el módulo 1 (electrodinómetro), no se debe exceder la corriente máxima de trabajo del motor eléctrico de inducción
- La alimentación del controlador Arduino se la puede hacer a través del puerto USB (5V) o mediante el Jack de alimentación (7-12V) desde una fuente que proporcione una salida de voltaje filtrada para evitar ruidos que interfieren en el correcto funcionamiento del equipo.
- En caso de contacto con el sistema electrónico del módulo 2 (sistema de adquisición de datos) se sugiere tener cuidado con las tarjetas electrónicas y la polarización de las mismas ya que se puede ocasionar un daño irreversible en su funcionamiento el cual conlleve a un remplazo de la misma.
- Al momento de insertar el módulo 1 (electrodinómetro) se sugiere no golpear la parte trasera del módulo ya que es donde se encuentra el encoder y el mismo es sensible a los golpes y puede afectar el correcto funcionamiento del sensor

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] UNESCO, «UNESCO,» 1997. [En línea]. Available: <https://www.puce.edu.ec/intranet/documentos/PISP/PISP-Areas-Subareas-Conocimiento-UNESCO-Manual-SNIESE-SENESCIYT.pdf>. [Último acceso: 15 07 2018].
- [2] D. B. Ramírez, «ESPE DEPARTAMENTO DE ELECTRICA Y ELECTRONICA,» 2017. [En línea]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/13100/2/ESPEL-EMI-0325-P.pdf>.
- [3] C. Alvarez y R. Reimi, miércoles jiluo 2007. [En línea]. Available: <http://electrodinamometro.blogspot.com/2007/07/electrodinamometro-es-un-instrumento.html>.
- [4] Edgar C. Jiménez y William M. SinchIguano, Diseño y construcción de un sistema de entrenamiento para variadores de frecuencia de 3hp para el laboratorio de Control Electrónico., Latacunga, 2007.
- [5] Andres, «Eeltricaplicada.com,» 7 Agosto 2017. [En línea]. Available: <https://www.eeltricaplicada.com/eficiencia-de-un-motor-electrico-y-los-valores-mas-comunes/>.
- [6] F. Vargas, Máquinas Eléctricas Rotativas, Lima : Megaprint Ediciones s.a., 1990.
- [7] Elizabeth, «Normas Nema de Los Motores,» Normas Nema de Los Motores, Abril 2017. [En línea]. Available: https://kupdf.net/download/normas-nema-de-los-motores_590028f8dc0d606606959e87_pdf. [Último acceso: 20 6 2019].
- [8] M. A. R. Pozueta, «UNIVERSIDAD DE CANTABRIA,» [En línea]. Available: <file:///C:/Users/usuario/Desktop/autotrafos.pdf>. [Último acceso: 13 6 2019].
- [9] W. I. d. México, «MANUAL DE APLICACIÓN DE ENCODERS,» [En línea]. Available: <https://www.acomee.com.mx/clasificaciones/ENCODERS.pdf>. [Último acceso: 20 6 2019].

- [10] I. STUDIO, «NEXTION,» ITEAD STUDIO, 2011. [En línea]. Available: <https://nextion.itead.cc/>. [Último acceso: 20 6 2019].
- [11] L. T. Arduino (Ojeda, «MCI electronics,» Arduino mega, [En línea]. Available: <http://arduino.cl/arduino-mega-2560/>. [Último acceso: 20 6 2019].
- [12] N. M. SAC., «Transformador de voltaje AC - ZMPT101B,» Naylamp Mechatronics SAC., [En línea]. Available: <https://naylampmechatronics.com/sensores-corriente-voltaje/393-transformador-de-voltaje-ac-zmpt101b.html>. [Último acceso: 20 6 2019].
- [13] Patagoniatec, « Patagoniatec,» 2012. [En línea]. Available: <https://www.patagoniatec.com/>. [Último acceso: 20 6 2019].
- [14] M. Á. Navas, «Profesional Review,» Profesional Review, 19 11 2017. [En línea]. Available: <https://www.profesionalreview.com/2017/11/19/una-fuente-alimentacion-funciona/>. [Último acceso: 20 6 2019].
- [15] ALIEXPRESS, « macho retráctil vaina apilable Banana Plug,» ALIEXPRESS, [En línea]. Available: https://es.aliexpress.com/item/33042496569.html?storeId=1035129&spm=a219c.search0204.3.26.15be7d689LBITH&ws_ab_test=searchweb0_0%2Csearchweb201602_2_10065_10068_319_10059_10884_317_10887_10696_321_322_10084_453_10083_454_10103_10618_10307_537_536%2Csearch. [Último acceso: 20 6 2019].
- [16] IBM, «IBM Knowledge Center,» [En línea]. Available: https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/ssw_aix_72/com.ibm.aix.networkcomm/asynch_serialcomm.htm.
- [17] I. L. K. Ph.D, Maquinas Eelctricas y Trasnformadores, Mexico: Miembro de la camara nadional de la industria editorial, Reg Num 1524, 1993.
- [18] «Potencia Electromecánica,» 19 Junio 2013. [En línea]. Available: <http://www.potenciaelectromecanica.com/motores-asincronos-de-induccion/>. [Último acceso: 15 Abril 2018].

- [19] D. P. d. acero, «Planchas de acero inoxidable,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.dipacmanta.com/acero-inoxidable/planchas-inoxidables>. [Último acceso: 2019 Junio 26].
- [20] M. J. L. y. F. T. Pilatásig, *Sistema de adquisición de datos para determinar las características de operación con carga de los motores trifásicos de inducción para el laboratorio de máquinas eléctricas.*, Latacunga, 2005.
- [21] G. Trionfetti, *Empresa Balance Systems*, italia, 2007.
- [22] Lab-Volt, festo didactic, 20 Junio 2014. [En línea].
- [23] J. R. R. Y. E. P. Sanchez, «SciELO,» junio 2014. [En línea]. Available: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-64232014000300003&lang=pt. [Último acceso: 15 mayo 2018].
- [24] «scribd,» 06 11 2016. [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/document/330209917/REOSTATO>. [Último acceso: 02 06 2018].
- [25] P. A. S. Miguel, *Electricidad-Electrotecnia*, Madrid: Ediciones Paraninfo SA 6ta Edicion, 2014.
- [26] T. Wildin, *Maquinas Electricas y Sitemas de Potencia*, Mexico: PEARSON EDUCACION, 2007.
- [27] m. sincronicas, 18 FEBRERO 2014. [En línea]. Available: file:///C:/Documents%20and%20Settings/Windows/Mis%20documentos/Downloads/Maquinas_sincronicas.pdf.
- [28] E. HARPER, *El Libro práctico de los Generadores, Trasformadores y Motores Eléctricos*, Mexico: LIMUSA S.A. de C.V., 2004.
- [29] Adrian E. Ronconi, «Catedra de instrumentos y mediciones,» viernes diciembre 2007. [En línea]. Available: <https://electrodinamometroujap.blogia.com/>.
- [30] Gottlieb, I.M., *Electric Motors & Control Techniques (2da edicion)*, TAB Books, 1994.

- [31] M. SINCRONICAS, 18 FEBRERO 2014. [En línea]. Available: file:///C:/Documents%20and%20Settings/Windows/Mis%20documentos/Downloads/Maquinas_sincronicas.pdf.
- [32] m. sincrónicas, 18 FEBRERO 2014. [En línea]. Available: file:///C:/Documents%20and%20Settings/Windows/Mis%20documentos/Downloads/Maquinas_sincronicas.pdf.
- [33] R. Dominguez, «Fundamentos de Electricidad,» junio 2014. [En línea].
- [34] D. M. Cruz, «INGENIERIA,» 2009. [En línea]. Available: <https://maquinaselectricasunam.jimdo.com/temario/m%C3%A1quinas-de-corriente-directa/generador-con-excitaci%C3%B3n-en-serie/>.
- [35] Dr. Juan Carlos Campos Avella,, eficiencia energetica den motores electricos, Colombia: Colciencias.
- [36] I. L. Cabrera, «Tecnología programación y robótica,» 2012. [En línea].
- [37] I. F. R. Samsó, «Máquinas eléctricas,» diciembre 2008. [En línea].
- [38] S. Chapman, Fundamento de Máquinas Eléctricas, 4ta edición, 2012.
- [39] S. Carreño, «estudios de los datos de catalogos en motores de induccion,» universida politecnica de cataluya, 1995. [En línea].
- [40] J. F. Mora, Máquinas eléctricas, España: S.A. MCGRAW-HILL, INTERAMERICANA, 2008.
- [41] F. T. Jimenez Mario, «sistema de adquisicion de los datos para determinar las características de operacion con carga de los motores trifasicos de induccion para el laboratorio de maquinas eléctricas,» ESPEL, 2005. [En línea].
- [42] Higini Rubio Alonso, «Trasmision por correas,» España, 2009.
- [43] Higini Rubio Alonso, «Trasmision por correas,» España.
- [44] M. d. V. Theodore Wildi, Experimentos con equipo eléctrico, USA : LIMUSA S.A., 1975.

- [45] «Industrystock.com,» [En línea]. Available:
<https://www.industrystock.es/html/Sensores/product-result-es-43971-0.html>. [Último acceso: 25 Junio 20108].
- [46] «Arranque de los motores de inducción,» [En línea]. Available:
<http://www.die.eis.uva.es/~daniel/docencia/te/TEIQPractica9-2008.pdf>. [Último acceso: 25 mayo 2018].
- [47] C. C. Javier, «ANÁLISIS DE LA CLASE DE RENDIMIENTO DE LOS MOTORES DE INDUCCION TRIFACICO A PARTIRDE DATOS DEL FABRICANTE.,» 2015. [En línea]. Available:
<http://deeea.urv.cat/DEEEA/lguasch/TFG%20Javier%20Cortes%20-%20Memoria%20TFG.pdf>. [Último acceso: 13 Noviembre 2017].
- [48] «National Instruments Corporation,» 2018. [En línea]. Available:
<http://www.ni.com/es-cr/shop/labview.html>. [Último acceso: 15 07 2018].
- [49] «National Instruments,» 2018. [En línea]. Available: <http://www.ni.com/es-cr/shop/labview.html>. [Último acceso: 16 07 2018].
- [50] «Siemens,» 2018. [En línea]. [Último acceso: 09 07 2018].
- [51] D. o. mission, «Touch Panel HMI - Human Machine Interfaces,» DELTA, 2018. [En línea]. Available:
<https://www.deltaww.com/Products/CategoryListT1.aspx?CID=060302&PID=ALL&hl=en-US>.
- [52] R. L. Controls, «HMI Operador Panels,» speciality company, 2018. [En línea]. Available: <http://www.redlion.net/products/industrial-automation/hmis-and-panel-meters/hmi-operator-panels>.
- [53] Arduino, «Arduino,» Festo, 2018. [En línea]. Available:
<https://store.arduino.cc/usa/arduino-mega-2560-rev3>.

- [54] L. LLamas, «MEDIR INTENSIDAD Y CONSUMO ELÉCTRICO CON ARDUINO Y ACS712,» 18 1 2017. [En línea]. Available: <https://www.luisllamas.es/arduino-intensidad-consumo-electrico-ac712/>. [Último acceso: 20 6 2019].
- [55] AUTODESK, «instructables circuits,» AUTODESK, 2010. [En línea]. Available: <https://www.instructables.com/id/Getting-Started-With-BeagleBone-Black/>. [Último acceso: 20 6 2019].
- [56] SIEMENS, «Paneles Simatic HMI,» SIEMENS, [En línea]. Available: https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/hmi/Documents/brochure_panels_es.pdf. [Último acceso: 20 6 2019].
- [57] D. Electronics, «Delta,» Delta Electronics, [En línea]. Available: <http://www.deltaww.com/Products/CategoryListT1.aspx?CID=060302&PID=ALL&hl=en-US>. [Último acceso: 20 6 2019].
- [58] SENECA, «T201DC,» SENECA AUTOMATION INTERFASE, [En línea]. Available: <https://www.seneca.it/es/linee-di-prodotto/energia-e-misure-elettriche/trasformatori-di-corrente-serie-t201/t201dc/>. [Último acceso: 20 6 2019].
- [59] AlphaOmega-Electronics, «AlphaOmega-Electronics,» Maranata-Madrid SL, NIF B-85746204, [En línea]. Available: <https://www.alphaomega-electronics.com/es/1056-h970-transductor-idc-hawkeye-salida-ma-y-o-v.html>. [Último acceso: 20 6 2019].
- [60] I. M. T. Piovan, «Mecánica de resortes y Elásticos Cálculo de resortes,» 2004. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/JosRafaelPiangoRamre/calculo-de-resortes>. [Último acceso: 20 6 2019].
- [61] E. M. López, «CÁLCULO DE RESORTES,» 2013. [En línea]. Available: <http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/3379/pfc5169.pdf?sequence=1>. [Último acceso: 20 6 2019].
- [62] I. R. Caputo, «Motores, conceptos básicos y métodos de arranque. Parte I Revista Ingeniería Eléctrica,» Editores S.R.L, Marzo 2015. [En línea]. Available: <https://www.editores->

srl.com.ar/revistas/ie/296/caputo_motores_conceptos_basicos_y_metodos_de_arranque . [Último acceso: 20 Junio 2019].

- [63] D. P. d. acero, «Planchas de acero inoxidable,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.dipacmanta.com/acero-inoxidable/planchas-inoxidables>. [Último acceso: 2019 Junio 25].



Albarracín Padilla Diego Israel

Proponente 1

Email: diego.albarracin9@utc.edu.ec

Telf:0992774599

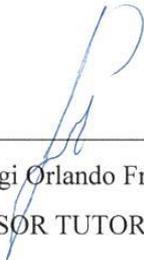


Grefa Aguinda Edgar Javier

Proponente 2

Email: edgar.grefa8@utc.edu.ec

Telf.: 0992711301



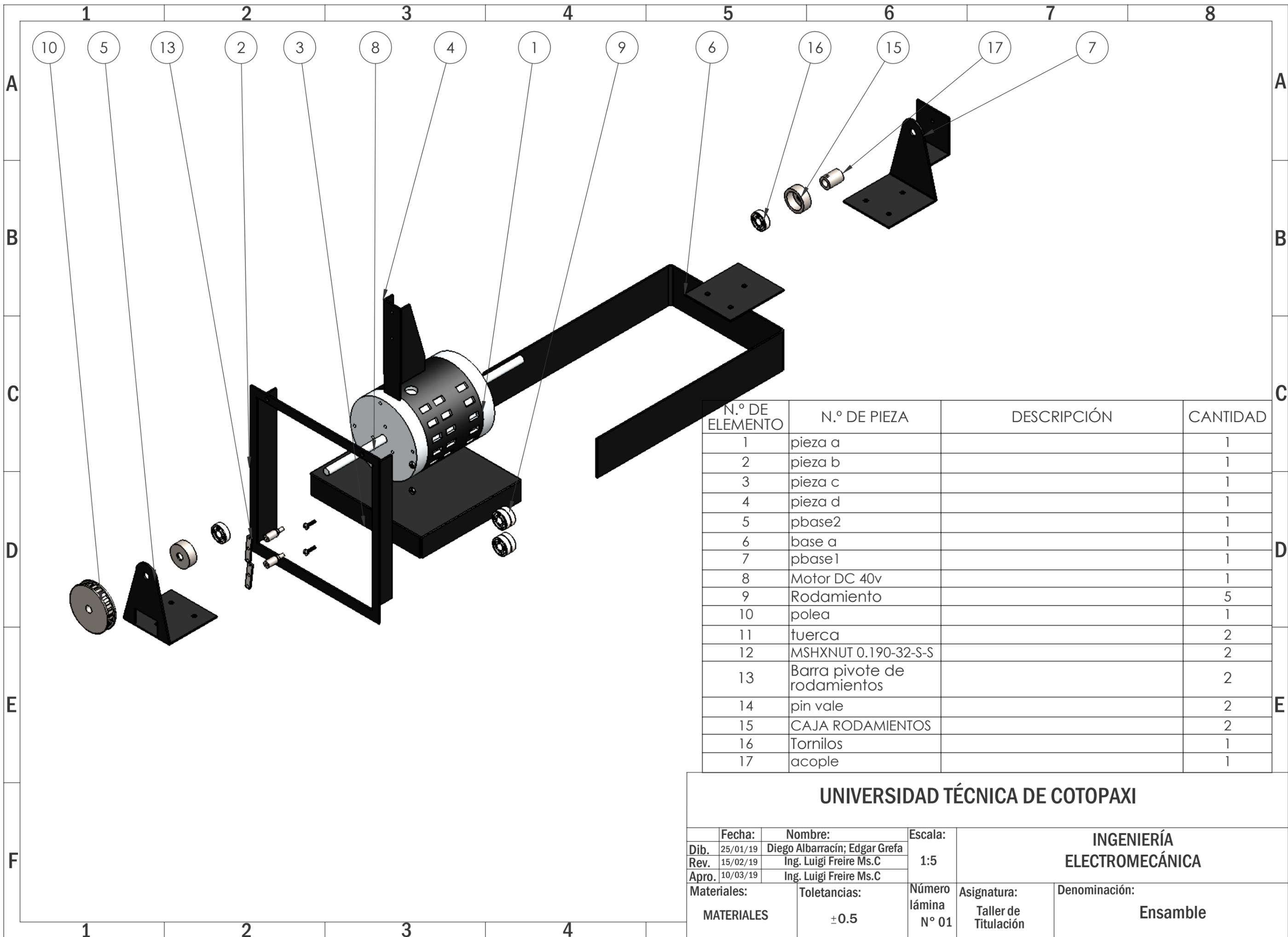
Ing. Luigi Orlando Freire Martínez; Mg

PROFESOR TUTOR

Email: luigi.freire@utc.edu.ec

Telf.: 0984420301

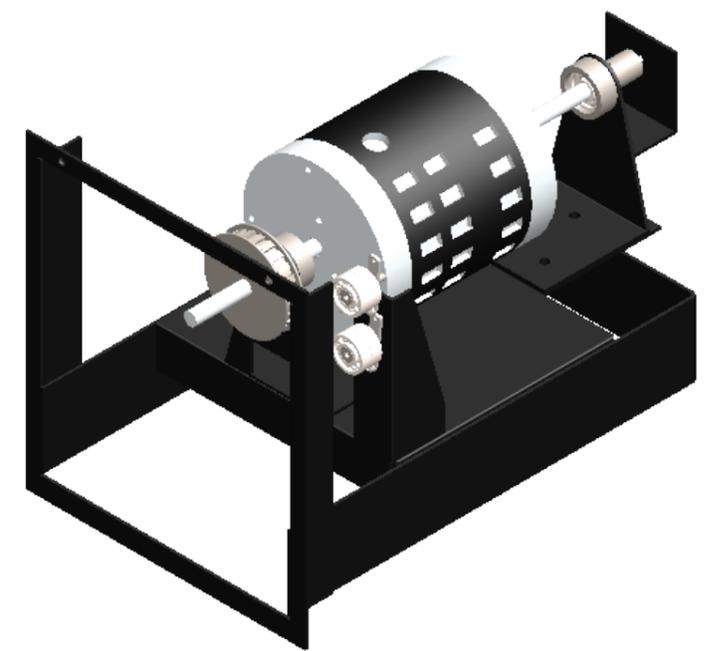
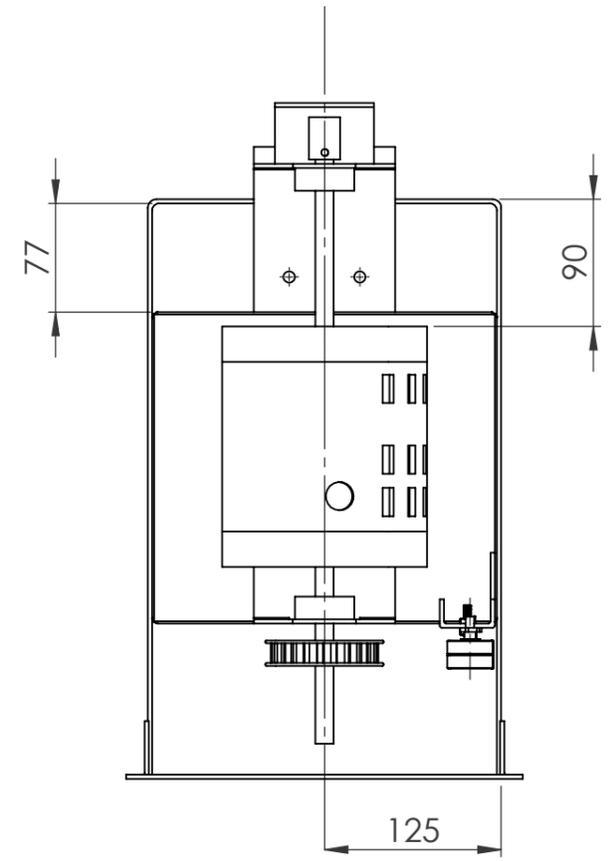
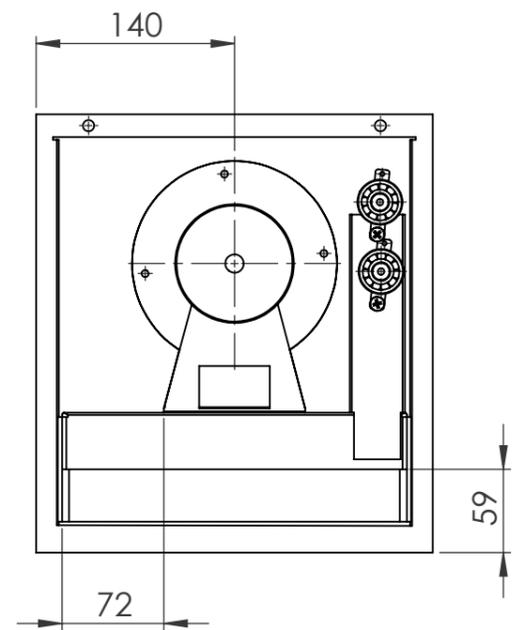
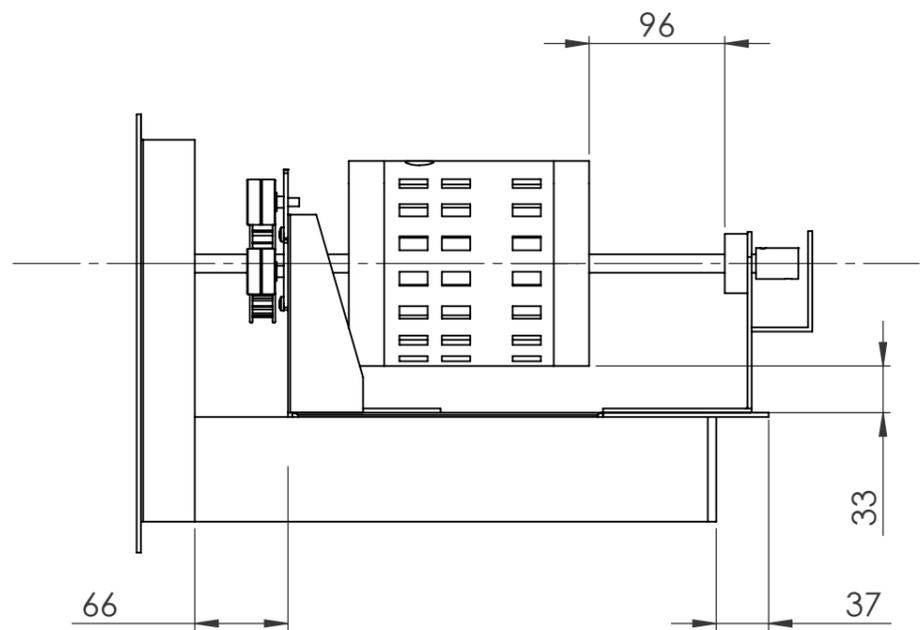
9. ANEXO



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	pieza a		1
2	pieza b		1
3	pieza c		1
4	pieza d		1
5	pbase2		1
6	base a		1
7	pbase1		1
8	Motor DC 40v		1
9	Rodamiento		5
10	polea		1
11	tuerca		2
12	MSHXNUT 0.190-32-S-S		2
13	Barra pivote de rodamientos		2
14	pin vale		2
15	CAJA RODAMIENTOS		2
16	Tornillos		1
17	acople		1

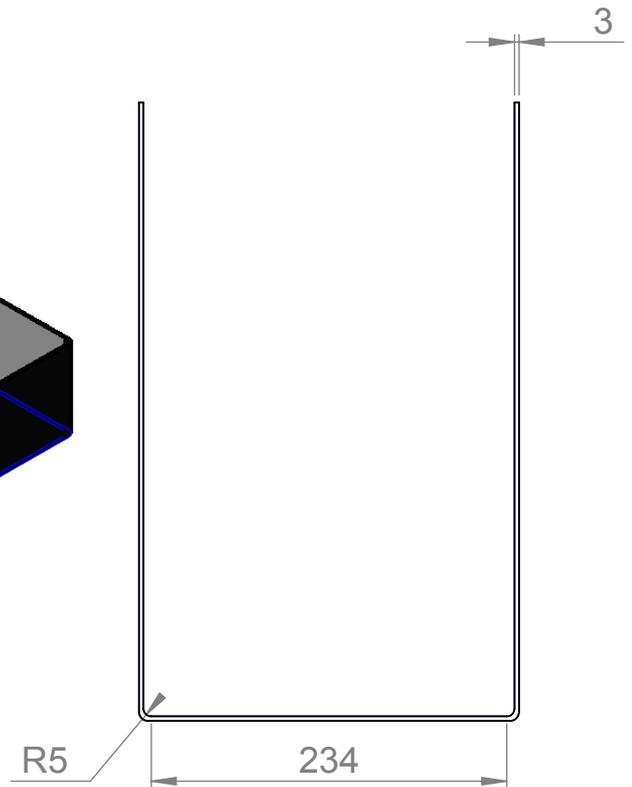
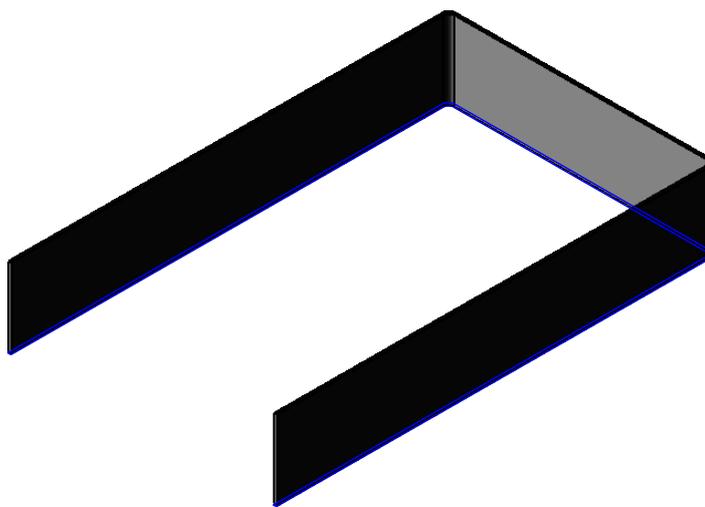
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Fecha:		Nombre:		Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	25/01/19	Diego Albarracín; Edgar Grefa				
Rev.	15/02/19	Ing. Luigi Freire Ms.C				
Apro.	10/03/19	Ing. Luigi Freire Ms.C		Número lámina N° 01	Asignatura:	Denominación:
Materiales:		Toletancias:			Taller de Titulación	Ensamble
MATERIALES		±0.5				



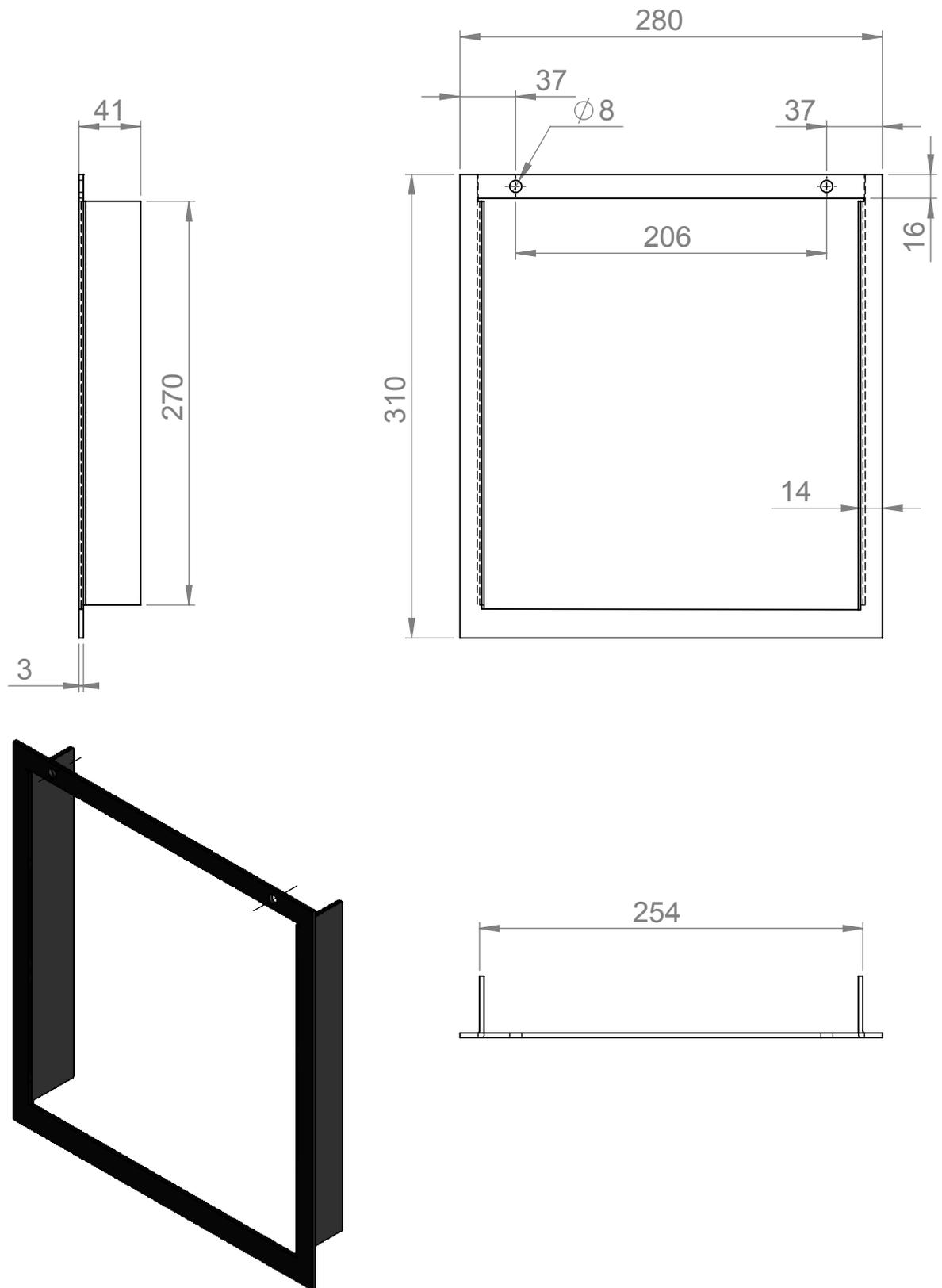
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Fecha:		Nombre:		Escala:		INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	25/01/19	Diego Albaracín; Edgar Grefa		1:5			
Rev.	15/02/19	Ing. Luigi Freire Ms.C					
Apro.	10/03/19	Ing. Luigi Freire Ms.C					
Materiales:		Toletancias:		Número lámina		Asignatura:	
MATERIALES		±0.5		N° 02		Taller de Titulación	
						Denominación:	
						Ensamble	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	20/01/19	Albarracín Diego; Grefa Edgar.	1:5		
Rev.	05/02/19	Ing. Freire Luigi; Mg.			
Apro.	10/03/19	Ing. Freire Luigi; Mg.			
Materiales: Acero negro ASTM A36		Tolerancias: ± 0.5	Número Lámina: N° 03	Asignatura: Taller de Titulación	Denominación: Pieza A

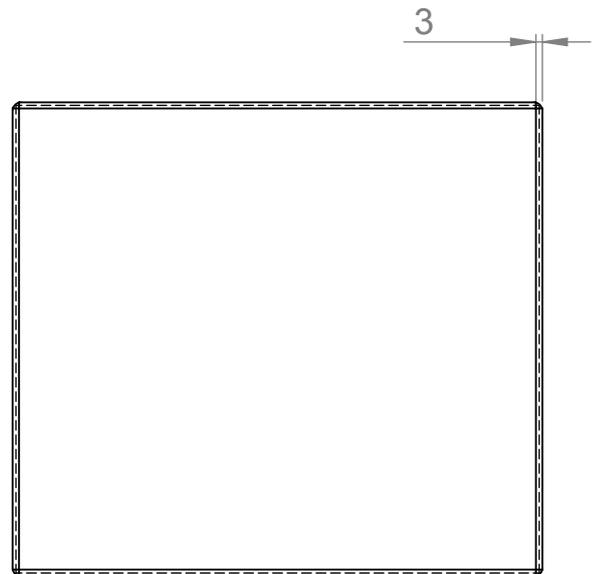
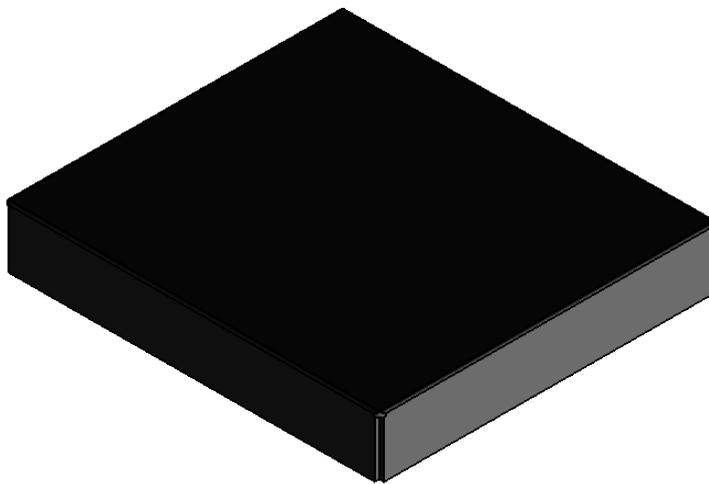
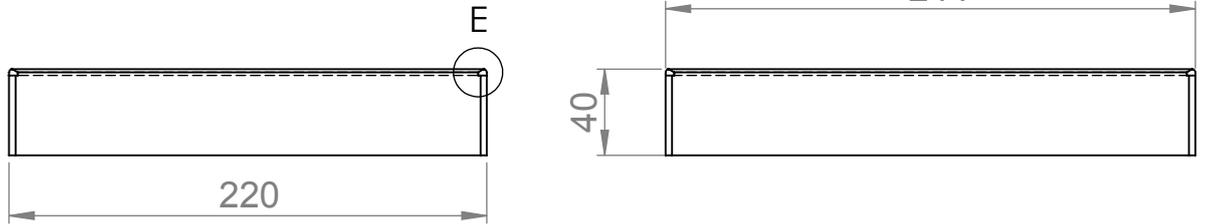


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib.	10/01/19	Albarracín Diego; Grefa Edgar.				1:4
Rev.	05/02/19	Ing. Freire Luigi; Mg.				
Apro.	10/03/19	Ing. Freire Luigi; Mg.				
Materiales:		Tolerancias:	Número Lámina	Asignatura:	Denominación:	
Acero negro ASTM A36		±0.5	N°04	Taller de Titulación	Pieza B	

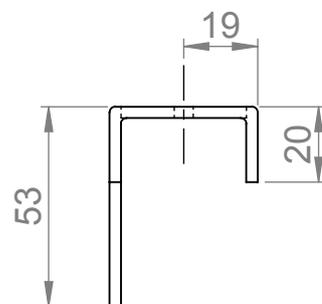
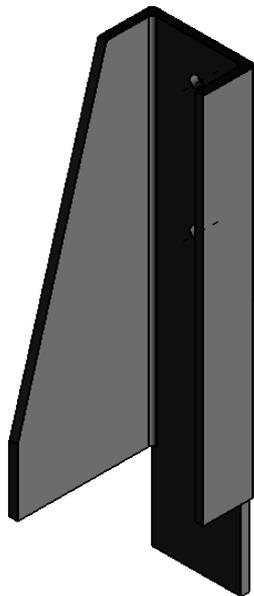
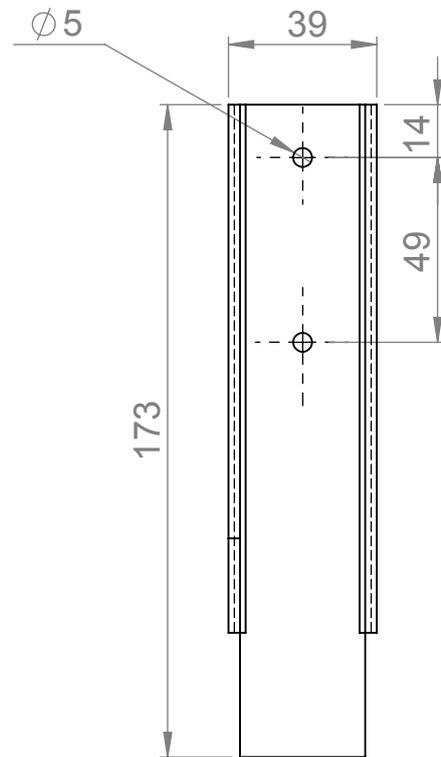
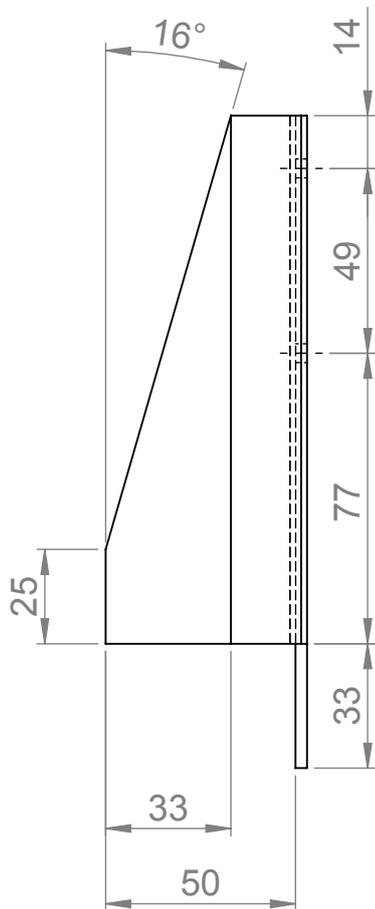


DETALLE E
ESCALA 2 : 3



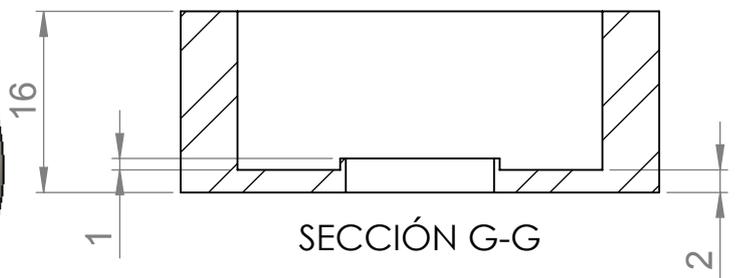
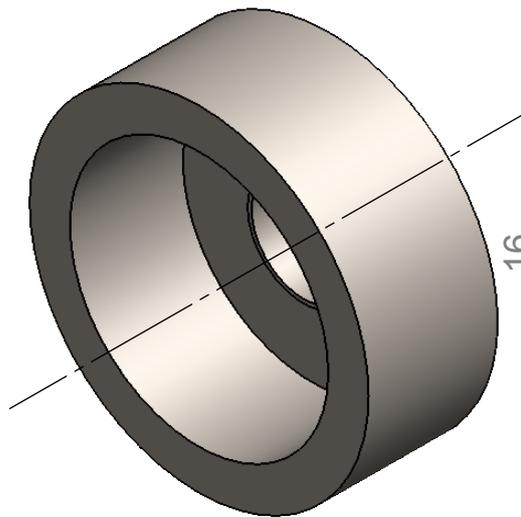
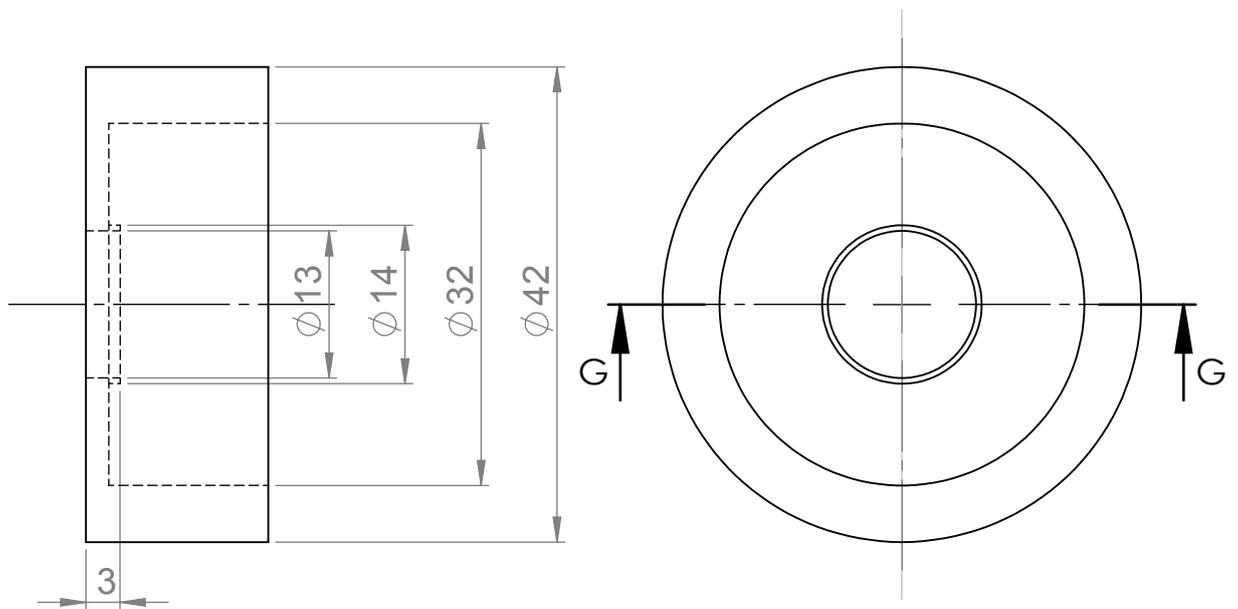
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	12/01/19	Albarracín Diego; Grefa Edgar.	1:3		
Rev.	05/02/19	Ing. Freire Luigi; Mg.			
Apro.	10/03/19	Ing. Freire Luigi; Mg.			
Materiales: Acero negro ASTM A36		Tolerancias: ± 0.5	Número Lámina: N° 05	Asignatura: Taller de Titulación	Denominación: Pieza C



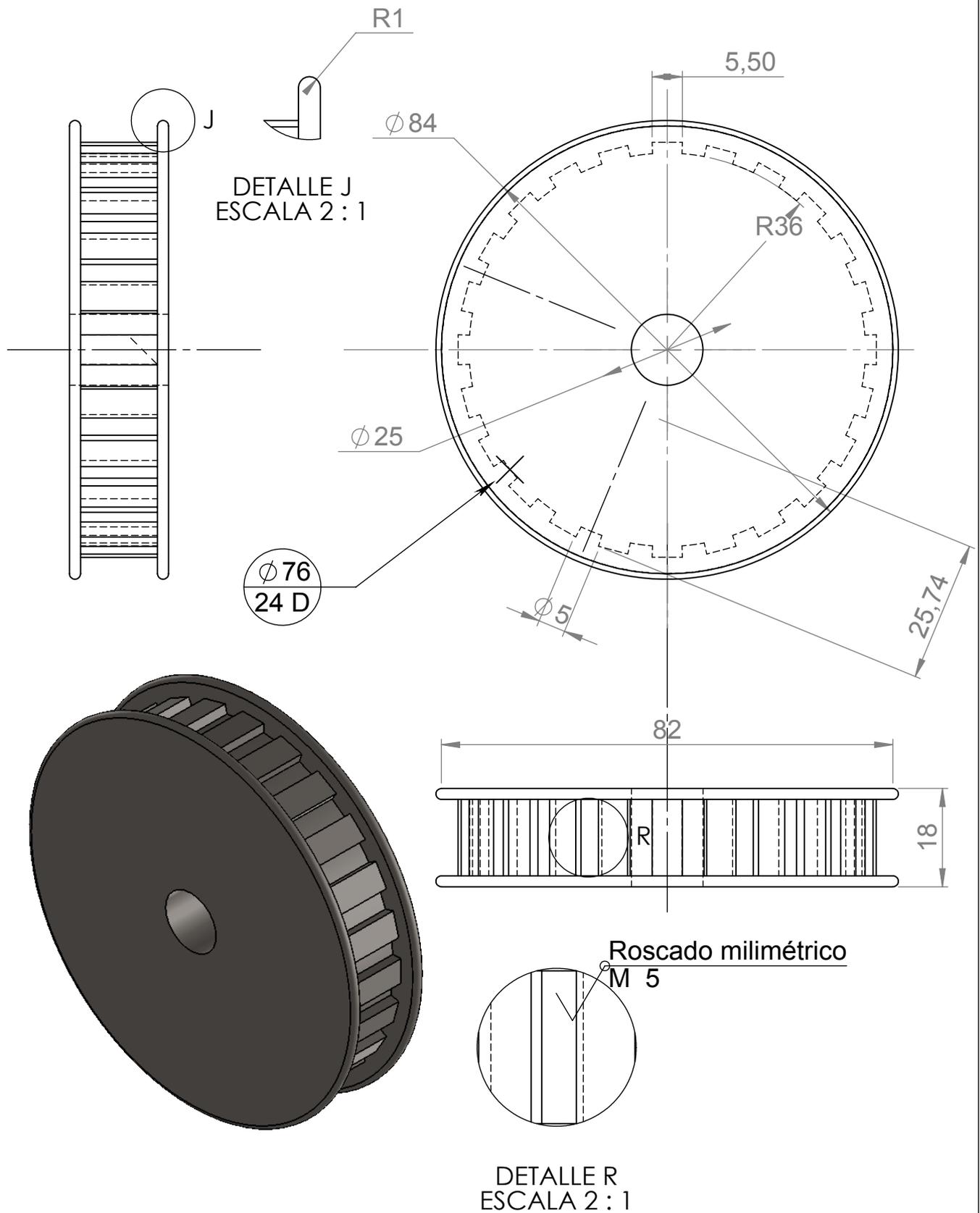
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	17/01/19	Albarracín Diego; Grefa Edgar.	1:2		
Rev.	05/02/19	Ing. Freire Luigi; Mg.			
Apro.	10/03/19	Ing. Freire Luigi; Mg.		Denominación:	Pieza D
Materiales:		Tolerancias:	Número Lámina	Asignatura:	
Acero negro ASTM A36		±0.5	N°06	Taller de Titulación	



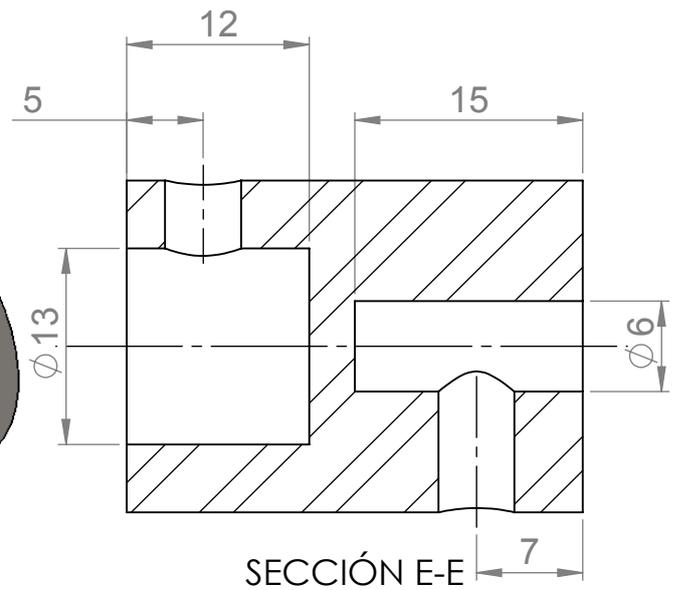
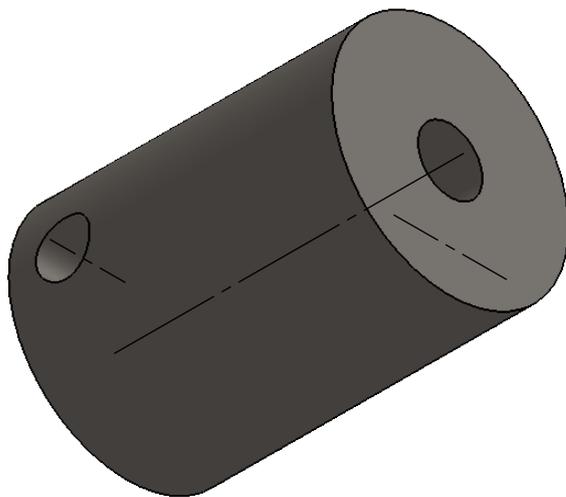
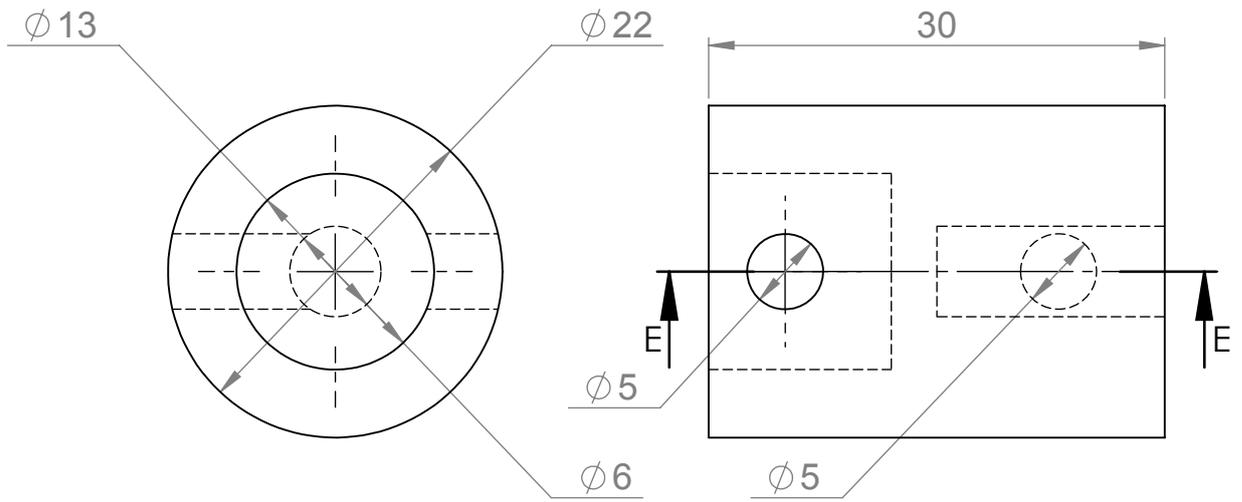
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	17/01/19	Albarracín Diego; Grefa Edgar.	1:2		
Rev.	05/02/19	Ing. Freire Luigi; Mg.			
Apro.	10/03/19	Ing. Freire Luigi; Mg.			
Materiales: Acero negro ASTM A36		Tolerancias: ±0.5	Número Lámina: N°07	Asignatura: Taller de Titulación	Denominación: Pieza E



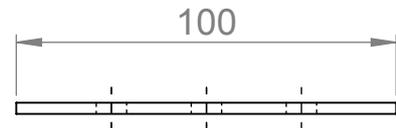
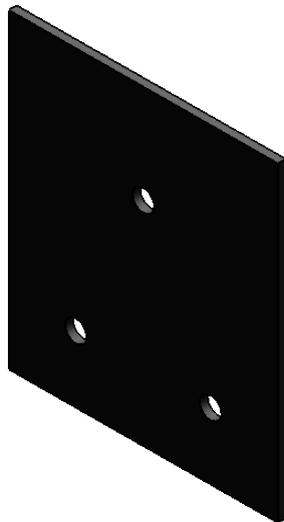
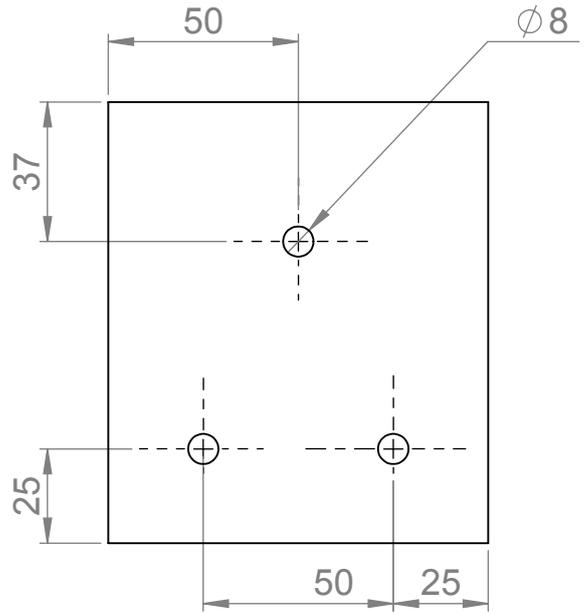
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	20/01/19	Albarracín Diego; Grefa Edgar.	1:1		
Rev.	05/02/19	Ing. Freire Luigi; Mg.			
Apro.	10/03/19	Ing. Freire Luigi; Mg.			
Materiales: Acero inoxidable AISI 430		Tolerancias: ± 0.5	Número Lámina: N°08	Asignatura: Taller de Titulación	Denominación: Pieza F



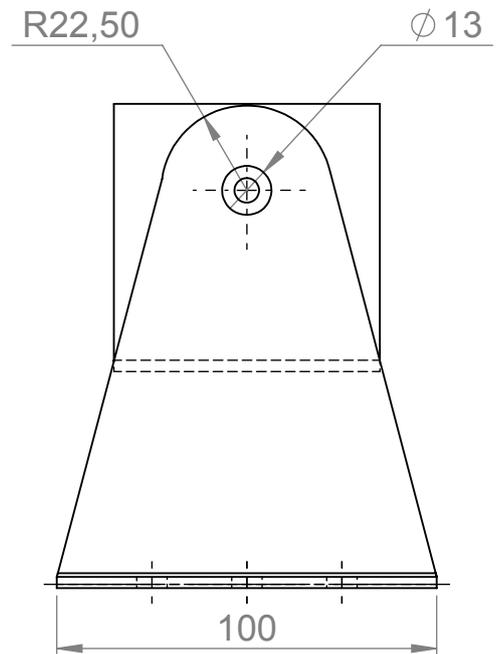
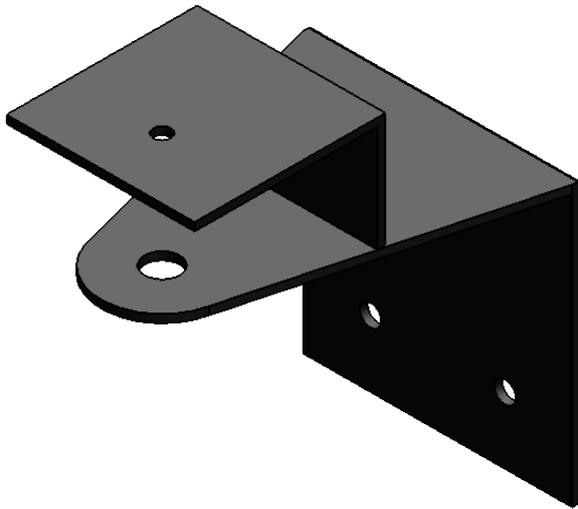
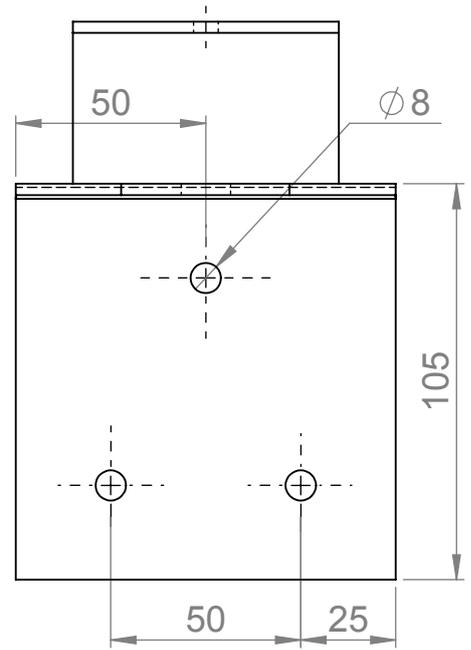
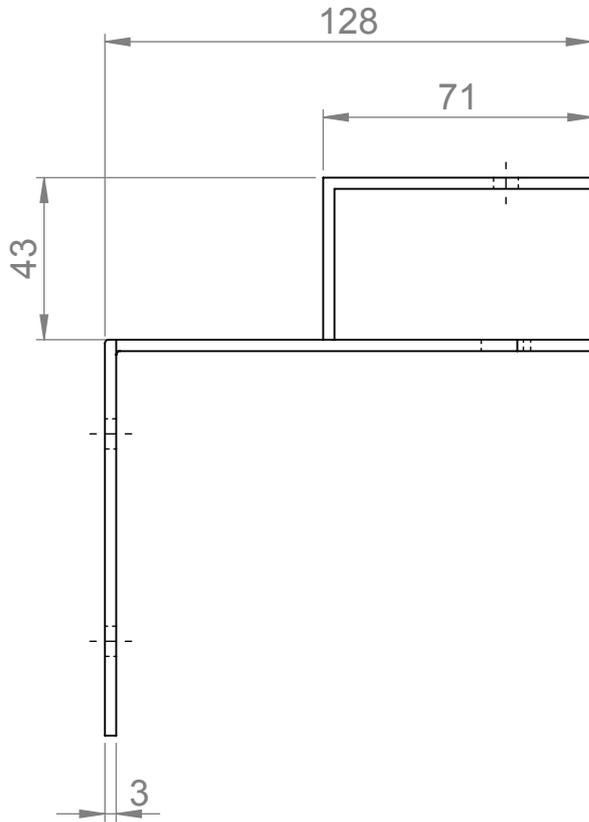
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	18/01/19	Albarracín Diego; Grefa Edgar.	2:1		
Rev.	05/02/19	Ing. Freire Luigi; Mg.			
Apro.	10/03/19	Ing. Freire Luigi; Mg.			
Materiales: Acero negro ASTM A36		Tolerancias: ± 0.5	Número Lámina N°09	Asignatura: Taller de Titulación	Denominación: Pieza G



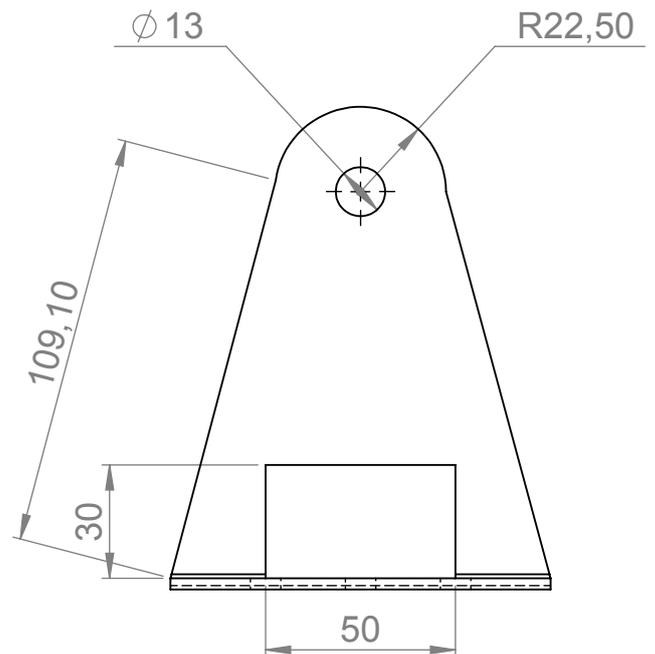
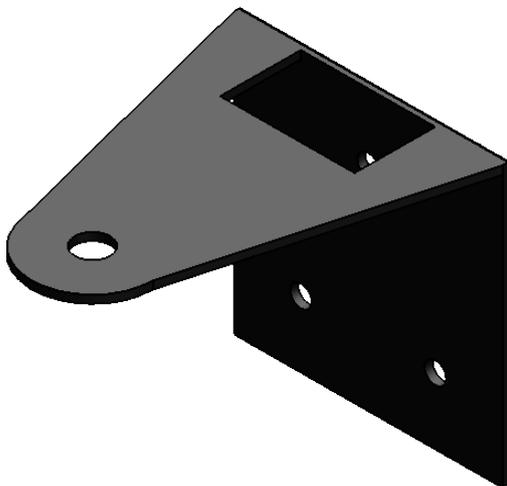
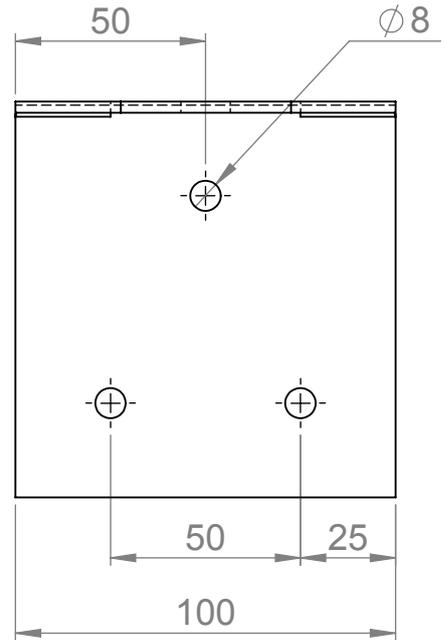
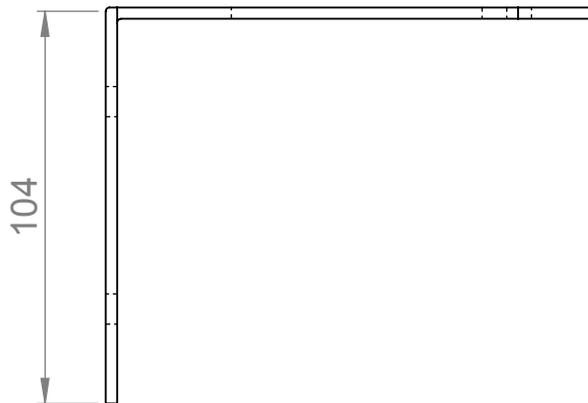
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

	Fecha:	Nombre:	Escala: 1:2	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	19/01/19	Albarracín Diego; Grefa Edgar.			
Rev.	05/02/19	Ing. Freire Luigi; Mg.			
Apro.	10/03/19	Ing. Freire Luigi; Mg.			
Materiales: Acero negro ASTM A36		Tolerancias: ±0.5	Número Lámina N°010	Asignatura: Taller de Titulación	Denominación: Pieza H



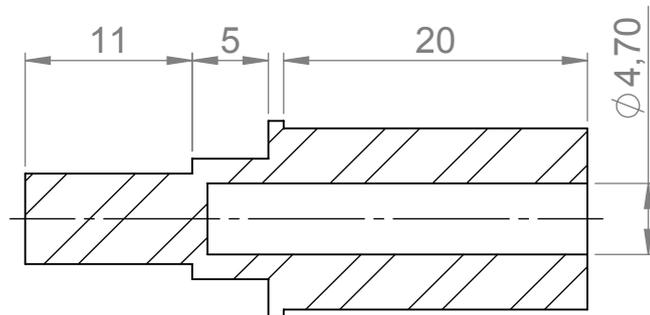
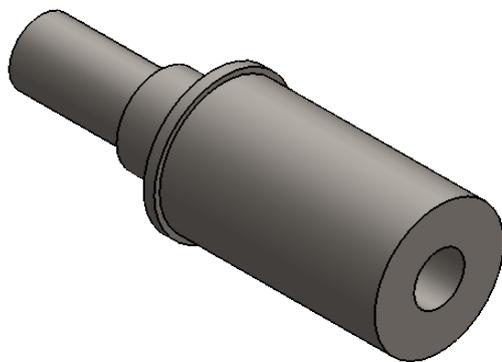
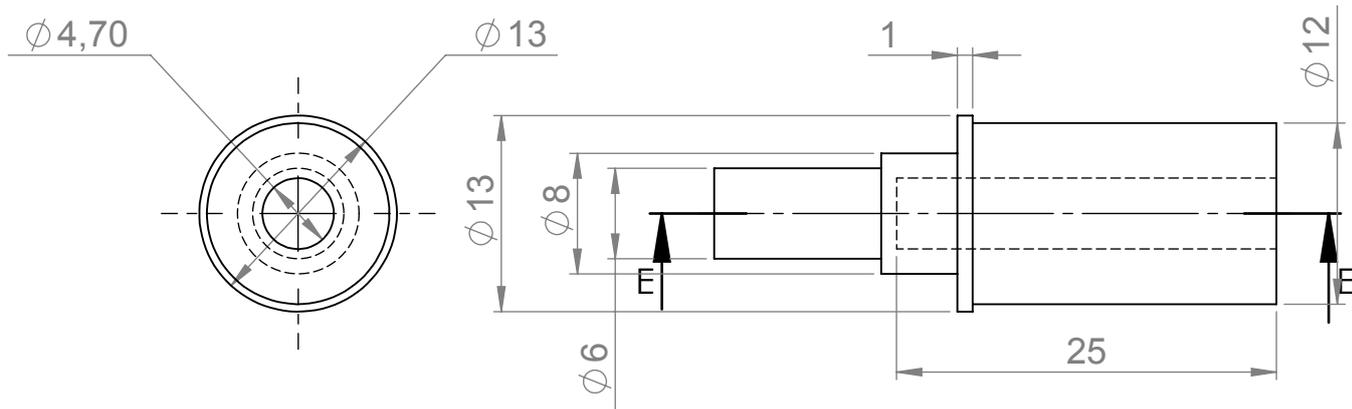
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib.	20/01/19	Albarracín Diego; Grefa Edgar.				1:2
Rev.	05/02/19	Ing. Freire Luigi; Mg.				
Apro.	10/03/19	Ing. Freire Luigi; Mg.				
Materiales:		Tolerancias:	Número Lámina	Asignatura:	Denominación:	
Acero negro ASTM A36		± 0.5	N°011	Taller de Titulación	Pieza I	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

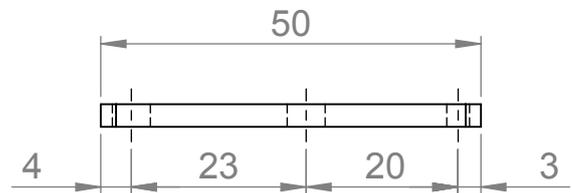
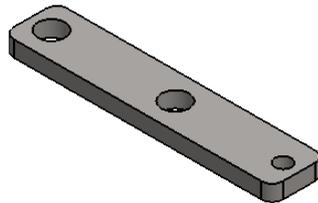
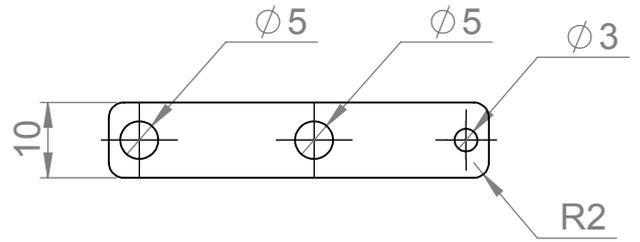
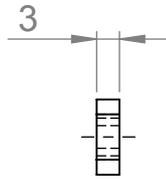
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib.	21/01/19	Albarracín Diego; Grefa Edgar.				1:2
Rev.	05/02/19	Ing. Freire Luigi; Mg.				
Apro.	10/03/19	Ing. Freire Luigi; Mg.				
Materiales: Acero negro ASTM A36		Tolerancias: ±0.5	Número Lámina N°012	Asignatura: Taller de Titulación	Denominación: Pieza J	



SECCIÓN E-E

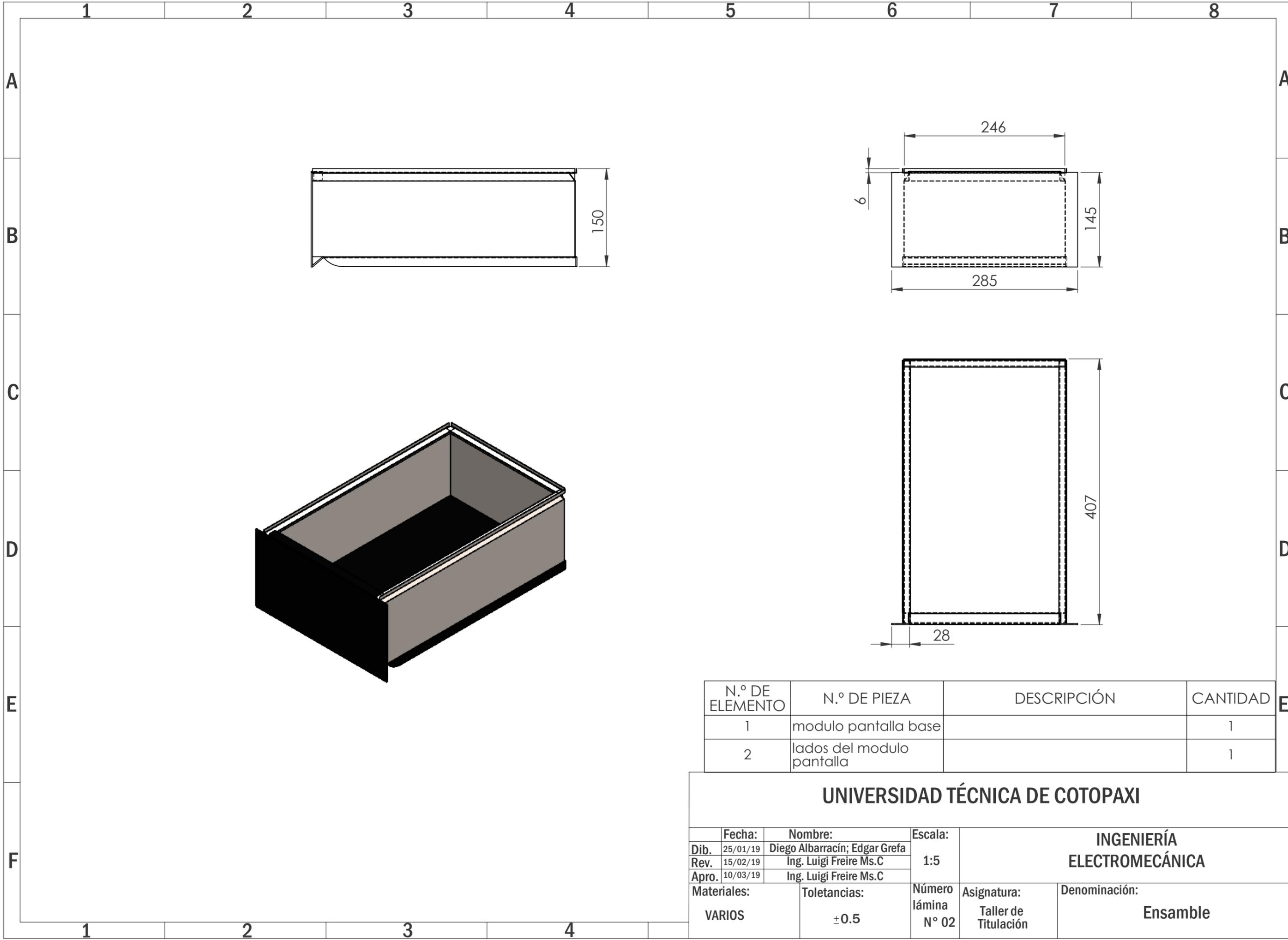
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib.	22/01/19	Albarracín Diego; Grefa Edgar.				1:1
Rev.	05/02/19	Ing. Freire Luigi; Mg.				
Apro.	10/03/19	Ing. Freire Luigi; Mg.				
Materiales: Acero negro ASTM A36		Tolerancias: ± 0.5	Número Lámina N°013	Asignatura: Taller de Titulación	Denominación: Pieza K	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

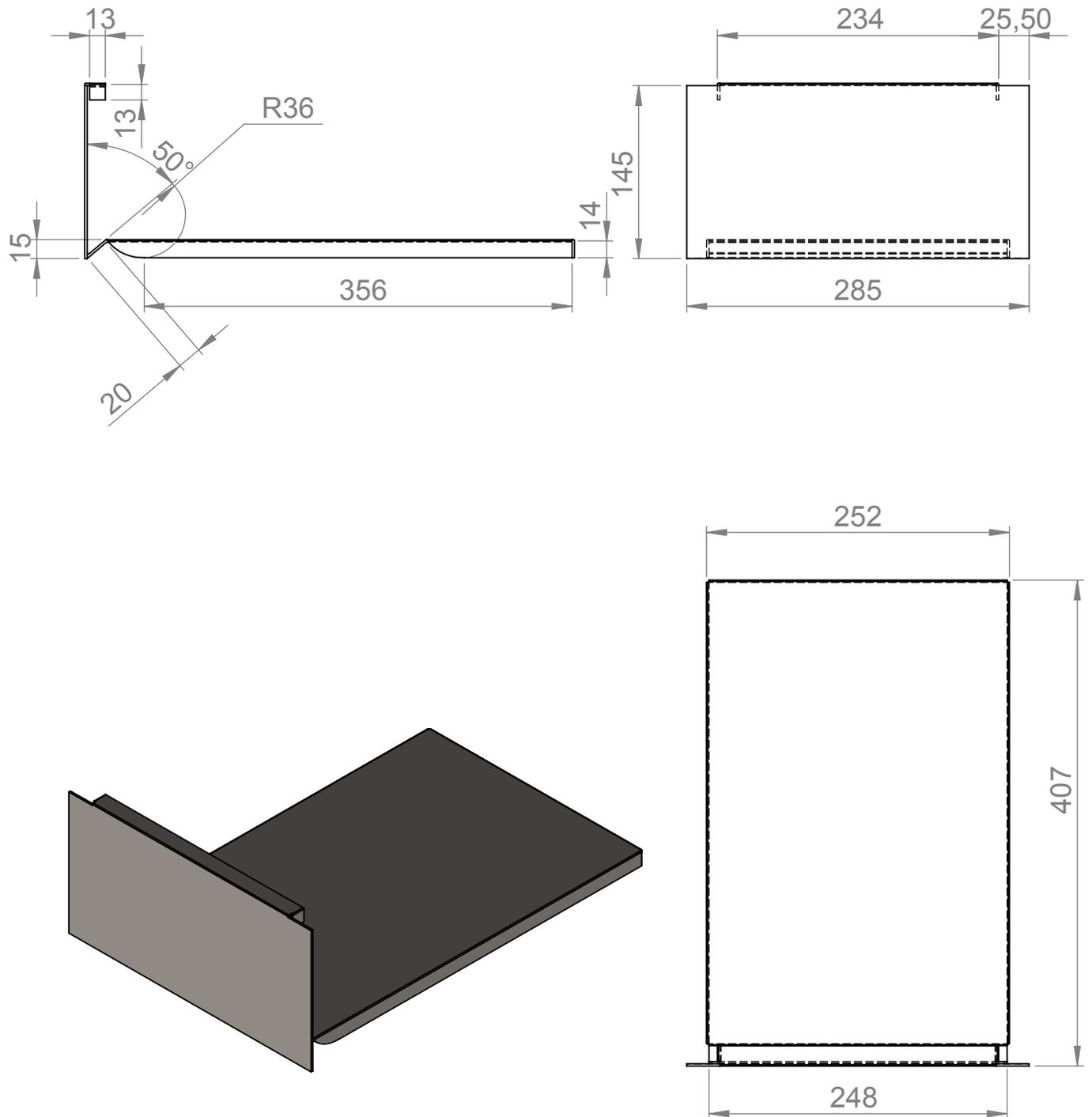
	Fecha:	Nombre:	Escala: 2:1	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	24/01/19	Albarracín Diego; Grefa Edgar.			
Rev.	05/02/19	Ing. Freire Luigi; Mg.			
Apro.	10/03/19	Ing. Freire Luigi; Mg.			
Materiales: Acero negro ASTM A36		Tolerancias: ±0.5	Número Lámina N°014	Asignatura: Taller de Titulación	Denominación: Pieza L



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	modulo pantalla base		1
2	lados del modulo pantalla		1

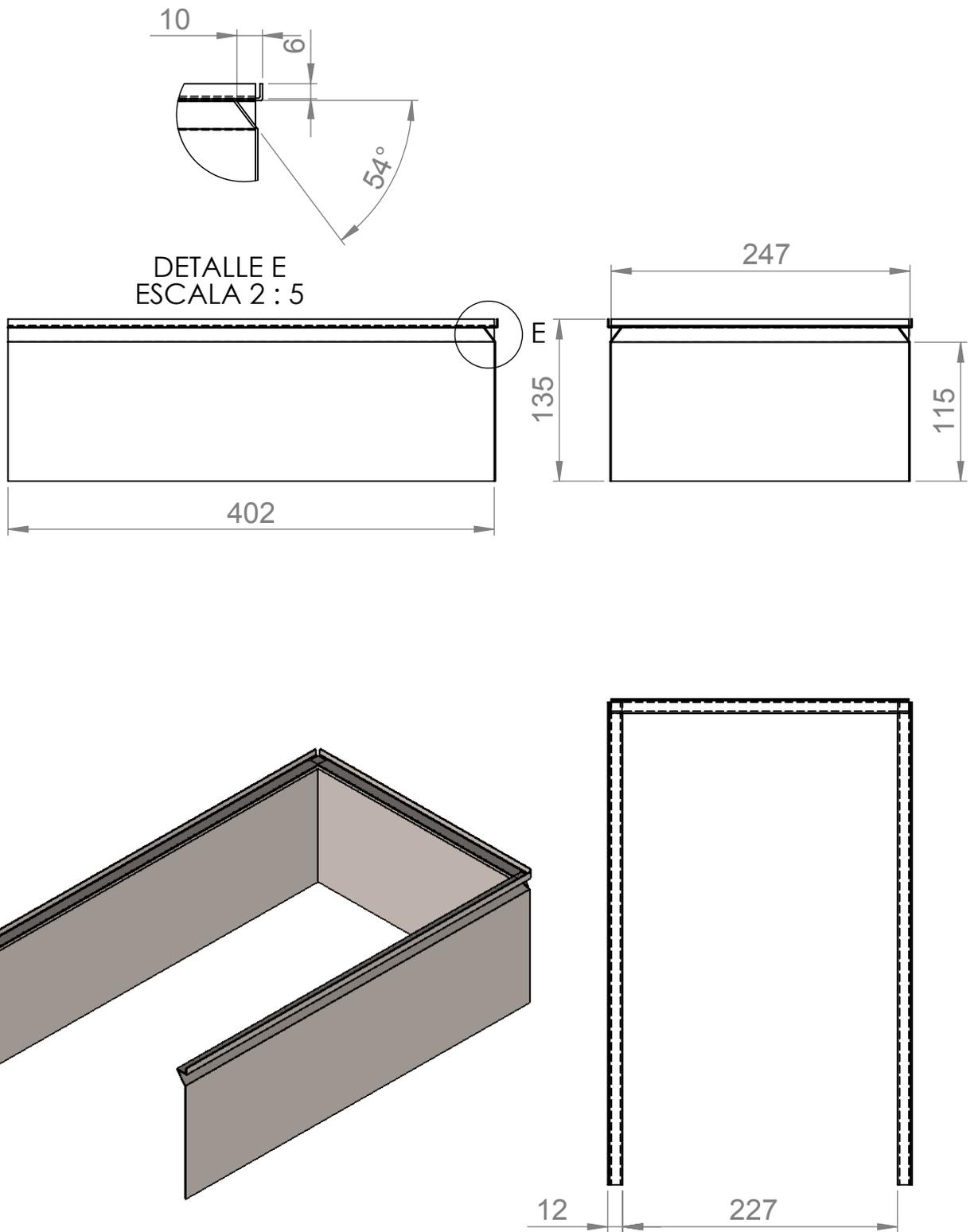
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Fecha:		Nombre:		Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib.	25/01/19	Diego Albarracín; Edgar Grefa					1:5
Rev.	15/02/19	Ing. Luigi Freire Ms.C					
Apro.	10/03/19	Ing. Luigi Freire Ms.C					
Materiales:		Toletancias:		Número lámina Nº 02	Asignatura: Taller de Titulación	Denominación: Ensamble	
VARIOS		±0.5					



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

	Fecha:	Nombre:	Escala: 1:5	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	20/01/19	Albarracín Diego; Grefa Edgar.			
Rev.	05/02/19	Ing. Freire Luigi; Mg.			
Apro.	10/03/19	Ing. Freire Luigi; Mg.			
Materiales: Acero negro ASTM A36	Tolerancias: ±0.5	Número Lámina N°03	Asignatura: Taller de Titulación	Denominación: Pieza A Módulo 2	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	10/01/19	Albarracín Diego; Grefa Edgar.	1:5		
Rev.	05/02/19	Ing. Freire Luigi; Mg.			
Apro.	10/03/19	Ing. Freire Luigi; Mg.			
Materiales: Acero inoxidable AISI 430		Tolerancias: ±0.5	Número Lámina: N°04	Asignatura: Taller de Titulación	Denominación: Pieza B Módulo 2



1. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

1.1.Advertencia

1.2.Arranque del motor

Si hay una etiqueta de advertencia colgada en el interruptor de arranque del motor o en los controles, NO arranque el motor ni mueva los controles. Consulte con la persona que haya puesto la etiqueta de advertencia antes de arrancar el motor. Todos los protectores y cubiertas protectoras deben estar instalados si se debe arrancar el motor para efectuar los procedimientos de servicio. Para impedir un accidente causado por piezas giratorias, tenga cuidado al trabajar cerca de dichas piezas.

Si se utiliza el procedimiento correcto se pueden prevenir daños importantes a los componentes del motor. También ayudará a prevenir lesiones personales.

1.3.Parada del motor

Para evitar el recalentamiento del motor y el desgaste acelerado de los componentes del motor, pare el motor siguiendo las instrucciones contenidas en este Manual de Operación y Mantenimiento. Utilice el botón de parada de emergencia (si lo tiene) SOLAMENTE en una situación de emergencia. En el arranque inicial de un motor nuevo o de un motor al que se le haya dado servicio, haga las previsiones para poder parar el motor si se produce un exceso de velocidad.

1.4.Descripción del motor jaula de ardilla

Un rotor de jaula de ardilla es la parte que rota usada comúnmente en un motor de inducción de corriente alterna. Un motor eléctrico con un rotor de jaula de ardilla también se llama "motor de jaula de ardilla". Es un cilindro montado en un eje. Internamente contiene barras conductoras longitudinales de aluminio de cobre con surcos y conectados juntos en ambos extremos poniendo en cortocircuito los anillos que forman la jaula.

Tabla 1 Características del motor de inducción al cual se le colocara la carga

DATOS DEL MOTOR DE INDUCCIÓN	UNIDADES
Potencia eléctrica	175Watts
Tensión de Servicio	220 V.A.C
Corriente	1.2 Amp
Frecuencia	60 Hz
Revoluciones del rotor	1670 RPM

Tabla 2 Características del electrodinamómetro

DATOS DEL MOTOR DE INDUCCIÓN	UNIDADES
Potencia eléctrica	175 watts
Potencia mecánica	0.23 HP
Revoluciones del rotor	1670 RPM
Eficiencia	0.95

1.5.Sección de Operación

- Es importante antes de operar el módulo, leer esta guía rápida de operación del motor de jaula de ardilla y el electrodinamómetro. A continuación, se detallan los pasos para su encendido, operación y apagado.



Figura 1 Alimentación de la red 330V

- Alimentar el módulo a la fuente a 330 V trifásico, una vez alimentada el módulo se precede a colocar el motor jaula de ardilla de 4 polos y el módulo electrodinamómetro



Figura 2 Módulo motor jaula de ardilla de 4 polos y módulo Electrodinamómetro

- Antes de colocar el módulo Electrodinamómetro tener mucha precaución a lo que colocamos el encoder ya que se puede golpearse y perder la señal ya que es muy frágil.



Figura 3 Encoder tener mucho cuidado a los golpes

- Para el arranque del motor, debemos colocar la banda con características 84ZA19 para que las bandas trabajen a una velocidad regulable lleguen a una optimización determinada de operación.



Figura 4 Colocación de la banda 84ZA19

- Para la operación del módulo 1 (electrodinamómetro) debe estar al lado del módulo de motor jaula de ardilla 4 polos con su respectiva banda y la fuente de la Lab-Volt para el funcionamiento.



Figura 5 Colocación de los módulos para la operación

- Una vez colocado los tres módulos se procede colocar el módulo 2 (adquisición de datos) procedemos a encenderla posicionando en swtich en on se encenderá el sistema electrónico y la pantalla Nextion se conectará el motor jaula de ardilla con el electrodinamómetro en conexión en triangulo o estrella con los respectivos cables de Jack bananas

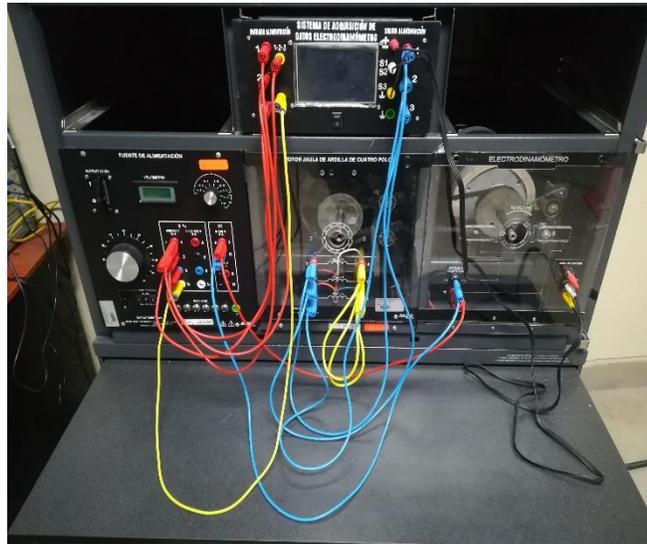


Figura 6 Conexión de los cables banana plugs en conexión estrella

- Para un buen funcionamiento se realiza la conexión estrella ya que es más eficiente para el motor de inducción y procedemos a encender los módulos

Conexión de los terminales

- Para la realización de las conexiones del módulo de adquisición de datos se conecta de la fuente de potencia (1,2,3, N) va conectado al 1,2,3(1,2,3) N a las entradas de alimentación y la salida de la alimentación 1,2,3, salen a la entrada del motor jaula de ardilla 1,2,3 en conexión estrella
- Para la alimentación de la señal del encoder va del módulo adquisición de datos S1,S2,S3 de la salida de la alimentación y sale al electrodinámometro S1,S2,S3 de la señal del encoder.
- Y por último para la conexión del electrodinámometro se alimenta de la fuente 7, N (+, -) y va a la entrada de la alimentación del electrodinámometro (+, -)



Figura 7 encendido de la fuente para que arranque el modulo del motor de jaula de ardilla 4 polos

- Para encender la fuente primeramente presionamos la baja potencia y luego la alimentación.

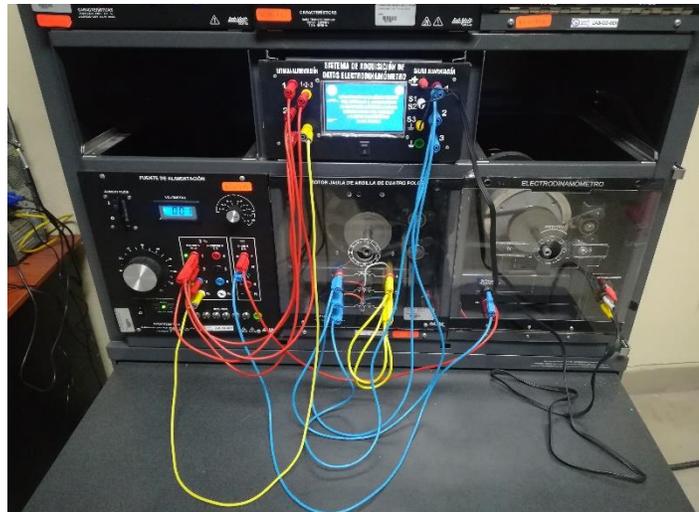


Figura 8 Manipulación del módulo de adquisición de datos para la gráfica

- El motor de inducción jaula de ardilla de 4 polos comienza arrancar podemos ya medir las corriente, voltajes, revoluciones y torque sin carga con los respectivos instrumentos de medición como: pinza amperimétrica, multímetro y una foto tacómetro que tiene el laboratorio de Máquinas Eléctricas.



Figura 9 Gráfica de Tensión o corriente



Figura 10 Gráfica de Tensión o corriente



Figura 11 Instrumentos de medición (Pinza amperimétrica, Foto tacómetro y multímetro)

- Para medir con carga podemos regular con el variac que tiene la fuente podemos variar hasta los 50 W del voltímetro de la fuente ya que esta entrega carga al módulo Electrodinamómetro por unos segundos ya que es mucha carga para el módulo puede quemarse.



Figura 12 Variac regulador de carga al módulo Electrodinamómetro

- Podemos observar que la curva va cambiando ya sea de la corriente, voltajes, revoluciones y torque.

Nota: De acuerdo a las mediciones hechas en el laboratorio el voltaje puede llegar a 215,5 v y la corriente 3,46, una velocidad llega hasta 1675 y un torque de 3,0 con estas especificaciones debemos tener en cuenta.

1.6. Operación de la pantalla

- Al encender la pantalla se presentará un menú con el tema del proyecto hacemos clic en el tema



Figura 13 Tema del proyecto

Nos aparece las opciones

- Grafica corriente
- Grafica de la tensión
- Grafica revoluciones



Figura 14 Opciones de las gráficas

- Podemos escoger cualquiera de las opciones que queramos observar la gráfica, en este caso optamos por la **Gráfica de corriente**



Figura 15 Gráfica de corriente

Para iniciar pulsamos **el botón iniciar** hasta que se prenda una luz verde una sola vez se presiona hasta una luz verde esperamos unos segundos hasta que las señales se procesen y nos grafique la curva característica.

Observamos las tres curvas características y el desfase de la corriente, para seguir con la visualización procedemos a presionar **iniciar** y comienza a graficar la curva ya sea si le ponemos carga o no se va a diferenciar en la curva el desfase

Lo mismo procedemos hacer con las otras graficas el mismo proceso



Figura 16 Gráfica de Tensión

- Podemos manipular con el Variac de la fuente a variar la carga máxima podemos hasta 80 v observamos el frenado y observar que la curva característica cambia al variar la carga y las corrientes, tensión revoluciones.



Figura 17 Manipulación de alimentación de la fuente

- Por último, se realiza la gráfica de las revoluciones el mismo proceso presionamos iniciar y nos realiza la gráfica, y si queremos ver el cambio del rpm aplicamos la carga de la fuente

2. MANUAL DE MANTENIMIENTO

Para el correcto mantenimiento de nuestro módulo se debe seguir el siguiente procedimiento

- 1.- Apagar la fuente el módulo 1 (electrodinamómetro) y el módulo 2 (adquisición de datos)



Figura 18 Manipulación de alimentación de la fuente

2.-Desenergizar los módulos

3.-Sacar los cables y la banda de los módulos

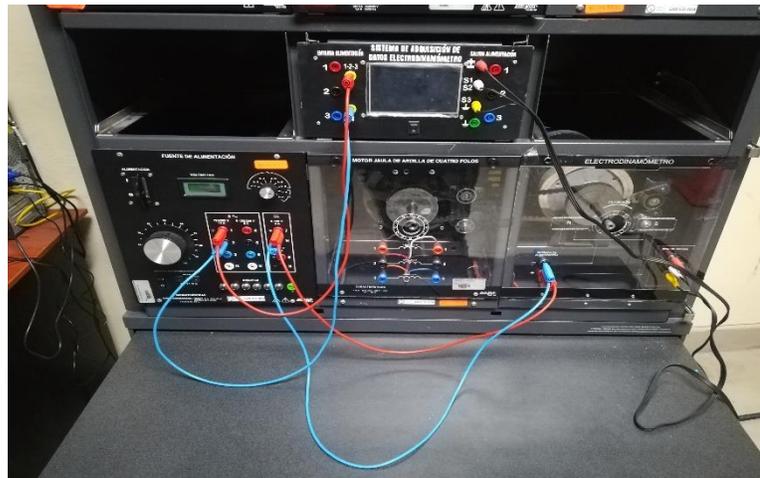


Figura 18 Sacar los cables de los módulos

4.- Verificar el resorte lineal del módulo 1 (electrodinómetro) si está en su posición ya que hay defectos al aplicar la carga



Figura 19 Verificar las abrazaderas y el resorte

5.- Verificar si las poleas no están recalentadas y banda del módulo si escuchamos que los módulos comienzan a vibrar es porque la banda ya está desgastada y no le permite sujetar bien a la polea.



Figura 20 Verificar la banda, polea y tornillos

6.- Observar si el motor del Electrodinamómetro no este sobrecalentado ya que la carga podemos variar hasta los 80 v.

7.- Verificar y analizar si hay efectos de sonido ya que pueden aflojarse algún tornillo, tuerca o prisionero, inmediatamente ajustar ya que puede ser por la vibración que existe en la operación.



8.-Observar el módulo 2 (adquisición de datos) si los cables no estén zafados ya que la por la operación suele pasar.

9.-Debemos tener mucha precaución con el sistema de electrónico del arduino ya que se puede modificar o alterar ya sea por las vibraciones, mediante la computadora y los programas requeridos podemos realizar modificaciones internas de las señales de los elementos que sensa al módulo.

10.-Tener en cuenta la banda ya que mediante un análisis la banda es muy pequeña y si le ponemos carga el módulo electrodinamómetro puede vibrar

Nota: Siempre debemos de operar con precaución los módulos ya que el ruido y las vibraciones pueden dañar al equipo y trasferir la señal de la curva característica.

 Universidad Técnica de Cotopaxi	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	 Ingeniería Electromecánica
	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	

GUÍA PARA LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO, TALLER O CAMPO				
ASIGNATURA:		PERÍODO LECTIVO:		NIVEL:
DOCENTE:				PRÁCTICA:
GRUPO:		HORA DE INGRESO		
		HORA DE SALIDA		
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA:				
TEMA DE LA PRÁCTICA:	Determinar las curvas características del corriente vs el torque utilizando el módulo electrodinamómetro, módulo motor jaula de ardilla y el módulo de adquisición de datos en conexión en triángulo			
INTRODUCCIÓN:				
NOTA: Para tener derecho a efectuar la práctica correspondiente, el alumno desarrollará los temas sugeridos, el contenido será mínimo de una cuartilla.				
OBJETIVOS:				
<ul style="list-style-type: none"> • Medir y observar la curva del corriente vs torque del motor jaula de ardilla y el módulo electrodinamómetro. 				
EQUIPOS Y MATERIALES				
<ul style="list-style-type: none"> • Módulo de motor de inducción trifásico jaula de ardilla. • Módulo de electrodinamómetro. • Módulo de fuente de alimentación trifásica. • Banda. 				

- Cables de conexión.

INSTRUCCIONES:

- Determinar la curva característica del corriente vs torque mediante el módulo electrodinamómetro con carga.

ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:

- Desarrollar la conexión triángulo
- Analizar la curva y verificar si los resultados son las mismas de la pantalla
- Observar el desfase de la curva aplicando carga
- Para la realización de las conexiones del módulo de adquisición de datos se conecta de la fuente de potencia (F1,F2,F3, N) va conectado al F1,F2,F3(F1,2,3) N a las entradas de alimentación y la salida de la alimentación F1,F2,F3, salen a la entrada del motor jaula de ardilla F1,F2,F3 en conexión estrella
- Para la alimentación de la señal del encoder va del módulo adquisición de datos S1,S2,S3 de la salida de la alimentación y sale al electrodinamómetro S1,S2,S3 de la señal del encoder.
- Y por último para la conexión del electrodinamómetro se alimenta de la fuente 7, N (+, -) y va a la entrada de la alimentación del electrodinamómetro (+, -)
- Conecte el circuito que se ilustra en la figura 1, usando los módulos de motor de jaula de ardilla, electrodinamómetro, módulo de adquisición de datos, fuente de alimentación y medición de c. a.
- Conecte la fuente de alimentación ca. El motor debe comenzar a funcionar. Mida y anote en la tabla 1, la señal de la curva de la corriente, (considerando los signos en cada lectura). Reduzca a cero el voltaje y desconecte la fuente de alimentación.
- Acople el motor al electrodinamómetro por medio de la banda. Mueva la perilla de control del electrodinamómetro a su posición extrema haciéndola girar en el sentido contrario al de las manecillas del reloj.
- Tome los valores con carga y sin carga a las entradas de la fuente y entradas del módulo de adquisición de datos.
- Para finalizar reduzca a cero el voltaje y desconecte la fuente de alimentación.

RESULTADOS OBTENIDOS:**Tabla 1.** Obtención de datos de la corriente

Par (N.m)	Corriente en la entrada de la fuente I1 (A)	Corriente a la salida de la fuente I2 (A)	Corriente del motor I3(A)	Corriente del módulo de adquisición de datos I4(A)
0				
0,5				
1,0				
1,5				
2,0				
2,5				
3,0				

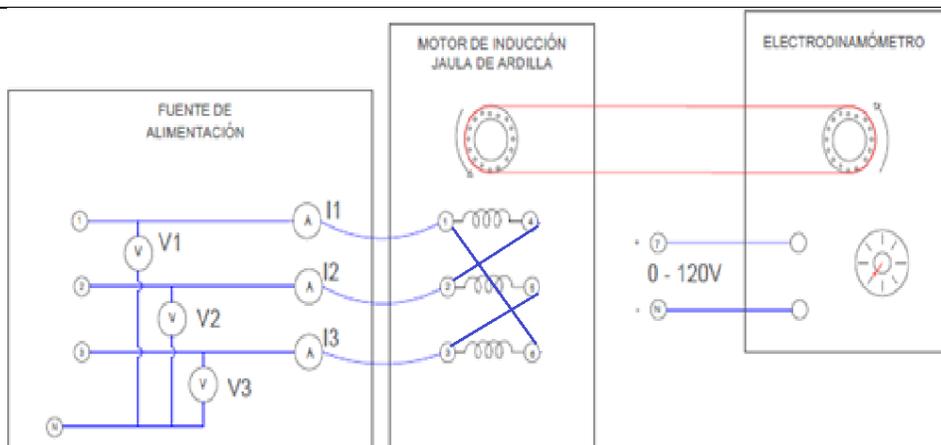


Figura 1. Conexión de la fuente, motor de inducción y electrodinamómetro en triángulo.

Corriente A	4,50							
	4,25							
	4,00							
	3,50							
	3,25							
	2,00							
	2,50							
	2,25							
	1,00							
	0,50							
	0,25							
	0	0,1	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
	Torque N.m							

Figura 2. Determinar la curva de la corriente

CONCLUSIONES:

RECOMENDACIONES:

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y DE LA WEB:

(Libros):

[1] Máquinas Eléctricas, 5ED. FRAILE MORA JESÚS. EDIT: MC GRAW HILL.

[2] Introducción a maquinas eléctricas y transformadores. MC PHERSON, GEORGE.

[3] Experimento con equipos eléctrica

FIRMAS

.....

Nombre:

DOCENTE

.....

Nombre:

**JEFE DEL
LABORATORIO**

.....

Nombre:

ESTUDIANTE

 Universidad Técnica de Cotopaxi	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	 Ingeniería Electromecánica
	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	

GUÍA PARA LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO, TALLER O CAMPO					
ASIGNATURA:		PERÍODO LECTIVO:		NIVEL:	
DOCENTE:				PRÁCTICA:	
GRUPO:		HORA DE INGRESO			
		HORA DE SALIDA			
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA:	Laboratorio de Máquinas Eléctricas				
TEMA DE LA PRÁCTICA:	Medición de corrientes del motor trifásico al aplicar cargas con el electrodinamómetro.				
INTRODUCCIÓN:					
NOTA: Para tener derecho a efectuar la práctica correspondiente, el alumno desarrollará los temas sugeridos, el contenido será mínimo de una cuartilla.					
OBJETIVOS:					
1. Analizar la estructura de un motor trifásico tipo jaula de ardilla. 2. Determinar sus características de arranque, vacío y plena carga utilizando el electrodinamómetro.					
EQUIPOS Y MATERIALES					
<ul style="list-style-type: none"> • Módulo de motor de inducción trifásico jaula de ardilla. • Módulo de electrodinamómetro. • Módulo de fuente de alimentación trifásica. • Tacómetro de mano. • Banda. • Cables de conexión. • Amperímetro 					
INSTRUCCIONES:					
-Estudiar la estructura del motor jaula de ardilla					

- Estudiar la estructura del electrodinamómetro
- Conocer el funcionamiento del motor y el electrodinamómetro
- Identificar los puertos de conexión del motor y el electrodinamómetro

ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:

- 1.- Examine la construcción del módulo de motor de inducción jaula de ardilla, fijándose especialmente en el motor, las terminales de conexión y el alambrado.
- 2.- Identifique los devanados del estator. Observe que se compone de muchas vueltas de alambre de un diámetro pequeño, uniformemente espaciadas alrededor del estator.
- 3.- Conecte el circuito que se ilustra en la figura 1, usando los módulos de motor de jaula de ardilla, electrodinamómetro, fuente de alimentación y medición de c. a.
- 4.- Conecte la fuente de alimentación y ajuste el selector de fase en 7-N.
- 5.- A continuación, verifique si hay tensión en las salidas 1,2,3 de salidas constantes, el voltaje deberá ser 222 V ca, si hay entonces apagar la fuente.
- 6.- entonces se procede a acoplar el motor al electrodinamómetro por medio de la banda con cuidado y colocar los templadores.
- 7.- Colocar en marcha el motor sin aplicar carga.
- 8.- Mueva la perilla del voltímetro de la fuente que controla el electrodinamómetro lentamente mientras se observa el torque aplicado.
- 9.- Con la ayuda de una pinza amperimétrica midiendo la corriente en la conexión trifásica del motor.
- 10.- Tomar los valores de corriente que se adquiere al aplicar potencia al electrodinamómetro máximo de torque 2,5 N.m.
- 11.- bajar la potencia aplicada al electrodinamómetro y apagar la fuente de alimentación para que con sumo cuidado se desconecten las conexiones aplicadas.

RESULTADOS OBTENIDOS:

- 1.- ¿El electrodinamómetro aplica esfuerzos eléctricos o mecánicos al motor trifásico?

- 2.- Si observa el módulo desde la cara delantera:

a) Los devanados independientes del estator se conectan a las terminales de la fuente: _____ y _____, _____ y _____ y _____, _____ y _____

b) Al ser un sistema balanceado ¿cuál es la corriente en vacío, media y plena carga en los terminales del motor de inducción?

$I_{min} =$ _____

$I_{med} =$ _____

$I_{max} =$ _____

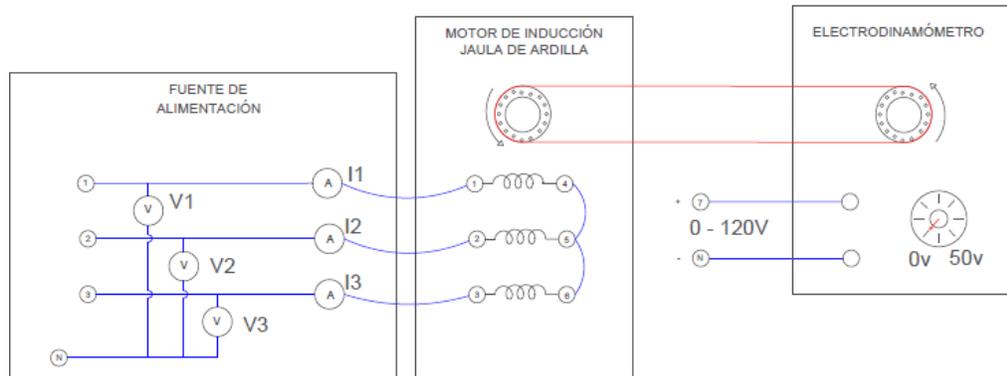


Figura 1. Conexión de la fuente, motor de inducción y electrodinamómetro en estrella.

Tabla 1: Obtención de datos de corriente por fase diferente torque.

Par (N.m)	Corriente I1 (A)	Corriente I2(A)	Corriente I3(A)
0			
0,5			
1,0			
1,5			
2,0			
2,5			
3,0			

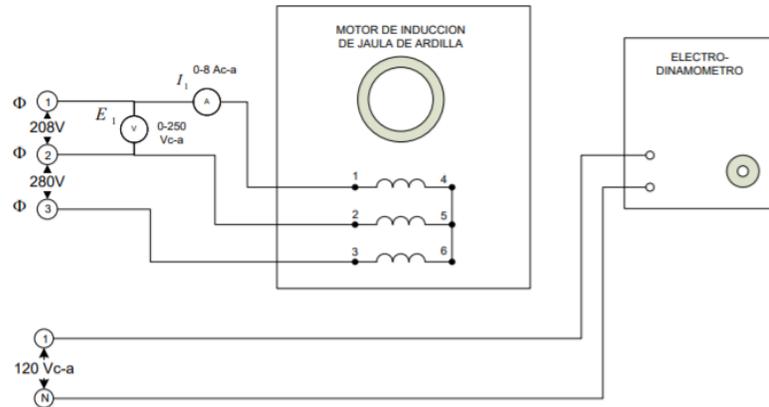


FIGURA 2

PRUEBA DE CONOCIMIENTOS

El reporte de la práctica debe incluir procedimiento teórico y operaciones donde se requiera.

1.- ¿Que es el electrodinamómetro?

2.- Con los resultados de la tabla 1, identifique si el sistema está en balanceado.

3.- Con los resultados obtenidos en la tabla 1, analice si la corriente es directa o inversamente proporcional a al torque aplicado.

4.- El motor de inducción de jaula de ardilla es una de las máquinas más seguras y más usadas en la industria. ¿Por qué?

 Universidad Técnica de Cotopaxi	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	 Ingeniería Electromecánica
	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	

GUÍA PARA LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO, TALLER O CAMPO					
ASIGNATURA:		PERIÓDO LECTIVO:		NIVEL:	
DOCENTE:				PRÁCTICA:	
GRUPO:		HORA DE INGRESO			
		HORA DE SALIDA			
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ PRÁCTICA:	LA	Laboratorio de Máquinas Eléctricas			
TEMA DE LA PRÁCTICA:	Medición de corrientes del motor trifásico en conexión triángulo al aplicar cargas con el electrodinamómetro.				
INTRODUCCIÓN:					
NOTA: Para tener derecho a efectuar la práctica correspondiente, el alumno desarrollará los temas sugeridos, el contenido será mínimo de una cuartilla.					
OBJETIVOS:					
1. Analizar la estructura de un motor trifásico tipo jaula de ardilla. 2. Determinar sus características de arranque, vacío y plena carga utilizando el electrodinamómetro.					
EQUIPOS Y MATERIALES					
<ul style="list-style-type: none"> • Módulo de motor de inducción trifásico jaula de ardilla. • Módulo de electrodinamómetro. • Módulo de fuente de alimentación trifásica. 					

- Tacómetro de mano.
- Banda.
- Cables de conexión.
- Amperímetro

INSTRUCCIONES:

- Estudiar la estructura del motor jaula de ardilla
- Estudiar la estructura del electrodinamómetro
- Conocer el funcionamiento del motor y el electrodinamómetro
- Identificar los puertos de conexión del motor y el electrodinamómetro

ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:

- 1.- Examine la construcción del módulo de motor de inducción jaula de ardilla, fijándose especialmente en el motor, las terminales de conexión y el alambrado.
- 2.- Identifique los devanados del estator. Observe que se compone de muchas vueltas de alambre de un diámetro pequeño, uniformemente espaciadas alrededor del estator.
- 3.- Conecte el circuito que se ilustra en la figura 1, usando los módulos de motor de jaula de ardilla, electrodinamómetro, fuente de alimentación y medición de c. a.
- 4.- Conecte la fuente de alimentación y ajuste el selector de fase en 7-N.
- 5.- A continuación, verifique si hay tensión en las salidas 1,2,3 de salidas constantes, el voltaje deberá ser 222 V ca, si hay entonces apagar la fuente.
- 6.- entonces se procede a acoplar el motor al electrodinamómetro por medio de la banda con cuidado y colocar los templadores.
- 7.- Colocar en marcha el motor sin aplicar carga.
- 8.- Mueva la perilla del voltímetro de la fuente que controla el electrodinamómetro lentamente mientras se observa el torque aplicado.
- 9.- Con la ayuda de una pinza amperimétrica midiendo la corriente en la conexión trifásica del motor.
- 10.- Tomar los valores de corriente que se adquiere al aplicar potencia al electrodinamómetro máximo de torque 2,5 N.m.
- 11.- bajar la potencia aplicada al electrodinamómetro y apagar la fuente de alimentación para que con sumo cuidado se desconecten las conexiones aplicadas.

RESULTADOS OBTENIDOS:

1.- ¿El electrodinamómetro aplica esfuerzos eléctricos o mecánicos al motor trifásico?

2.- Si observa el módulo desde la cara delantera:

a) Los devanados independientes del estator se conectan a las terminales de la fuente: _____

y _____, _____ y _____, _____ y _____

b) Al ser un sistema balanceado ¿cuál es la corriente en vacío, media y plena carga en los terminales del motor de inducción?

$I_{min} =$ _____

$I_{med} =$ _____

$I_{max} =$ _____

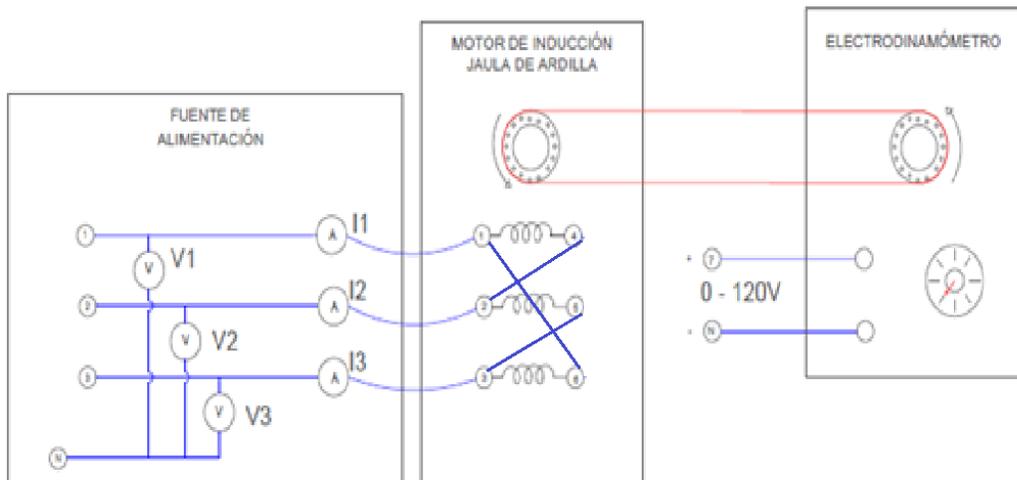


Figura 1. Conexiones de la fuente, motor jaula de ardilla y el electrodinamómetro en triángulo.

Tabla 1: Obtención de datos de corriente por fase diferente torque.

Par (N.m)	Corriente I1 (A)	Corriente I2(A)	Corriente I3(A)
0			
0,5			
1,0			
1,5			
2,0			
2,5			
3,0			

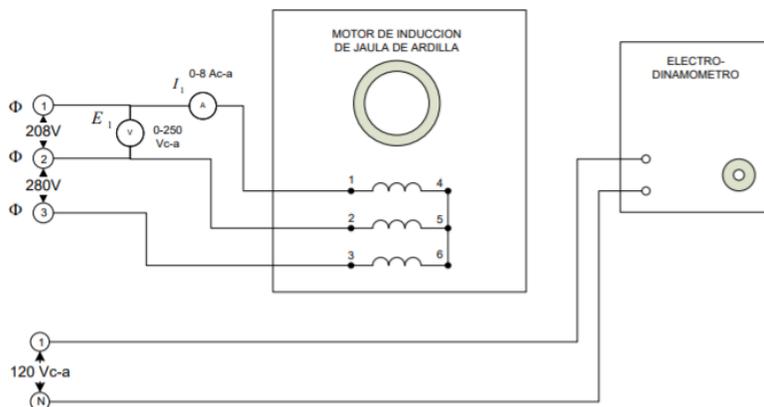


FIGURA 2

PRUEBA DE CONOCIMIENTOS

El reporte de la práctica debe incluir procedimiento teórico y operaciones donde se requiera.

1.- ¿Que es el electrodinamómetro?

2.- Cual es la diferencia de corriente entre estrella y triangulo.

3.- Con los resultados de la tabla 1, identifique si el sistema está en balanceado.

4.- Con los resultados obtenidos en la tabla 1, analice si la corriente es directa o inversamente proporcional a al torque aplicado.

5.- El motor de inducción de jaula de ardilla es una de las máquinas más seguras y más usadas en la industria. ¿Por qué?

CONCLUSIONES:

RECOMENDACIONES:

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y DE LA WEB:

(Libros):

[1] Máquinas Eléctricas, 5ED. FRAILE MORA JESÚS. EDIT: MC GRAW HILL.

[2] Introducción a maquinas eléctricas y transformadores. MC PHERSON, GEORGE.

[3] Experimento con equipos eléctricos

FIRMAS

--	--	--