

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONAÚTICO**

**CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA**

**Construcción de un módulo para el funcionamiento de motores de corriente continua (DC).**

**POR:**

**CBOS. TEC. AVC. Laica Chacón Freddy Eduardo**

**Trabajo de Graduación presentado como requisito para la obtención del título de:**

**TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA**

**2008**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. **CBOS. TEC. AVC. LAICA CHACÓN FREDDY EDUARDO**, como requerimiento previo a la obtención del Título de **TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA**.

-----  
**SR. ING. Pablo Pilatasig**

**DIRECTOR DEL PROYECTO**

Latacunga, 08 de Diciembre del 2008

## **DEDICATORIA**

Las páginas de este proyecto se las dedico especialmente a Dios, que con su gracia y su voluntad me ha brindado la oportunidad de culminar una mas de mis metas académicas.

A mis amados padres, Raúl y Carmen, y a mis dos hermanos Wilson y Byron, de los que siempre he recibido el apoyo sincero e incondicional, ellos son la inspiración por la cual siempre me esforzaré y seguiré adelante en las siguientes fases de mi vida.

Y a todos los que directa e indirectamente supieron transmitir sus palabras de confianza, motivación y conocimiento para la realización de este trabajo.

**CBOS. TEC. AVC. LAICA CHACÓN FREDDY**

## **AGRADECIMIENTO**

Mi eterna gratitud a nuestro padre Dios, que me ha permitido escalar un importante peldaño más, que pasa a constituir una base elemental para alcanzar logros superiores dentro de mi vida estudiantil.

A la Fuerza Aérea Ecuatoriana, que a través de la Escuela Técnica de la Fuerza Aérea (ETFA) y del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico (ITSA), permitió prepararme técnica e intelectualmente para así brindarme la oportunidad de alcanzar uno de los objetivos más significativos para mi futuro profesional.

Y por último mi agradecimiento más sincero a mis distinguidos docentes, quienes con mucho empeño y dedicación supieron impartir sus conocimientos en forma absoluta y hacer de mí una persona útil a la sociedad, y a la noble Institución a la cual me enorgullece pertenecer.

**CBOS. TEC. AVC. LAICA CHACÓN FREDDY**

# ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

Carátula.....	I
Certificación.....	II
Dedicatoria .....	III
Agradecimiento .....	IV
Índice de contenidos .....	V
Índice de anexos .....	X
Índice de tablas .....	XI
Índice de gráficos .....	XII
Resumen.....	XIV

## **CAPÍTULO I: el problema**

1.1 Planteamiento del problema .....	1
1.2 Formulación del problema .....	2
1.3 Justificación e importancia.....	3
1.4 Objetivos.....	4
1.5 Alcance.....	5

## **CAPÍTULO II: plan de investigación**

2.1 Modalidad básica de la investigación .....	5
2.2 Tipos de investigación .....	6
2.3 Niveles de investigación .....	6
2.4 Universo, población, y muestra.....	6
2.5 Métodos y técnicas de investigación .....	7
2.6 Recolección de datos.....	8
2.7 Procesamiento de la información.....	8
2.8 Análisis e interpretación de resultados .....	9
2.9 Conclusiones y recomendaciones .....	9

## CAPÍTULO III: marco teórico

3.1	Antecedentes de la investigación .....	10
3.2	Fundamentación teórica .....	11
3.2.1	Laboratorio.....	11
3.2.2	Máquina eléctrica.....	11
3.2.3	Tipos de máquinas eléctricas .....	12
3.2.4	Motor eléctrico .....	12
3.2.5	Campo eléctrico .....	13
3.2.6	Campo magnético.....	13
3.2.7	Campo electromagnético .....	14
3.2.8	Fuerza electromagnética .....	15
3.2.9	Fuerza electromotriz .....	15
3.2.10	Fuerza contraelectromotriz .....	16
3.2.11	Ley de Faraday.....	16
3.2.12	Ley de Lenz .....	17
3.2.13	Motor de corriente continua (Introducción) .....	18
3.2.14	Principio de funcionamiento del motor de d.c. ....	20
3.2.15	Operación de un motor de corriente continua (d.c.).....	22
3.2.16	Arranque de un motor de corriente continua (d.c.) .....	23
3.2.17	Reacción de la armadura.....	24
3.2.18	Regulación de velocidad.....	25
3.2.19	Perdidas en un motor de corriente continua .....	25
3.2.20	Inversión de dirección de giro en un motor de (d.c.).....	26
3.2.21	Tipos de motores de corriente continua (d.c.) .....	26
3.2.21.1	Motor de excitación serie .....	26
3.2.21.2	Motor en conexión derivación o shunt.....	27
3.2.21.3	Motor compound .....	28

## **CAPÍTULO IV: ejecución del plan de investigación**

4.1	Modalidad básica de la investigación .....	30
4.2	Tipos de investigación .....	30
4.3	Niveles de investigación .....	31
4.4	Universo, población, y muestra.....	31
4.5	Métodos y técnicas de investigación .....	32
4.6	Recolección de datos .....	34
4.7	Procesamiento de la información.....	34
4.8	Análisis e interpretación de resultados.....	34
	4.8.1 Análisis por pregunta realizada a alumnos .....	35
	4.8.2 Análisis por pregunta realizada a docentes .....	39
	4.8.3 Resultados del análisis .....	41
4.9	Conclusiones y recomendaciones .....	41
	4.9.1 Denuncia del tema .....	42

## **CAPÍTULO V: factibilidad del tema**

5.1	Técnica .....	43
	5.1.1 Fuentes de alimentación.....	44
	5.1.2 Motores de corriente continua (d.c.) .....	44
	5.1.3 Voltímetros.....	45
	5.1.4 Amperímetros .....	46
	5.1.5 Estructuras para los instrumentos.....	46
5.2	Legal.....	47
5.3	Apoyo.....	47
5.4	Recursos.....	47
	5.4.1 Recurso Humano .....	47
	5.4.2 Recurso Material.....	48
5.5	Presupuesto.....	48
	5.5.1 Costos Primarios.....	48
	5.5.2 Costos Secundarios.....	49
	5.5.3 Total de Gastos.....	49

## **CAPÍTULO VI: desarrollo del tema**

6.1	Material eléctrico utilizado en la construcción.....	50
6.1.1	Voltímetro .....	50
6.1.2	Amperímetro .....	51
6.1.3	Motor de corriente continua .....	51
6.1.4	Jacks de alimentación.....	52
6.1.5	Fusible .....	52
6.1.6	Terminales de Cable.....	53
6.1.7	Conductores eléctricos .....	53
6.1.8	Plugs tipo banana .....	54
6.1.9	Herramientas Utilizadas .....	54
6.1.10	Spaguetti.....	55
6.1.11	Borneras .....	55
6.2	Proceso de Construcción.....	56
6.2.1	Diseño de la estructura .....	56
6.2.2	Diagrama en bloques del módulo .....	56
6.2.3	Diagramas de conexiones .....	57
6.2.4	Construcción de la estructura .....	59
6.2.5	Pintado de la estructura .....	59
6.2.6	Instalación y conexión de los elementos.....	60
6.2.7	Marcación de Spaguetti .....	60
6.2.8	Armado del módulo.....	61
6.2.9	Rotulación del panel frontal .....	61
6.2.10	Construcción de cables para las conexiones.....	62
6.2.11	Prueba de operatividad del módulo .....	62
6.3	Manual de Operación del Módulo .....	63
6.4	Elaboración de guías de laboratorio .....	64
6.4.1	Guía de laboratorio N° 1 .....	64
6.4.2	Guía de laboratorio N° 2 .....	69
6.4.2	Guía de laboratorio N° 3 .....	73

## **CAPÍTULO VII: conclusiones y recomendaciones**

7.1	Conclusiones.....	78
7.2	Recomendaciones.....	79
	GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	80
	ABREVIATURAS.....	84
	BIBLIOGRAFÍA .....	85
	ANEXOS .....	86

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo "A"	Presupuesto para modernización de laboratorios (POA 2007) .....	87
Anexo "B"	Presupuesto para modernización de laboratorios (POA 2008) .....	88
Anexo "C"	Ficha de observación .....	89
Anexo "D"	Encuesta para alumnos.....	90
Anexo "E"	Encuesta para docentes.....	91
Anexo "F"	Documento de traslado de las fuentes de alimentación .....	92
Anexo "G"	Hoja de aceptación de usuario.....	93
Anexo "H"	Manual del módulo para el funcionamiento de motores d.c. ....	94

## ÍNDICE DE TABLAS

### CAPÍTULO IV: EJECUCIÓN DEL PLAN DE INVESTIGACIÓN

Tabla 4.1	Numero de los estudiantes de Electrónica .....	32
Tabla 4.2	Resultados pregunta 1 / Encuesta .....	35
Tabla 4.3	Resultados pregunta 2 / Encuesta .....	36
Tabla 4.4	Resultados pregunta 3 / Encuesta .....	37
Tabla 4.5	Resultados pregunta 4 / Encuesta .....	38

### CAPÍTULO V: FACTIBILIDAD DEL TEMA

Tabla 5.1	Fuentes de alimentación .....	44
Tabla 5.2	Motores de corriente continua (d.c.).....	44
Tabla 5.3	Voltímetros .....	45
Tabla 5.4	Amperímetros.....	46
Tabla 5.5	Estructuras para los instrumentos.....	46
Tabla 5.6	Recurso humano .....	47
Tabla 5.7	Recurso material .....	48
Tabla 5.8	Costos primario .....	48
Tabla 5.9	Costos secundarios.....	49
Tabla 5.10	Total de gastos.....	49

# ÍNDICE DE GRAFICOS

## CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO

Fig. 3.1	Líneas mostrando el campo magnético de un imán .....	14
Fig. 3.2	Regla de la mano derecha .....	21
Fig. 3.3	Fuerza que experimentan los conductores de la armadura en un motor bipolar de corriente continua.....	23
Fig. 3.4	Resistencia variable insertada en serie con el circuito de la armadura durante el arranque de un motor de d.c.....	24
Fig. 3.5	Motor en conexión Serie .....	27
Fig. 3.6	Motor en conexión Shunt .....	28
Fig. 3.7	Motor en conexión Compound .....	29

## CAPÍTULO IV: EJECUCIÓN DEL PLAN DE INVESTIGACIÓN

Fig. 4.1	Pastel de resultados pregunta 1 .....	35
Fig.4.2	Pastel de resultados pregunta 2.....	36
Fig.4.3	Pastel de resultados pregunta 3.....	37
Fig.4.4	Pastel de resultados pregunta 4.....	38

## CAPÍTULO VI: DESARROLLO DEL PROYECTO

Fig. 6.1	Diseño de la estructura .....	56
Fig. 6.2	Diagrama en bloques del módulo.....	57
Fig. 6.3	Diagrama de conexión de los bobinados del motor .....	57
Fig. 6.4	Instalación del fusible .....	58
Fig. 6.5	Instalación de los instrumentos de medición.....	58

## ÍNDICE DE FOTOS

Foto 6.1	Voltímetro analógico.....	50
Foto 6.2	Amperímetro analógico .....	51
Foto 6.3	Motor de corriente continua .....	51
Foto 6.4	Jacks de alimentación .....	52
Foto 6.5	Fusible.....	52
Foto 6.6	Terminales de conductor.....	53
Foto 6.7	Conductores eléctricos.....	53
Foto 6.8	Plugs tipo banana .....	54
Foto 6.9	Herramientas utilizadas.....	54
Foto 6.10	Spaguetti.....	55
Foto 6.11	Borneras.....	55
Foto 6.12	Construcción de la estructura.....	59
Foto 6.13	Pintado de la estructura .....	59
Foto 6.14	Instalación y Conexión de los elementos .....	60
Foto 6.15	Marcado de los Spaguettis.....	60
Foto 6.16	Armado del módulo .....	61
Foto 6.17	Rotulación del panel frontal.....	61
Foto 6.18	Construcción de cables para las conexiones .....	62
Foto 6.19	Prueba de operatividad del módulo.....	63

## RESUMEN

Con los conocimientos adquiridos en el ITSA, en la Carrera de Electrónica, Mención Instrumentación y Aviónica, y bajo los parámetros del Manual de Prácticas de LAb-Volt, este módulo ha sido construido con la intención principal de que los alumnos de la Institución dispongan de una herramienta que les permita entender correctamente el funcionamiento de los motores de corriente continua (d.c.), su constitución interna, principio de funcionamiento, y tipos de conexiones, eliminando la pérdida de tiempo y elevado costo que implica adquirir estos módulos, además de reforzar el equipamiento electrónico de la Institución, ya que aún no existe este tipo de módulos en los laboratorios de la Carrera de Electrónica. Luego de un estudio de alternativas de los componentes a utilizarse para la construcción de estos módulos, el factor determinante que incidió en la elección fue el económico, claro está, sin descuidar su eficiencia y durabilidad, ya que su empleo justifica satisfactoriamente la inversión realizada en el mismo. El módulo está armado en una caja de metal y posee un sistema de conexión eléctrica con montaje de dispositivos de medición y control que permitirán normalizar los parámetros propios del módulo y del motor. Con el fin de brindar una fácil operación del módulo se llevaron a cabo varias investigaciones y consultas en libros y manuales afines a Máquinas Eléctricas, logrando así elaborar una explicación detallada del proceso de construcción.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **“MEJORAMIENTO DE LOS LABORATORIOS DE ELECTRÓNICA DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO”**

#### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico se crea mediante Acuerdo Ministerial No 3237 del 08 de Noviembre de 1999, y fue publicado en la Orden General No 032 del 15 de Noviembre del mismo año, para posteriormente ser registrado en el Consejo Nacional de Educación Superior (CONESUP) con No 05-003, del 22 de Septiembre del 2000, Entre las Carreras que inició ofertando esta Institución, existió la Carrera de Aviónica, misma que duró hasta Septiembre del 2006, a partir de esa fecha cambia su denominación, y se abre el primer nivel de Electrónica con mención Instrumentación y Aviónica.

Actualmente para satisfacer las necesidades de los alumnos por adquirir nuevos conocimientos prácticos dentro de su especialidad, el “ITSA” posee laboratorios y talleres de Mecánica Aeronáutica, Electrónica y Telemática; tomando en cuenta la Carrera de Electrónica y específicamente al campo de Máquinas Eléctricas; luego de haber realizado una inspección visual del espacio físico de estos laboratorios se observó que casi en su totalidad existe el material y equipo necesario para cumplir con el plan académico, sin embargo en lo que concierne a Máquinas Eléctricas las condiciones no son las favorables para brindar una correcta capacitación a los estudiantes que utilizan estos medios como parte de su preparación académica.

Es evidente que la Institución no cuenta con la infraestructura (talleres y laboratorios), equipos e instrumentos para cumplir con el proceso de inter-aprendizaje dentro de esta rama, y que además no están acorde con la tecnología actual, problema que se origina por el transcurso del tiempo y falta de recursos económicos, ya que en Plan Operativo Anual (POA) de la Carrera de Electrónica de los años 2007 y 2008 (Ver Anexos “A” y “B”), en el presupuesto asignado para la modernización de los laboratorios no se toma en cuenta la adquisición de equipos o instrumentos afines a Máquinas Eléctricas.

Realmente no se pueden realizar las prácticas de laboratorio correctamente, puesto que a mas de que no existen los instrumentos y equipos necesarios, no se cuenta con una adecuada planificación para la utilización de los mismos de acuerdo al número de estudiantes.

Causas por las que los alumnos salen con conocimientos insuficientes en este campo ya que no están cumpliendo correctamente con la planificación académica, y por ende con el proceso de intrer-aprendizaje.

Razón suficiente por la que se justifica una acción inmediata para solucionar este inconveniente, de no hacerlo provocaría desprestigio en la Institución, ya que se estaría graduando profesionales con conocimientos insuficientes en este campo, por lo que es necesario optimizar los equipos e instrumentos relacionados a máquinas eléctricas existentes en los Laboratorios de la Carrera de Electrónica, con medidas eficientes y eficaces que permitan llevar un control periódico de mantenimiento garantizado, y de esta forma implementar el Laboratorio de Máquinas Eléctricas.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

¿Cuáles son las condiciones técnico-académicas a ser consideradas para mejorar el proceso de inter-aprendizaje sobre el funcionamiento de motores de corriente continua de los estudiantes de la Carrera de Electrónica?

### **1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.**

Dentro de la Carrera de Electrónica, sus actividades requieren un alto grado de profesionalismo que no admite errores, por lo cual se desarrolla un gran esfuerzo para capacitar alumnos con un elevado nivel de conocimientos , esto solo se logra gracias a la existencia de una excelente infraestructura (talleres y laboratorios) y recurso humano altamente calificado, para así graduar tecnólogos que estarán en capacidad de ejercer su profesión en cualquier institución o empresa relacionada con aviación.

En el mundo actual con el avance de la Ciencia y la Tecnología que día a día va desarrollando nuevos y mejores instrumentos, y equipos en el campo de la Electrónica, es preciso que el ITSA cuente con la optimización de los Laboratorios de la Carrera de Electrónica, ya que se mejoraría notablemente los conocimientos prácticos, porque se eliminaría la ineficiencia de los aparatos y la inseguridad de los estudiantes al realizar las prácticas, aspectos importantes para en el futuro poder ofertar una educación de calidad en la Institución.

Permitiendo así que el ITSA cumpla su misión de formar los mejores profesionales aeronáuticos íntegros y competitivos, a través de su aprendizaje aportando así al desarrollo del País, y llegar a cumplir con el Objetivo de ser el mejor Instituto de Educación Superior a nivel Nacional y Latinoamericano.

Por todo lo expuesto anteriormente es preciso e importante la Optimización del Laboratorio de Máquinas Eléctricas en la Carrera de Electrónica.

## **1.4 OBJETIVOS.**

### **GENERAL.**

Implementar un Laboratorio de Máquinas Eléctricas, mediante la Construcción de Módulos Instructivos, para mejorar el proceso de inter-aprendizaje de los estudiantes de la Carrera de Electrónica del "ITSA".

### **ESPECÍFICOS.**

- Analizar la situación actual de los laboratorios de Electrónica para conocer cual es el área (laboratorio o taller) que podría ser utilizado para la instalación de los módulos o equipos electrónicos a construirse.
- Recopilar y procesar información necesaria para conocer que tipo de módulos y equipos son prioritarios construir para que los estudiantes eleven sus conocimientos prácticos, para posteriormente seleccionar uno de ellos.
- Realizar un estudio minucioso y detallado para seleccionar los mejores componentes que serán utilizados en la construcción de los módulos.

## **1.5 ALCANCE.**

El presente proyecto de investigación está dirigido a los alumnos militares y civiles, así como también a los instructores académicos de la Carrera de Electrónica del "ITSA".

El mismo que contará con un laboratorio de Máquinas Eléctricas optimizado que prestará un mejor sistema de inter-aprendizaje con instrumentos y equipos que serán actualizados con un proceso adecuado, de esta manera se beneficiara a docentes y estudiantes de 4<sup>to</sup> nivel de la Carrera de Electrónica.

## CAPÍTULO II

### PLAN DE INVESTIGACIÓN

El presente proyecto de investigación será desarrollado mediante la utilización de procedimientos lógicos concernientes a las diferentes Modalidades, Tipos, Niveles, Métodos, y Técnicas de Investigación dirigidos al mejoramiento de los Laboratorios de la Carrera de Electrónica del "ITSA", los que se especifican a continuación.

#### 2.1 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN.

Se ha determinado que será preciso utilizar las modalidades de **campo no participante**, ya que se llevará a cabo en el lugar donde se origina el problema, es decir en los Laboratorios de la Carrera de Electrónica, esto nos permitirá conocer cuáles son las condiciones técnico-académicas a ser consideradas para mejorar el proceso de inter-aprendizaje, así también se podrá establecer contacto directo con los docentes y estudiantes para comprender el funcionamiento actual de los mismos, sin intervenir en su actividades normales.

Así mismo se utilizará la **Bibliografía Documental** la misma que permitirá realizar una detallada investigación, proceso que se basará en la búsqueda de información necesaria que permita dar solución al problema expuesto, para lo cual será útil investigar en bibliotecas y documentos donde se guarda información relacionada a los Laboratorios de Electrónica, esta información nos servirá posteriormente para desarrollar el marco teórico.

#### 2.2 TIPOS DE INVESTIGACIÓN.

Se utilizará la investigación **no experimental** porque las variantes no pueden ser intervenidas, es evidente que el transcurso del tiempo y la falta de un adecuado proceso de actualización permanente, produce efectos en el aprendizaje de los

estudiantes de la Carrera de Electrónica.

También se utilizará una **investigación cuasi experimental**, ya que nos permitirá de una u otra manera una manipulación en forma deliberada de los laboratorios, para conocer mejor sus capacidades y necesidades.

### **2.3 NIVELES DE LA INVESTIGACIÓN.**

Se realizará una **investigación exploratoria**, ya que nos permitirá identificar el problema y examinarlo mediante la aplicación de otros procedimientos lógicos de investigación complementarios, a través de la observación, encuestas y de ser necesario las entrevistas partiendo de una muestra, como son los docentes y estudiantes de la Carrera de Electrónica, permitiendo así plantear y desarrollar de mejor manera la investigación.

La **Investigación descriptiva** nos permitirá describir el problema en estudio, detallando las situaciones en forma pormenorizada, es decir como es y como se manifiesta la carencia de adecuados laboratorios de Electrónica en el "ITSA".

La **investigación Correlacional o explicativa**, ayudará a medir el grado de relación existente entre las causas y los efectos de los diferentes problemas existentes en los laboratorios.

### **2.4 UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA.**

Para obtener los mejores resultados estadísticos de la investigación será necesario señalar que el universo son los docentes y alumnos de la Carrera de Electrónica, teniendo como población investigada a los estudiantes que reciben la materia de Máquinas Eléctricas, se realizará mediante el muestreo aleatorio estratificado, ya que serán seleccionados los alumnos que cursan el cuarto nivel de la Carrera de Electrónica, a quienes beneficiará el presente el proyecto.

## 2.5 MÉTODOS Y TÉCNICAS DE LA INVESTIGACIÓN.

### MÉTODOS.

Es necesario partir del **análisis** para determinar el propósito de la investigación ya que mediante este método se estudiará cada uno de los elementos que forman parte del problema expuesto. El análisis permitirá descomponer el problema para analizar individualmente sus causas y efectos, cabe indicar que los componentes de esta investigación serán los docentes y estudiantes de la Carrera de Electrónica.

A continuación la **síntesis**, nos permitirá unir todos los criterios alcanzados en el análisis y lograr una idea general asegurando de este modo una hipótesis general planteada, para en lo posterior determinar conclusiones y recomendaciones.

### TÉCNICAS.

La **observación** ayudará a obtener información, que servirá como base para el desarrollo de la investigación, las técnicas recomendables a utilizarse son:

La **Observación documental**, permitirá el reconocimiento documental bibliográfico que ayudará a construir el marco teórico.

La **Observación de campo**, se realizará en los laboratorios de la Carrera de Electrónica del "ITSA"; lugar en el que se producen los hechos a través del contacto directo con el personal docente y estudiantes que laboran en los mismos.

La **Observación indirecta**, porque el objeto de estudio se realizará desde fuera, sin dificultar el desenvolvimiento normal del personal.

Es importante señalar que se hará uso de la ficha de observación como instrumento de recopilación para obtener una mejor visión de la situación actual de

los Laboratorios de la Carrera de Electrónica.

La **Encuesta** permitirá recopilar información pormenorizada de las condiciones actuales de los laboratorios cabe señalar que esta encuesta será de tipo **Auto-administrada**, será elegida como la mas idónea para llegar a conocer mejor cada uno de los criterios de los estudiantes y realizar un análisis mediante el uso del cuestionario.

Esta actividad metodológica se aplicará al personal de docentes como de estudiantes logrando así abarcar todos los aspectos existentes para de esa manera dar solución al problema expuesto.

## **2.6 RECOLECCIÓN DE DATOS.**

Para establecer los resultados de la investigación, los datos que se obtendrán mediante las fichas de observación y las encuestas serán tabulados y se procesaran por medio de tablas estadísticas y representaciones gráficas para obtener una mejor visión del problema y a su vez sea más comprensible.

Posteriormente se llevará a cabo un análisis minucioso y critico de toda la información recolectada, la misma que nos permitirá dar soluciones al problema planteado en el presente proyecto de investigación.

## **2.7 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.**

Para el procesamiento de los resultados se tomará en cuenta los datos que arrojen las encuestas, y se realizará mediante los siguientes pasos:

- Revisión crítica de la información recogida.
- Depuración de la información defectuosa.
- Uso del Programa SPSS, para el procesamiento de los datos, para que puedan ser analizados.

## 2.8 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

El **análisis** se lo ejecutará de acuerdo a la información obtenida en todo el proceso de investigación, esta ayudará a determinar la situación actual de los laboratorios, y permitirá establecer si en la investigación realizada se logrará cumplir con los objetivos planteados.

La **interpretación** se la llevará a cabo mediante la aplicación del programa SPSS, el cual nos permitirá una visión más clara de los problemas y necesidades que atraviesan los Laboratorios, mediante representaciones gráficas.

Para la elaboración de las encuestas se recurrirá a las preguntas más simples, ya que estas no permiten posibles respuestas, razonamientos o conjeturas superficiales que impedirán una clara visión de los resultados.

## 2.9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

**CONCLUSIONES.-** La información que se obtendrá sobre como mejorar los laboratorios de la Carrera de Electrónica del "ITSA" permitirá analizar la situación real de cada uno de los laboratorios, y orientarnos específicamente a uno para posteriormente **concluir** y determinar las mejores alternativas para dar solución al problema.

**RECOMENDACIONES.-** Será necesario y prioritario tomar en cuenta todos los factores analizados que puedan servir, antes de establecer las **recomendaciones** necesarias.

## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO

#### 3.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

De acuerdo a una indagación previa en la biblioteca de la Institución, se encontró dos tesis relacionadas a nuestro tema de investigación, mismas que se detallan a continuación:

- Proyecto de Grado presentado el 18-DIC-2001, realizada por los Cbos. Moreno Wilmer y Cbos. Vinueza Xavier.<sup>1</sup>

**Tema:** Implementación del laboratorio de Máquinas Eléctricas en el ITSA, mediante la construcción de módulos didácticos para prácticas en máquinas de corriente alterna y elaboración de guías de laboratorio.

Se implementó el laboratorio de Máquinas Eléctricas, construyendo dos módulos didácticos para máquinas de corriente alterna marca LAWSON de 1,3 HP a 1800 rpm, contactores, selectores de 3 posiciones, temporizadores ON DELAY y OFF DELAY, pulsadores de paro y de marcha.

- Proyecto de grado presentado el 2002, realizada por el Atro. Lema Diego y Atro. Castillo Luis.

**Tema:** Construcción de una rebobinadora semiautomática para el taller de máquinas eléctricas.

---

<sup>1</sup> Proyecto de Grado No 019 de Electrónica 2001

Se construyó una máquina rebobinadora semiautomática para el taller de máquinas eléctricas y un manual para su utilización, se utilizaron moldes de bobinas, un motor de ½ HP, Contactores, PLCs, selector de giro, piñones.<sup>2</sup>

## **3.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.**

### **GENERALIDADES**

#### **3.2.1 Laboratorio.**

Un laboratorio es un lugar equipado con diversos instrumentos de medición o equipos donde se realizan experimentos o investigaciones diversas concernientes a la Electrónica o asignaturas relacionadas.

#### **3.2.2 Máquina eléctrica.**

Es un aparato que transforma la energía eléctrica en energía mecánica o viceversa, pero con una presentación distinta, pasando esta energía por una etapa de almacenamiento en un campo magnético. La mayoría de las máquinas DC son semejantes a las máquinas de AC, porque tienen voltajes y corrientes AC dentro de ellas.

Una máquina eléctrica tiene un circuito magnético y dos circuitos eléctricos. Normalmente uno de los circuitos eléctricos se llama excitación, porque al ser recorrido por una corriente eléctrica produce las ampervueltas necesarias para crear el flujo establecido en el conjunto de la máquina.<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> Proyecto de Grado No 021 de Electrónica 2002

<sup>3</sup> Máquinas Eléctricas, Tercera edición, Bhag Curu (Pag. 483).

### 3.2.3 Tipos de máquinas eléctricas.

Se clasifican en tres grandes grupos: generadores, motores y transformadores.

- Los **generadores** transforman energía mecánica en eléctrica.
- Los **motores** transforman la energía eléctrica en mecánica haciendo girar un eje.
- Los **transformadores y convertidores** conservan la forma de la energía pero transforman sus características.

Desde una visión mecánica, se pueden clasificar en:

- **Máquinas rotativas.**- están provistas de partes giratorias, como los dinamos, alternadores, motores. Poseen una parte fija llamada estator y una parte móvil llamada rotor, normalmente el rotor gira en el interior del estator. Al espacio de aire existente entre ambos se le denomina entrehierro.
- **Máquinas estáticas.**- no disponen de partes móviles, como los transformadores.

### 3.2.4 Motor eléctrico.

Es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica, principalmente mediante el movimiento rotatorio. En la actualidad existen nuevas aplicaciones con motores eléctricos que no producen movimiento rotatorio, sino que con algunas modificaciones, ejercen tracción sobre un riel.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

### 3.2.5 Campo eléctrico.

El **campo eléctrico** es el modelo que describe la interacción entre cuerpos y sistemas con propiedades de naturaleza eléctrica. Matemáticamente se lo describe como un campo vectorial en el cual una carga eléctrica puntual de valor "q" sufrirá los efectos de una fuerza mecánica "F" que vendrá dada por la siguiente ecuación:

$$\vec{F} = q\vec{E}$$

Esta definición indica que el campo no es directamente medible, sino a través de la medición de la fuerza actuante sobre alguna carga. La idea de campo eléctrico fue propuesta por Michael Faraday al demostrar el principio de inducción electromagnética en el año 1832.<sup>5</sup>

### 3.2.6 Campo magnético.

Se denomina campo magnético a la región que rodea a un imán, en la que se manifiestan las fuerzas magnéticas.

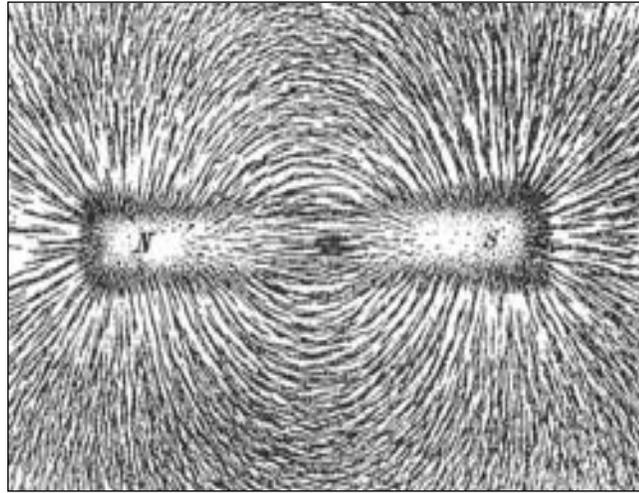
Estas fuerzas se ejercen en las direcciones marcadas por la agrupación de las limaduras, que según vemos en la Fig.3.1 tienen forma curva y van de un polo siendo conocidas con la denominación de líneas de fuerza.

Entre los dos polos de un imán puede establecerse algunas diferencias, lo que se puede comprobar si disponemos de una pieza ligera imantada, suspendida en un eje de manera que pueda girar libremente, se observa que se orientara en forma que uno de sus extremos se dirige hacia el polo norte de la Tierra, y el otro hacia el sur. Si desplazamos a otro lugar el conjunto imantado por la aguja imantada y su eje de giro, comprobaremos que es el mismo extremo el que se dirige hacia el polo norte, bajo este principio funcionan las agujas de orientación.

---

<sup>5</sup> [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

Por pequeños que sean los trozos en que se divida un imán, en cada uno de los extremos de cada trozo existirá un polo N. y un polo S.<sup>6</sup>



**Fig. 3.1-** La atracción del imán sobre las limaduras de hierro se manifiesta con más intensidad en sus extremos denominados polos

**Fuente:** La electricidad en 20 lecciones, sexta edición, Barona José

### 3.2.7 Campo electromagnético

Un Campo electromagnético es un campo físico, de tipo tensorial, que afecta a partículas con carga eléctrica. Fijado un sistema de referencia se puede descomponer convencionalmente el campo electromagnético en una parte eléctrica y en una parte magnética. Sin embargo, un observador en movimiento relativo respecto a ese sistema de referencia medirá efectos eléctricos y magnéticos diferentes, lo cual ilustra la relatividad de lo que llamamos parte eléctrica y parte magnética del campo electromagnético. Como consecuencia de lo anterior se obtiene que ni el "vector" campo eléctrico ni el "vector" de inducción magnética se comportan genuinamente como magnitudes físicas de tipo vectorial, sino que juntos constituyen un tensor para el que sí existen leyes de transformación físicamente esperables.<sup>7</sup>

---

<sup>6</sup> La electricidad en 20 lecciones, Sexta edición, Barona José, (Pag. 38)

<sup>7</sup> [www.Wikipeda.com](http://www.Wikipeda.com)

### **3.2.8 Fuerza electromagnética.**

Cuando un conductor eléctrico por el que pasa una corriente eléctrica está sometido a un campo magnético, se observa sobre él una fuerza que es perpendicular a la corriente que circula y al propio campo magnético.

### **3.2.9 Fuerza electromotriz.**

Toda causa que es capaz de alterar el movimiento o reposo de un cuerpo, es conocida con el nombre de fuerza. Si el cuerpo está quieto lo pondrá en movimiento. Si está moviéndose puede detenerlo o bien modificar su velocidad o la dirección de su movimiento.

Supongamos formado un circuito eléctrico constituido por cuerpos en los que una causa externa puede producir el desplazamiento de sus electrones, por ejemplo, un trozo de hilo de cobre.

Esta fuerza motriz puede ser suministrada por una pila, el movimiento de los electrones constituye lo que se denomina corriente eléctrica. La fuerza necesaria para producir el movimiento de los electrones es la fuerza electromotriz y esta producida por un generador intercalado en el circuito eléctrico.

La corriente eléctrica producida por el desplazamiento de electrones requiere la acción de una fuerza electromotriz producida por una diferencia de potencial entre los dos extremos del circuito.

La intensidad de la corriente eléctrica depende también de la mayor o menor facilidad (resistencia eléctrica), ofrecida por el cuerpo por el que han de desplazarse los electrones, que en general es un hilo metálico. La unidad de medida de la fuerza electromotriz es el voltio (V).<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> La electricidad en 20 lecciones, Sexta edición, Barona Jose, (Pag. 13)

### **3.2.10 Fuerza contraelectromotriz.**

La fuerza contra-electromotriz se define como una característica de los receptores que mide en voltios la energía que consume el mismo por unidad de carga, se opone al paso de la corriente eléctrica en los devanados de un motor de inducción, reduciendo después de unos milisegundos el consumo de la misma.

### **3.2.11 Ley de Faraday.**

Un importante descubrimiento, base de los que posteriormente han conducido al estado actual de la maquinaria eléctrica, fue el realizado en Inglaterra por el celebre experimentador Faraday en 1831.

Imaginemos un carrete de madera fina, con un orificio longitudinal de unos 30 mm. de diámetro, sobre el que esta devanado una bobina B, formada por unas 1000 espiras de hilo de cobre de 0,4 mm. de diámetro aislado con doble capa de algodón y se une a sus extremos un aparato formado por otra pequeña bobina que tiene en su interior una aguja imantada, capaz de moverse cuando pasa corriente por la bobina que la rodea.

Cuando el imán permanece inmóvil, ya sea en interior o en el exterior del carrete, la aguja también permanece inmóvil.

Cuando se introduce el imán en la bobina del carrete, la aguja se desvía de su posición de equilibrio en un sentido y cuando se saca al exterior lo hace en sentido contrario.

Otra experiencia permitió a este científico confirmar la analogía entre las acciones ejercidas por los imanes y los circuitos recorridos por la corriente eléctrica.

En el experimento anterior al sustituir el imán por otra bobina B', cuyos extremos se conectaran a una pila, con el objeto de que circule una corriente eléctrica por esta bobina, como no existe conexión eléctrica entre la bobina y el imán del primer experimento ni entre las dos bobinas del segundo, bastando variar la posición de uno con respecto a otro o bien invertir la dirección de la corriente para que se establezca una corriente en la bobina del primer experimento

Michael Faraday de estos dos fenómenos dedujo las siguientes:

- Cuando el imán se desplaza hacia la bobina y se introduce en el interior de la misma se crea o induce una corriente eléctrica.
- La corriente es de dirección contraria cuando el movimiento del imán es de dirección contraria, alejándose de la bobina.<sup>9</sup>

### **3.2.12 Ley de Lenz.**

Los estudios sobre inducción electromagnética, realizados por Michael Faraday nos indican que en un conductor que se mueva cortando las líneas de fuerza de un campo magnético se produciría una fuerza electromotriz (fem) inducida y si se tratase de un circuito cerrado se produciría una corriente inducida. Lo mismo sucedería si el flujo magnético que atraviesa al conductor es variable.

La Ley de Lenz nos dice que las fuerzas electromotrices o las corrientes inducidas serán de un sentido tal que se opongan a la variación del flujo magnético que las produjo. Esta ley es una consecuencia del principio de conservación de la energía.

La polaridad de una fem inducida es tal, que tiende a producir una corriente, cuyo campo magnético se opone siempre a las variaciones del campo existente producido por la corriente original.

---

<sup>9</sup> La electricidad en 20 lecciones, Sexta edición, Barona Josè, (Pag. 46)

El flujo de un campo magnético uniforme a través de un circuito plano viene dado por:

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha$$

Donde:

- $\Phi$  = Flujo magnético. La unidad en el SI es el weber (Wb).
- $B$  = Inducción electromagnética. La unidad en el SI es el tesla (T).
- $S$  = Superficie del conductor.
- $\alpha$  = Ángulo que forman el conductor y la dirección del campo.<sup>10</sup>

## **MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA.**

### **3.2.13 Introducción.**

Anteriormente se explicó que un generador es una máquina que convierte energía mecánica en eléctrica, y un motor es una máquina que convierte energía eléctrica en energía mecánica, no existe ninguna diferencia entre la construcción u operación de ambas máquinas, en realidad la misma máquina se puede utilizar como motor o como generador.

Cuando una máquina convierte energía eléctrica que no varía en el tiempo en energía mecánica recibe el nombre de motor de corriente continua (d.c.). Cuando la mayor parte de la energía eléctrica que se genera, transmite y consume tiene la forma de corriente alterna (a.c.), el uso de un motor de corriente continua requiere la instalación de equipo adicional para convertir la a.c. en d.c.. Para justificar el costo adicional de un conmutador por un lado, y la instalación de convertidores de a.c. en d.c. por otro lado solamente puede ponerse en servicio un motor de d.c. cuando su rendimiento supere al de un motor de a.c., Por rendimiento superior se entiende que un motor de d.c. es

---

<sup>10</sup> [www.Wikipeda.com](http://www.Wikipeda.com)

capaz de realizar lo no puede hacerse fácilmente con un motor de a.c. Por ejemplo, un motor de d.c. es capaz de desarrollar un par de arranque varios órdenes de magnitud mayor que un motor de a.c. de tamaño comparable. Un motor de d.c. puede operar a velocidades que no puede alcanzar un motor de a.c.

Los motores de d.c. se usan extensamente en sistemas de control como equipos de posicionamiento debido a que tanto su velocidad como su par pueden controlarse con precisión en un rango muy amplio.

La principal característica del motor de corriente continua es la posibilidad de regular la velocidad desde vacío a plena carga. Por supuesto, un motor de corriente continua es la elección lógica cuando se dispone de una fuente de energía de d.c.

La unidad nominal para especificar la potencia de salida de un motor de d.c. es el caballo de fuerza (1hp= 746w). Los motores de d.c. se construyen en tamaños que varían de las fracciones de caballo de fuerza a más de 1000 caballos de fuerza, algunas aplicaciones de los motores de d.c. incluyen automóviles, barcos, aviones, computadoras, impresoras, robots, etc.<sup>11</sup>

Una máquina de corriente directa (generador o motor) se compone principalmente de dos partes:

1. **Estator.-** Es el que da soporte mecánico al aparato y tiene un hueco en el centro generalmente de forma cilíndrica, en el estator además se encuentra los polos, que pueden ser de imanes permanentes o devanados con hilo de cobre sobre núcleo de hierro.
2. **Rotor.-** Es generalmente de forma cilíndrica, también devanado y con núcleo, al que llega la corriente mediante dos escobillas.

---

<sup>11</sup> Máquinas Eléctricas, Tercera edición, Bhag Guru (Pag. 352)

### **3.2.14 Principio de funcionamiento del motor de corriente continua.**

Según la segunda Ley de Lorentz, un conductor por el que pasa una corriente eléctrica que causa un campo magnético a su alrededor tiende a ser expulsado si se le quiere introducir en otro campo magnético.

Vale la pena agregar en el caso de las direcciones de la inducción magnética, la fuerza en la que se moverá el conductor como también el sentido de circulación de la corriente, se pueden definir con la Regla de la Mano Derecha de Fleming.

#### **Regla de la mano derecha.**

La regla o ley de la mano derecha es un convenio para denominar direcciones vectoriales, y tiene como base los planos cartesianos. Se emplea prácticamente en dos maneras; la primera principalmente es para direcciones y movimientos vectoriales lineales, y la segunda para movimientos y direcciones rotacionales.

#### **1º Ley: Dirección asociada con un par ordenado de direcciones.**

La primera aplicación está basada en la práctica ilustración de los tres dedos consecutivos de la mano derecha, empezando con el pulgar, índice y finalmente el dedo medio, los cuales se posicionan apuntando a tres diferentes direcciones perpendiculares. Se inicia con la palma hacia arriba, y el pulgar determina la primera dirección vectorial. El ejemplo más común es el producto vectorial.

## 2º Ley: Dirección asociada a una rotación.

La segunda aplicación, como está más relacionada al movimiento rotacional, el pulgar apunta a una dirección mientras los demás dedos declaran la rotación natural. Esto significa, que si se coloca la mano cómodamente y el pulgar apuntara hacia arriba, entonces el movimiento o rotación es mostrado en una forma contraria al movimiento de las manecillas del reloj.

Regla de la mano derecha para determinar el sentido de la FEM inducida (corriente convencional)

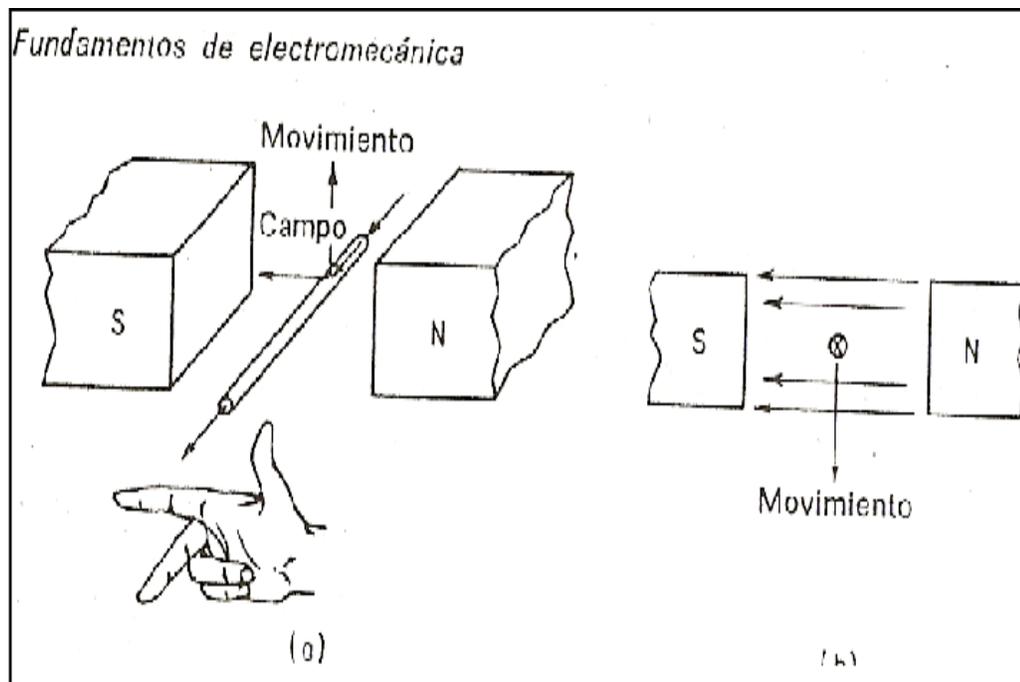


Fig. 3.2 Regla de la Mano derecha

Fuente: Máquinas eléctricas, Tercera edición. Bhag Guru. (Pag. 354)

### 3.2.15 Operación de un motor de corriente continua.

Puesto que no hay ninguna diferencia entre la construcción de un generador de d.c. y la de un motor de d.c., por consiguiente existen tres tipos generales de motores de d.c.: shunt, serie, y compound. El motor de imanes permanentes (PM, *permanent-magnet*), es un caso especial de un motor shunt con densidad de flujo uniforme (constante). También se puede tener un motor con excitación independiente si se usa una fuente auxiliar para el devanado del campo. No es práctico emplear dos fuentes de energía eléctrica, una para el devanado del campo y otra para el circuito de la armadura, de modo que el motor con excitación independiente prácticamente no existe. Sin embargo un motor con excitación independiente puede tratarse como un caso especial de un motor shunt.<sup>12</sup>

En un motor de d.c. se crea un campo magnético mediante sus polos. Los conductores de la armadura se ven forzados a conducir corriente por medio de la conexión a una fuente de energía de d.c. (suministro), como se muestra en la Fig. 3.3, el conmutador mantiene la misma dirección de la corriente en los conductores bajo cada polo, tal es en esencia el principio de operación de un motor de d.c. Todos los conductores situados en la periferia de un motor de d.c. están sujetos a esa fuerza como se aprecia en la figura. Además la fuerza ocasiona que la armadura gire en el sentido de las manecillas del reloj. Por tanto *la armadura de un motor de d.c. gira en dirección del par desarrollado por el motor*. Por ello el par que desarrolla el motor se llama par impulsor. Observe que el par desarrollado por los conductores situados en la armadura de un generador de d.c. va en dirección opuesta a su movimiento. Por ende puede denominarse por retardador.

La magnitud del par promedio que desarrolla esa fuerza debe ser la misma en ambas máquinas, pues no importa si la corriente es forzada a través

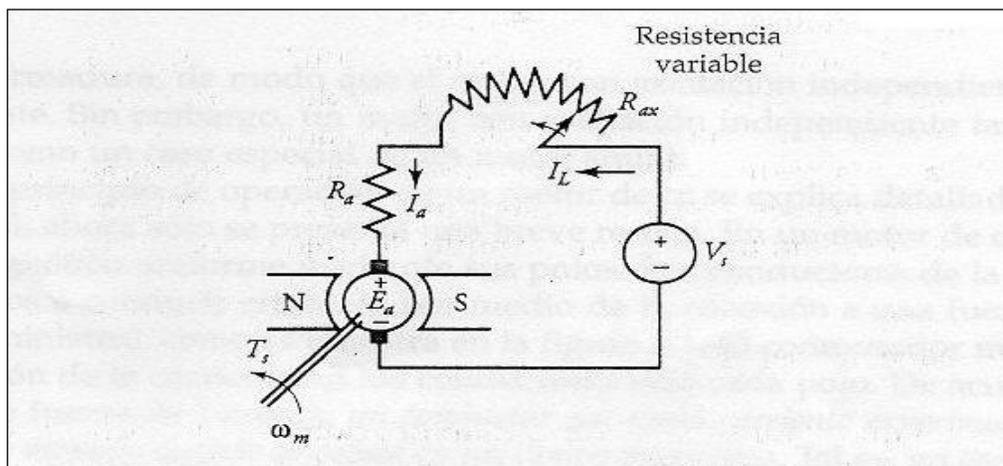
---

<sup>12</sup> Maquinas eléctricas, Tercera edición. Bhag Guru. (Pag. 354)

de los conductores de la armadura por una fuente de energía eléctrica externa o es resultado de la FEM inducida en los conductores.

### 3.2.16 Arranque de un motor de corriente continua.

En el momento del arranque, la fuerza contraelectromotriz en el motor vale cero porque la armadura no está girando. Para un valor pequeño de la resistencia  $R$  del circuito de la armadura, la corriente de arranque en armadura será sumamente alta si el valor especificado de  $V_s$  se aplica a través de las terminales de la armadura. La corriente en exceso puede causar un daño permanente a los devanados de la armadura, por tanto, *un motor de d.c. nunca debe arrancarse a su voltaje especificado*. Con objeto de arrancar un motor de corriente continua debe agregarse una resistencia en serie con el circuito de la armadura como se observa en la Fig. 3.4 para un motor tipo PM ( imán permanente ), la resistencia externa se reduce en forma gradual a medida que la armadura aumenta su velocidad. Finalmente, cuando alcanza su velocidad normal, la resistencia externa se elimina del circuito de la armadura.<sup>13</sup>



**Fig. 3.3 Fuerza que experimentan los conductores de la armadura en un motor bipolar de corriente continua.**

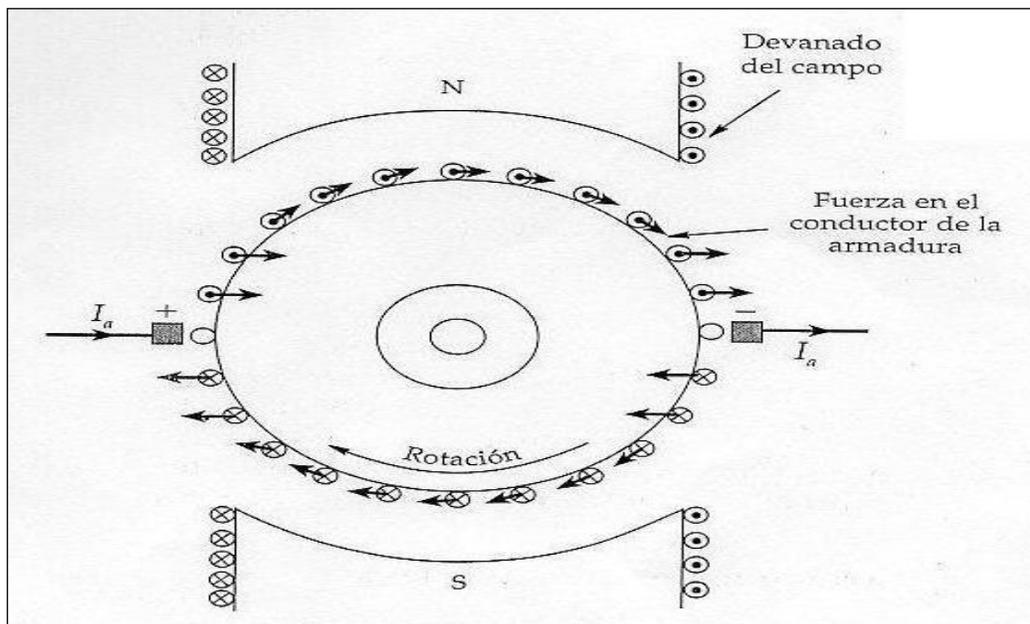
**Fuente:** Máquinas eléctricas, Tercera edición. Bhag Guru.

<sup>13</sup> Maquinas eléctricas, Tercera edición. Bhag Guru. (Pag. 355)

### 3.2.17 Reacción de la armadura.

El campo creado por la corriente en la armadura en un motor de d.c. tiene dirección opuesta al producido por la corriente de la armadura de un generador de d.c. Como las escobillas se adelantan para garantizar una buena conmutación en un generador de d.c. En un motor de d.c. deben tratarse de la misma forma.

Si una máquina de corriente directa tiene interpolos, las polaridades de estos para el motor de d.c. deben ser opuestas a las de un generador de d.c. como los interpolos llevan corriente de la armadura y esta se encuentra en la dirección opuesta, las polaridades de los interpolos se invierten automáticamente. Lo mismo se cumple para los devanados de compensación. Así no se necesita emprender acción alguna cuando se utiliza como motor de d.c. un generador de d.c. diseñado con interpolos o devanados compensadores.



**Fig. 3.4 Resistencia variable insertada en serie con el circuito de la armadura durante el arranque de un motor tipo PM de corriente directa.**

Fuente: Máquinas eléctricas, Tercera edición. Bhag Guru.

### **3.2.18 Regulación de velocidad.**

La corriente en la armadura de un motor se incrementa con la carga. Para un voltaje aplicado constante, el incremento en la corriente de la armadura ocasiona una disminución en la fuerza contraelectromotriz, lo que origina una caída en la velocidad del motor. La regulación de la velocidad es una medida del cambio en la velocidad a plena carga se expresa como porcentaje de su velocidad a plena carga, se llama regulación porcentual de la velocidad. (RV%).

Al avanzar en el análisis de los motores de d.c. se observa que:

- a) Un motor serie es de velocidad variable debido a que su regulación de velocidad es muy alta.
- b) Un motor shunt es esencialmente de velocidad constante porque su regulación de velocidad es muy baja.
- c) Un motor compound es de velocidad variable porque su regulación de velocidad es mayor que la del motor shunt.<sup>14</sup>

### **3.2.19 Pérdidas en un motor de corriente continua.**

La potencia de entrada a un motor de d.c. es eléctrica, y la de salida es mecánica. La diferencia entre la potencia de entrada y la de salida es la pérdida de potencia. Un motor de d.c. presenta las mismas pérdidas de potencia de un generador de d.c.

Cuando se suministra potencia a un motor, una parte significativa se disipa en la resistencia de la armadura y los devanados del campo como pérdidas en el cobre. El motor convierte la potencia restante (potencia

---

<sup>14</sup> Máquinas eléctricas, Tercera edición, Bhag Guru. (Pag. 356)

desarrollada) en potencia mecánica. Una parte de la potencia desarrollada se consume por la pérdida por rotación. La diferencia es la potencia mecánica neta disponible en el eje del motor.<sup>15</sup>

### **3.2.20 Inversión de dirección de giro en un motor de corriente continua.**

Para invertir la dirección de rotación en cualquier motor de d.c., es necesario invertir la corriente que pasa por la armadura con respecto a la corriente del circuito del campo magnético. Para el motor derivación o serie esto se hace simplemente invirtiendo las conexiones ya sea del circuito de armadura con respecto al de campo o viceversa. Si se invierten ambas conexiones se produce la misma dirección de rotación.

### **3.2.21 Tipos de motores de corriente continua.**

Los motores de corriente continua se clasifican según la forma como estén conectados, en:

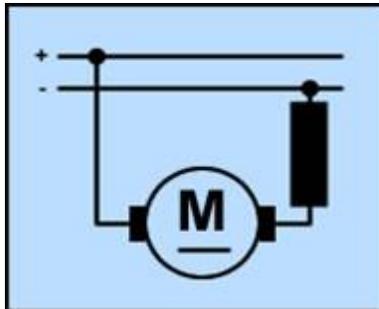
**3.2.21.1 Motor en conexión serie.-** Es un tipo de motor eléctrico directa en el cual el devanado de campo (campo magnético principal) se conecta en serie con la armadura. Este devanado está hecho con un alambre grueso porque tendrá que soportar la corriente total de la armadura.

Debido a esto se produce un flujo magnético proporcional a la corriente de armadura (carga del motor). Cuando el motor tiene mucha carga, el campo de serie produce un campo magnético mucho mayor, lo cual permite un esfuerzo de torsión mucho mayor. Sin embargo, la velocidad de giro varía dependiendo del tipo de carga que se tenga (sin carga o con carga completa).

---

<sup>15</sup> Maquinas eléctricas, Tercera edición. Bhag. Guru. (Pag. 356)

Estos motores desarrollan un par de arranque muy elevado y pueden acelerar cargas pesadas rápidamente.



**Fig. 3.5 Motor en conexión Serie**

Fuente: [www.Wikipeda.com](http://www.Wikipeda.com)

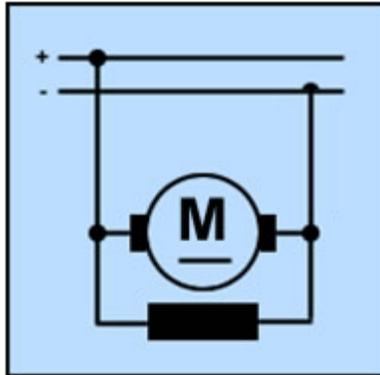
**3.2.21.2 Motor en conexión derivación o shunt.-** (o motor de excitación paralelo) Es un motor de corriente directa cuyo bobinado inductor principal está conectado en derivación con el circuito formado por los bobinados inducido e inductor auxiliar.

Al igual que en los dínamos shunt, las bobinas principales están constituidas por muchas espiras y con hilo de poca sección, por lo que la resistencia del bobinado inductor principal es muy grande.

En el instante del arranque, el par motor que se desarrolla es menor que el motor serie, (también uno de los componentes del motor de corriente continua). Al disminuir la intensidad absorbida, el régimen de giro apenas sufre variación.

Es el tipo de motor de corriente directa cuya velocidad no disminuye más que ligeramente cuando el par aumenta. Los motores de corriente directa en derivación son adecuados para aplicaciones en donde se necesita velocidad constante a cualquier ajuste del control o en los casos en que es necesario un rango apreciable de velocidades (por medio del control del campo). El motor en derivación se utiliza en aplicaciones de velocidad

constante, como en los accionamientos para los generadores de corriente directa en los grupos moto generadores de corriente directa.



**Fig. 3.6 Motor en conexión Shunt**

Fuente: [www.Wikipedia.com](http://www.Wikipedia.com)

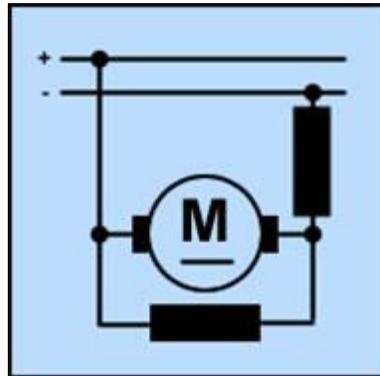
**3.2.21.3 Motor Compound.-** (o motor de excitación compuesta) es un motor de corriente continua cuya excitación es originada por dos bobinados inductores independientes; uno dispuesto en serie con el bobinado inducido y otro conectado en derivación con el circuito formado por los bobinados inducido, inductor serie e inductor auxiliar.

Los motores compuestos tienen un campo serie sobre el tope del bobinado del campo shunt. Este campo serie, el cual consiste de pocas vueltas de un alambre grueso, es conectado en serie con la armadura y lleva la corriente de armadura.

El flujo del campo serie varía directamente a medida que la corriente de armadura varía, y es directamente proporcional a la carga. El campo serie se conecta de manera tal que su flujo se añade al flujo del campo principal shunt. Los motores compound se conectan normalmente de esta manera y se denominan como compound acumulativo.

Esto provee una característica de velocidad que no es tan “dura” o plana como la del motor shunt, ni tan “suave” como la de un motor serie. Un

motor compound tiene un limitado rango de debilitamiento de campo; la debilitación del campo puede resultar en exceder la máxima velocidad segura del motor sin carga. Los motores de corriente continua compound son algunas veces utilizados donde se requiera una respuesta estable de par constante para un rango de velocidades amplio.



**Fig. 3.7 Motor en conexión Compound**

Fuente: [www.Wikipeda.com](http://www.Wikipeda.com)

## CAPÍTULO IV

### EJECUCIÓN DEL PLAN DE INVESTIGACIÓN.

El presente proyecto de investigación fue desarrollado mediante la utilización de las diferentes Modalidades, Tipos, Niveles, Métodos, y Técnicas de Investigación que se utilizó para realizar un estudio de la situación actual de los Laboratorios de la Carrera de Electrónica del “ITSA”, mismos que se especifican a continuación:

#### 4.1 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN.

Fue preciso utilizar las modalidades de **campo y no participante**, dirigiéndonos a cada uno de los laboratorios en donde se genera el problema, lo cual determinó las necesidades, y se estableció que es preciso el mejoramiento y optimización de los Laboratorios de Electrónica, así también se mantuvo contacto directo con los docentes y algunos estudiantes para comprender el funcionamiento actual de los mismos, sin intervenir en su actividades normales.

Así mismo se utilizó la **Bibliografía Documental** la misma que permitió realizar una detallada investigación, proceso que se basó en la búsqueda de información necesaria para solucionar el problema expuesto, para lo cual fue útil investigar en las bibliotecas del “ITSA” y de la “ESPE”, específicamente en documentos donde se guarda información relacionada a los Laboratorios de Electrónica.

#### 4.2 TIPOS DE INVESTIGACIÓN.

Se utilizó la investigación **no experimental**, porque las variantes no fueron intervenidas, se observó en cada uno de los laboratorios, y está claro que el transcurso del tiempo y la falta de un adecuado proceso de actualización permanente, provoca efectos en el aprendizaje de los estudiantes de Electrónica.

Una posible solución a este problema se dará mediante la aplicación de una adecuada optimización y mejoramiento de los Laboratorios

También se utilizó la **investigación cuasi experimental**, ya que nos permitió en cada uno de los laboratorios de una u otra manera una manipulación en forma deliberada de los equipos e instrumentos existentes, para conocer mejor sus necesidades.

#### **4.3 NIVELES DE LA INVESTIGACIÓN.**

Se realizó una **investigación exploratoria**, misma que ayudó a identificar el problema y examinarlo, mediante la aplicación de otros procedimientos lógicos de investigación y complementarlos a través de la observación y encuestas realizadas a docentes y estudiantes de la Carrera de Electrónica, permitiendo así plantear y desarrollar de mejor manera la investigación.

La **Investigación descriptiva** nos permitió describir las situaciones de cada uno de los laboratorios investigados, detallándolas en forma pormenorizada, dando como conclusión: la carencia de adecuados laboratorios de Electrónica.

La **investigación Correlacional o explicativa**, ayudó a medir el grado de relación existente entre las causas y los efectos de los diferentes problemas existentes en los laboratorios, ya determinar las conclusiones y recomendaciones.

#### **4.3 UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA.**

La investigación se llevó a cabo en el ITSA tomando como población a los docentes y estudiantes de la Carrera de Electrónica y como muestra estratificada a estudiantes civiles y militares que están cursando cuarto y quinto nivel, y a docentes que impartieron o se encuentran actualmente dando clases de máquinas eléctricas para obtener los mejores resultados estadísticos de la investigación.

La muestra estratificada de toda la población tomada en cuenta esta constituida así:

**Tabal 4.1 Número de los estudiantes de la Carrera de Electrónica.**

NIVEL	No de ALUMNOS
CUARTO	12
QUINTO	27
TOTAL	39

**Fuente:** Investigación de campo  
**Elaborado por:** Cbos. Laica Eduardo

#### **4.5 MÉTODOS Y TÉCNICAS DE LA INVESTIGACIÓN.**

##### **MÉTODOS.**

Cabe señalar que el **análisis** realizado mediante los resultados obtenidos de las encuestas permitió determinar el propósito de la investigación por lo cual este método facilitó el estudio a cada uno de los elementos que forman parte de los laboratorios. El análisis permitió descomponer el problema para analizar individualmente sus causas y efectos.

Posteriormente la síntesis que se llevó a cabo uniendo todos los criterios alcanzados individualmente, permitió lograr una hipótesis general, asegurando posteriormente determinar conclusiones y recomendaciones.

##### **TÉCNICAS.**

La **observación** ayudó a obtener información concreta y real, que sirvió como base para el desarrollo de la investigación, las técnicas que se utilizaron son:

La **Observación documental** permitió obtener el conocimiento científico bibliográfico que ayudó a construir el marco teórico.

La **Observación de campo**, se realizó en los laboratorios de la Carrera de Electrónica del ITSA; específicamente en los laboratorios de: Control Industrial, Instrumentación Virtual, Electrónica Básica, Taller Electrónico y Laboratorio de sistemas Digitales, a través del contacto directo con el personal docente y estudiantes que laboran en los mismos.

La **Observación indirecta**, ya que el objeto de estudio se realizó sin dificultar el desenvolvimiento normal del personal.

Es importante señalar que se utilizó la ficha de observación en todos los laboratorios relacionados con la Carrera, como instrumento de recopilación para obtener una mejor visión de la situación actual de los Laboratorios de la Carrera de Electrónica (Ver Anexo “C”).

La **Encuesta** permitió recopilar información pormenorizada de las condiciones actuales de los laboratorios, cabe señalar que se utilizó la encuesta de tipo Auto-administrada, fue elegida como la más idónea para llegar a conocer mejor cada uno de los criterios de los estudiantes y realizar un análisis mediante el uso del cuestionario (Ver Anexo “D” y “E”), para lo cual se elaboraron 39 encuestas dirigidas a estudiantes y 2 para los docentes de la carrera.

Esta actividad metodológica se aplicó al personal de docentes y de estudiantes logrando así abarcar todos los aspectos existentes para de esa manera buscar soluciones al problema expuesto.

Estas técnicas fueron aplicadas a los laboratorios antes mencionados los cuales están funcionando con normalidad pero con prioridad nos enfocamos al laboratorio de Máquinas Eléctricas ya que este en la actualidad no existe.

#### **4.6 RECOLECCIÓN DE DATOS.**

Este paso permitió identificar las fuentes de información, y determinar las condiciones actuales en las que los docentes imparten sus clases a los estudiantes, y la forma en la que ellos adquieren sus conocimientos prácticos, esta actividad se llevó a cabo mediante fichas de observación y encuestas a docentes y estudiantes.

#### **4.7 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.**

Se la realizó mediante los siguientes pasos:

1. Revisión crítica de la información recogida.
2. Depuración de la información defectuosa.
3. Uso del Programa SPSS, para el procesamiento de los datos, para que puedan ser tabulados y analizados.

#### **4.8 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.**

El **análisis** se lo ejecutó de acuerdo a todos los datos obtenidos en el proceso de investigación, mediante las encuestas y las fichas de observación, estos ayudaron a determinar la situación actual de los laboratorios y se explican a continuación:

## Análisis por pregunta realizada a los estudiantes de 4<sup>to</sup> y 5<sup>to</sup> nivel de la carrera de Electrónica.

1. ¿Está de acuerdo con el proceso enseñanza-aprendizaje que existe en la carrera de electrónica?

Tabla 4.1 Resultados pregunta 1 / Encuesta

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
Válidos	Mucho	3	7,4	7,4
	Nada	4	11,1	11,1
	Poco	32	81,5	81,5
	Total	39	100,0	100,0

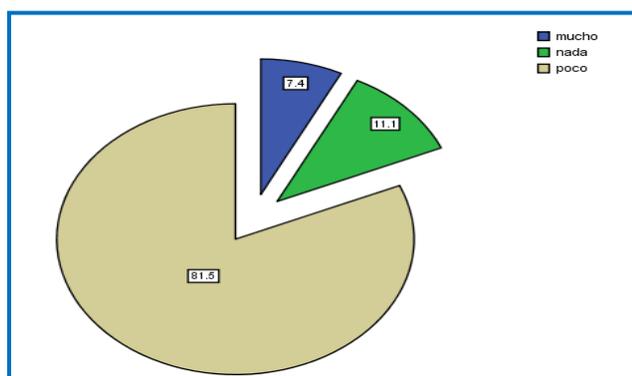


Fig. 4.1 Pastel de resultados pregunta 1

Fuente: Investigación de Campo  
Realizado por: Cbos. Laica Eduardo

### Interpretación de resultados:

De acuerdo a los datos obtenidos se determina que el 81,5% de las personas encuestadas, esta poco satisfecha con el proceso de inter-aprendizaje, el 11,1% está totalmente en desacuerdo, y tan solo el 7,1% está conforme con los conocimientos adquiridos.

### Análisis de datos:

La mayoría de estudiantes están poco satisfechos con el proceso de inter-aprendizaje de la Institución, por lo que es necesario tomar medidas para mejorar este inconveniente.

2. ¿Considera que es importante la aplicación práctica como complemento de la teoría impartida en las aulas?

Tabla 4.2 Resultados pregunta 1 / Encuesta

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
Válidos importante	3	7,4	7,4
muy importante	36	92,6	92,6
Total	39	100,0	100,0

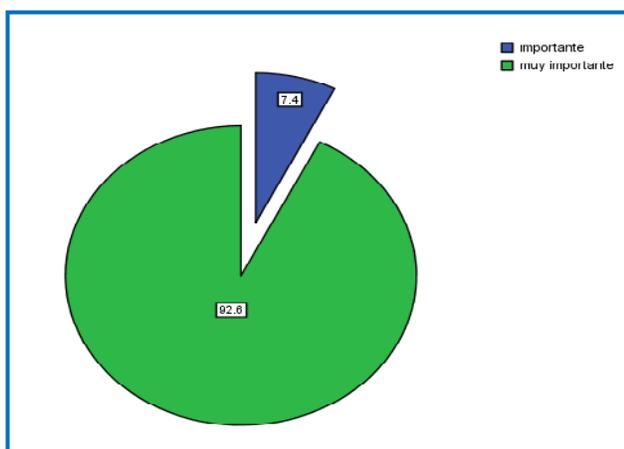


Fig.4.2 Pastel de resultados pregunta 2

Fuente: Investigación de Campo  
Realizado por: Cbos. Laica Eduardo

### Interpretación de resultados.

El 92,6 % de los encuestados considera que es importante la aplicación práctica como complemento de la teoría impartida en las aulas, y el 7,4% considera que es realmente muy importante.

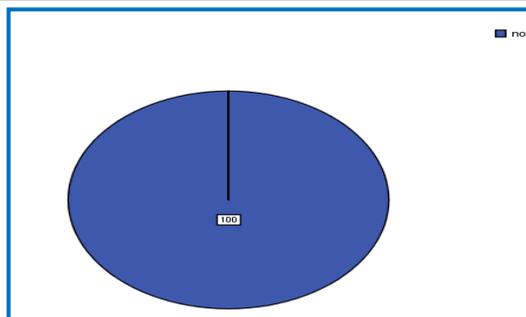
### Análisis de datos.

Casi en su totalidad los estudiantes consideran que es importante la aplicación práctica para complementar los conocimientos adquiridos.

### 3. ¿Conoce la existencia de un adecuado laboratorio de máquinas eléctricas en el ITSA?

**Tabla 4.3 Resultados pregunta 3 / Encuesta**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
Válidos	no	39	100,0	100,0



**Fig.4.3 Pastel de resultados pregunta 3**

Fuente: Investigación de Campo  
Realizado por: Cbos. Laica Eduardo

### Interpretación de resultados.

El 100 % esta consciente que en el "ITSA" no existe un laboratorio de Máquinas Eléctricas.

### Análisis de datos.

Los estudiantes de la Carrera de Electrónica no cuentan con un Laboratorio adecuado para realizar sus prácticas correspondientes a Máquinas Eléctricas.

#### 4. ¿Considera que es importante la implementación de un laboratorio de Máquinas Eléctricas?

Tabla 4.5 Resultados pregunta 4 / Encuesta

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
Válidos Importante	8	22,2	22,2
muy importante	29	74,1	74,1
poco importante	2	3,7	3,7
Total	39	100,0	100,0

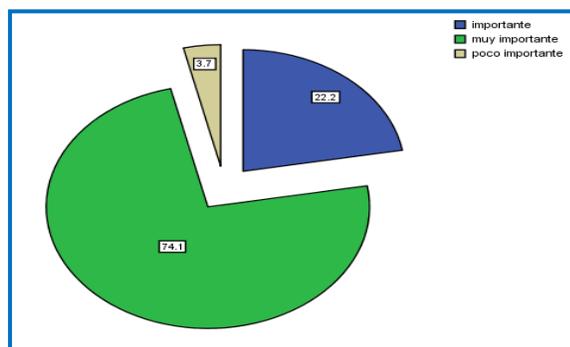


Fig.4.4 Pastel de resultados pregunta 4

Fuente: Investigación de Campo  
Realizado por: Cbos. Laica Eduardo

### **Interpretación de resultados.**

El 74,1%, considera que es muy importante la implementación de un laboratorio de Máquinas Eléctricas, el 22,2% cree que es importante, y tan solo un 3% considera que es poco importante.

### **Análisis de datos.**

De acuerdo a los resultados obtenidos, es urgente la creación de un laboratorio de Máquinas Eléctricas.

### **5. ¿Cómo aprovecharía usted la implementación de un Laboratorio de Máquinas Eléctricas?**

#### **Análisis de datos.**

De acuerdo a un análisis de todas las encuestas realizadas a los estudiantes, llegamos a la conclusión de que todos están conscientes de que un laboratorio elevaría sus conocimientos adquiridos en el aula mejorando de esta manera el proceso de enseñanza-aprendizaje.

### **Análisis por pregunta realizada a los docentes encargados de la materia de Máquinas eléctricas.**

#### **1. ¿ De una opinión acerca de la importancia de los laboratorios dentro del proceso de enseñanza –aprendizaje en la Carrera de electrónica”**

#### **Análisis:**

Los docentes están de acuerdo que es importante la creación de un laboratorio de Maquinas Eléctricas ya que los experimentos permiten reforzar los conocimientos teóricos.

- 2. ¿Considera que es necesario la implementación de un laboratorio de Máquinas Eléctricas en el “ITSA”, ¿Porque?**

**Análisis:**

Consideran que es necesaria la implementación del laboratorio, porque en la actualidad no se dispone de instrumentos ni equipos suficientes para realizar los experimentos y manipular las variables.

- 3. ¿Qué resultados traería la creación de este laboratorio?**

**Análisis:**

Incentivar a los estudiantes adquirir nuevos conocimientos mediante el funcionamiento de máquinas, y por ende mejorar la calidad de profesionales que salen del “ITSA”.

- 4. ¿Con que equipos e instrumentos considera que debería contar este laboratorio?**

**Análisis:**

Los docentes consideran que un laboratorio debería disponer de maquinas de corriente continua y alterna entre estos motores y generadores, fuentes de poder, instrumentos de protección, como también instrumentos de medición.

- 5. ¿Cómo beneficiaría a los docentes la implementación del laboratorio?**

**Análisis:**

De varias formas facilitará la explicación de la materia en las aulas.

## **RESULTADOS DEL ANÁLISIS.**

De acuerdo al criterio de los estudiantes reflejado en las encuestas el 74,1%, considera que es muy importante la implementación de un laboratorio de Máquinas Eléctricas, el 22,2% cree que es importante, y tan solo un 3% considera que es poco importante, es decir que la mayoría de estudiantes están conscientes del nivel de importancia que tiene la creación de un Laboratorio de Máquinas Eléctricas ya que las experiencias prácticas permiten reforzar los conocimientos teóricos adquiridos en las aulas, la implementación del laboratorio es urgente, porque en la actualidad no se dispone de instrumentos ni equipos aptos para realizar las prácticas y experimentos que permitan manipular las variables relacionadas con máquinas de corriente continua (c.c) y corriente alterna (a.c), entre estos motores y generadores.

De esta forma se facilitará la explicación de la materia al momento de dar las clases incentivando a los estudiantes a adquirir nuevos conocimientos mediante el funcionamiento de máquinas, y por ende mejorar el nivel profesional de los tecnólogos que salen del "ITSA".

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

La información que se obtuvo sobre cómo mejorar los laboratorios de la Carrera de Electrónica del "ITSA" permitió llegar a las conclusiones y determinar las mejores alternativas para posteriormente establecer las recomendaciones necesarias.

### **Conclusiones.**

- Actualmente el "ITSA" no dispone de un laboratorio de Máquinas Eléctricas adecuado para las prácticas de los estudiantes
  
- La Carrera de Electrónica debería contar con módulos para la enseñanza del funcionamiento de maquinas de d.c. y a.c. entre estos motores y generadores.

- Es urgente la construcción de módulos relacionados con Máquinas Eléctricas, para de esta forma dar inicio a la implementación de un laboratorio completo dentro de esta rama.

### **Recomendaciones.**

- Tomando en cuenta lo expuesto anteriormente, se recomienda que el ITSA, como Instituto de Educación Superior, coordine las acciones necesarias para que disponga de un Laboratorio de Maquinas Eléctricas adecuado y equipado con módulos de enseñanza acorde a las necesidades actuales en el área de Electrónica.
- Es recomendable que los módulos sean diseñados de manera que brinden todas las medidas de seguridad a los alumnos evitando así que estos provoquen accidentes, y los equipos sufran desperfectos.
- Posteriormente es recomendable llevar un mantenimiento periódico de los módulos y equipos existentes, y buscar la forma de adquirir un presupuesto económico destinado a innovación de equipos o ayuda económica para construcción de los mismos.

### **DENUNCIA DEL TEMA.**

**“CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO PARA EL FUNCIONAMIENTO DE MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA (D.C.)”**

## **CAPÍTULO V**

### **FACTIBILIDAD DEL TEMA**

En esta sección se va a estudiar cada una de las alternativas que se ha tomado en cuenta para el desarrollo del proyecto de investigación poniendo énfasis en las características técnicas, legales y económicas.

De este análisis minucioso se tomará la decisión correcta para seleccionar los mejores componentes que cumplan con las características necesarias para implementar los módulos de motores de corriente continua en el laboratorio de máquinas eléctricas, tomando en cuenta el factor económico, la disponibilidad en el mercado, tiempo de garantía, y mantenimiento técnico.

De acuerdo al análisis realizado anteriormente, y tomando en cuenta el número de estudiantes al cual va dirigido el proyecto, se ha llegado a la conclusión de que será necesario implementar tres módulos con los elementos suficientes para que el alumno comprenda el funcionamiento y tipos de conexiones en los motores de corriente continua.

#### **5.1 TÉCNICA.**

Para la implementación de los tres módulos en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas, se realizó un estudio detallado de los componentes y después de analizar varias alternativas se determinó que los elementos indicados a continuación en los recuadros azules son los ideales para la construcción.

### 5.1.1 Fuentes de Alimentación.

**Tabla 5.1 Fuentes de Alimentación**

ELEMENTO	CARACTERISTICA	OBSERVACIÓN
Digital Power Supply (30VDC-5A)	Voltaje y corriente variable Dos displays digitales. Voltaje de entrada 110/220VAC.	Es difícil su adquisición, ya que es necesario importarla y su costo es muy elevado.
150-Watt Power Supply. (50VDC-3A)	Voltaje variable. 2 indicadores analógicos. Voltaje de entrada 110VAC/60HZ.	Sus indicadores son analógicos y su corriente muy pequeña.
Degem System. (30VDC-7A)	Voltaje variable. Selector de corriente (3A-7A) Selectores de voltaje (AC-DC) Voltaje de entrada 110VAC/60HZ.	Fue elegida por sus características, es ideal para el proyecto, y está en el inventario de los laboratorios del "ITSA"

Las fuentes de alimentación a utilizarse en el proyecto se encuentran en el inventario de los Laboratorios del ITSA, no están siendo utilizadas y estaban almacenadas en el Aula 2.11, fueron trasladadas al Laboratorio de Maquinas Eléctricas (Aula 1.3), con la debida autorización de traspaso (Ver Anexo "F")

### 5.1.2 Motores de Corriente Continua (d.c.).

**Tabla 5.2 Motores de corriente directa (c.d.)**

ELEMENTO	CARACTERISTICA	OBSERVACIÓN
Motor compacto de media potencia.	Corriente media 0.85 A. Corriente sin carga: 0.12 A. Velocidad a 3V: 92 rpm.	La corriente no es suficiente para las conexiones que vamos a realizar.
Motor de corriente continua para uso general.	Motor 3 V. Potencia: 1.22 W.	No tiene conexiones como son serie o shunt.
Motor de Corriente Continua. Modelo 12128-3-c	27.5 VDC. 3 A para el arranque. 1A de corriente nominal. 26 W.	Este motor funciona con las fuentes elegidas anteriormente, posee las conexiones básicas que debe conocer el estudiante.

Serán adquiridos en talleres electromecánicos y de motores eléctricos, es necesario que no sobrepasen los 3A de corriente de arranque y 24 VCD, ya que las fuentes seleccionadas son de estas características, también deberían contar con las conexiones básicas que el estudiante debe conocer (Shunt, Serie, Compound).

➤ **Instrumentos de Medición.**

**5.1.3 Voltímetros.**

**Tabla 5.3 Voltímetros**

<b>ELEMENTO</b>	<b>CARACTERISTICA</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
Voltímetro Digital PCE-UT232	Debido a que es multifunción, puede realizar la medición de voltaje (AC-DC), corriente, resistencia	Posee un precio elevado
Voltímetro multifunción analógico PCE-PA6	Sirve para medir tensión en una escala de (0-250VAC y 0-50 vdc), amperaje, resistencia de 0-500Ω, ruido hasta 22 db.	No tiene medidor de corrientes altas. (4A), es la que utiliza el motor para el arranque, su costo es accesible.
Indicador de voltaje analógico VDC CAMSCO (TF-72)	Solo mide voltaje en una escala de (0-30vdc), es analógico	Su escala esta dentro del rango de voltaje que el motor consume para su operación, es barato y de fácil adquisición.

Serán adquiridos en un almacén de componentes electrónicos, Este instrumento de medición nos indicará el voltaje de alimentación que ingresa al módulo.

#### 5.1.4 Amperímetros.

**Tabla 5.4 Amperímetros**

<b>ELEMENTO</b>	<b>CARACTERISTICA</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
Amperímetro DEGEM SYSTEM (1-5A)	Solo mide corriente en una escala alta de (1-5A).	Se encuentra en el inventario del laboratorio de física del "ITSA",
Amperímetro PCE-DC1), 200AC-DC	Incluye medidor de frecuencias, pinzas amperimétricas, esta en la capacidad de medir otros parámetros incluso potencia.	Tiene un costo elevado, es muy complejo para los estudiantes de los niveles al cual esta orientado el proyecto
Amperímetro SF-50 (1-10 A.)	Tiene una escala entre 1 y 10 Amperios, y esta diseñado para medir corriente directa y corriente alterna	Serán los utilizados, ya que en el mercado no existen amperímetros de menor escala que serian los ideales para los módulos.

Serán adquiridos en un almacén de Componentes electrónicos, y se utilizarán para conocer la corriente que consumen los motores al momento del arranque.

#### 5.1.5 Estructuras para los Instrumentos.

**Tabla 5.5 Estructuras para los instrumentos**

<b>ELEMENTO</b>	<b>CARACTERISTICA</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
Estructura de madera (40x30 cm.)	Es resistente y tiene un costo estándar.	Debido a que es de un material aislante, seria ideal, pero no presta las facilidades para armar los equipos.
Estructura de Acrílico (40x30 cm.)	No es muy resistente, es transparente, tiene un costo elevado.	Es muy flexible y puede romperse al sufrir una caída cuando se este transportando el módulo.
Estructura de metal (35x20 cm.)	Es resistente, tiene un precio bajo.	Es el mas ideal, debido a su costo y constitución, tiene ventajas para la colocación de los jacks.

## 5.2 LEGAL.

Para la realización del proyecto no se incurre en ninguna infracción de tipo legal, por que se tienen como referencia básica el presente artículo y el documento reglamentario de traspaso de instrumentos de un lugar a otro:

**Art.27.-** De la educación establece que se centrará en el ser humano y garantizará su desarrollo holístico, en el marco del respeto a los derechos humanos, al medio ambiente sustentable y a la democracia; será participativa, obligatoria, intercultural, democrática, incluyente y diversa, de calidad y calidez; impulsará la equidad de género, la justicia, la solidaridad y la paz; estimulará el sentido crítico, el arte y la cultura física, la iniciativa individual y comunitaria y el desarrollo de competencias y capacidades para crear y trabajar.

Para la utilización de las Fuentes de Alimentación (ADC Voltaje Power Supply), se realizó el debido documento de traspaso de laboratorio. (Ver Anexo "F")

## 5.3 APOYO.

### **INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**

Con sus laboratorios y docentes brindará las facilidades para realizar el proyecto.

## 5.4 RECURSOS.

### 5.4.1 Recurso Humano

Ing. Pablo Pilatasig.
Cbos. Laica Chacón Freddy Eduardo

## 5.4.2 Recurso Material

1 Computador.
1 Impresora.
2 Resmas de hojas de papel bond.
20 Horas de internet.
3 Fuentes de Alimentación.
3 Motores de corriente continua (d.c.).
3 Voltímetros.
3 Amperímetros.
3 Estructuras de metal para los instrumentos
Componentes Varios

### PRESUPUESTO.

#### COSTOS PRIMARIOS.

CANT.	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
03	Estructuras	De metal para los instrumentos	\$ 30,00	\$ 90,00
¼	Litro	Fondo multiprimer	\$ 1,50	\$ 1,50
½	Litro	Pintura acrílico color plomo	\$ 2,40	\$ 2,40
02	Litro	Thinner (diluyente)	\$ 0,90	\$ 1,80
03	Voltímetros	Analógicos, modelo TF-72 (30A)	\$ 5,00	\$ 15,00
03	Amperímetros	Analógicos, modelo SF-50 (10A)	\$ 4,70	\$ 14,10
03	Motor	Modelo 12128-3-C de 27.5 vdc.	\$ 50,00	\$ 150,00
60	Jacks	Para el módulo color rojo y negro	\$ 0,20	\$ 12,00
48	Plugs	Tipo banana color rojo-negro	\$ 0,20	\$ 9,60
03	Fusible	Fusibles para protección (5A)	\$ 1,10	\$ 3,30
06	Metros	Conductor flexible # 18	\$ 0,20	\$ 1,20
02	Metros	Conductor flexible # 16	\$ 0,22	\$ 0,40
03	Metros	Estaño para suelda	\$ 0,10	\$ 0,30
01	Pomada	(Fundente) para suelda	\$ 2,00	\$ 2,00
12	Pernos	De acero para sujeción del motor	\$ 0,32	\$ 0,96
12	Bases	De caucho para las estructuras	\$ 0,80	\$ 9,60
		Gastos varios	\$ 50,00	\$ 50,00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 364,16</b>

## **COSTOS SECUNDARIOS.**

<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	Costo	Horas del Asesor de Proyecto	\$ 120,00	\$ 120,00
1	Costo	Derechos de grado	\$ 177,00	\$ 177,00
1	Curso	De elaboración de proyectos	\$ 30,00	\$ 30,00
2	Resmas	De hojas de papel bond	\$ 3,90	\$ 7,80
20	Horas	Internet	\$ 0,70	\$ 14,00
		Gastos varios	\$ 60,00	\$ 60,00
		<b>SUBTOTAL</b>		<b>\$ 408,80</b>

## **TOTAL DE GASTOS.**

1	COSTOS PRIMARIO	\$ 364,16
1	COSTOS SECUNDARIO	\$ 408,80
	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 772,96</b>

## **REFERENCIA:**

Los precios fueron investigados en el mes de Octubre del 2008, en diferentes Almacenes electrónicos y Ferreterías de la ciudad de Quito y Latacunga.

- Laboratorio Técnico Sony (Quito, Av. 10 de agosto y República).
- Selectronic (Quito, Venezuela N11-109 y Carchi).
- Electrónica Nacional (Quito, Gaspar de Villarroel y Galápagos).
- Mercurio Electricidad (Latacunga, Calle Guayaquil 232 y Antonia Vela).
- Electrónica Enríquez (Latacunga, Av. Amazonas 9-45 y Antonio José de sucre).
- Ferretería Gómez (Latacunga, Antonia Vela 15-26 y Monseñor Venicno Chiriboga).

## CAPÍTULO VI

### DESARROLLO DEL TEMA

#### CONSTRUCCIÓN DE LOS MÓDULOS

Para la construcción de los módulos, son diversos los requerimientos técnicos a emplearse, tanto en materiales para el diseño, como en dispositivos eléctricos a utilizarse, una vez culminado el proyecto resaltan dos componentes primordiales: la fuente variable de alimentación externa con una corriente de corriente máxima de 7A, y los componentes para la medición (Amperímetro y Voltímetro), necesarios para una óptima operación del equipo.

#### 6.1 MATERIAL ELÉCTRICO UTILIZADO EN LA CONSTRUCCIÓN DE LOS MÓDULOS.

**6.1.1 voltímetro.-** Es del tipo analógico (posee una bobina móvil) de panel, modelo TF-72, con un rango de medición de 0 a 30 VCD (Foto 6.1). Este instrumento de medición nos indica el voltaje de alimentación que ingresa al módulo, en el módulo posee jacks para su utilización.



**Foto 6.1 Voltímetro analógico**

**Fuente:** Módulo para motores de C.C  
**Elaborado por:** Cbos. Laica Eduardo

**6.1.2 Amperímetro.-** Es preciso utilizarlo para que nos muestre la cantidad de corriente que consume el motor en sus tres conexiones es del tipo analógico (bobina móvil) con un rango de medición de 0 a 10 A, de corriente directa, en el módulo posee jacks para su utilización.



**Foto 6.2 Amperímetro Analógico**

**Fuente:** Módulo para motores de C.C  
**Elaborado por:** Cbos. Laica Eduardo

**6.1.3 Motor de corriente directa (d.c.).-**El motor de corriente directa es de tipo 12128-3-C, esta diseñado para funcionar con corriente continua (27.5vd), a una corriente nominal de 1A, es de una sola fase y posee factor de potencia  $fp=4$ , es ideal porque tiene la capacidad de funcionar en los tres tipos de conexiones básicas (Shunt, serie, y compound).



**Foto 6.3 Motor de Corriente Directa**

**Fuente:** Módulo para motores de C.C  
**Elaborado por:** Cbos. Laica Eduardo

**6.1.4 Jacks de alimentación.-** Son conectores de tipo banana hembra capaces de manejar corriente de varios amperios, que permiten la entrada de los 30 VCD/ 3 A, provenientes de la fuente de poder. Serán útiles para realizar las diferentes conexiones (Shunt, Serie, Compound) en el motor.



**Foto 6.4 Jacks de alimentación**

**Fuente:** Módulo para motores de C.C  
**Elaborado por:** Cbos. Laica Eduardo

**6.1.5 Fusible.-** Se denomina fusible a un dispositivo, constituido por un filamento o lámina de una aleación dentro de un tubo de vidrio, que se funde por Efecto Joule, cuando supera la corriente para la cual esta diseñado, por un cortocircuito o exceso de carga, en el proyecto se utilizó uno de 5A. Este protegerá al equipo contra una sobrecarga.



**Foto 6.5 Fusible de Protección**

**Fuente:** Módulo para motores de C.C  
**Elaborado por:** Cbos. Laica Eduardo

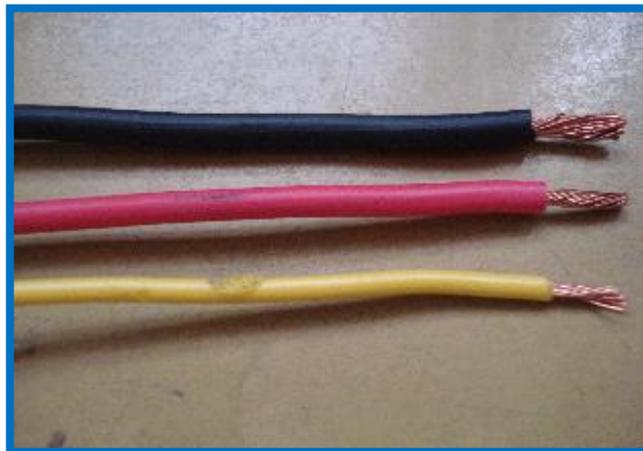
**6.1.6 Terminales de cable.-** Son dispositivos que permiten una mejor sujeción entre los cables de conexión y los jacks, existen de diferentes formas y tamaños, nos permiten realizar una conexión segura entre el conductor y elementos eléctricos.



**Foto 6.6 Terminales de cable**

**Fuente:** Módulo para motores de C.C  
**Elaborado por:** Cbos. Laica Eduardo

**6.1.7 Conductores.-** Son los materiales que puestos en contacto con un cuerpo cargado de electricidad transmite ésta a todos los puntos de su superficie, el metal empleado universalmente es el cobre en forma de cables de uno o varios hilos, en la construcción del proyecto se utilizará conductor (18,16 flexible).



**Foto 6.7 Conductores Eléctricos**

**Fuente:** Módulo para motores de C.C  
**Elaborado por:** Cbos. Laica Eduardo

**6.1.8 Plups tipo banana.-** Existen de diferentes tamaños, los que se utilizarán en el proyecto deben coincidir con los jacks del módulo, permiten realizar una conexión segura entre los jacks y los cables de conexión, deben estar instalados en las puntas de los cables.



**Foto 6.8 Plups tipo banana**

**Fuente:** Módulo para motores de C.C  
**Elaborado por:** Cbos. Laica Eduardo

**6.1.9 Herramientas utilizadas.-** Son las que nos permitirán llevar a cabo la construcción en una forma correcta, utilizaremos multímetro, destornilladores (plano y estrella), pinza, cortador, cautín, alambre de suelda.



**Foto 6.9 Herramientas Utilizadas**

**Fuente:** Módulo para motores de C.C  
**Elaborado por:** Cbos. Laica Eduardo

**6.1.10 Spaguetti.-** Es un protector para el conductor, en este proyecto tiene dos funciones: como aislante y también como etiqueta, para que cuando el módulo sufra algún daño, sea posible identificar inmediatamente las conexiones.



**Foto 6.10 Spagetui**

**Fuente:** Módulo para motores de C.C  
**Elaborado por:** Cbos. Laica Eduardo

**6.1.11 Borneras.-** Son elementos eléctricos que permiten ensamblar dos conductores de manera segura, además brindan la facilidad de desarmar fácilmente en caso de ser necesario.



**Foto 6.11 Borneras**

**Fuente:** Módulo para motores de C.C  
**Elaborado por:** Cbos. Laica Eduardo

## 6.2 PROCESO DE CONSTRUCCIÓN.

En el proceso de construcción del módulo, es importante saber distribuir y optimizar el tiempo, así como también los recursos económicos y materiales, en este punto se detalla los pasos llevados a cabo en su ejecución.

### 6.2.1 Diseño de la estructura.

La estructura para el módulo esta construída de la forma mas pequeña posible, con la finalidad de reducir espacios en el interior del módulo, así como también el área que ocupará dentro del laboratorio, además que deberá ser fácil de transportarlo de un lugar a otro, considerando estos detalles, la estructura queda así:

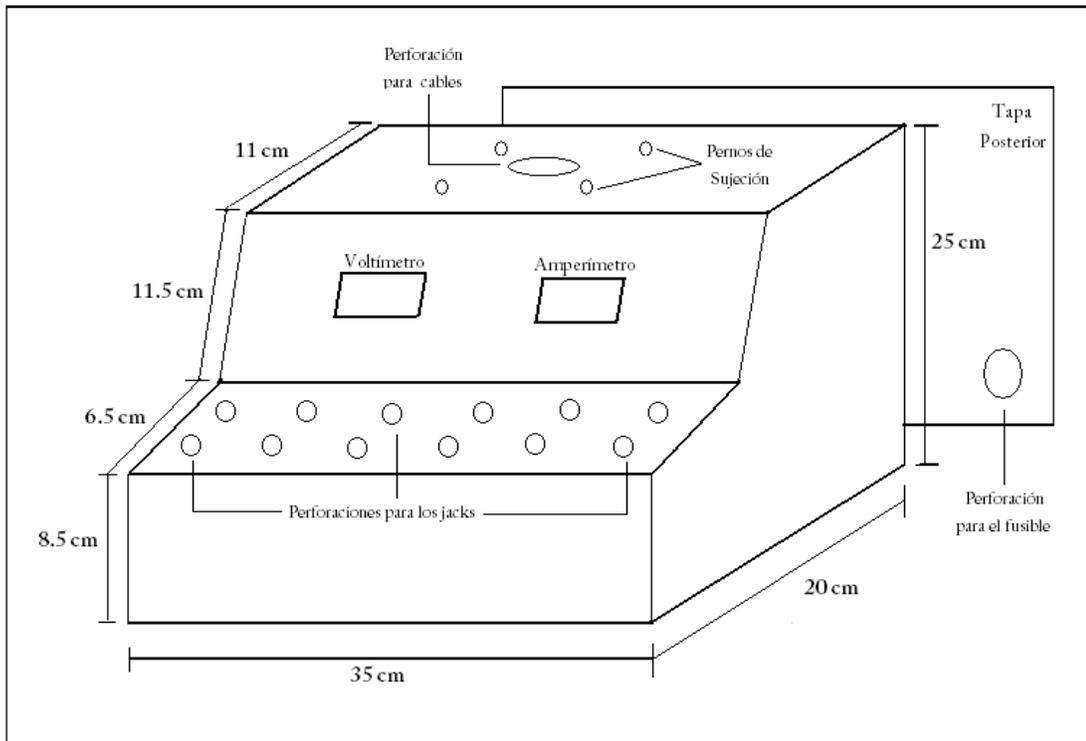
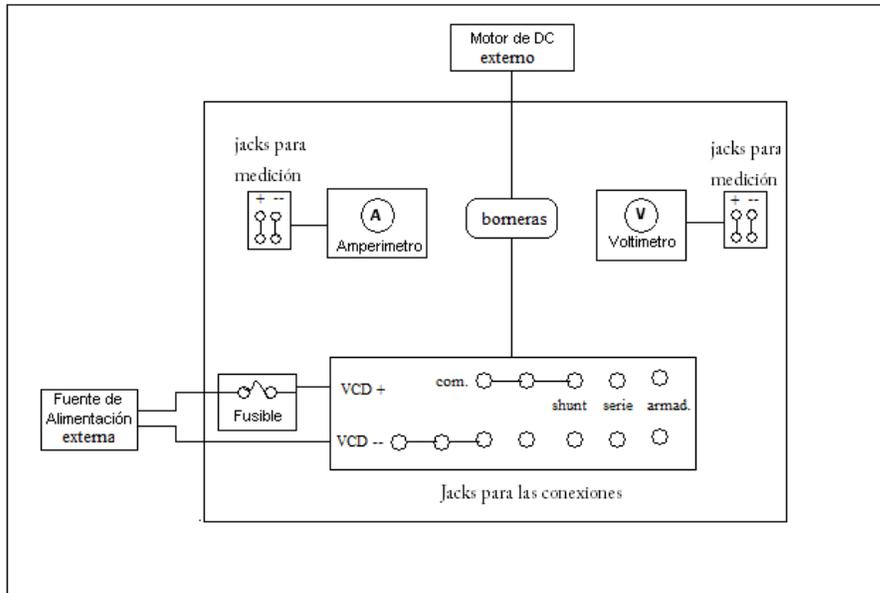


Fig. 6.1 Diseño de la estructura

### 6.2.2 Diagrama en bloques del módulo.

Este diagrama fue realizado para representar gráficamente la relación existente entre los diferentes componentes que conforman el módulo, en la Fig.6.2 se observa la secuencia que sigue el circuito interno.

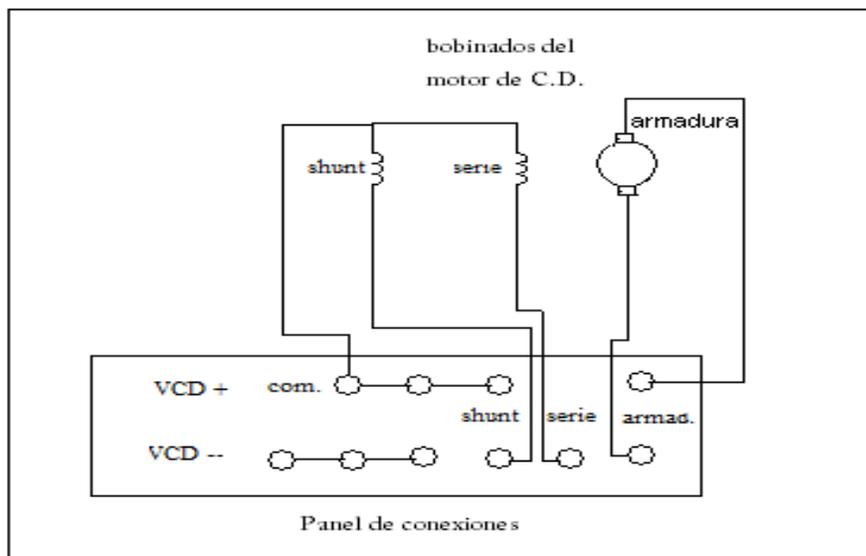


**Fig. 6.2 Diagrama de Bloques del Módulo**

Fuente: Investigación de Campo  
 Elaborado por: Cbos. Laica Eduardo

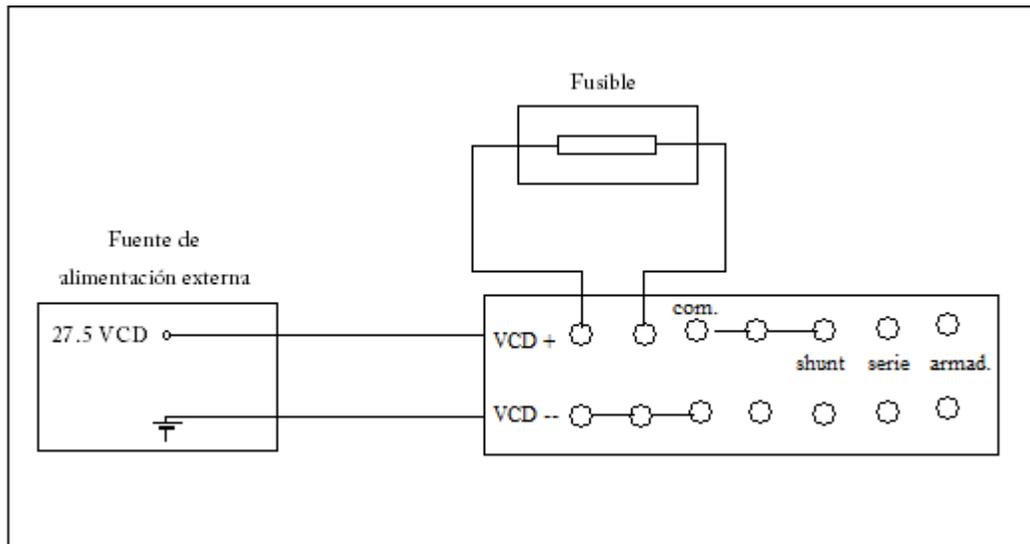
### 6.2.3 Diagramas de Conexiones.

Para llevar a cabo la instalación de los instrumentos en el módulo será necesario seguir los siguientes diagramas de conexiones:



**Fig. 6.3 Diagrama de conexión de los bobinados del motor**

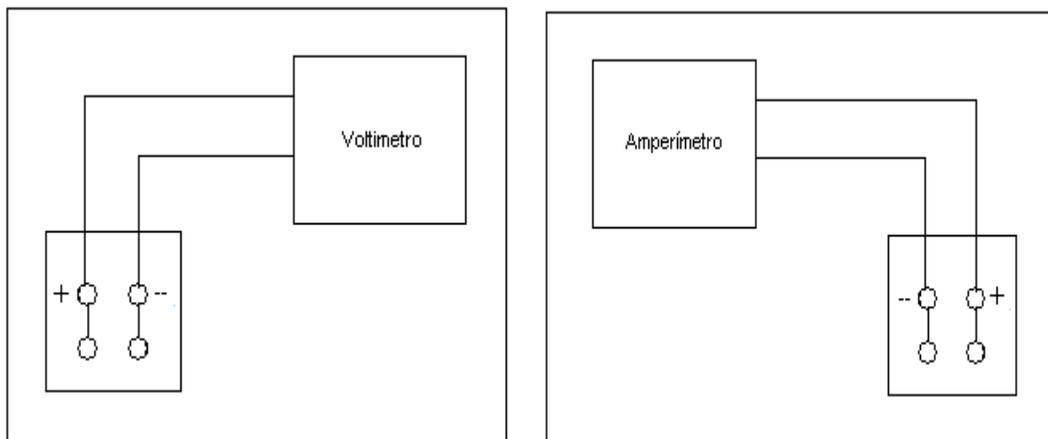
Fuente: Investigación de Campo  
 Elaborado por: Cbos. Laica Eduardo



**Fig. 6.4 Instalación del fusible**

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** Cbos. Laica Eduardo



**Fig. 6.5 Instalación de los instrumentos de medición**

**Fuente:** Investigación de Campo

**Elaborado por:** Cbos. Laica Eduardo

#### 6.2.4 Construcción de la estructura.

Para la construcción se recurrió al asesoramiento del personal especializado en materiales de estructuras de aviación del Centro de Investigación y Desarrollo (CID-FAE), se elige al metal (Tol negro 1/32 de pulg.) por sus características como el material ideal para la construcción del módulo.

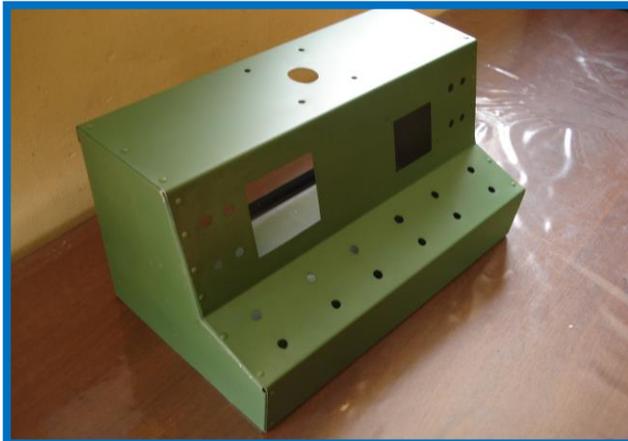


**Foto 6.12 Construcción de la Estructura**

Fuente: Módulo para motores de C.C  
Elaborado por: Cbos. Laica Eduardo

#### 6.2.5 Pintado de la estructura.

Una vez ya fabricadas las piezas que forman la estructura, se procede a pintar, aplicando primeramente un protector anticorrosivo (Primer), y finalmente como acabado se aplica pintura poliuretano de color gris.

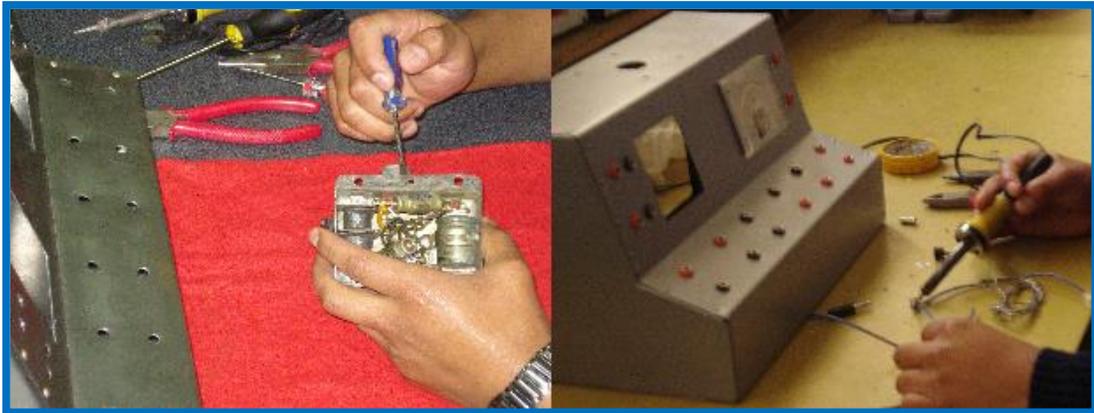


**Foto 6.13 Pintura de la Estructura**

Fuente: Módulo para motores de d.c  
Elaborado por: Cbos. Laica Eduardo

### 6.2.6 Instalación de los elementos.

Con las herramientas respectivas y tratando de no dañar los equipos se procede a instalar cada uno de los elementos que forman el módulo, realizando diversos chequeos para llevar a cabo una conexión segura de los componentes.



**Foto 6.14 Instalación y Conexión de los elementos**

**Fuente:** Módulo para motores de d.c.  
**Elaborado por:** Cbos. Laica Eduardo

### 6.2.7 Marcación de los Spaguetis.

Con el asesoramiento de especialistas en electrónica de aviación, procedemos a etiquetar el spagueti con la máquina de marcación, luego con la pistola de calor colocamos en los conductores del motor para poder identificarlos, este elemento también nos sirve como aislante para las sueldas.



**Foto 6.15 Marcación y Colocación del Spaghetti**

**Fuente:** Módulo para motores de C.C  
**Elaborado por:** Cbos. Laica Eduardo

### 6.2.8 Armado del módulo.

Listas todas las partes que conforman el módulo se procede al armado del mismo, utilizando los tornillos respectivos.



**Foto 6.16 Armado de la estructura**

**Fuente:** Módulo para motores de d.c.

**Elaborado por:** Cbos. Laica Eduardo

### 6.2.9 Rotulación del panel frontal.

Los rótulos que identifican a cada uno de los elementos del módulo, fueron diseñados mediante un sistema computarizado con letras de color blanco claramente impresas en una cinta negra, con el fin de que los alumnos que deseen utilizarlo identifiquen sin problemas los elementos y tenga una clara noción de cada uno de ellos.



**Foto 6.17 Rotulación del módulo**

**Fuente:** Módulo para motores de d.c.

**Elaborado por:** Cbos. Laica Eduardo

### 6.2.10 Construcción de cables para las conexiones.

Para realizar las prácticas en el laboratorio será necesaria la utilización de elementos para unir los diferentes puntos de conexión, para lo cual es preciso construir cables de conexión con los plups y el conductor No 16, el tamaño del conductor será de acuerdo al tipo de conexión.



**Foto 6.18 Construcción de cables para las conexiones**

**Fuente:** Módulo para motores de d.c.  
**Elaborado por:** Cbos. Laica Eduardo

### 6.2.11 Prueba de operatividad del módulo.

Después de haber llevado a cabo todos los procesos antes mencionados en el módulo, se procede a realizar la prueba de operatividad, obteniendo los siguientes resultados en los tres módulos:

- No existe continuidad entre los jacks y la estructura del módulo
- Operación normal en conexión con excitación shunt.
- Operación normal en conexión con excitación serie.
- Operación normal en conexión con excitación compound.
- Instrumentos de medición (Amperímetro y Voltímetro) funcionando correctamente.
- Jacks Operativos.



**Foto 6.19 Prueba de operatividad del módulo**

**Fuente:** Módulo para motores de d.c.

**Elaborado por:** Cbos. Laica Eduardo

### **6.3 MANUAL DE OPERACIÓN DEL MÓDULO**

Para llevar a cabo un normal funcionamiento de los módulos, se desarrolló un manual de operación, tomando en cuenta factores fundamentales, que de no conocerlos podrían ocasionar daños a los equipos que se utilizan en las prácticas, como son la fuente de alimentación externa, el motor, los instrumentos de medición, y el tacómetro manual, se recomienda al usuario revisar periódicamente este manual, para de esta forma evitar accidentes, y prolongar la vida útil de los Módulos. (Ver Anexo "H")

## 6.4 ELABORACIÓN DE GUÍAS DE LABORATORIO.

### GUÍA DE LABORATORIO N° 1

Conexión Shunt (paralelo) de un motor de corriente continua (d.c.)

#### OBJETIVOS.

- Familiarizar al estudiante con el funcionamiento de los motores de d.c.
- Estudiar las características del funcionamiento de un motor de d.c., con excitación en shunt (paralelo).
- Medir la resistencia de su devanado.
- Conocer cuántas veces es mayor la corriente de arranque que la corriente nominal.

#### INTRODUCCIÓN.

La velocidad de cualquier motor de corriente continua depende principalmente de su voltaje de armadura y de la intensidad del campo magnético. En un motor conectado en paralelo, el devanado de campo y de armadura se conecta en paralelo directamente a las líneas de corriente continua *Si el voltaje de línea de d.c. es constante, el voltaje de la armadura y la intensidad del campo serán constantes también.* Por lo tanto, el motor en shunt o paralelo debería funcionar a una velocidad razonablemente constante.

Sin embargo, la velocidad tiende a disminuir cuando sea aumenta la carga del motor. Este descenso de velocidad se debe sobretodo a la resistencia del devanado de armadura. Los motores en shunt con bajas resistencias en la armadura, funcionan a velocidades casi constantes.

Al igual que en la mayoría de los dispositivos de conversión de energía el motor en derivación de corriente continúa no tiene una eficiencia del 100%, en otras

palabras no toda la energía eléctrica que se proporciona al motor se convierte en potencia mecánica. La diferencia de potencia entre la entrada y la salida se disipa en forma de calor y se conoce como “perdidas” de la máquina. Estas pérdidas aumentan con la carga, haciendo que el motor se caliente mientras se produce energía mecánica.

## **INSTRUMENTOS Y EQUIPOS.**

- ADC Voltaje Power Supply
- Módulo de funcionamiento de motores de d.c.
- Cables de conexión
- Multímetro
- Tacómetro de mano

## **PROCEDIMIENTO.**

1. Con ayuda de un multímetro digital, colocando el selector de funciones en la opción óhmetro ( $\Omega$ ) mida la resistencia del bobinado de armadura, colocando las puntas en los Jacks 14 y 20.

$$R_a = \dots\dots\dots$$

2. Mida la resistencia del bobinado shunt, colocando la punta del multímetro en el jack # 18 del bobinado shunt y la otra punta en el jack # 12 del punto común del módulo.

$$R_s = \dots\dots\dots$$

3. Con los datos obtenidos anteriormente calcule la resistencia equivalente ( $R_{eq}$ ) de la conexión shunt, utilizando la formula que se indica a continuación:

$$R_{eq} = \frac{R_a * R_s}{R_a + R_s}$$

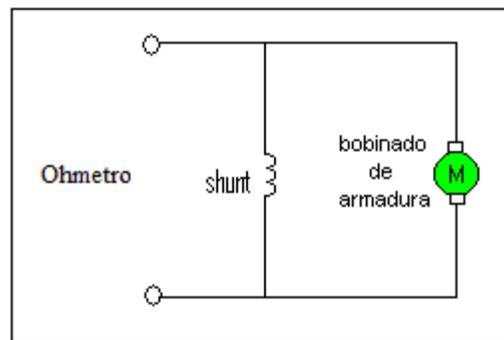
$$R_{eq} = \dots\dots\dots$$

4. Conecte los bobinados del motor en conexión shunt, siguiendo los pasos que se detallan a continuación:

4.1 Del jack # 13 de la línea común, conecte al jack # 14 del bobinado de armadura.

4.2 Del Jack # 20 del bobinado de armadura conecte con el jack # 18 del bobinado shunt. (color rojo)

4.3 De las conexiones indicadas anteriormente se obtiene el circuito de la siguiente figura.



**Fig.1 Conexión Shunt de los bobinados**

5. Con el multímetro digital, mida el valor de la resistencia total colocando una punta del multímetro en el jack # 13 de la línea común, y la otra punta en el jack # 18 del bobinado shunt.(color rojo)
6. Anote el Valor que registra el multímetro.

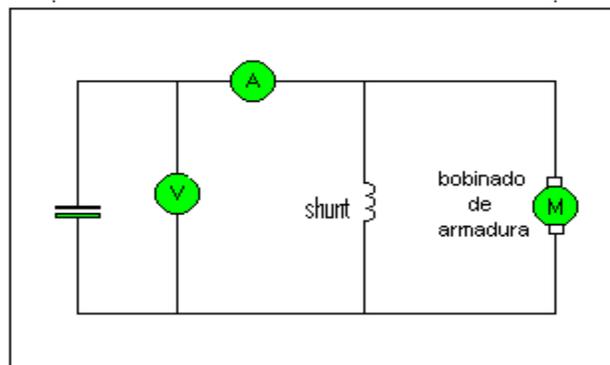
$$Req2 = \dots$$

7. Compare el valor de la resistencia obtenida en el numeral 3 con la obtenida en el numeral 6.

$$Req1 = \dots$$

$$Req2 = \dots$$

8. Conecte el jack común DCV de la fuente de alimentación con el jack que indica 24 VDC.
9. Conecte el positivo de la fuente de alimentación (DCV-OUTPUT), con el jack # 9 VDC del módulo del motor de corriente continua (d.c.).
10. Conecte el negativo de la fuente de alimentación (DCV-OUTPUT), con el jack # 15 negativo VDC del módulo del motor de corriente continua.
11. Conecte la salida del fusible jack #10 a uno de los jacks positivos del voltímetro (#1 o #3).
12. Conecte el jack # 17 de la línea negativa del módulo a uno de los jacks negativos del voltímetro (#2 o #4).
13. De la salida del fusible, jack #10, conecte a uno de los jacks positivos del Amperímetro (#6 o #8).
14. Conecte un jack negativo del amperímetro (#5 o #7) un jack común #12.
15. Del jack# 13 de la línea común, conecte al jack# 14 del bobinado de armadura.
16. Del jack #20 del bobinado de armadura conecte con el jack #18 del bobinado shunt.(color rojo)
17. Del punto shunt, jack # 18, conecte al jack #17 de la línea negativa del módulo.
18. De las conexiones indicadas anteriormente se obtiene el circuito de la siguiente figura.



**Fig. 2 Conexión shunt**

19. Accione el switch de la fuente de alimentación
20. Observe el valor que registra el voltímetro y el amperímetro, este ultimo solo nos servirá para obtener la corriente de arranque ( $I_a$ ), si desea obtener la corriente nominal utilice el amperímetro del multímetro digital.
21. Anote los valores de la corriente de arranque y el voltaje de armadura o shunt.

$$V_{shunt} = \dots\dots\dots$$

$$I_a = \dots\dots$$

22. Con el tacómetro digital mida la velocidad del motor (r.p.m.) en este tipo de conexión.

$$r.p.m. = \dots\dots$$

23. Repita los pasos a partir del numeral 19 cambiando a otro valor de voltaje y anote los resultados.

$$I_a = \dots\dots$$

$$r.p.m. = \dots\dots$$

**Conclusiones:**

.....  
 .....

**Recomendaciones:**

.....  
 .....

**Bibliografía:**

.....

## GUÍA DE LABORATORIO N° 2

### Conexión serie de un motor de corriente continua (d.c.)

#### OBJETIVOS.

- Estudiar las características del funcionamiento de un motor de d.c, con excitación en serie.
- Medir la resistencia del devanado serie
- Diferenciar la corriente de arranque de la corriente nominal.

#### INTRODUCCIÓN.

Este tipo de conexión se comporta en una forma muy distinta a la conexión shunt, el campo magnético es producido por la corriente que fluye a través del devanado de la armadura, y a causa de esto es débil cuando la carga del motor es pequeña (el devanado de armadura toma corriente mínima). El campo magnético es intenso cuando la carga es grande (El devanado de la armadura toma corriente máxima). El voltaje de armadura es casi igual a la línea de alimentación (como sucede con el motor con devanado en derivación), y se puede hacer caso omiso de la pequeña caída del campo en serie. En consecuencia, la velocidad del motor con el campo en serie depende totalmente de la corriente de carga.

#### INSTRUMENTOS Y EQUIPOS.

- ADC Voltaje Power Supply.
- Módulo de funcionamiento de motores de d.c.
- Cables de Conexión.
- Multímetro.
- Tacómetro de mano.

## PROCEDIMIENTO.

1. Con ayuda de un multímetro digital, mida la resistencia del bobinado de armadura, colocando las puntas en los Jacks #14 y #20.

$$R_a = \dots\dots$$

2. Mida la resistencia del bobinado serie, colocando la punta del multímetro en el jack #19 del bobinado serie y la otra punta en el jack #13 del punto común del módulo.

$$R_s = \dots\dots\dots$$

3. Con los datos obtenidos anteriormente calcule la resistencia equivalente (*Req 1*) de la conexión serie, utilizando la fórmula que se indica a continuación:

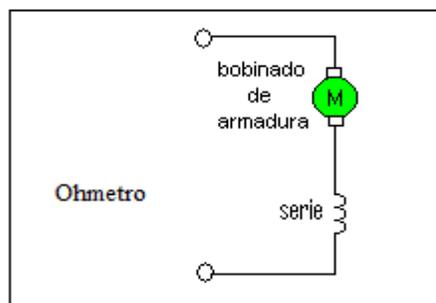
$$Req1 = R_a + R_s$$

$$Req 1 = \dots\dots\dots$$

4. Conecte los bobinados del motor en conexión serie siguiendo los pasos que se detallan a continuación

4.1 Del jack #20, del bobinado de armadura conecte con el jack # 19 del bobinado serie (color rojo).

4.2 De las conexiones indicadas anteriormente se obtiene el circuito de la siguiente figura



**Fig.3 Conexión serie de los bobinados**

5. Con el multímetro digital, mida el valor de la resistencia total (*Req2*) colocando una punta del multímetro en el jack #14 del bobinado de armadura, y la otra punta en el jack #13.
6. Anote el valor que registra el multímetro.

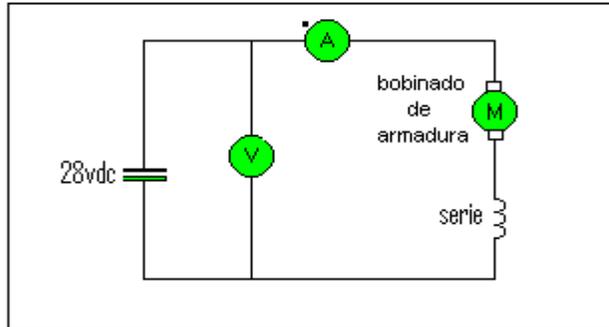
$$Req2 = \dots$$

7. Compare el valor de la resistencia obtenida en el numeral 3 con la obtenida en el numeral 7.

$$Req1 = \dots$$

$$Req2 = \dots$$

8. Conecte el jack común DCV de la fuente de alimentación con el jack que indica 24 VDC.
9. Conecte el positivo de la fuente de alimentación (DCV-OUT-PUT), con el jack # 9 del módulo del motor de corriente continua (c.c.).
10. Conecte el negativo de la fuente de alimentación (DCV-OUT-PUT), con el jack #15, negativo VDC del módulo del motor de corriente continua.
11. Conecte el jack #10 de la salida del fusible a uno de los jacks positivos del voltímetro (#1 o #3).
12. Conecte el jack #17 de la línea negativa al jack #2 del voltímetro.
13. Del jack #10 conecte a uno de los jacks positivos del Amperímetro #6.
14. Conecte uno de los jacks negativos del amperímetro (#5 o #7) al jack #14 del bobinado de armadura.
15. Del jack #20 del bobinado de armadura conecte con el jack #19 del bobinado serie (color rojo).
16. Del jack #11 de la línea común conecte al jack #17 de la línea negativa del módulo.
17. De las conexiones indicadas anteriormente se obtiene el circuito de la siguiente figura



**Fig.4 Conexión Serie**

18. Accione el switch de la fuente de alimentación
19. Observe el valor que registra el voltímetro y el amperímetro, este ultimo solo nos servirá para obtener la corriente de arranque ( $I_a$ ), si desea obtener la corriente nominal utilice el amperímetro del multímetro digital.
20. Anote los valores de la corriente de arranque y el voltaje total del circuito.

$$V_{total} = \dots\dots$$

$$I_a = \dots\dots$$

21. Con el voltímetro del módulo, mida el voltaje de armadura, conectando en los dos extremos del bobinado de armadura

$$V_{armad.} = \dots\dots-$$

Observe que el Voltaje total es casi igual al voltaje de armadura, esto se debe a la baja resistencia del bobinado serie, es casi despreciable

22. Con el tacómetro digital mida la velocidad del motor (r.p.m.) en este tipo de conexión.

$$r.p.m. = \dots\dots$$

Observe que en esta conexión la velocidad aumenta.

23. Repita los pasos a partir del numeral 19, cambiando a otro valor de voltaje y anote los resultados

**Conclusiones:**

.....  
 .....

## GUÍA DE LABORATORIO N° 3

Conexión compound de un motor de corriente continua (d.c.)

### OBJETIVOS.

- Estudiar las características del funcionamiento de un motor de d.c. con excitación en Compound.
- Diferenciar la corriente de arranque de la corriente nominal con la conexión con el devanado en compound.

### INTRODUCCIÓN.

Si bien la cualidad principal del motor serie en d.c. está en su alto valor de par, también existe la desventaja de que los motores de éste tipo tienden a sobre acelerarse con cargas ligeras, esto puede corregirse agregando un campo en derivación conectado en tal forma, que refuerce el campo serie. El motor se convierte entonces en una máquina compuesta acumulativa. En cuanto a la velocidad constante que caracteriza los motores de d.c. en derivación, esta tampoco es conveniente en algunas aplicaciones; por ejemplo cuando el motor debe mover un volante, ya que se necesita cierta disminución de la velocidad para que el volante pierda su energía cinética. Para las aplicaciones de este tipo se requiere un motor que tenga una curva característica de velocidad “con caída”, es decir, que la velocidad del motor debe bajar notablemente al aumentar la carga. El motor de d.c. con devanado compuesto acumulativo es el adecuado para esta clase de trabajo.

## INSTRUMENTOS Y EQUIPOS.

- ADC Voltaje Power Supply.
- Módulo de funcionamiento de motores de d.c.
- Cables de Conexión.
- Multímetro.
- Tacómetro de mano.

## PROCEDIMIENTO.

1. Con ayuda de un multímetro digital, colocando el selector de funciones en la opción óhmetro ( $\Omega$ ) mida la resistencia del bobinado de armadura, colocando las puntas en los Jacks #14 y #20.

$$R_{armad.} = \dots\dots\dots$$

2. Mida la resistencia del bobinado shunt, colocando la una punta del multímetro en el jack #18 y la otra punta en el jack # 13 del punto común.

$$R_{shunt} = \dots\dots\dots$$

3. Mida la resistencia del bobinado serie, colocando la una punta del multímetro en el jack # 19 y la otra punta en el jack # 12 del punto común.

$$R_{serie} = \dots\dots\dots$$

4. Con los datos obtenidos anteriormente calcule la resistencia equivalente ( $R_{eq1}$ ) de la conexión compound, utilizando las formulas que se indican a continuación:

$$Req_1 = \frac{R_{shunt} * (R_{armad} + R_{serie})}{R_{shunt} + (R_{armad} + R_{serie})}$$

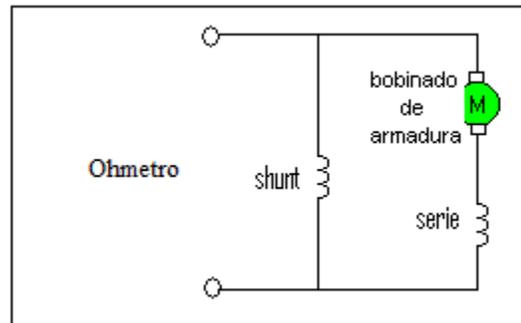
$$Req 1 = \dots\dots\dots$$

5. Conecte los bobinados del motor en conexión Compound siguiendo los pasos que se indican a continuación.

- 5.1 Del jack # 18 del bobinado shunt, conecte al jack # 14 del bobinado de armadura.

5.2 Del jack #20 del bobinado de armadura conecte con el jack #19 del bobinado serie.

5.3 De las conexiones indicadas anteriormente se obtiene el circuito de la siguiente figura.



**Fig. 5 Conexión de los bobinados en compound**

6. Con el multímetro digital, mida el valor de la resistencia total colocando una punta del multímetro en el jack #14 del bobinado de armadura, y la otra punta en el jack # 12 del bobinado común.

7. Anote el valor que registra el multímetro.

$$Req2 = \dots$$

8. Compare el valor de la resistencia obtenida en el numeral 4 con la obtenida en el numeral 8.

$$Req1 = \dots$$

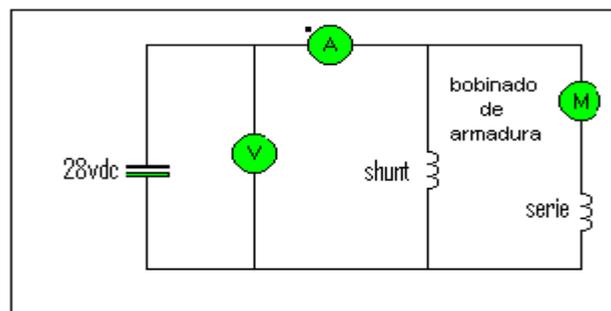
$$Req2 = \dots$$

9. Conecte el jack común DCV de la fuente de alimentación con el jack que indica 24 VDC.

10. Conecte el positivo de la fuente de alimentación (DCV-OUT-PUT), con el jack #9, positivo VDC del módulo del motor de corriente directa (c.d.).

11. Conecte el negativo de la fuente de alimentación (DCV-OUT-PUT), con el jack #15, negativo VDC, del módulo del motor de corriente continua.

12. Conecte el jack #10 de la salida del fusible a uno de los jacks positivos del voltímetro (#1 o #3)
13. Conecte el jack #17 de la línea negativa del módulo a un negativo del voltímetro (#2 o #4).
14. Del jack #10 de la salida del fusible conecte a uno de los jacks positivos del Amperímetro (#6 o #8).
15. Conecte un jack negativo del amperímetro (#5 o #7) a un jack común del módulo (#11, #12, o #13).
16. Del jack # 18 del bobinado shunt, conecte al jack #14 del bobinado de armadura.
17. Del jack #20 del bobinado de armadura conecte con el jack # 19 del bobinado serie.
18. Del jack #18 del bobinado shunt, conecte al jack #17 de la línea negativa del módulo.
19. De las conexiones indicadas anteriormente se obtiene el circuito de la siguiente figura.



**Fig.6 Conexión Compound**

20. Accione el switch de la fuente de alimentación.
21. Observe el valor que registra el voltímetro y el amperímetro, recuerde que este ultimo solo nos servirá para obtener la corriente de arranque ( $I_a$ ), si desea obtener la corriente nominal utilice el amperímetro del multímetro digital.

22. Anote los valores de la corriente de arranque y el voltaje que consume el circuito.

$$V = \dots\dots$$

$$I_a = \dots\dots$$

23. Con el tacómetro digital mida la velocidad del motor (r.p.m.) en este tipo de conexión.

$$r.p.m. = \dots\dots$$

24. Repita los pasos a partir del numeral 20 cambiando a otro valor de voltaje y anote los resultados.

**Conclusiones:**

.....  
.....

**Recomendaciones:**

.....  
.....

**Bibliografía:**

.....  
.....

## CAPÍTULO VII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.1 CONCLUSIONES.

Al finalizar este proyecto se pudo concluir lo siguiente:

- Se cumplió con el objetivo general planteado al inicio del Proyecto, ya que se Implementó un Laboratorio de Máquinas Eléctricas, y como parte de este, se realizó la construcción de tres módulos con características similares para el funcionamiento de motores de corriente continua, con esto se pretende mejorar el aprendizaje de los estudiantes.
- Al conocer la situación actual de los Laboratorios de la Carrera de Electrónica, se determinó que el área en el que se ubicarán los módulos será el aula 1.3, puesto que este espacio físico estaba disponible.
- Se llevó a cabo un estudio para poder determinar que tipo de módulos son prioritarios para que los alumnos eleven sus conocimientos dentro del campo de Máquinas Eléctricas, dando como resultado entre otros, la construcción de módulos para el funcionamiento de motores de corriente continua, con sus tres tipos de conexiones (shunt, serie y compound).
- Mediante un estudio minucioso y detallado de varias alternativas se llevó a cabo la selección de cada uno de los diferentes componentes de los módulos.
- La aplicación de este proyecto mejorará el proceso de inter-aprendizaje de los estudiantes ya que ayudará a fortalecer los conocimientos teóricos adquiridos en las aulas.

## 7.2 RECOMENDACIONES.

- Es recomendable complementar el presente proyecto mediante la adquisición de dos tacómetros digitales más, para que cada módulo cuente con uno.
- Se recomienda la construcción de bancos o mesas adecuadas para poder almacenar estos módulos después de sus prácticas, deberán estar provistas de secciones para los módulos, las fuentes de alimentación, los cables de pruebas y los manuales, para que de esta forma no puedan sufrir daños y así incrementar su tiempo de vida útil.
- Tomando en cuenta que la tecnología día a día va evolucionando, es recomendable, ir actualizando constantemente el Laboratorio de Máquinas Eléctricas, mediante la construcción o adquisición de equipos o instrumentos modernos relacionados a este campo.
- Señalizar el laboratorio con normas de seguridad como: líneas de seguridad en el piso, etiquetas en los tomacorrientes, cuadros donde indique las precauciones que deben tomar los alumnos antes de ingresar al laboratorio etc.
- Es recomendable al conectar el motor en la conexión serie, realizar las mediciones lo mas pronto posible porque puede embalsarse.
- Se deberá construir más módulos similares para satisfacer al número de estudiantes.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

### A

**Armadura:** Es aquella parte de una maquina eléctrica en la cual se genera voltaje en virtud del movimiento relativo con respecto a un campo magnético.

### B

**Bastidor:** Es la estructura rígida que soporta el motor y el mecanismo, garantizando el enlace entre todos los elementos.

**Bobina:** Un inductor o bobina es un componente pasivo de un circuito eléctrico que, debido al fenómeno de la autoinducción, almacena energía en forma de campo magnético.

### C

**Conmutador:** Un conmutador es un dispositivo que permite modificar el camino que deben seguir los electrones. Los hay de tres tipos: manuales, de varias placas, y electrónicos

**Corriente Continua:** Es la corriente que circula por un circuito siempre en el mismo sentido.

**Corriente Alterna:** Es la corriente que circula por un circuito y fluye alternativamente en uno u otro sentido.

**Conexión Shunt:** En este tipo de conexión la bobina inductora, va conectada a la red de alimentación al igual que el inducido.

**Conexión Serie:** En este tipo de conexión la bobina inductora está unida en serie con el inducido, y el terminal libre de la bobina y el inducido van conectados a la red de alimentación.

**Conexión Compound:** Aquí la bobina derivación, va conectada a la red de alimentación. La bobina serie va conectada en serie con el inducido, el terminal libre de la bobina serie y del inducido también van conectados a la red.

## D

**Devanado:** Es un arrollamiento de conductores circulares o planos alrededor de un núcleo de hierro con el fin de producir un campo magnético.

En un devanado se combinan dos fenómenos un campo magnético y un campo eléctrico.

## E

**Escobilla:** Son las que establece una conexión eléctrica entre una parte fija y una parte rotatoria en un dispositivo.

**Espira:** Elemento básico de una bobina que forma un solo ciclo de conducción

**Estator:** Un estator es una parte fija de una máquina rotativa, la cual alberga una parte móvil (rotor).

Los motores, y las máquinas eléctricas en general, se componen de dos partes: el rotor y el estator.

**Excitratriz:** También conocida como generatriz, genera una corriente trifásica que se rectifica a media onda con tres diodos ó a onda completa con seis diodos, esta corriente alimenta al devanado del rotor.

## H

**Holístico:** Doctrina que propugna la concepción de cada realidad como un todo distinto de la suma de las partes que lo componen.

## I

**Investigación de Campo no Participante:** Se realiza en el lugar de los hechos, en contacto directo con los actores del acontecimiento, este tipo de investigación es en vivo y utiliza a la observación directa, la entrevista, la encuesta, y el cuestionario como técnicas de recolección de datos

**Investigación Exploratoria:** Nos permite explorar, reconocer y sondear, es una acción preliminar mediante la cual se obtiene una idea general del objeto que va a ser investigado

**Investigación Descriptiva:** Permite describir, detallar y explicar un problema, objeto o fenómeno mediante un estudio, con el propósito de determinar las características del problema observado.

## L

**Lab-Volt:** Es un manual de experimentos con equipo electrónico diseñado por dos catedráticos; Theodore Wildi, Profesor de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Laval en Quebec-Canadá, y Michael j. De vito Ingeniero de Proyectos de la empresa Buck Engineering Co. Inc.de Nueva Jersey, U.S.A.

## M

**Motor:** Es el mecanismo que transforma la energía eléctrica para la realización del trabajo requerido.

**Mecanismo:** Es el conjunto de elementos mecánicos, de los que alguno será móvil, destinado a transformar la energía proporcionada por el motor en el efecto útil buscado.

**Motor Danhlander:** En el motor Dahlander el bobinado de una fase está dividido en dos partes iguales con una toma intermedia. Según conectemos estas bobinas conseguiremos una velocidad más lenta o más rápida.

## P

**Par:** o torque, es la fuerza que tiende a producir rotación

**Par motor:** Es la fuerza que es capaz de ejercer un motor en cada giro. El giro de un motor tiene dos características: el par motor y la velocidad de giro. Por combinación de estas dos se obtiene la potencia.

**Par de salida:** El par que remide en el eje de un motor.

**Potencia:** Es la rapidez con la que se efectúa un trabajo o la velocidad de transformación o transferencia de energía.

## R

**Rotor:** El Rotor es el componente que gira (rota) en una máquina eléctrica, sea esta un motor o un generador eléctrico.

## ABREVIATURAS

<b>A.</b>	Amperios
<b>A.C.</b>	Corriente Alterna
<b>D.C.</b>	Corriente Directa
<b>F.E.M.</b>	Fuerza Electromotriz
<b>FP</b>	Factor de potencia
<b>H.P.</b>	Horse Power (Caballos de Fuerza)
<b>RPM.</b>	Revoluciones por minuto
<b>V.</b>	Voltaje
<b>W.</b>	Watts (Vatios)

## BIBLIOGRAFÍA

- Irving L Kosow / Control de Máquinas Eléctricas.
- Theodore Wildi / Michael J de Vito / Guía de Prácticas de Lab–Volt.
- Fitzgerald Edward/Máquinas Eléctricas /Quinta Edición.
- Bhag S. Guru / Maquinas Eléctricas / Tercera Edición.
- Bareona Gurrea Jose / La electricidad en 20 lecciones / Marcombo /1980
- Moreno Wilmer, Vinueza Xavier/ Tesis N° 019 / 2001.
- Lema Diego, Castillo Luis / Tesis N° 020 / 2002,
- [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)