

1-1-1996

Estudio técnico-económico para la implementación de los laboratorios en las asignaturas de medidas eléctricas, máquinas I y II, accionamientos eléctricos

Ligia Cristina Leal Santos
Universidad de La Salle, Bogotá

María Angélica Rodríguez Rico
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_electrica

Citación recomendada

Leal Santos, L. C., & Rodríguez Rico, M. A. (1996). Estudio técnico-económico para la implementación de los laboratorios en las asignaturas de medidas eléctricas, máquinas I y II, accionamientos eléctricos. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_electrica/333

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería Eléctrica by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

T
42-92
12-10
512

**ESTUDIO TECNICO - ECONOMICO PARA LA
IMPLEMENTACION DE LOS LABORATORIOS
EN LAS ASIGNATURAS DE MEDIDAS
ELECTRICAS, MAQUINAS I Y II, Y
ACCIONAMIENTOS ELECTRICOS**

LIGIA CRISTINA LEAL SANTOS 42882009
MARIA ANGELICA RODRIGUEZ RICO 42891013

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA
SANTAFÉ DE BOGOTÁ D.C.**

1996

**ESTUDIO TECNICO - ECONOMICO PARA LA
IMPLEMENTACION DE LOS LABORATORIOS
EN LAS ASIGNATURAS DE MEDIDAS
ELECTRICAS, MAQUINAS I Y II, Y
ACCIONAMIENTOS ELECTRICOS**

**LIGIA CRISTINA LEAL SANTOS
MARIA ANGELICA RODRIGUEZ RICO**

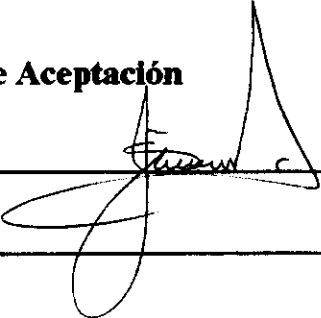
**Trabajo presentado como requisito parcial para
optar al titulo de INGENIERO ELECTRICISTA**

**ASESOR
JESUS ABEL LUNA CHAPARRO**



**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA
SANTAFÉ DE BOGOTÁ D.C.**

1996

Nota de Aceptación

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'F. ...', is written across three horizontal lines.

Jurado


Two handwritten signatures in black ink are written across two horizontal lines. The first signature is 'Philip ...' and the second is a more stylized signature.

*“Cualquier labor que cayera en tus
manos hazla con toda tu alma”.*

Al culminar una etapa más de nuestras vidas queremos dedicar este proyecto a Dios porque es él quien nos ha brindado las capacidades físicas e intelectuales para alcanzar nuestros ideales. A nuestras familias quienes con su amor, dedicación, esfuerzo y constancia han hecho posible que hoy este sueño se haga realidad. A nuestros amigos con quienes compartimos momentos de alegría y tristeza durante estos años, y a las personas que estuvieron incondicionalmente apoyándonos con todo su amor.

A todos Gracias.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras expresan sus agradecimientos a:

**FILIBERTO BOJACA BUCHE, Ingeniero Electricista y Subgerente
Departamento Técnico de Motores SIEMENS.**

**JESUS ABEL LUNA CHAPARRO, Ingeniero Electricista y Profesor
UNIVERSIDAD DE LA SALLE.**

**SERGIO GUZMAN, Ingeniero Electricista y Asistente de la Facultad de
Ingeniería Eléctrica UNIVERSIDAD DE LA SALLE.**

**MARCO BONETT, Ingeniero Electricista y Profesor de la
UNIVERSIDAD DE LA SALLE.**

**MAURICIO CHAPARRO, Monitor del Laboratorio y Compañero
UNIVERSIDAD DE LA SALLE.**

A nuestras familias y,

**A todas aquellas personas que en una y otra forma colaboraron para la
realización de este proyecto.**

***LA UNIVERSIDAD NO SERA RESPONSABLE DE
LAS IDEAS EXPUESTAS POR LAS AUTORAS EN
EL PRESENTE PROYECTO DE GRADO.***

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCION

1.	GENERALIDADES	1
1.1.	OBJETIVOS	1
1.1.1.	Objetivos Generales	1
1.1.2.	Objetivos Específicos.....	1
1.2.	ANTECEDENTES	2
2.	MEDIDAS ELECTRICAS	6
2.1.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA	6

2.2.	PRACTICAS DE LABORATORIO REQUERIDAS	7
2.2.1.	Medidas de Tensión	8
2.2.1.1.	Método Directo con Voltímetro.....	8
2.2.1.2.	Métodos Indirectos.....	9
2.2.1.2.1.	Resistencias en Serie	10
2.2.1.2.2.	Divisor de Tensión.....	10
2.2.2.	Medidas de Corriente o Intensidad	10
2.2.2.1.	Métodos Directos con amperímetro.....	11
2.2.2.2.	Métodos Indirectos Resistencia Shunt	11
2.2.3.	Medidas de Resistencia.....	11
2.2.3.1.	Método Directo	12
2.2.3.2.	Métodos Indirectos.....	12
2.2.3.2.1.	Utilizando las medidas de corriente y tensión	12
2.2.3.2.1.1.	Conexión U	13
2.2.3.2.1.2.	Conexión I.....	13
2.2.3.2.2.	Utilizando método por comparación.....	13
2.2.3.2.2.1.	Utilizando comparación de intensidades de corriente	14
2.2.3.2.2.2.	Utilizando comparación de Tensiones.....	14
2.2.3.2.2.3.	Utilizando sólo Voltímetros o Desviación Directa.....	15

2.2.3.3.	Medida de puesta a tierra a través de aparatos industriales	15
2.2.4.	Medidas de Potencia Eléctrica y Energía	16
2.2.4.1.	Método de los tres amperímetros	16
2.2.4.2.	Método de los tres voltímetros	17
2.2.4.3.	Conexión Arón	18
2.2.4.4.	Medidas de Energía	19
2.2.5.	Medidas de Factor de Potencia	20
2.2.5.1.	En sistemas monofásicos	20
2.2.5.1.1.	Utilizando vatímetro, amperímetro y voltímetro	20
2.2.5.1.2.	Método de los tres voltímetros	21
2.2.5.1.3.	Método de los tres amperímetros	21
2.2.5.2.	En sistemas trifásicos	22
2.2.5.2.1.	Utilizando vatímetro, amperímetro y voltímetro	22
2.2.5.3.	Medición directa por cosenofímetro	22
2.2.6.	Medición de frecuencia a través del Osciloscopio	23
2.2.6.1.	Con base de tiempos calibrada	24
2.2.6.2.	Con conmutador electrónico	24
2.2.6.3.	Por medio de las figuras de Lissajous	25
2.3.	ANÁLISIS DE LOS EQUIPOS E IMPLEMENTOS	

	REQUERIDOS EN CADA UNA DE LAS PRACTICAS DE	
	LABORATORIO	26
2.3.1.	Medidas de Tensión	26
2.3.2.	Medidas de corriente o intensidad	26
2.3.3.	Medidas de Resistencia.....	27
2.3.4.	Medidas de Potencia Eléctrica y Energía	27
2.3.4.1.	Método de los tres amperímetros.....	27
2.3.4.2.	Método de los tres voltímetros.....	28
2.3.4.3.	Conexión Arón.....	28
2.3.4.4.	Medidas de Energía Eléctrica	29
2.3.5.	Medidas de Factor de Potencia	29
2.3.5.1.	En sistemas monofásicos.....	29
2.3.5.1.1.	Utilizando vatímetro, amperímetro y voltímetro.....	29
2.3.5.1.2.	Método de los tres amperímetros.....	30
2.3.5.1.3.	Método de los tres voltímetros.....	30
2.3.5.2.	En sistemas trifásicos	31
2.3.5.2.1.	Utilizando vatímetro, amperímetro y voltímetro.....	31
2.3.5.3.	Medición directa de cosenofímetro.....	31
2.3.6.	Medición de frecuencia a través del Osciloscopio.....	31

2.4.	RESUMEN DE EQUIPOS E IMPLEMENTOS	
	NECESARIOS.....	32
3.	MAQUINAS ELECTRICAS	33
3.1.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA.....	33
3.2.	PRACTICAS DE LABORATORIO.....	34
3.2.1.	Transformadores.....	34
3.2.1.1.	Ensayo de vacío de transformadores.....	34
3.2.1.2.	Ensayo de corto circuito en transformadores.....	34
3.2.1.3.	Conexión como autotransformador	35
3.2.1.4.	Conexión trifásica de transformadores	35
3.2.2.	Máquinas de Corriente Continua.....	36
3.2.2.1.	Generador de corriente continua con excitación independiente.....	36
3.2.2.1.1.	Característica de vacío.....	37
3.2.2.1.2.	Característica externa.....	37
3.2.2.2.	Generador de corriente continua con excitación shunt.....	38
3.2.2.2.1.	Característica de vacío.....	38
3.2.2.2.2.	Característica externa.....	39

3.2.2.3.	Generador de corriente continua con excitación serie.....	39
3.2.2.3.1.	Característica externa.....	39
3.2.2.4.	Generador de corriente continua con excitación compuesta	40
3.2.2.5.	Conexión en paralelo de generadores	41
3.2.2.6.	Métodos de arranque y regulación de velocidad en motores de corriente continua	42
3.2.3.	Motores de inducción.....	44
3.2.3.1.	Ensayo de vacío y rotor frenado	46
3.2.3.1.1.	Prueba de vacío.....	46
3.2.3.1.2.	Prueba de rotor frenado.....	46
3.2.4.	Máquina sincrónica.....	48
3.2.4.1.	Características del generador.....	48
3.2.4.1.1.	Ensayo de vacío	48
3.2.4.1.2.	Ensayo de corto circuito.....	48
3.2.4.2.	Acople en paralelo del generador	49
3.2.4.3.	Curvas en V del motor	49

3.3. ANALISIS DE LOS EQUIPOS E IMPLEMENTOS

	REQUERIDOS EN CADA UNA DE LAS PRACTICAS DE	
	LABORATORIO	51
3.3.1.	Transformadores	51
3.3.1.1.	Ensayo de vacío y corto circuito en transformadores	51
3.3.1.2.	Conexión como autotransformador	51
3.3.1.3.	Conexión trifásica de transformadores	52
3.3.2.	Máquinas de corriente continua.....	53
3.3.2.1.	Generador de corriente continua con excitación independiente	53
3.3.2.1.1.	Característica de vacío.....	53
3.3.2.1.2.	Característica externa.....	53
3.3.2.2.	Generador de corriente continua con excitación shunt.....	56
3.3.2.2.1.	Característica de vacío.....	56
3.3.2.2.2.	Característica externa.....	57
3.3.2.3.	Generador de corriente continua con excitación serie.....	58
3.3.2.3.1.	Característica externa.....	58
3.3.2.4.	Generador de corriente continua con excitación compuesta	59
3.3.2.5.	Conexión en paralelo de generadores	62
3.3.2.6.	Métodos de arranque y regulación de velocidad en motores de corriente continua.....	64

3.3.3.	Motores de inducción.....	66
3.3.3.1.	Prueba de vacío.....	66
3.3.3.2.	Prueba de rotor frenado.....	67
3.3.3.3.	Motores monofásicos por arranque con condensador.....	67
3.3.4.	Máquina sincrónica.....	69
3.3.4.1.	Características del generador.....	69
3.3.4.2.	Acople en paralelo del generador.....	70
3.3.4.3.	Curvas en V del motor.....	70
3.4.	RESUMEN DE EQUIPOS E IMPLEMENTOS	
	NECESARIOS.....	71
4.	ACCIONAMIENTOS ELECTRICOS.....	73
4.1.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA.....	73
4.2.	PRACTICAS DE LABORATORIO.....	74
4.2.1.	Mando de un motor por impulso inicial y arranque directo de motores monofásicos y trifásicos.....	74
4.2.2.	Mando de un motor por impulso inicial desde dos estaciones.....	75

4.2.3.	Mando de un motor por impulso inicial y permanente con señalización de marcha	76
4.2.4.	Mando de un motor por impulso inicial y permanente con señalización de marcha y parada de emergencia.....	76
4.2.5.	Mando de tres motores en secuencia forzada para prender (M1,M2,M3), y posibilidad de apagar cualesquiera de ellos sin que se altere el funcionamiento de los restantes.....	77
4.2.6.	Sistema FIFO para accionar tres motores en secuencia forzada	79
4.2.7.	Sistema LIFO para accionar tres motores en secuencia forzada.....	79
4.2.8.	Paro automático por temporizador neumático y electrónico.....	79
4.2.9.	Mando de dos motores en forma secuencial y automática mediante temporizador neumático o electrónico.....	80
4.2.10.	Paro automático por detector inductivo y fotoeléctrico reflex	82
4.2.11.	Inversor de marcha con enclavamiento por contactor auxiliar	83
4.2.12.	Inversor de marcha con paro automático temporizado previa la inversión, con prioridad de arranque en un sentido de giro.....	84
4.2.13.	Arranque por conmutación estrella - triángulo.....	84
4.3.	ANALISIS DE LOS EQUIPOS REQUERIDOS EN CADA UNA DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO	86

4.3.1.	Mando de un motor por impulso inicial y arranque directo de motores monofásicos y trifásicos	86
4.3.2.	Mando de un motor por impulso inicial desde dos estaciones	87
4.3.3.	Mando de un motor por impulso inicial y permanente con señalización de marcha y parada de emergencia.....	88
4.3.4.	Mando de un motor por impulso inicial y permanente con señalización de marcha y parada de emergencia.....	88
4.3.5.	Mando de tres motores en secuencia forzada para prender (M_1, M_2, M_3), la posibilidad de apagar cualesquiera de ellos sin que se altere el funcionamiento de los restantes.....	89
4.3.6.	Sistema FIFO para accionar tres motores en secuencia forzada	90
4.3.7.	Sistema LIFO para accionar tres motores en secuencia forzada	90
4.3.8.	Paro automático por temporizador neumático y electrónico.....	91
4.3.9.	Mando de dos motores en forma secuencial y automática mediante temporizador neumático o electrónico.....	92
4.3.10.	Paro automático por detector inductivo y fotoeléctrico reflex	92
4.3.11.	Inversor de marcha con enclavamiento por contactor auxiliar	93
4.3.12.	Inversor de marcha con paro automático temporizado previa la inversión, con prioridad de arranque en un sentido de giro.....	94

4.3.13.	Arranque por conmutación estrella - triángulo.....	94
4.4.	RESUMEN DE EQUIPOS E IMPLEMENTOS	
	NECESARIOS.....	96
5.	ANALISIS DE INVERSION	97
5.1.	INVERSION REQUERIDA	99
5.2.	PLANES DE INVERSION.....	103
5.2.1.	Planes de inversión en maquinaria	103
5.2.2.	Planes de inversión para los equipos de medida	109
5.2.3.	Planes de inversión para modulos de carga	113
5.2.4.	Análisis de los resultados de los planes de inversión	117
5.3.	INGRESOS DE LA FACULTAD	118
	CONCLUSIONES.....	128
	BIBLIOGRAFIA	131

ANEXO 1. INVENTARIO DE LABORATORIO.....134

ANEXO 2. REGRESIONES.....149

LISTA DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1. EQUIPO REQUERIDO EN MEDIDAS ELECTRICAS.....	32
TABLA 2. EQUIPO REQUERIDO EN MAQUINAS ELECTRICAS.....	71
TABLA 3. EQUIPO REQUERIDO EN ACCIONAMIENTOS ELECTRICOS	96
TABLA 4. ALUMNOS MATRICULADOS DESDE 1988 AL SEGUNDO CICLO DE 1996.....	98
TABLA 5. INVERSION REQUERIDA POR ASIGNATURA.....	102
TABLA 6. INVERSION REQUERIDA	103
TABLA 7. NUMERO DE ESTUDIANTES MATRICULADOS POR AÑO Y ESTIMACION DESDE 1.997 A 2.001.....	119

TABLA 8. PORCENTAJE DE INVERSION PARA LOS LABORATORIOS DE ACUERDO AL PRESUPUESTO ANUAL DE LA FACULTAD	120
TABLA 9. PRESUPUESTO PARA LABORATORIOS E INVERSION A TRES AÑOS EN EQUIPO.....	123
TABLA 10 PRESUPUESTO PARA LABORATORIOS E INVERSION A SEIS AÑOS EN EQUIPO.....	123

LISTA DE FIGURAS

Pág.

FIGURA 1. DIAGRAMA DE FLUJO DE CAJA PARA MAQUINARIA.....	105
FIGURA 2. DIAGRAMA DE FLUJO DE CAJA A TRES AÑOS DE INVERSION EN MAQUINARIA.....	107
FIGURA 3. DIAGRAMA DE FLUJO DE CAJA A SEIS AÑOS DE INVERSION EN MAQUINARIA.....	109
FIGURA 4. DIAGRAMA DE FLUJO DE CAJA PARA EQUIPO DE MEDIDA.....	110
FIGURA 5. DIAGRAMA DE FLUJO DE CAJA A DOS AÑOS DE INVERSION EN EQUIPOS DE MEDIDA	111
FIGURA 6. DIAGRAMA DE FLUJO DE CAJA A CUATRO AÑOS DE INVERSION EN EQUIPOS DE MEDIDA	113

FIGURA 7. DIAGRAMA DE FLUJO DE CAJA PARA MODULOS DE CARGA.....	114
FIGURA 8. DIAGRAMA DE FLUJO DE CAJA A DOS AÑOS DE INVERSION EN MODULOS DE CARGA.....	115
FIGURA 9. DIAGRAMA DE FLUJO DE CAJA A CUATRO AÑOS DE INVERSION EN MODULOS DE CARGA.....	117
FIGURA 10. NUMERO DE ALUMNOS MATRICULADOS	121
FIGURA 11. PRESUPUESTO TOTAL FACULTAD Vs. INVERSION DE LABORATORIO	122
FIGURA 12. PRESUPUESTO PARA LABORATORIO Vs. INVERSION A TRES AÑOS	124
FIGURA 13. COMPARACION PRESUPUESTO Vs. INVERSION	125
FIGURA 14. PRESUPUESTO PARA LABORATORIO Vs. INVERSION A SEIS AÑOS	127
FIGURA 15. COMPARACION PRESUPUESTO Vs. INVERSION A SEIS AÑOS.....	126
FIGURA 16. REGRESION EXPONENCIAL	153
FIGURA 17. REGRESION LOGARITMICA.....	155

INTRODUCCION

El presente trabajo de grado brinda al lector una información básica sobre los laboratorios que la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de la Salle debe adecuar e implementar tecnológicamente para el logro de los objetivos planteados para las asignaturas de Medidas Eléctricas, Máquinas Eléctricas y Accionamientos Eléctricos.

La finalidad de este trabajo es presentar a las directivas de la Facultad de Ingeniería Eléctrica un estudio técnico-económico de los equipos, materiales y recursos en general requeridos en el laboratorio para poder realizar de una forma eficiente las prácticas de las asignaturas mencionadas anteriormente, las cuales son fundamentales y se constituyen en la base para el desarrollo de la vida profesional del estudiante de Ingeniería Eléctrica.

La realización de este proyecto parte de los objetivos de las asignaturas, continua con el planteamiento de las prácticas de laboratorio requeridas para el

logro de dicho objetivos; luego se detectan los recursos necesarios para llevar a cabo estas prácticas, y por último se hace el balance entre los recursos disponibles y faltantes. Con base en esto, se elaborará el presupuesto de inversión para la adquisición de los equipos y materiales necesarios.

Sólo resta decir que este trabajo queda a disposición de todas las personas que estén interesadas en el tema, principalmente directivas de la Facultad y de la Universidad; ya que es uno , sino el principal, problema que tiene en la actualidad la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de la Salle.

1. GENERALIDADES

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo General

Realizar un estudio Técnico - Económico de los equipos materiales y recursos en general que se requieren en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Eléctrica para el desarrollo práctico de las asignaturas de Medidas Eléctricas, Máquinas Eléctricas y Accionamientos Eléctricos.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Determinar mediante un estudio de necesidades las características de los equipos e implementos requeridos para la ejecución de las prácticas de laboratorio en las asignaturas de Medidas Eléctricas, Máquinas Eléctricas y Accionamientos Eléctricos.

- Presentar a las Directivas de la Universidad el presupuesto y el análisis de la inversión de los equipos a los cuales se haga referencia.
- Permitir que los estudiantes tengan a su alcance los instrumentos adecuados para que su proceso teórico - práctico de aprendizaje sea más eficiente.

1.2. ANTECEDENTES

Teniendo en cuenta que la teoría abstracta por sí sola dificulta el aprendizaje, mientras que los sistemas de enseñanza y entrenamiento fundamentan la teoría y despiertan el interés del estudiante involucrado activamente, es necesario que la Facultad de Ingeniería Eléctrica amplíe sus horizontes en el campo de la práctica modernizándose en las áreas profesionales como Medidas Eléctricas, Máquinas Eléctricas y Accionamientos Eléctricos para que el estudiante refuerce sus conocimientos y adquiera una experiencia que le ayude a determinar rápidamente y de manera exitosa las posibles soluciones de los problemas que se le presenten durante su vida profesional.

Aunque en el campo de formación profesional se cuenta con una programación de veinte y nueve (29) horas prácticas según el plan de estudios vigente (**Resolución 016 de Junio de 1992**), en la actualidad no se cuenta con el equipo, ni el material suficiente de enseñanza para que dichas horas sean eficientes en el logro de los objetivos de formación profesional. Es por esto que para obtener una educación de más alto nivel se requiere de un incremento y modernización tanto del material de enseñanza como de una adecuada área donde los estudiantes se encuentren en disposición de realizar sus prácticas con total armonía y asesoría académica.

La formación profesional específica se inició mediante un convenio con el **INSTITUTO TÉCNICO CENTRAL LA SALLE** para la asignatura de Medidas Eléctricas y Máquinas Eléctricas, el cual solo duró un (1) año; luego se continuó con el Laboratorio del Bloque A piso cuarto (4to) en las dependencias de la Universidad con las prácticas de Accionamientos Eléctricos, Medidas Eléctricas y Máquinas Eléctricas; hoy en día se cuenta con un segundo Laboratorio donde se realizan las prácticas del área de Electrónica y se trasladaron a éste las prácticas de Medidas Eléctricas en el sexto (6to) piso del Bloque C.

La Facultad no cuenta con los elementos ni las prácticas suficientes para que los estudiantes obtengan un mejor conocimiento de los temas a tratar en las diferentes asignaturas; las instalaciones de los laboratorios adolecen de la falta de estructura integral (área de trabajo, equipos, guías de laboratorio, etc.) lo cual hace que los estudiantes no desarrollen de manera completa los objetivos y procedimientos establecidos en cada una de las prácticas.

Actualmente la Facultad sólo cuenta con erogaciones semestrales para el rubro de inversión para laboratorios. De ahí la necesidad de establecer un presupuesto técnico-económico para subsanar el problema presentado; además de esto se presentan grandes barreras que van como ya se ha dicho desde el aporte presupuestal (Inversión), hasta los trámites y requerimientos para su desembolso, así como la falta de una planeación de inversión orientada hacia la adecuación apropiada de los laboratorios.

Por otra parte y debido a los problemas anteriormente mencionados se esbozan de éstos una serie de contratiempos que impiden llevar a cabo el programa establecido por el Consejo de la Facultad para cada semestre.

La Facultad es consciente de que necesita solucionar estos inconvenientes ya que ellos representan pérdidas para los estudiantes quienes no ven recompensada su inversión en esta carrera; luego, se hace necesario desarrollar un estudio que junto a la experiencia obtenida por algunos catedráticos y especialistas en el tema arrojen una propuesta que pueda ser presentada a la Universidad y que a la vez sea utilizada a fin de solucionar estas dificultades.

Debido a que la Universidad desea proyectarse en una administración y un nivel académico eficiente, deberá procurar solucionar lo anteriormente expuesto, . Este proceso se iniciaría con la presentación de este estudio, para que permita fortalecer su estructura general como un ente educativo que ayude a mejorar su eficiencia.

2. MEDIDAS ELÉCTRICAS

2.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS DE LA ASIGNATURA

- Analizar los principios de la evaluación cuantitativa de los parámetros eléctricos.
- Establecer las técnicas de planeación, montaje, instalación, conexión y mantenimiento de todo el conjunto de instrumentos eléctricos convencionales.
- Presentar las diferentes formas en que se pueden efectuar las mediciones y obtener los mismos resultados por medio de diferentes métodos experimentales, ya que algunos trabajos requieren de mediciones muy precisas, en tanto que otros requieren sólo de valores aproximados.
- Conocer el uso apropiado y correcto de los elementos de medición.

- Seleccionar el método de medición más adecuado al emplear los instrumentos que están a nuestro alcance con la precisión requerida.

2.2. PRACTICAS DE LABORATORIO

En las investigaciones de los fenómenos eléctricos, en el manejo de los aparatos y máquinas; en las operaciones y distribuciones de energía eléctrica, es necesario saber cómo se miden las magnitudes tanto eléctricas como no eléctricas que intervienen en los diferentes procesos. Para poder medir correctamente estas magnitudes, es imprescindible disponer de conocimientos sobre características, propiedades y empleos de los diferentes instrumentos de medición y de los métodos de medición.

El campo y las aplicaciones de las medidas eléctricas es inmenso, para resolver cualquier problema se necesita medir, para comprobar la parte teórica se necesita medir; y para esto se necesita de unos conocimientos básicos como son: Las dimensiones eléctricas; de las unidades para poder expresar los resultados obtenidos; del tipo de instrumento, de la precisión y de la exactitud en la

medida y todo esto depende de los fines para los que se necesiten la obtención de los datos y de los medios que están al alcance.

2.2.1. Medidas de Tensión

Antes de ver los ensayos de laboratorio que se realizan sobre este tema queremos recordar la definición de voltímetro el cual es un instrumento de medida (indicador o registrador) destinado a medir, mediante lectura directa, la tensión eléctrica, es decir, la diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito eléctrico. Este instrumento se conecta en paralelo entre los puntos en los cuales existe la diferencia de potencial que se ha de medir.

2.2.1.1. Método Directo con Voltímetro

Se ven en esta práctica los diferentes tipos de instrumentos directos de medir la diferencia de Potencial; ésto se hace a través las manipulación de los diferentes tipos de voltímetros como:

Eléctricos de bobina móvil para CD y para CA con rectificador, de hierro móvil para CD y/o para CA sin rectificador, electrostáticos para CD y/o CA.

Electrónicos con indicador analógico de bobina móvil; con indicador digitales.

El método directo es sólo conectar el voltímetro a los dos puntos entre los cuales se quiera medir la diferencia de potencial teniendo en cuenta los errores de diferentes procedencias que puedan presentarse, lo mismo que el valor de la resistencia interna del instrumento que se esta empleando, el cual es encontrado a través del teorema de Thévenin.

2.2.1.2. Métodos Indirectos:

Estos métodos se utilizan cuando se quiere medir un voltaje mayor del dado por el instrumento de medida.

2.2.1.2.1 Resistencias en Serie

Se conectan resistencias en serie con el voltímetro produciendo la caída de tensión faltante.

2.2.1.2.2. Divisores de Tensión

El voltaje a medir se aplica sobre una serie de n resistencias iguales y el voltímetro se aplica sobre una de ellas.

2.2.2. Medidas de Corriente o Intensidades

En el desarrollo de esta práctica se ven las características de los instrumentos denominados amperímetros su funcionamiento, su construcción y sus aplicaciones.

Las mediciones de la corriente a través de este instrumentos se pueden hacer con:

2.2.2.1. Métodos directos con Amperímetro

Estos pueden ser de bobina móvil para corriente directa o de hierro móvil para CD y para CA (se usan en sistemas monofásicos, de continua o trifásicos, tanto para cargas equilibradas como para cargas desequilibradas con o sin neutro).

2.2.2.2. Métodos Indirectos: Resistencias en Shunt

Son resistencias conectadas en paralelo con un amperímetro para desviar por ellas parte de la corriente que se quiere medir. De esta forma se hace innecesaria la construcción de amperímetros para corrientes muy altas

2.2.3 Medidas de Resistencia

La determinación del valor de resistencia es la medición más común y más frecuentemente usada. Los instrumentos y los métodos a emplear dependen del tipo de resistencia, de la exactitud requerida y de medios que están a nuestro alcance.

2.2.3.1. Método Directo

Empleando instrumentos de lectura directa denominados ohmímetros los cuales están basados en la ley de Ohm. La resistencia es inversamente proporcional a la intensidad de corriente que atraviesa un circuito.

La resistencia auxiliar (óhmetro en serie) que es la más usada y común para las mediciones de resistencia entre 1Ω y 50 megaohmios aproximadamente, inclusive para resistencia de aislamiento en equipos eléctricos, (óhmetro en paralelo).

2.2.3.2. Métodos Indirectos

2.2.3.2.1. Utilizando las medidas de corriente y de tensión

Consiste en alimentar con una fuente de corriente continua un circuito eléctrico que contiene la resistencia a medir. Midiendo la caída de tensión en la resistencia objeto de la medida, y la intensidad de la corriente que la atraviesa, se calcula después, por medio de la ley de Ohm, el valor de la resistencia.

2.2.3.2.1.1. Conexión U

Se conecta el voltímetro entre los bornes de la resistencia a medir, es decir que la tensión medida por el voltímetro es igual a la tensión aplicada en la resistencia. Esta conexión es utilizada cuando se trata de medir resistencias mucho menores que la resistencia interior del voltímetro.

2.2.3.2.1.2. Conexión I

Consiste en hacer pasar una corriente por el elemento cuya resistencia se quiere conocer y medir la caída de voltaje sobre el conjunto resistencia -amperímetro. La conexión I se utiliza cuando se trata de medir resistencias mucho mayores que la resistencia interior del amperímetro.

2.2.3.2.2. Utilizando método por comparación

Se compara las magnitudes eléctricas (intensidades de corriente o tensión) en una resistencia conocida y en una resistencia cuyo valor se ha de medir.

2.2.3.2.2.1. Utilizando comparación de intensidades de corriente

Este método se utiliza para conocer el valor de resistencias comprendidas entre 100Ω y $100 M\Omega$. Para este procedimiento primero, se conecta en serie con el amperímetro la resistencia que se desea medir, luego una resistencia cuyo valor se conoce y aproximado a la resistencia cuyo valor se desea conocer y con una fuente de tensión constante se encuentra el valor de dicha resistencia encontrando la corriente que pasa por la resistencia de valor conocido y el valor de la corriente por la resistencia de valor desconocido y por cálculos se encuentra el valor de la resistencia desconocida.

2.2.3.2.2.2. Utilizando comparación de Tensiones

El fundamento de este procedimiento es la comparación de dos caídas de tensión, provocadas por la misma intensidad de corriente, en dos resistencias conectadas en serie, una de valor conocido y otra cuyo valor se pretende determinar.

2.2.3.2.2.3. Utilizando Sólo Voltímetros o Desviación Directa

En esta práctica se considera como resistencia de comparación conocida la propia resistencia interior del voltímetro. La resistencia cuyo valor se desea conocer se conecta en serie con el voltímetro y este conjunto se conecta a la fuente de alimentación constante, obteniendo así una lectura en el voltímetro, como en un circuito serie las resistencias son proporcionales a sus voltajes, conociendo el valor de la resistencia interna del voltímetro se obtendrá el valor de la resistencia desconocida a través de cálculos.

2.2.3.3. Medida de puesta a tierra a través de aparatos de medición industriales.

Con esta práctica se estudia las resistencias de tomas de tierra donde se ve la resistividad de un terreno. Una toma a tierra consiste en un electrodo metálico (varilla, placa, malla, etc.) de metal inoxidable enterrado dentro del suelo conductor húmedo.

Estos aparatos están basados en el método de tensión y corriente. Para su utilización se requieren, además de la toma de tierra que se quiera medir, dos sondas auxiliares hincadas en línea recta y distancias, las tres aproximadamente, entre 10 a 15 mts.

Hincadas las sondas se conectan los bornes del aparato, Se ajusta R hasta cuando el instrumento de medida indique una corriente "de Calibración" que generalmente está dada por una marca en la escala. Esta corriente viene a ser una constante de la medición. Se conecta luego el instrumento a conexión de voltímetro y se lee su valor que corresponde a la caída de tensión producida por la corriente entre las sondas auxiliares y la sonda donde se quiere hallar el valor de la resistencia del terreno. Este valor se lee en la escala de R.

2.2.4. Medidas de Potencia eléctrica y Energía

2.2.4.1. Método de los tres amperímetros

Consiste en conectar en paralelo con la carga (generalmente inductivo), una resistencia no inductiva y de valor conocido, aunque calculada de forma que su

consumo de potencia sea aproximadamente el mismo que el consumo de potencia de la carga: de esta forma se consigue mayor exactitud en la medición.

Luego se miden, con tres amperímetros, las siguientes corrientes:

I : intensidad de corriente total

I_1 : intensidad de corriente en la resistencia

I_2 : intensidad de corriente en la carga

El voltímetro se instala solamente para comprobar la constancia del valor eficaz de la tensión en los bornes de la carga.

2.2.4.2. Método de los tres voltímetros

Esta práctica consiste en conectar en serie con la carga (inductiva), una resistencia no inductiva y de valor conocido; esta resistencia debe tener un valor comparable a la impedancia de la carga, lo cual se consigue utilizando una fuente de tensión variable, con lo que puede regularse la tensión de alimentación. Se utilizan los voltímetros para medir las siguientes tensiones:

U : Tensión de alimentación

U_1 : Tensión en los bornes de la resistencia

U_2 : Tensión en los bornes de la carga

2.2.4.3. Conexión Arón

Esta conexión permite las mediciones de potencia en circuitos de corriente alterna trifásica de tres conductores, equilibrados o desequilibrados mediante dos vatímetros. Presenta las siguientes ventajas con respecto al de los tres vatímetros:

- Es más fácil realizar las lecturas en dos vatímetros que en tres
- Es más económico utilizar dos vatímetros

La potencia total está determinada por la suma o diferencia de las lecturas de los dos vatímetros utilizados.

2.2.4.4. Medidas de Energía

La modalidad de medir la energía o consumo eléctrico es haciéndolo en corriente alterna y el instrumento comúnmente utilizado es el contador de kWh convencional de inducción, de funcionamiento electromagnético mecánico.

La energía indicada por el contador en un lapso $t_1 - t_2$, será:

$$W = P(t_1 - t_2) \cdot (\text{kWh})$$

Este contador está construido y calibrado de tal manera que para un kWh de energía que fluya a través de él, su disco de un número N de revoluciones. A este número se le da el nombre de “constante del contador” y debe estar grabado sobre la placa al igual que las especificaciones de voltaje, corriente y frecuencia nominal.

La conexión es igual a la de un vatímetro, o sea, la bobina de tensión como voltímetro y la de corriente como amperímetro.



2.2.5. Medidas de factor de potencia

2.2.5.1. En sistemas monofásicos

2.2.5.1.1. Utilizando vatímetro, amperímetro y voltímetro

Se puede calcular el factor de potencia partiendo de los valores de la potencia activa, de la tensión y de la intensidad de corriente. El vatímetro mide la potencia activa, el amperímetro la corriente y el voltímetro la tensión; obteniendo el factor de potencia de la carga así:

$$\text{Cos } \varphi = P/UI$$

Donde:

Cos φ : factor de potencia

P: potencia activa

U: tensión

I: corriente

2.2.5.2. Método de los tres voltímetros

La carga cuyo factor de potencia se pretende hallar, se conecta en serie con una resistencia pura, de valor conocido, y se miden las caídas de tensión U_1 (a través de la resistencia) y U_2 (a través de la carga), así como la caída de tensión total U_3 , por medio de tres voltímetros. Para que el cálculo del factor de potencia sea más exacto, el valor de la resistencia debe ser aproximadamente igual al valor de la carga y los voltímetros deben tener una resistencia interior muy elevada, es decir que sean muy sensibles.

2.2.5.1.2. Método de los tres amperímetros

Para determinar el factor de potencia de la carga, ésta se conecta en paralelo con una resistencia óhmica de valor conocido, y se miden las intensidades de corriente con tres amperímetros de la siguiente manera:

I_1 : intensidad que circula por la resistencia

I_2 : intensidad que circula por la carga

I_3 : corriente total del circuito

Para que el cálculo del factor de potencia sea más exacto, el valor de la resistencia debe ser aproximadamente igual al valor de la impedancia de la carga y que los amperímetros tengan una resistencia interior muy pequeña.

2.2.5.2. En sistemas trifásicos

2.2.5.2.1. Utilizando Vatímetro, Amperímetro y Voltímetro

Generalmente, para la medición indirecta del factor de potencia en corriente alterna trifásica, se mide la potencia activa con uno o más vatímetros y las tensiones e intensidades de corriente, por medio de los correspondientes voltímetros y amperímetros; después se determina por cálculo el factor de potencia. En el caso de cargas equilibradas, se emplea solo un vatímetro.

2.2.5.3. Medición directa por cosenofímetro

También se denominan fasímetros o cofímetros; con estos instrumentos la medición es más rápida y sencilla. El fasímetro tradicional consiste en un cocientímetro, ya que la magnitud a medir está dada por la relación entre la

potencia activa y la potencia reactiva. Su construcción es similar a la de un vatímetro electrodinámico, consta de una bobina fija que recibe la corriente (normalmente de 5 amperios) y bobina móvil doble (bobinas cruzadas) que reciben la tensión. Una de las bobinas móviles está en serie con una resistencia óhmica, y la otra con una inductancia de mínima componente resistiva.

Su instalación en sistema monofásico se realiza como la de un vatímetro en circuito monofásico y en sistema trifásico (equilibrado) se usa el neutro artificial. En caso de tensiones y corrientes altas se recurre a los transformadores de intensidad y a los transformadores de tensión, cuyos errores de ángulo no afectan demasiado la medición debido a su pequeño valor.

2.2.6. Medidas de Frecuencia a través de osciloscopio

Para determinar la frecuencia de una señal mediante el osciloscopio, se pueden realizar tres procedimientos:

2.2.6.1. Con base de tiempos calibrada

Consiste en aplicar la señal de entrada vertical y ajustar el barrido hasta obtener en la pantalla un sólo ciclo de la señal. Luego se lee en el selector de barrido la frecuencia en que se ha logrado delimitar el ciclo.

Es decir que el número de ciclos que aparece en la pantalla es el que corresponde al de veces que la frecuencia de la señal es superior a la de barrido. Si ambas frecuencias son iguales, se obtiene un solo ciclo. Si no se consigue un solo ciclo en la pantalla, porque la frecuencia no alcanza el alto valor de la frecuencia de la señal, entonces se cuentan los ciclos aparecidos en la pantalla y se multiplican por la frecuencia de barrido.

2.2.6.2. Con conmutador electrónico

Se aplica a una de las entradas del conmutador la señal desconocida y a la otra entrada una señal de valor conocido. La salida se aplica al osciloscopio, apareciendo en pantalla ambas señales. Si las dos señales poseen una misma

frecuencia o tienen un submúltiplo común, se pueden sincronizar y aparecer simultáneamente en la pantalla.

2.2.6.3. Por medio de las figuras de Lissajous

Se aplica la señal de frecuencia desconocida a la entrada vertical del osciloscopio. A continuación se aplica la señal de un generador de señales a la entrada horizontal del osciloscopio y el selector de barrido se sitúa en la posición exterior. Efectuadas estas operaciones, se hace variar la frecuencia del generador de señales hasta obtener una circunferencia o una elipse en la pantalla .

Para obtener el valor de la frecuencia desconocida basta con contar el número de veces que el trazo cruza el eje de simetría horizontal de la pantalla y dividirlo por el número de veces que el trazo cruza el eje de simetría vertical de la pantalla. El cociente de dicha división se multiplica por la frecuencia conocida proporcionada por el generador de señales, obteniéndose el valor de la frecuencia desconocida.

2.3. ANÁLISIS DE LOS EQUIPOS E IMPLEMENTOS REQUERIDOS EN CADA UNA DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO

2.3.1. Medidas de Tensión

- AV : Fuente de alimentación 120V/60Hz
- VOLT300 : Voltímetro de alta Impedancia escala 0-300V
- RV : Resistencias 100 Ω - 1 $\kappa\Omega$
- AMP5 : Amperímetro escala 0-5 A.
- MCR01 : Resistencias de carga
- RV10 : Resistencia variable de 0-10 Ω

2.3.2. Medidas de Corriente o Intensidad

- AV : Fuente de alimentación 120V/60Hz
- VOLT300 : Voltímetro de alta Impedancia escala 0-300V
- RV : Resistencias 100 Ω - 1 $\kappa\Omega$
- AMP5 : Amperímetro escala 0-5 A.
- MCR01: Resistencias de carga

- RV10 : Resistencia variable de 0-10 Ω

2.3.3. Medidas de Resistencia

- FE03 : Dos (2) fuentes de alimentación continua, 20 V - 6A.
- AMP5 : Dos (2) amperímetros, escala 0-5 A
- VOLT250 : Dos (2) voltímetros, escala 0-250 V
- RV : Reóstatos
- INT : Dos (2) interruptores
- MOH : Megóhmetro
- OHM : Ohmetro

2.3.4. Medidas de Potencia Eléctrica y energía

2.3.4.1. Método de los tres amperímetros

- M1 :Motor monofásico

Características

Potencia nominal 0.250 kW

Tensión nominal 115 V

Corriente nominal 4 A

- AMP10 : Tres (3) amperímetros escala 0 - 10 A (ó multímetros digitales)
- VOLT250 : Un (1) voltímetro escala 0 - 250 V (ó multímetro digital)
- RV10 : Resistencia variable o de 10 Ω

2.3.4.2. Método de los tres voltímetros

- MCI - MCC : Cargas inductivas o capacitivas

MCI : Módulos de carga inductiva 3 x 300 VAR

MCC : Módulos de carga capacitiva de 3 x 275 VAR

- RV : Resistencias variables
- AMP30 : Un (1) amperímetro escala 0 - 30 A (ó multímetro digital)
- VOLT : Tres (3) voltímetros escala 0 - 300 V (ó multímetros digitales)

2.3.4.3. Conexión Arón

- VAT03 : Dos vatímetros electrodinámicos 0-10 A, 0 - 600 V
- AMP10 : Tres (3) amperímetros escala 0 - 10 A (ó multímetro digital)

- VOLT450 : Tres (3) voltímetros escala 0-450 V (ó multímetro digital)

2.3.4.4. Medidas de Energía Eléctrica

- kWh1 : Un (1) medidor monofásico
- kWh3 : Dos (2) medidores trifásicos
- MD04 : 8 multímetros digitales
- CP : Cronómetro de precisión
- COS : Cosenofímetro

2.3.5. Medidas de Factor de Potencia.

2.3.5.1. En sistemas monofásicos

2.3.5.1.1. Utilizando vatímetro, amperímetro y voltímetro

- AMP30 : Un (1) amperímetro escala 0-30 A (ó multímetro digital)
- VOLT300 : Un (1) voltímetro escala 0 - 300 A (ó multímetro digital)
- VAT04 : Un (1) vatímetro electrodinámico 0 - 150 W

- MCI - MCC :Carga inductiva 3 x 300 VAR ó carga capacitiva 3 x 275 VAR

2.3.5.1.2. Método de los tres amperímetros

- MCR : Resistencia patrón de 0 -100 Ω ó resistencia de carga 0 - 400 W
- B20 : Balasto de luminaria 20 W
- MCI : Carga inductiva 0 - 300 VAR
- AMP10 : Tres (3) amperímetros escala 0 - 10 A (ó multímetros digitales)

2.3.5.1.3. Método de los tres voltímetros

- MCI : Carga inductiva 0 - 300 VAR
- RV10 : Resistencia 0 - 10 Ω
- VOLT450 : Tres (3) voltímetros escala 0-450 V (ó multímetros digitales)

2.3.5.2. En sistemas trifásicos

2.3.5.2.1. Utilizando Vatímetro, Amperímetro y Voltímetro

- VAT04 : Vatímetro 0 - 150 W ó
- VAT03 : Tres (3) vatímetros monofásicos 0 - 10 A, 0 - 300V
- VOLT450 : Tres (3) voltímetros 0 - 450 V (ó multímetros digitales)
- AMP10 : Tres (3) amperímetros escala 0 - 10 A (ó multímetro digital)
- MCR01 - MCI - MCC : Carga resistiva, inductiva o capacitiva

2.3.5.3. Medición directa por cosenofímetro

- COS : Cosenofímetro
- MCI - MCR01 - MCC : Cargas inductiva, resistiva o capacitiva.

2.3.6. Medición de frecuencia a través de un osciloscopio

- OSC : Osciloscopio
- MCI - MCR01 - MCC : Carga inductiva, resistiva o capacitiva
- FE03 : Fuente de energía; 20V - 6A.

2.4. RESUMEN DE EQUIPOS E IMPLEMENTOS NECESARIOS

CODIGO	CANTIDAD REQUERIDA	CANTIDAD EN STOCK	CANTIDAD A COMPRAR
AMP10	4	0	4
AMP30	3	0	3
AMP5	5	0	5
B20	10	0	10
COS	5	1	4
CP	2	0	2
FE03	4	0	4
INT	5	0	5
KWH1	4	1	3
KWH3	3	0	3
MCC	2	0	2
MCI	2	0	2
MCR01	2	0	2
MOH	4	1	3
OHM	3	0	3
OSC	8	6	8
RV	4	0	4
RV10	4	1	2
VAT03	3	1	2
VAT04	3	1	2
VOLT300	5	2	3
VOLT450	3	0	3

TABLA 1. EQUIPO REQUERIDO EN MEDIDAS ELECTRICAS

3. MÁQUINAS ELÉCTRICAS

3.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS DE LA ASIGNATURA.

- Introducir al estudiante en el conocimiento de los principios de funcionamiento de las máquinas estáticas o transformadores.

- Conocer la metodología constructiva de los devanados, las leyes y principios que rigen las máquinas de corriente alterna.

- Familiarizarse con los principios y modelos que describen el funcionamiento de las máquinas de corriente continua.

- Establecer las características de los generadores de corriente continua y sincrónicas, como son las de vacío, carga y corto circuito.

3.2. PRÁCTICAS DE LABORATORIO

3.2.1. TRANSFORMADORES

3.2.1.1. Ensayo de Vacío

Al realizar el ensayo de vacío se energiza uno de los devanados del transformador y el otro devanado se deja en circuito abierto (Vacío), normalmente se energiza el transformador por el devanado de baja tensión.

Cuando se halla en circuito abierto el devanado de alta se le aplica una tensión alterna por el lado de baja, la tensión inducida en el devanado excitado es casi igual a la tensión aplicada y la corriente que circula por el devanado excitado es la corriente de excitación correspondiente, referida a dicho devanado.

3.2.1.2. Ensayo de corto circuito

Los terminales del secundario del transformador son puestos en corto circuito y el primario se alimenta de una fuente de muy bajo voltaje. El voltaje de

alimentación se ajusta de manera que circule una corriente nominal por el arrollamiento del cortocircuitado. Como el voltaje es tan bajo durante el ensayo, por la rama de la magnetización fluirá una corriente muy pequeña, se debe medir el voltaje, la corriente y la potencia que entra al transformador.

3.2.1.3. Conexión como autotransformador

Es un transformador conectado en forma especial. El autotransformador es un transformador cuyos devanados se conectan en serie; hay un devanado serie y otro es el devanado común.

Cuando se conecta un transformador como autotransformador debe tenerse en cuenta que haya suficiente aislamiento entre el devanado serie y tierra.

3.2.1.4. Conexión trifásica de transformadores

Los transformadores para circuitos trifásicos pueden constituirse en dos formas. Una de ellas consiste en tomar tres unidades monofásicas y conectarlas en

banco trifásico y la otra alternativa es proveer un transformador trifásico constituido por tres juegos de devanados arrollados sobre un núcleo en común. Los primarios y los secundarios de cualquiera de ellos pueden conectarse independientemente en ye (Y) o en delta (D), dando lugar a un total de cuatro posibilidades básicas de conexión en el transformador trifásico.

1. Ye-ye (Y-Y)
2. Ye-delta(Y-D)
3. Delta-ye (D -Y)
4. Delta-delta (D-D)

3.2.2. Máquinas de Corriente Continua

3.2.2.1. Generador de corriente continua con excitación independiente.

El generador de corriente continua de excitación independiente es un generador cuya corriente de campo es suministrada por una fuente separada de voltaje de corriente continua.

Con la excitación independiente se pueden determinar las características de vacío, corto y externa.

3.2.2.1.1. Característica de vacío

En esta característica se mantiene constante la velocidad (n) que puede ser la velocidad nominal o cualquier otra si se desea, analizando entonces la relación entre la tensión en bornes del inducido con la corriente de excitación, teniendo el generador sin carga.

3.2.2.1.2. Característica externa

Se denomina también característica de tensión y refleja la relación entre la tensión U en bornes de la máquina de corriente continua y la corriente de carga o circuito exterior, cuando la corriente de excitación I_{exc} y la velocidad (n) se mantienen constantes.

3.2.2.2. Generador de corriente continua con excitación shunt

El generador derivación de corriente continua es un generador que suministra su propia corriente de excitación mediante la conexión directa del campo sobre los terminales de la máquina. (El circuito inductor esta en paralelo con el circuito inducido). La corriente del inducido proporciona las corrientes de campo y la carga. Comparado con el generador de excitación independiente, el generador derivación tiene la ventaja de que no requiere fuente adicional para alimentar su excitación.

3.2.2.2.1. Característica de vacío

Esta característica se obtendrá accionando la máquina con velocidad nominal, para obtener esta curva la velocidad debe permanecer constante y se observa el voltaje de salida para diferentes valores de la corriente de excitación. Cuando no se conecta carga al generador en derivación, este necesita la existencia de un flujo residual en los polos de la máquina. De esta forma, cuando el generador comienza a girar se induce en la armadura de voltaje.

3.2.2.2. Característica externa

La característica externa (o en carga) indica la variación de voltaje en los bornes de la dínamo en función de la corriente de carga I_c , manteniendo constante la velocidad (n) y la corriente de excitación I_{exc} .

3.2.2.3. Generador de corriente continua con excitación serie

El generador serie tiene el campo conectado en serie con su armadura. Como la armadura conduce una corriente más elevada que la de un campo en derivación, el campo del generador serie necesita pocas espiras cuya sección debe ser muy superior a la de un alambre de campo en derivación.

3.2.2.3.1. Característica externa

En vacío no hay corriente de campo, por lo que el voltaje en terminales alcanza solamente el valor correspondiente al flujo remanente de la máquina. Cuando la carga aumenta, también lo hace la corriente de campo, de modo que la tensión del inducido aumenta rápidamente. La caída $I_a(R_a+R_s)$ también se incrementa,

pero al comienzo es mayor el aumento de la tensión de inducido que el de la caída $I_a(R_a+R_s)$, así que la tensión en terminales aumenta.

3.2.2.4. Generador de corriente continua con excitación compuesta

Un generador D.C. puede generar un voltaje constante o creciente a medida que aumenta la carga. Para este propósito se coloca un devanado de pocas espiras en serie con la armadura y, o lo que es lo mismo, con la carga. La corriente de línea pasa por este devanado, haciendo crecer el número de amperios-vuelta magnetizantes a medida que la carga aumenta. Con un número adecuado de espiras en serie, puede obtenerse el mismo voltaje en vacío y a plena carga, originando así lo que se conoce como generador compuesto normal.

Si se le agregan algunas espiras al devanado serie, el voltaje a plena carga será superior al voltaje en vacío y se denominara máquina con excitación compuesta acumulativa (es un generador de corriente continua provisto de campos series y derivación conectados de tal manera que sus fuerzas magnetomotrices se refuerzan); y si se le cambia la polaridad del devanado serie, de tal forma que su campo magnético se obtenga al producido por la

excitación en derivación, se obtendrá un generador con excitación compuesta diferencial. (es un generador dotado de campo en derivación y en serie, de tal de manera que sus fuerzas magnetomotrices son opuestas entre sí).

3.2.2.5. Conexión en paralelo de generadores

En la operación de sistemas de potencia de corriente continua algunas veces es necesario conectar en paralelo más de un generador para alimentar el sistema. Para poder conectar dos generadores en paralelo se deben cumplir los siguientes requerimientos:

- 1.- Asegurar que el terminal positivo de una de las máquinas se conecte en el terminal positivo de la otra.

- 2.- Asegurar que los voltajes de los generadores sean aproximadamente iguales antes de conectarlos.

3.2.2.6. Métodos de arranque y regulación de velocidad en motores de corriente continua

Los motores de corriente continua son máquinas de corriente continua que se usan como motores. La misma máquina física puede operar de las dos formas, como motor o como generador: esto depende solamente de la dirección en que fluya la potencia a través de ella.

Para que un motor de corriente continua funcione apropiadamente, debe protegerse contra daños físicos durante el período de arranque. En condiciones de arranque, el motor no está girando y así la tensión de armadura es cero voltios, y como la resistencia interna de un motor de corriente continua normalmente es muy pequeña comparada con su tamaño (3 a 6 por ciento por unidad), circulará una corriente de armadura muy grande.

Una solución al problema del exceso de corriente durante el arranque es insertar una resistencia de arranque en serie con la armadura para limitar la corriente de arranque, hasta que la tensión de armadura puede elevarse para hacer de limitador. Esta resistencia no puede estar permanentemente en el circuito ya que

ello puede conducir a pérdidas excesivas y puede causar que la característica de par-velocidad del motor caiga excesivamente con un incremento de carga. Por consiguiente, se debe insertar una resistencia en el circuito de armadura para limitar la corriente que fluye en el arranque y ésta debe nuevamente removerse cuando la velocidad del motor aumente. Esta resistencia de arranque se hace de una serie de secciones, cada una de las cuales se remueve sucesivamente del circuito del motor, cuando el motor aumenta la velocidad, para limitar la corriente en el motor a un valor seguro sin reducirla nunca a un valor demasiado bajo para una rápida aceleración.

Los motores de corriente continua se comparan por su regulación de velocidad mientras que los generadores se comparan por la regulación de tensión. La regulación de la velocidad de un motor se define por la ecuación:

$$SR = \frac{N_{sc} - N_{pc}}{N_{pc}} \times 100$$

Donde: SR: Regulación de velocidad [%]

N_{sc}: Velocidad en vacío del motor

N_{pc} : Velocidad a plena carga

Esta es la medida aproximada de la forma de la característica par-velocidad de un motor. Una regulación positiva de la velocidad, significa que la velocidad del motor cae con el incremento de la carga y una regulación de la velocidad negativa significa que la velocidad del motor se aumenta al incrementar la carga. La magnitud de la regulación de velocidad indica qué tan pendiente es la curva de par-velocidad.

Los motores de corriente continua se manejan desde fuentes de alimentación de corriente continua a menos que se especifique lo contrario, se asume que el voltaje de entrada a un motor de corriente continua es constante.

3.2.3. Motor de inducción

El motor de inducción es el más común de los motores de corriente alterna y el de construcción más simple. Consta de dos partes principales, el primario o estator y el secundario o rotor. El estator es similar a la armadura de un motor síncrono y recibe corriente alterna de la red de alimentación. El rotor, el cual toma el lugar del campo de rotacional del motor síncrono, no es excitado por

corriente directa pero tiene corriente inducida en éste por la acción transformadora del estator.

El voltaje del rotor (que a su vez produce la corriente y el campo magnético del rotor), es inducido en el devanado del rotor sin que existan conexiones físicas por medio de conductores. Un motor de inducción no necesita de la corriente continua para funcionar; además necesita para su operación que el circuito de estator induzca voltajes en el circuito del rotor para que en este haya corrientes.

Un motor de inducción es una máquina sencillamente excitada, ya que se le suministra potencia por un punto. Debido a que el motor de inducción no tiene un circuito de excitación independiente, su modelo no tiene fuentes de voltaje interna como el voltaje generado E_A de las máquinas sincrónicas.

3.2.3.1. Ensayo de vacío y rotor frenado

3.2.3.1.1. Prueba de vacío

Mide las pérdidas rotacionales del motor y proporciona información acerca de su corriente de magnetización. La única carga del motor son sus pérdidas por ventilación y por fricción, por lo tanto la totalidad de la potencia convertida del motor se consume en pérdidas mecánicas y el deslizamiento es muy pequeño.

Cuando el rotor está en condición de vacío, la potencia de entrada medida debe ser igual a las pérdidas en el motor.

3.2.3.1.2. Prueba de rotor frenado

También se conoce como prueba de rotor bloqueado. Esta prueba corresponde a la prueba de corto circuito de un transformador. En esta prueba se frena o se bloquea el rotor de tal forma que no puede moverse, se le aplica un voltaje y se leen voltajes, corrientes y potencia.

Se aplica al estator un voltaje de corriente alterna, de una magnitud tal, que haga circular una corriente aproximadamente igual a la nominal, entonces se mide la corriente, el voltaje y la potencia de entrada al motor. Dado que no hay campo magnético giratorio en el estator, un motor de inducción monofásico no tiene par de arranque.

En el motor con condensador de arranque se coloca un condensador en serie con el devanado auxiliar de motor. Mediante una apropiada selección del tamaño del condensador se puede lograr, que la f.m.m. de la corriente en el devanado de arranque sea igual a la f.m.m. de la corriente en el devanado principal y se pueda hacer que ángulo de la corriente en el devanado auxiliar adelante el de la corriente del devanado principal en 90 grados.

Los motores con condensadores de arranque son más usados y se utilizan en compresores, bombas, aires acondicionados.

3.2.4. Máquina sincrónica

3.2.4.1. Características del generador

3.2.4.1.1. Ensayo de vacío

Se hace girar el generador a la velocidad nominal, se desconecta la carga y se reduce a cero la corriente de excitación; luego se va aumentando la corriente de excitación por etapas, determinando en cada paso el voltaje en terminales, con esta característica es posible hallar internamente el voltaje generado para cualquier corriente de campo del generador.

3.2.4.1.2. Ensayo de cortocircuito

Para realizar este ensayo se reduce a cero la corriente de campo y se pone en cortocircuito los terminales del generador a través de amperímetros. Luego se mide la corriente de armadura I_A o la corriente de carga I_L , a medida se incrementa la corriente de campo.

3.2.4.2. Acople en paralelo de generadores

Es muy rara la existencia de un solo generador sincrónico que alimente su propia carga de manera aislada.

Las condiciones para la conexión en paralelo de generadores son las siguientes:

1. Los valores eficaces de los voltajes de línea de los generadores deben ser iguales.
2. Los generadores deben tener la misma secuencia de fases.
3. Los ángulos de fase de las tensiones deben de ser iguales.
4. La frecuencia del nuevo generador, llamado generador entrante debe ser ligeramente mayor que la frecuencia del sistema.

3.2.4.3. Curvas en V del motor

Para determinar estas curvas se toma la relación de corriente de armadura y la corriente de excitación.

Estas curvas corresponden a diferentes niveles de potencia real. Para cada curva la mínima corriente de armadura se presenta con factor de potencia unitario, o sea, cuando al motor se le suministra potencia real. En cualquier otro punto de la curva, se suministra potencia reactiva al motor.

Para las corrientes de campo menores que el valor que da la mínima corriente de armadura I_A , la corriente de armadura está en atraso, consumiendo potencia reactiva. Para corrientes de campo más grandes que el valor de la mínima corriente de armadura I_A , la corriente de armadura está en adelanto, suministrando potencia reactiva al sistema de potencia como un condensador.

Mediante el control de la corriente de campo, puede controlarse la potencia reactiva suministrado o consumido desde el sistema de potencia.

3.3. ANÁLISIS DE LOS EQUIPOS E IMPLEMENTOS REQUERIDOS EN CADA UNA LAS PRACTICAS DE LABORATORIO

3.3.1. Transformadores

3.3.1.1 Ensayo de vacío en transformadores y Ensayo de corto circuito en transformadores

- TRF : Transformador de 3kVA, 110V:60 Hz
- VOLT300 : Voltímetro (Multímetro Digital)
- AMP5 : Amperímetro 5A
- VAT01 : Vatímetro 110V, 5A
- FE01 : Fuente de tensión variable alterna 0...150V, 30A
- CT : Transformador de corriente 50:5A
- MEG : Megger

3.3.1.2. Conexión como autotransformador

- TRF : Transformador de 3kVA, 110V:60 Hz

- VOLT300 : Voltímetro (Multímetro Digital)
- AMP5 : Amperímetro 5A.
- VAT01 : Vatímetro 110V, 5A
- FE01 : Fuente de tensión variable alterna 0...150V, 30A
- CT01 : Transformador de corriente 50:5A
- MEG : Megger

3.3.1.3. Conexión trifásica de transformadores

- TRF : Transformador de 3kVA, 110V:60Hz
- VOLT300 : Voltímetro (multímetro)
- AMP5 : Amperímetro
- MCB : Cargas (bombillos) tablero trifásico (3kW)

3.3.2. Máquinas de corriente continua

3.3.2.1. Generador de corriente continua con excitación independiente

3.3.2.1.1. Característica de vacío

- DCG-01 : Motor-Generador

Características

Potencia nominal 120 W

Velocidad (n) 3000 r.p.m.

- MD02 : Dos (2) Multímetro Digital 200 mA - 20 A D.C.;

200 mV - 1000 V

- FE02 : Fuente de alimentación

3.3.2.1.2. Característica externa

- DCG01 : Generador de C.C. o Motor-generator

Características:

Potencia nominal 120W

Tensión nominal	220V
Velocidad (n)	3000 r.p.m.

- JAM01 : Motor de inducción Trifásico (Jaula de ardilla)

Características

Potencia nominal	0.33 HP
Tensión nominal	240V
Corriente nominal:	1.7A
Frecuencia	60 Hz
Velocidad (n)	1725 r.p.m.

(este es si tenemos el generador de Corriente Continua para arrastre).

- FE02 : Fuente de alimentación C.C..

Características

Tensión de salida para:

C.A. variable	3 x 0-430V, 5A; 3 x 0-240V, 8A
C.A. fija	3 x 380V, 16A; 3 x 220V, 8A
C.A. estándar fija	220V, 16A
C.C. variable	0-240V, 100-225V, 1A
C.C. fija	220V, 10A

Alimentación 3 x 380 V, 60 Hz

- VOLT450 : Voltímetro C.C./C.A. 3-15-30-150-450V; +- 1 % c.c,
+-2.5 %c.a.
- AMP10 : Dos (2) Amperímetros C.C./C.A. 0.1-0.5-2-5-10A; +- 1 % c.c,
+-2.5 %c.a.

Esto puede ser reemplazado por:

- MMD : Un módulo de medición digital:

Características:

Tensión continua	99.9-500V
Corriente continua	19.99A
Tensión alterna	99.9-500V
Corriente alterna	9.99A
Potencia	6.6kW
Alimentación	220V 50/60Hz

- Módulos de carga

- MCB : 9 Bombillos de 25W c/u con sus respectivas cuchillas
- MCR01 : Resistencias de carga accionables por pasos
- MCC : Módulos de carga capacitiva 3x275VAR
- MCR02 : Módulos de carga resistiva 3x400W
- MCI : Módulos de carga inductiva 3x300VAR

3.3.2.2. Generador de corriente continua con excitación shunt

3.3.2.2.1. Característica de vacío

- GES : Generador con excitación shunt

características:

Potencia: 0.75kW

Tensión: 220V

Corriente: 3.4A

Velocidad Nominal 2800r.p.m.

- RE : Reóstato de Excitación ó
- MG : Máquina C.C. (motor-generador) con: Reóstato de arranque

Características

Voltaje:	125V
Corriente:	3A
Potencia:	0.25kW

- MD02 : Multímetro Digital 200 mA - 20 A D.C.; 200 mV - 1000 V

3.3.2.2.2. Característica externa

-. GES : Generador C.C. con excitación Shunt

Características

Potencia nominal	0.25kW
Tensión	220V
Corriente:	3.4A
Velocidad (n)	2.800 r.p.m.

-. MIT01 : Motor de inducción trifásico

Características

Potencia nominal	0.25kW
------------------	--------

Tensión nominal	240V
Corriente nominal:	1.7A
Velocidad (n)	1725 r.p.m.

- FE02 : Fuente de alimentación
- MD04 : Dos amperímetros
- MD04 : Un voltímetro
- MCR02 - MCI - MCC : Módulos de carga

3.3.2.3. Generador de c.c. con excitación serie

3.3.2.3.1. Característica externa

- GS : Generador C.C. con excitación Serie

Características

Potencia nominal	0.75kW
Tensión	220V
Corriente:	3.4A
Velocidad (n)	2.800 r.p.m.

- RE : Reóstato de excitación

- JAM02 : Motor trifásico de jaula de ardilla

Características

Potencia nominal	1.1kW
Tensión nominal	220V
Velocidad (n)	3000 r.p.m.

- FE02 : Fuente de alimentación

- AMP10 : Amperímetro

- VOLT450 : Voltímetro

- MCR02 - MCC - MCI : Módulos de carga

3.3.2.4. Generador de c.c. con excitación compuesta

- MEC : Máquina de corriente continua con excitación compuesta

Características:

Potencia nominal	1kW
Tensión nominal	220 V

Corriente nominal	3.4 A
Velocidad (n)	2800 r.p.m.

- RE : Dos (2) Reóstatos de excitación

- FE02 : Fuente de alimentación

Características:

Tensión de salida	3 x 0-430V, 5A
C.A. variable	
C.A. fija	3 x 380V, 16A
C.A. estándar	220V, 16A
C.C. variable	0-240V, 10A
C.C. fija	220V, 10A
Alimentación	3 x 380 V, 60 Hz

- MCR02 : Cargas resistivas 3 X 400 W

- MADC : Motor de Arrastre de Corriente continua con excitación derivada

Características:

Potencia nominal	1 kW
Tensión nominal	220 V
Velocidad (n)	3000 r.p.m.

Como motor de arrastre también se puede emplear un motor de jaula de ardilla trifásico de 1KW. (JAM02)

- RA : Reóstato de arranque
- FEM : Freno electromagnético para el motor
- MD04 : Voltímetros y amperímetros de corriente continua y alterna
- DT : Dínamo tacómetro que mide la tensión de acuerdo al número de r.p.m.
- MP : Medidor del par : 220V, 60 Hz

3.3.2.5. Conexión en paralelo de generadores

- GEI : Dos Generadores de C.C. con excitación independiente

Características:

Potencia nominal	120W
Tensión nominal	220V
Velocidad (n)	3000 r.p.m.

- MIT02 : Motor de inducción Trifásico (Jaula de ardilla)

Características

Potencia nominal	0.33 HP
Tensión nominal	240V
Corriente nominal:	1.7A
Frecuencia	60 Hz
Velocidad (n)	1725 r.p.m.

(este es el equipo si tenemos el generador de C.C. para arrastre).

- FE02 : Fuente de alimentación C.C..

Características

Tensión de salida

C.A. variable	3 x 0-430V, 5A; 3 x 0-240V, 8A
C.A. fija	3 x 380V, 16A; 3 x 220V, 8A
C.A. estándar fija	220V, 16A
C.C. variable	0-240V, 10A; 0-225V, 1A
C.C. fija	220V, 10A
Alimentación	3 x 380 V, 60 Hz

- VOLT450 : Voltímetro C.C./C.A. 3-15-30-150-450V; +- 1 % c.c.
+-2.5 %c.a.

- AMP10 : Dos (2) Amperímetros C.C./C.A. 0.1-0.5-2-5-10A; +- 1 % c.c.,
+-2.5 %c.a.

Esto puede ser reemplazado por:

- MMD : Un módulo de medición digital:

Características:

Tensión continua 99.9-500V

Corriente continua	19.99A
Tensión alterna	99.9-500V
Corriente alterna	9.99A
Potencia	6.6kW
Alimentación	220V 50/60Hz

- . Módulos de carga
- . MCB : 9 Bombillos de 25W c/u con sus respectivas cuchillas
- . MCR01 : Resistencias de carga accionables por pasos
- . MCC : Módulos de carga capacitiva 3x275VAR
- . MCR02 : Módulos de carga resistiva 3x400W
- . MCI : Módulos de carga inductiva 3x300VAR

3.3.2.6. Métodos de arranque y regulación de velocidad en motores de corriente continua

- . MDEC : Motor de corriente continua con excitación compuesta

Características:

Potencia nominal 1,1kW

Tensión nominal	220 V
Velocidad (n)	3000 r.p.m.

- RA : Dos (2) Reóstatos de arranque
- RE : Reóstatos de excitación
- FE02 : Fuente de alimentación

Características:

Tensión de salida

C.A. variable	3 x 0-430V, 5A
C.A. fija	3 x 380V, 16A
C.A. estándar	220V, 16A
C.C. variable	0-240V, 10A
C.C. fija	220V, 10A
Alimentación	3 x 380 V, 60 Hz

- MCR02 - MCI - MCC : Módulos de carga
- MD04 : Dos Voltímetros y dos amperímetros de corriente continua y alterna

3.3.3. Motores de inducción

3.3.3.1. Prueba de vacío

-. JAM01 : Motor de inducción trifásico Jaula de ardilla

Características

Potencia nominal	252W
Tensión	240V
Corriente:	1.74A
Velocidad (n)	1725 r.p.m.
Frecuencia	60Hz

-. MMD : Fuente de Potencia trifásica con voltajes y frecuencias variables

-. VAT02 : Dos Vatímetros 1- 5 A/ 0-300 V

-. MD04 : Tres Amperímetros o Multímetro Digital o análogo

-. MD04 : Un Voltímetro Multímetro Digital o análogo

3.3.3.2. Prueba de rotor frenado

- MIT02 : Motor de inducción trifásico Jaula de ardilla

Características

Potencia nominal	252W
Tensión	240V
Corriente:	1.74A
Velocidad (n)	1725 r.p.m.
Frecuencia	60Hz

- MMD : Fuente de Potencia trifásica con voltajes y frecuencias variables

- FEM : Freno Electromagnético

- AFE : Alimentador para freno electromagnético

- VAT02 : Dos Vatímetros 1- 5 A/ 0-300 V

- MD04 : Tres Amperímetros o Multímetro Digital o análogo

- MD04 : Un voltímetro Multímetro Digital o análogo

3.3.3.3. Motores Monofásicos con arranque por condensador

- MCA : Motor monofásico con condensador de arranque

Características

Tensión Nominal:	230V
Corriente Nominal:	2.4A
Velocidad:	2815 r.p.m.
Potencia Nominal:	370W

- FEM : Freno electromagnético Torque máximo de 5 Nm.
- UFE : Unidad de control para el freno electromagnético

Características:

Tensión requerida	230V
Salida análoga del torque	1V/Nm
- Interruptor de corte	660V\12A máx.

- FE02 : Fuente de alimentación
- MD04 : Multímetro
- MD04 : Voltímetro
- VAT02 : Vatímetro
- COS : Cosenofimetro

Está práctica también se puede realizar si se dispone de:

- Motor asincrónico monofásico con condensador de arranque
- Dinamómetro
- Dispositivo de frenado

3.3.4. Máquina sincrónica

3.3.4.1. Características del generador

- MST : Máquina sincrónica trifásica

Características:

Alternador	1.1 kVA
Motor	1 kW
Tensión	220/380 V
Corriente	2.9 / 1.7 A

- MCR02 - MCC - MCI : Módulos de carga
- FE02 : Fuente de alimentación
- MD04 : Tres Amperímetros
- MD04 : Un voltímetro

3.2.4.2. Acople en paralelo del generador

- MST : Dos (2) máquinas Sincrónicas trifásicas que puedan funcionar como generador y como motor
- SNP : Un sincronoscopio
- MSE : Dos motores de inducción sin excitación en C.C.
- MD04 : Tres Voltímetros
- FE02 : Fuente de alimentación
- MD04 : Amperímetros
- MCR01 - MCR02 - MCC - MCI : Módulos de carga

3.2.4.3. Curvas en V del motor

- MST : Máquina sincrónica trifásica.
- MCR01 - MCR02 - MCC - MCI : Módulo de carga
- AMP10 : Dos (2) Amperímetros

3.4. RESUMEN DE LOS EQUIPOS E IMPLEMENTOS NECESARIOS

CODIGO	CANTIDAD REQUERIDA	CANTIDAD EN STOCK	CANTIDAD A COMPRAR
AFE	2	0	2
AMP10	6	0	6
AMP5	3	0	3
COS	6	2	4
CT01	9	0	9
DCG01	3	1	2
DT	2	1	1
FE01	3	0	3
FE02	5	1	4
FEM	2	0	2
GEI	2	0	2
GES	2	0	2
GS	2	0	2
JAM01	4	1	3
JAM02	2	0	2
MADC	3	0	3
MCA	2	0	2
MCC	4	1	3
MCI	4	1	3
MCR01	4	1	3
MCR02	6	0	6
MD02	4	2	2
MDEC	3	0	3
MEC	2	0	2

Continua...

CODIGO	CANTIDAD REQUERIDO	CANTIDAD EN STOCK	CANTIDAD A COMPRAR
MEG	5	1	4
MG	5	1	2
MI	1	0	1
MIT01	3	1	2
MIT02	3	1	2
MMD	3	0	3
MP	2	0	2
MRD	1	0	1
MST	4	0	4
RA	4	0	4
RE	6	0	5
SNP	2	0	2
TRF	3	2	2
UFE	1	0	1
VAT01	3	0	3
VAT02	6	0	6
VOLT450	4	0	4

TABLA 2. EQUIPO REQUERIDO EN MAQUINAS ELECTRICAS

4. ACCIONAMIENTOS ELECTRICOS

4.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS DE LA ASIGNATURA

- Conocer los diferentes dispositivos de control y protección más utilizados, características, criterios de selección y aplicaciones.
- Estudiar los sistemas de arranque de los motores de corriente alterna y continua.
- Conocer los diversos sistemas de control de velocidad de los motores de corriente alterna y continua, y los cálculos pertinentes a estos.
- Analizar los sistemas de accionamiento de cualquier tipo (eléctrico, electrónico, neumático, lógico, etc..), que se encuentren representados en los esquemas normalizados.

- Diseñar circuitos de control eléctrico de uso y aplicación Industrial

4.2. PRACTICAS DE LABORATORIO

Dentro de los trabajos de ingeniería que se presentan en la industria gran parte es la de interpretación, diseño, montaje, control y mantenimiento de máquinas y sistemas con diversos tipos de accionamientos eléctricos, es así como la familiarización en los principios de funcionamiento y manejo de los diferentes elementos de detección, tratamiento y accionamiento serán una herramienta útil en el desarrollo profesional del Ingeniero Electricista

4.2.1. Mando de un motor por impulso inicial y arranque directo de motores monofásicos y trifásicos

El mando de un motor por impulso inicial se realiza a través de un pulsador NA, el cual al ser presionado energiza la bobina del contactor al mismo tiempo que actúa el contacto auxiliar de la bobina (o de retención); cuando se deje de accionar el pulsador la bobina seguirá energizada a través de su contacto auxiliar de retención, hasta que el operario desee apagar el motor que se logrará

a través de la desenergizar la bobina, es decir abriendo el circuito accionando nuevamente el pulsador que se encuentra cerrado el cual abre tanto el contacto auxiliar como el pulsador de mando.

4.2.2. Mando de un motor por impulso inicial desde dos estaciones

Cuando se trabaja con dos o más estaciones lo que se busca es la energización del equipo desde cualquier estación de mando, el ciclo de funcionamiento radica en que al accionar el pulsador de la primera estación se energiza la bobina del contactor, autososteniéndose por el contacto auxiliar de sostenimiento y para desenergizar la bobina es necesario abrir el circuito a través de un pulsador NC el cual abre tanto el contacto auxiliar como el pulsador de mando; si se quiere energizar desde la otra estación el procedimiento es igual y se obtendrá el mismo resultando.

4.2.3. Mando de un motor por impulso inicial y permanente con señalización de marcha

En este montaje se tienen conectados en paralelo la bobina del contactor con el piloto señalizador, siempre que se energice la bobina funcionará el piloto y cuando se desenergice la bobina se desconectará el piloto.

4.2.4. Mando de un motor por impulso inicial y permanente con señalización de marcha y parada de emergencia

Cuando el relé térmico está en reposo el sistema funcionará normalmente al ser energizado, ya sea por impulso inicial o permanente porque el circuito de alimentación de la bobina estará cerrado en su relé térmico, y el piloto de paro de emergencia se mantiene desenergizado porque el circuito estará abierto en el contacto N.A. del relé térmico.

Si se produce una sobrecarga, el relé térmico acciona sus contactos auxiliares, abriendo el contacto cerrado y cerrando el abierto. De esta manera la bobina queda desenergizada, mientras el piloto se energiza.

Para que el sistema quede nuevamente en condiciones de trabajo, es necesario que se rearme el relé térmico.

4.2.5. Mando de tres motores en secuencia forzada para prender (M1, M2, M3), y posibilidad de apagar cualesquiera de ellos sin que se altere el funcionamiento de los restantes

En esta práctica se familiarizará el estudiante con el manejo y funcionamiento de los contactos auxiliares de los contactores. Se establecerá que el funcionamiento en secuencia forzada de una máquina está supeditado al funcionamiento de otras, de manera que, si no se maniobra en el orden establecido, no debe funcionar.

En estos sistemas, los contactos cerrados de los relés térmicos se conectan en serie, a fin de que una sobrecarga, en cualquiera de los motores, interrumpa completamente el circuito.

El ciclo de funcionamiento para que todos los motores queden energizados se realiza en secuencia, se inicia accionando el pulsador normalmente abierto de la

primera bobina, la cual se energiza y se sostiene a través de su contacto auxiliar de retención, en este momento se cierra el contacto auxiliar abierto de la misma bobina el cual prepara la maniobra para accionar el pulsador de mando de la segunda bobina que cerrará el circuito de está, autososteniéndose por medio de su auxiliar de retención y cerrando al mismo tiempo el auxiliar normalmente abierto que prepara la maniobra para realizar la energización de la tercera bobina cuyo procedimiento se realiza de la misma forma ya establecida; quedando en funcionamiento los tres motores.

Como existe un pulsador NC que es el pulsador inicial que esta en todo momento energizado, al accionarse se abrirá el circuito de alimentación de las tres bobinas, desenergizando totalmete el sistema. Para desenergizar cualquiera de los tres motores sin que se altere el funcionamiento de los restantes se cuenta con un pulsador NC conectado en serie con el pulsador NC de la red en cada una de las bobinas.

4.2.6. Sistema FIFO para accionar tres motores en secuencia forzada

El ciclo de funcionamiento para accionar los motores es igual al descrito anteriormente y la desenergización se realiza también en forma secuencial. Es decir se accionan M1 , M2 y M3 y se desactivan en ese mismo orden.

4.2.7. Sistema LIFO para accionar tres motores en secuencia forzada

Se diferencia del sistema FIFO en la desenergización de los motores. En esta práctica se accionan M1 , M2 y M3 y se desenergizan M3 , M2 y M1 en forma secuencial.

4.2.8. Paro automático por temporizador neumático y electrónico

En esta práctica se ve el funcionamiento de los temporizadores neumáticos y electrónicos “al trabajo” y “al reposo” en el arranque de un motor. En los temporizadores “al trabajo” la energización de la bobina del contactor se da después de un tiempo programado en el cual los contactos del temporizador

cambian de posición. Es decir que los contactos NA se cierran y los NC se abren.

En los temporizadores “al reposo” los contactos temporizados actúan instantáneamente, energizando la bobina del contactor. Al desenergizarse, los contactos vuelven a su posición inicial después de transcurrir el tiempo programado.

El relé térmico debe actuar normalmente ante una sobrecarga.

4.2.9. Mando de dos motores en forma secuencial y automática mediante temporizado neumático ó electrónico

Cuando se tiene una secuencia de trabajo automática, implica que al iniciarse ésta no se puede interrumpir el proceso a no ser que se dispare el relé térmico o por una parada de emergencia a través de un pulsador.

Con esta práctica se comprueba el ciclo de funcionamiento de los temporizadores neumáticos y electrónicos, y se realiza con montajes de los

circuitos básicos de temporizadores ON DELAY (retardo al trabajo) y OFF DELAY (retardo al reposo).

El funcionamiento del circuito de los temporizadores neumáticos “al trabajo” se inicia cuando es accionado el pulsador de mando, el cual energiza el primer contactor principal que le da la señal al temporizador para que comience a contar el tiempo programado. Una vez haya transcurrido este tiempo actúa el contacto auxiliar temporizado, el cual energiza la bobina principal del segundo contactor para que queden en funcionamiento los dos motores. Los temporizadores electrónicos “al trabajo” actúan de la misma manera que los neumáticos.

En los temporizadores “al reposo” tanto neumáticos como eléctricos, el proceso varía en el funcionamiento de sus contactos temporizados ya que como en la práctica anterior éstos vuelven a su posición de reposo después de transcurrido el tiempo programado.

4.2.10. Paro automático por detector inductivo y fotoeléctrico reflex

Aquí se observan tanto el funcionamiento del detector inductivo como los detectores fotoeléctricos.

En los detectores inductivos al acercarse un objeto metálico dentro del radio de acción del campo electromagnético se altera de tal forma éste, que activa en el detector una señal la cual puede ser la de cerrar o abrir el contacto de la bobina para energizar o desenergizar el sistema.

Los detectores fotoeléctricos son dispositivos que abren o cierran un circuito eléctrico por la acción de un haz de luz y de un elemento fotosensible. El detector tipo reflex es un sistema en el cual el emisor y el receptor están juntos, por lo cual para que el receptor capte la luz del emisor se requiere de un reflector ubicado frente al detector, en un plano perpendicular, centrado en el eje óptico.

4.2.11. Inversor de marcha con enclavamiento por contacto auxiliar

Para realizar este montaje se necesita realizar la inversión de dos de las fases del circuito de potencia. Al accionar el pulsador de cualquiera de los sentidos de marcha, se energiza el contactor principal y su contacto auxiliar cerrado se abre para bloquear la energización del contactor que realiza el otro sentido de marcha. Es decir que si se acciona el segundo pulsador, la bobina asociada a este no se energiza.

Para el otro sentido de marcha es necesario desenergizar todo el circuito accionando el pulsador de paro, para que todos los contactos vuelvan a su posición inicial; en este momento si se puede accionar el segundo pulsador, que energiza la bobina del segundo contactor principal cuyo contacto auxiliar cerrado se abre para bloquear la energización de la bobina del primer contactor (enclavamiento eléctrico).

El relé térmico actúa siempre que se produzca una sobrecarga, independientemente del sentido de rotación que tenga en ese momento el motor.

4.2.12. Inversor de marcha con paro automático temporizado previa la inversión, con prioridad de arranque en un sentido de giro

Al accionar el pulsador de marcha se energiza la bobina del primer contactor principal, y al mismo tiempo el primer temporizador que programa el tiempo de giro a la derecha. Después de este tiempo el contacto temporizado se cierra energizando la bobina del segundo temporizador. Cuando se energiza, se desactiva el primer contactor y temporizador y se detiene el motor durante el tiempo programado por el segundo temporizador. Transcurrido este tiempo, el contacto temporizado cierra el circuito del segundo contactor accionando su bobina y arrancando el motor hacia la izquierda. Al mismo tiempo se desenergiza el segundo temporizador y se abre el contacto normalmente cerrado auxiliar del primer contactor para evitar que se reenergice.

4.2.13. Arranque por conmutación estrella - triángulo

En el arranque directo el motor absorbe una corriente muy alta en el momento que se energiza. En motores asíncronos trifásicos con rotor en cortocircuito, se

utiliza el sistema de arranque estrella - triángulo, ya que la corriente inicial de arranque estará solamente entre 1.3 y 2.6 la corriente nominal.

Este método consiste en energizar el motor conectándolo inicialmente en estrella mientras se pone en movimiento, y cuando haya alcanzado el 70% de su velocidad se conecta en triángulo.

El arrancador necesita tres contactores y un temporizador. Los contactores de red y triángulo deben estar dimensionados para soportar un 58% de la corriente nominal y el relé térmico regulado para esa misma intensidad. El contactor estrella debe estar dimensionado para soportar un 33% de la corriente nominal. Además se requieren tres conductores entre la red y el arrancador y seis conductores entre el arrancador y el motor.

En el momento de la conmutación existe un corto periodo en el cual el motor queda desconectado de la línea de alimentación.

Los contactores correspondientes a la estrella y al triángulo deben estar conectados por enclavamiento mecánico.

La limitación del tiempo está dada por:

- El relé térmico no tolera tiempos muy largos (máximo 30 segundos)

- El motor tiene un límite de calentamiento

Es preferible regular el temporizador para un tiempo mayor que demasiado corto.

4.3. ANÁLISIS DE LOS EQUIPOS E IMPLEMENTOS REQUERIDOS EN CADA UNA DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO

4.3.1. Mando de un motor por impulso inicial y arranque directo de motores monofásicos y trifásicos

- CP : Un (1) contactor tripolar para control de motores 9A, 220V/110V
- PNC : Un (1) pulsador NC para paro
- PNA : Un (1) pulsador NA para marcha
- PD : ó un (1) pulsador doble

- M1 : Un (1) motor monofásico

Características

Potencia 500 W

Tensión 220 V

Corriente 5 A

- M3 : Un motor trifásico

Características

Potencia 1.1 kW

Tensión 220/380 V

Corriente 4.3 / 2.5 A

4.3.2. Mando de un motor por impulso inicial desde dos estaciones

- CP : Un (1) contactor tripolar para control de motores 9A, 220V/110V

- PNC : Dos (2) pulsadores NC

- PNA : Dos (2) pulsador NA

- PD : ó dos (2) pulsador doble

- M1 : Un (1) motor monofásico

- M3 : Un (1) motor trifásico

4.3.3. Mando de un motor por impulso inicial y permanente con señalización de marcha

- CP : Un (1) contactor tripolar para control de motores 9A, 220V/110V
- PNC : Un (1) pulsador NC
- PNA : Un (1) pulsador NA
- PCD : Un (1) pulsador conexión-desconexión
- PL : Un (1) piloto luminoso
- M1 : Un (1) motor monofásico
- M3 : ó Un (1) motor trifásico

4.3.4. Mando de un motor por impulso inicial y permanente con señalización de marcha y parada de emergencia

- CP : Un (1) contactor tripolar para control de motores 9A, 220V/110V
- RT : Un (1) relé tripolar de protección térmica clase 10 ó 20
- PNC : Un (1) pulsador NC
- PNA : Un (1) pulsador NA
- PCD : Un (1) pulsador conexión-desconexión

- PL : Dos (2) pilotos luminosos
- M1 : Un (1) motor monofásico
- M3 : ó Un (1) motor trifásico

4.3.5. Mando de tres motores en secuencia forzada para prender (M1, M2, M3), y posibilidad de apagar cualesquiera de ellos sin que se altere el funcionamiento de los restantes

- CP : Tres (3) contactores tripolar para control de motores 9A, 220V/110V
- BCA : Un (1) bloque de contactos auxiliares tipo instantáneo
- RT : Tres (3) relés tripolares de protección térmica clase 10 ó 20
- PS : Un (1) pulsador SETA
- PNC : Tres (3) pulsadores NC
- PNA : Tres (3) pulsadores NA
- PL : Seis (6) pilotos luminosos
- M3 : Tres (3) motor trifásico

4.3.6. Sistema FIFO para accionar tres motores en secuencia forzada

- CP : Tres (3) contactores tripolar para control de motores 9A, 220V/110V
- BCA : Dos (2) bloques de contactos auxiliares tipo instantáneo
- RT : Tres (3) relés tripolares de protección térmica clase 10 ó 20
- PS : Un (1) pulsador SETA
- PNC : Tres (3) pulsadores NC
- PNA : Tres (3) pulsadores NA
- PL : Seis (6) pilotos luminosos
- M3 : Tres (3) motor trifásico

4.3.7. Sistema LIFO para accionar tres motores en secuencia forzada

- CP : Tres (3) contactores tripolar para control de motores 9A, 220V/110V
- BCA : Dos (2) bloques de contactos auxiliares tipo instantáneo
- RT : Tres (3) relés tripolares de protección térmica clase 10 ó 20
- PS : Un (1) pulsador SETA
- PNC : Tres (3) pulsadores NC
- PNA : Tres (3) pulsadores NA

- PL : Seis (6) pilotos luminosos
- M3 : Tres (3) motor trifásico

4.3.8. Paro automático por temporizador neumático y electrónico

- CP : Un (1) contactor tripolar para control de motores 9A, 220V/110V
- RT : Un relé tripolar de protección térmica clase 10 ó 20
- TN : Un (1) temporizador neumático “Off delay” o “On delay”
- PNC : Un (1) pulsador NC
- PNA : Un (1) pulsador NA
- PL : Dos (2) pilotos luminosos
- MI : Un (1) motor trifásico

Para hacer el montaje con el temporizador electrónico es cambiar el temporizador neumático por un (1) temporizador electrónico.

4.3.9. Mando de dos motores en forma secuencial y automática mediante temporizado neumático ó electrónico

- CT : Dos (2) contactores tripolares para control de motores 9A, 220V/110V
- RT : Dos relés tripolares de protección térmica clase 10 ó 20
- TN : Un (1) temporizador neumático “On delay” o “Off delay”
- PNC : Un (1) pulsador NC
- PNA : Un (1) pulsador NA
- PL : Cuatro (4) pilotos luminosos
- M3 : Dos (2) motor trifásico

Para hacer el montaje con el temporizador electrónico es cambiar el temporizador neumático por un (1) temporizador electrónico.

4.3.10. Paro automático por detector inductivo y fotoeléctrico reflex

- CP : Un (1) contactor tripolar para control de motores 9A, 220V/110V
- BCA : Un (1) bloque de contactor auxiliar

- RT : Un (1) relé tripolar de protección térmica clase 10 ó 20
- TN : Un (1) temporizador neumático
- PNC : Un (1) pulsador NC
- PNA : Un (1) pulsador NA
- PL : Dos (2) pilotos luminosos
- M1 : Un (1) motor trifásico

Para realizar el montaje de paro automático por detector Fotoeléctrico Reflex, los elementos que se necesitan son los descritos anteriormente solo se cambia el detector inductivo por un detector fotoeléctrico reflex con su el reflector y un selector de dos posiciones.

4.3.11. Inversor de marcha con enclavamiento por contactor auxiliar

- CP : Dos (2) contactores tripolares para control de motores 9A, 220V/110V
- BCA : Un bloque de contactos auxiliares
- RT : Un relé tripolar de protección térmica clase 10 ó 20
- PNC : Un (1) pulsador NC
- PNA : Dos (2) pulsador NA

- PL : Tres (3) pilotos luminosos
- M1 : Un (1) motor trifásico

4.3.12. Inversor de marcha con paro automático temporizado previa la inversión, con prioridad de arranque en un sentido de giro

- CP : Dos (2) contactores tripolares para control de motores 9A, 220V/110V
- BCA : Un bloque de contactos auxiliares
- RT : Un relé tripolar de protección térmica clase 10 ó 20
- BT : Dos (2) bloques temporizados al trabajo o dos (2) temporizadores neumáticos al trabajo
- PNC : Un (1) pulsador NC
- PNA : Un (1) pulsador NA
- PL : Tres (3) pilotos luminosos
- M3 : Un (1) motor trifásico

4.3.13. Arranque por conmutación estrella - triángulo

- CP : Dos (2) contactores tripolares para control de motores 9A, 220V/110V

- . BCA : Dos (2) bloques de contactos auxiliares
- . RT : Un relé tripolar de protección térmica clase 10 ó 20
- . TN - TE : Un (1) temporizador “al trabajo”
- . EM : Un (1) enclavamiento mecánico
- . PNC : Un (1) pulsador NC
- . PNA : Un (!) pulsador NA
- . PL : Dos (2) pilotos luminosos
- . JAM01 : Un (1) motor trifásico Jaula de ardilla

4.4. RESUMEN DE LOS EQUIPOS E IMPLEMENTOS NECESARIOS

CODIGO	CANTIDAD REQUERIDA	CANTIDAD EN STOCK	CANTIDAD A COMPRAR
JAM01	2	0	2
M1	3	0	3
M3	2	0	2
MIT01	2	0	2
MRD	3	0	3
PCD	10	0	10
PD	10	0	10
PS	10	0	10
SV	3	0	3

TABLA 3. EQUIPO REQUERIDO EN ACCIONAMIENTOS ELECTRICOS

5. ANALISIS DE INVERSION

En el estudio de la inversión para la implementación de los laboratorios se han considerado diversas alternativas en cuanto a los periodos de inversión, teniendo en cuenta la vida útil esperada para los equipos seleccionados, así como el tiempo de pago de la inversión y la corrección monetaria que presenta el peso en la actualidad. Se ha tomado la corrección monetaria y no la tasa de interés de retorno (TIR) o de oportunidad ya que la Institución es un ente prestador de servicios y por lo tanto no estima sus ingresos en base a la TIR.

En este capítulo se presenta el análisis económico del proyecto, se hace la valoración del mismo y se dan las ventajas de hacer la inversión para los laboratorios en un futuro inmediato. Los índices que se utilizarán para medir la bondad del proyecto, son:

VPN = Valor Presente Neto.

CAUE= Costo Anual Uniforme Equivalente.

Para establecer el posible número de estudiantes que presentará la Facultad desde 1997 hasta el 2001 se han realizado una serie de regresiones en base a los datos históricos presentados por la oficina de Planeación y Estadística de la Universidad; de igual forma se estimaron el total del presupuesto anual dado a la facultad y el porcentaje de inversión destinado a los laboratorios. Con estos datos se encontró el VPN y se calculó el CAUE para la inversión de los equipos del laboratorio.

Hay que advertir que para la Universidad y para el País el hecho de formar profesionales con un acertado perfil hacia la investigación contribuiría, por una parte a elevar el Good Will de la Institución y por otra a desarrollar e implementar sistemas y procedimientos que mejoren la utilización de los recursos existentes en el país para la generación, distribución, y manejo de la electricidad.

Se hace importante destacar el Good Will, como bien intangible que posee toda institución y que corresponde de manera directa entre otros aspectos a la calidad de los servicios o productos, (para el caso que nos ocupa, profesionales que han de contribuir al desarrollo del País), ofrecidos por ella.

El aumento de este bien significaría para la Universidad un sin número de beneficios como son el aumento de la difusión del programa de Ingeniería Eléctrica en el País, el reconocimiento a los estudios e investigaciones desarrolladas en la misma y otros más de tipo económico resultantes de este hecho.

5.1. INVERSION REQUERIDA

Para establecer el total de la inversión a realizar, se hizo la recopilación de equipo requerido en la ejecución de las prácticas de las asignaturas que son objeto de este proyecto. Teniendo en cuenta los resúmenes de los capítulos 2, 3 y 4. (Ver tabla 4.), se presenta el costo total del equipo por asignatura y el total de la inversión en pesos Colombianos constantes de 1996.

CODIGO	EQUIPO REQUERIDO	EQUIPO EN STOCK	EQUIPO A COMPRAR
AFE	1	0	1
AMP10	10	0	10
AMP30	3	0	3
AMP5	8	0	8
B20	10	0	10
COS	5	1	5
CP	3	0	3
CT01	9	0	9
DCG01	3	1	2
DT	2	1	1
FE01	3	0	3
FE02	5	1	4
FE03	4	0	4
FEM	2	0	2
GEI	2	0	2
GES	2	0	2
GS	2	0	2
INT	10	0	10
JAM01	6	1	5
JAM02	2	0	2
KWH1	4	1	3
KWH3	3	0	3
M1	3	0	3
M3	2	0	2
MADC	2	0	2
MCA	2	0	2
MCC	6	1	5

Continua...

TABLA 4. RESUMEN FINAL ELEMENTOS REQUERIDOS

CODIGO	EQUIPO REQUERIDO	EQUIPO EN STOCK	EQUIPO A COMPRAR
MCI	6	1	5
MCR01	6	1	5
MCR02	6	0	6
MD02	4	2	2
MDEC	1	0	1
MEC	1	0	1
MEG01	3	1	2
MG	2	1	1
MI	1	0	1
MIT01	5	1	4
MMD	3	0	3
MOH	4	1	3
MP	2	0	2
MRD	3	0	3
MST	4	0	4
OHM	3	0	3
PCD	10	0	10
PD	10	0	10
PS	10	0	10
RA	4	0	4
RE	6	0	6
RV	4	0	4
RV10	4	1	2
SNP	2	0	2
SV	3	0	3
TRF	3	2	2

Continua...

TABLA 4. RESUMEN FINAL ELEMENTOS REQUERIDOS

CODIGO	EQUIPO REQUERIDO	EQUIPO EN STOCK	EQUIPO A COMPRAR
UFE	1	0	1
VAT01	3	0	3
VAT02	6	0	6
VAT03	3	1	2
VAT04	3	1	2
VOLT300	5	2	3
VOLT450	7	0	7

TABLA 4. RESUMEN FINAL ELEMENTOS REQUERIDOS

Para el análisis de la inversión, la valoración del equipo a adquirir se estableció en \$204'818.500.00. Tomando este costo como inversión y dividiéndolo según las asignaturas de Medidas Eléctricas, Máquinas Eléctricas y Accionamientos Eléctricos, se presenta la tabla 5.

ASIGNATURA	INVERSION REQUERIDA
MEDIDAS ELECTRICAS	\$ 37'743.300.00
MAQUINAS ELECTRICAS	\$141'285.200.00
ACCIONAMIENTOS E.	\$ 25'786.000.00
TOTAL	\$204'818.500.00

TABLA 5. INVERSION REQUERIDA POR ASIGNATURA

El análisis correspondiente a la cantidad de equipo necesario se realizó, tomando como base grupos de 3 a 4 personas, y realizando tres prácticas en las

dos horas que se tienen semanalmente, de tal manera que cada grupo tenga la oportunidad de realizar todas las prácticas programadas.

5.2. PLANES DE INVERSION

A partir de la tabla 4, se discriminaron todos los equipos de acuerdo a su utilización y a la vida útil esperada, teniendo en cuenta la frecuencia y el trato con que se manejen éstos. (Ver tabla 6.).

CLASIFICACION	INVERSION REQUERIDA
MAQUINARIA	\$113'037.000.00
EQUIPOS DE MEDIDA	\$ 75'873.500.00
MODULOS DE CARGA	\$ 15'908.000.00
TOTAL	\$204'818.500.00

TABLA 6. INVERSION REQUERIDA

5.2.1. Planes de Inversión en Maquinaria

Para la realización del plan de inversión se tomó como maquinaria los motores, generadores y frenos electromagnéticos. En estos equipos, por estar diseñados para ser utilizados en situaciones de alto riesgo como malas conexiones,

cortocircuito, etc., se presentan dos períodos de vida útil estimados en tres (3) años y seis (6) años; para estos período se realiza el flujo de caja corespondiente y se halla el valor presente neto con el cual se calcula el costo anual equivalente que implicará comprar los equipos catalogados como maquinaria.

El costo inicial para la parte de maquinaria es de \$113'037.000.00, la vida útil de la maquinaria como ya se dijo se estima en tres (3) y seis (6) años; el costo anual de operación estimado por año, lo mismo que el presupuesto para la facultad se presenta en la tabla 8. La inversión se inicia en el año 1997, si utilizamos una corrección monetaria como tasa de interés del 24.06%, (ésta por que la institución es una entidad prestadora de servicios), encontramos el diagrama del flujo de caja:



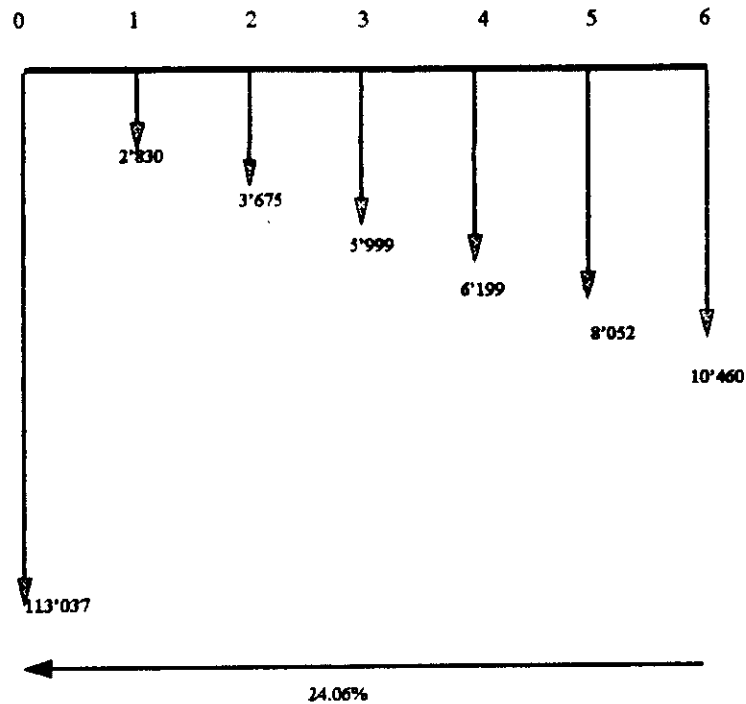


Figura 1. Diagrama de flujo de caja para maquinaria

Para los costos anuales de operación se toma el 60% del presupuesto para mantenimiento de laboratorio y consumo de éste. Ver tabla 8.

Haciendo el análisis para la estimación de que la vida útil de la maquinaria sea de tres (3) años y luego a seis (6) el Valor Presente Neto da:

$$VPN = IN + \frac{F}{(1+i)^n}$$

Donde:

VPN = Valor presente neto

IN = Inversión Inicial

F= Valor futuro en costo de operación

i = Tasa de interés

n = Número de años en vida útil de los equipos

1. Análisis para el proyecto a tres (3) años:

$$VPN_{3 \text{ años}} = 113'037 + \frac{2'830.588}{(1+0.2406)^1} + \frac{3'675.516}{(1+0.2406)^2} + \frac{5'999.229}{(1+0.2406)^3}$$

$$VPN_{3 \text{ años}} = 113'037 + 2'281.628 + 2'388.112 + 3'141.956$$

$$VPN_{3 \text{ años}} = 120'848.696$$

Después de haber encontrado el Valor Presente Neto, el método siguiente a utilizar para realizar la valoración de la inversión es el índice del COSTO ANUAL UNIFORME EQUIVALENTE (CAUE), el cual consiste en convertir todos los ingresos y egresos, en una serie uniforme de pagos (En este caso esta

serie de pagos es el presupuesto que la Universidad debe dar a la Facultad para la adquisición de equipos de laboratorio).

Para encontrar el CAUE se utilizaron:

$$\text{CAUE} = \frac{P (1+i)^n}{((1+i)^n - 1)}$$

$$\text{CAUE}_{3 \text{ AÑOS}} = 120'848.969 \frac{(0.2406 (1+0.2406)^3)}{((1+0.2406)^3 - 1)}$$

$$\text{CAUE}_{3 \text{ AÑOS}} = 61'049.524$$

El diagrama de Flujo de caja para la facultad en inversión para maquinaria será:

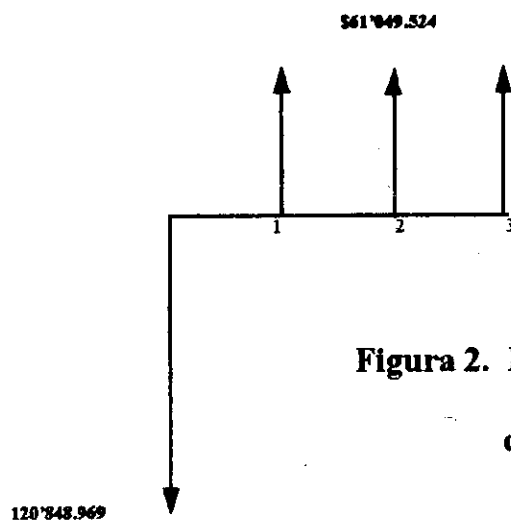


Figura 2. Diagrama de Flujo de caja a tres años de inversión en Maquinaria

2. Análisis para el proyecto a seis (6) años:

$$\begin{aligned} \text{VPN}_{6 \text{ años}} = & 113'037 + \frac{2'830.588}{(1+0.2406)^1} + \frac{3'675.516}{(1+0.2406)^2} + \frac{5'999.229}{(1+0.2406)^3} \\ & + \frac{6'199396}{(1+0.2406)^4} + \frac{8'052618}{(1+0.2406)^5} + \frac{10'460.964}{(1+0.2406)^6} \end{aligned}$$

$$\text{VPN}_{6 \text{ años}} = 113'037 + 2'281.628 + 2'388.112 + 3'141.956 + 2'617.111 +$$

$$2'740.174 + 2'869.333$$

$$\text{VPN}_{6 \text{ años}} = 129'075.314$$

El CAUE para los 6 años es:

$$\text{CAUE}_{6 \text{ Años}} = 129'075.314 \frac{(0.2406 (1 + 0.2406)^6)}{((1 + 0.2406)^6 - 1)}$$

$$\text{CAUE}_{6 \text{ Años}} = 42'793.269$$

El diagrama de Flujo de caja para la facultad en inversión para maquinaria será:

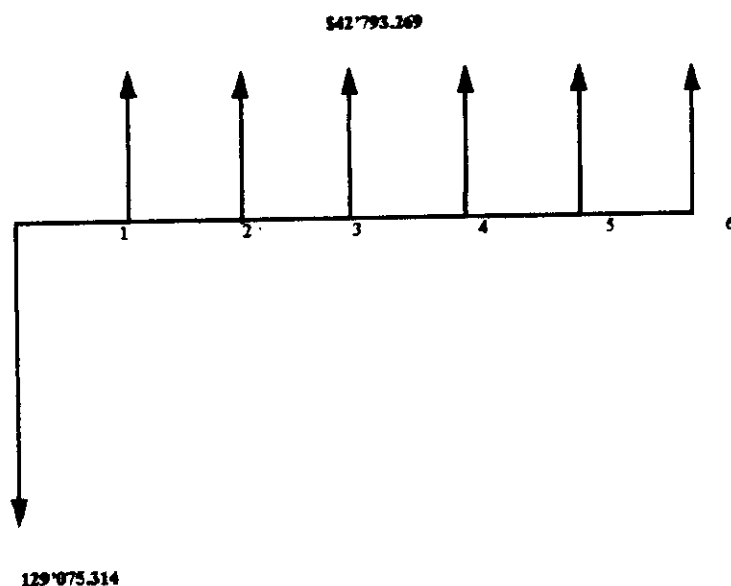


Figura 3. Diagrama de Flujo de caja a seis años de inversión en maquinaria

5.2.2. Planes de inversión para los equipos de medida

Estos equipos por tener mayor manipulación por parte de los estudiantes y ser tan sensibles están expuestos a deterioros como descalibración. Por lo tanto, se consideran para realizar los planes de inversión una vida útil de 2 años y como segunda opción una vida útil de 4 años.

Para el plan de inversión de la parte de los equipos de medida es tendrá en cuenta que su costo inicial es de \$75'873.500.00, la vida útil de la maquinaria se ha establecido a 2 y 4 años; para el costo anual de operación se toma el 30% del presupuesto de mantenimiento y consumo del laboratorio (Ver tabla 8). Se calcula el VPN, con este valor se estima el CAUE y se realiza el diagrama de Flujo de caja para los equipos de medida.

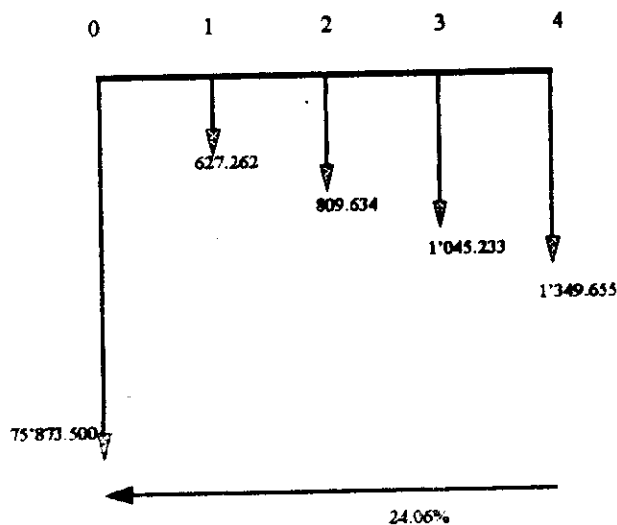


Figura 4. Diagrama de flujo de caja para Equipo de Medida

Haciendo el análisis para la estimación de que la vida útil de los equipos de medida sea de dos (2) años y luego a cuatro (4) el Valor Presente Neto da:

1. Análisis para el proyecto a dos (2) años:

$$VPN_{2 \text{ años}} = 75'873500 + \frac{1'415.294}{(1+0.2406)^1} + \frac{1'837.758}{(1+0.2406)^2}$$

$$VPN_{2 \text{ años}} = 75'873.500 + 1'140.814 + 1'194.056$$

$$VPN_{2 \text{ años}} = 78'208.307$$

Encontrando el CAUE se tiene:

$$CAUE_{2 \text{ años}} = 78'208.370 \frac{(0.2406 (1 + 0.2406)^2)}{((1 + 0.2406)^2 - 1)}$$

$$CAUE_{2 \text{ años}} = 53'721.991$$

El diagrama de Flujo de caja para la facultad en inversión para el equipo de medida será:

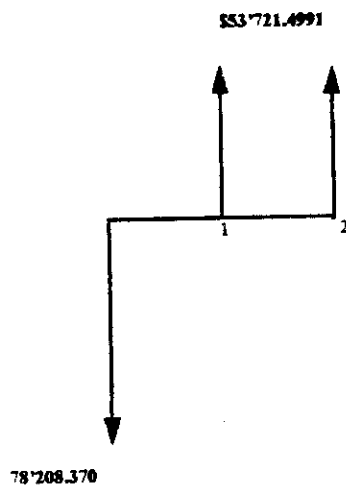


Figura 5. Diagrama de Flujo de caja a dos años de inversión en Equipos de Medida

2. Análisis para el proyecto a cuatro (4) años:

$$\text{VPN}_{4 \text{ años}} = 75'873.500 + \frac{1'415.294}{(1+0.2406)^1} + \frac{1'837.758}{(1+0.2406)^2} + \frac{2'386.598}{(1+0.2406)^3} + \frac{3'099.697}{(1+0.2406)^4}$$

$$\text{VPN}_{4 \text{ años}} = 75'873.500 + 1'140.814 + 1'194.056 + 1'249.924 + 1'308.555$$

$$\text{VPN}_{4 \text{ años}} = 80'766.849$$

El CAUE para los 4 años es:

$$\text{CAUE}_{4 \text{ años}} = 80'766.849 \frac{(0.2406 (1 + 0.2406)^4)}{((1 + 0.2406)^4 - 1)}$$

$$\text{CAUE}_{4 \text{ años}} = 33'629.321$$

El diagrama de Flujo de caja para la facultad en inversión para el equipo de medida será:

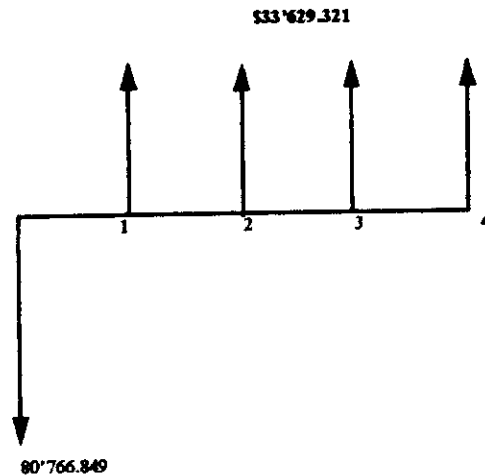


Figura 6. Diagrama de Flujo de caja a cuatro años de inversión en Equipos de Medida

5.2.3. Planes de inversión para módulos de carga

Estos, como los equipos de medida tienen gran manipulación por parte de los estudiantes, debido a que son muy utilizados, ya que es necesario comparar su funcionamiento de acuerdo al tipo de carga; resistiva, capacitiva o inductiva. Es por eso, que al igual que los equipos de medida, la vida útil esperada en estos equipos es de 2 años y 4 años.

Para el plan de inversión de la parte de los módulos de carga cuyo costo inicial es de \$15'908.000.00, la vida útil de la maquinaria se ha establecido en 2 y 4 años, el costo anual de operación es el 10% del presupuesto dado, para el mantenimiento y el consumo del Laboratorio. Ver tabla 8.

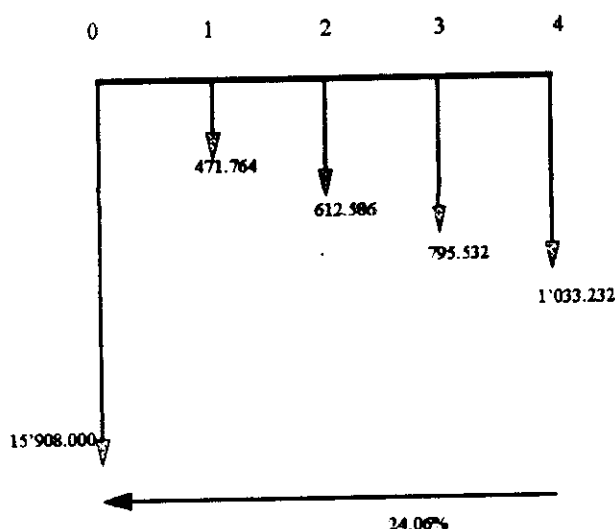


Figura 7. Diagrama de flujo de caja para Módulos de Carga

1. Análisis para el proyecto a dos (2) años:

$$VPN_{2 \text{ años}} = 15'908.000 + \frac{471.764}{(1-0.2406)^1} + \frac{612.586}{(1+0.2406)^2}$$

$$\text{VPN}_{2 \text{ años}} = 15'908.000 + 380.270 + 398.018$$

$$\text{VPN}_{2 \text{ años}} = 16'686.288$$

Encontrando el CAUE se tiene:

$$\text{CAUE}_{2 \text{ AÑOS}} = 16'686.288 \frac{0.2406 (1 + 0.2406)^2}{((1 + 0.2406)^2 - 1)}$$

$$\text{CAUE}_{2 \text{ AÑOS}} = 11'461.961$$

El diagrama de Flujo de caja para la facultad en inversión para el módulos de carga será:

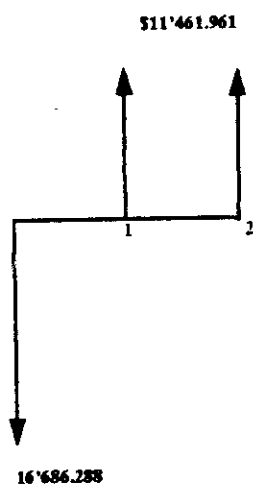


Figura 8. Diagrama de flujo de caja a Dos años de Inversión en Módulos de Carga

2. Análisis para el proyecto a cuatro (4) años:

$$\text{VPN}_{4 \text{ años}} = 15'908.000 + \frac{471.764}{(1+0.2406)^1} + \frac{612.586}{(1+0.2406)^2} + \frac{795.532}{(1+0.2406)^3} + \frac{1'033.232}{(1+0.2406)^4}$$

$$\text{VPN}_{4 \text{ años}} = 15'908.000 + 380.270 + 398.018 + 416.641 + 436.185$$

$$\text{VPN}_{4 \text{ años}} = 17'539.114$$

El CAUE para los 4 años es:

$$\text{CAUE}_{4 \text{ años}} = 17'539.114 \frac{(0.2406 (1 + 0.2406)^4)}{((1 + 0.2406)^4 - 1)}$$

$$\text{CAUE}_{4 \text{ años}} = 7'302.853$$

El diagrama de Flujo de caja para la facultad en inversión para el equipo de medida será:

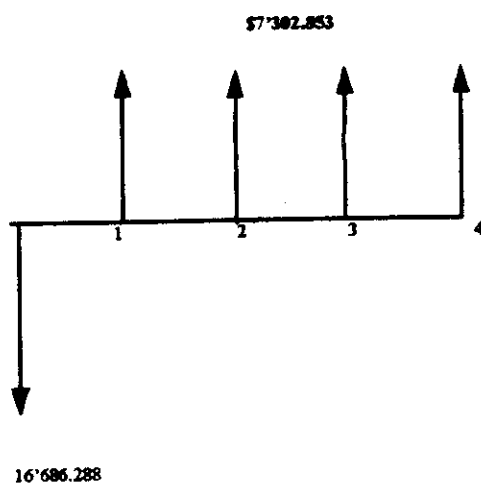


Figura 9. Diagrama de flujo de caja a Cuatro años de Inversión en Módulos de Carga

5.2.4. Análisis de los resultados de los planes de inversión

Es lógico que en el corto plazo esta inversión no resulte atractiva por sus altos costos pero si consideramos otros factores en el largo plazo veríamos por ejemplo que hoy por hoy cobra importancia el fin último de las universidades, que consiste en promover y desarrollar la investigación.

Con la adquisición de equipos con las características descritas en los capítulos anteriores, los estudiantes contarían así con un invaluable recurso para concretar con éxito sus estudios.

Otro beneficio por la compra de los equipos es el hecho de que no todas las instituciones afines con la carrera cuentan con equipos para sus prácticas, esto nos convertiría en una de las principales Universidades con capacidad de ofrecer equipos modernos , adecuados y flexibles para el desarrollo de los contenidos de las asignaturas básicas para la formación de ingenieros ó tecnólogos. Además existe la posibilidad de inscribir estos laboratorios en el sistema de calidad nacional; ésto para ponerlos a disposición de la industria nacional, para la realización de pruebas y ensayos en sus productos y sistemas a implementar ó fabricar en el país.

5.3. INGRESOS DE LA FACULTAD

Como información para realizar los flujos de caja se estimaron los costos de número de estudiantes, presupuesto asignado a la facultad anualmente,

inversión en equipo de laboratorio y rublos para consumo y mantenimiento de éste.

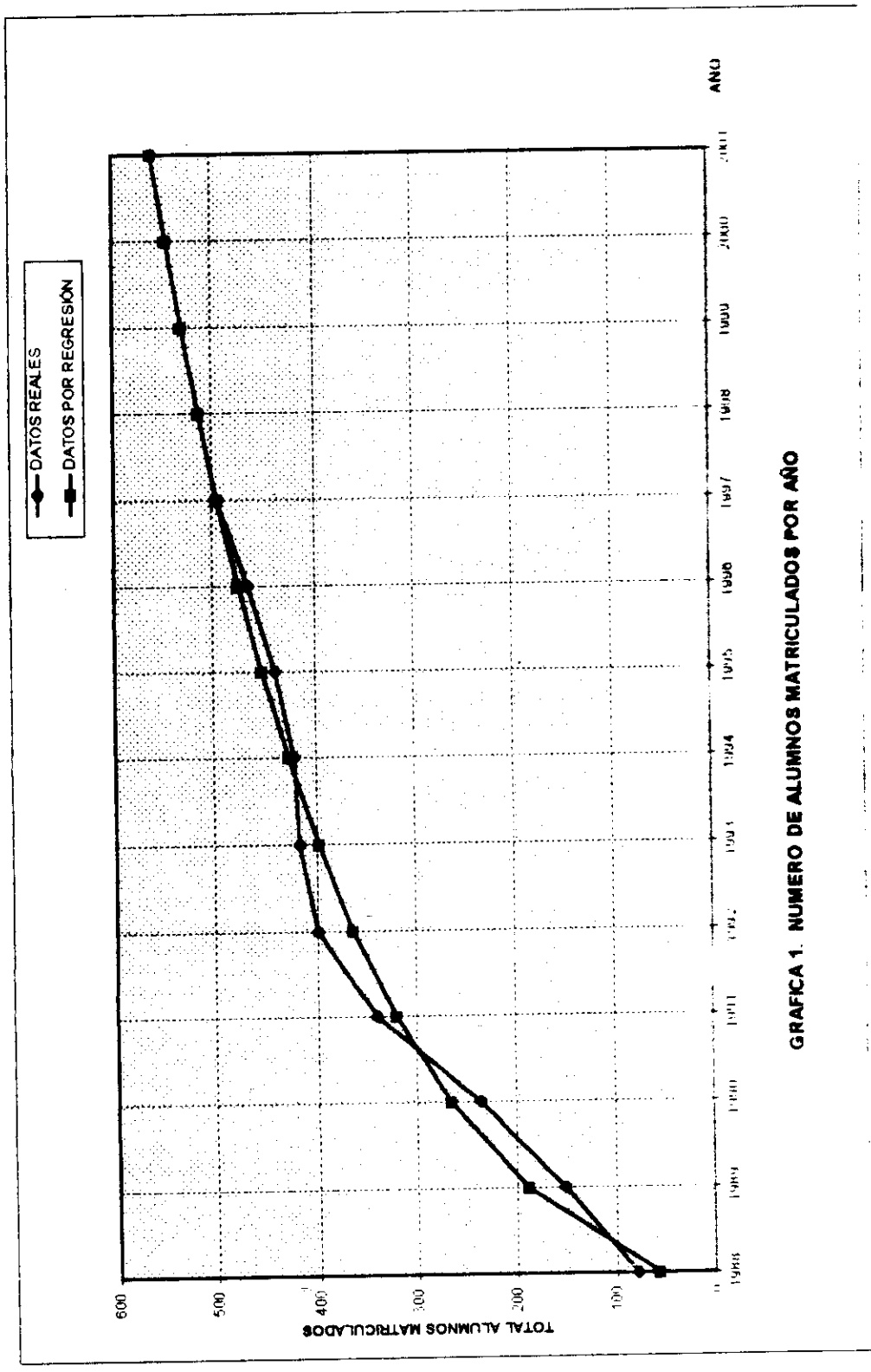
Esta estimación se realizó mediante regresiones aritméticas (Ver Anexo 2) y se proyectó hasta el año 2.002, de forma tal que los datos obtenidos se acerquen a los datos reales de la facultad.

AÑO ELECTIVO	ALUMNOS MATRICULADOS AL II CICLO
1988	80
1989	152
1990	236
1991	340
1992	400
1993	417
1994	422
1995	440
1996	466
1997	495
1998	513
1999	530
2000	545
2001	559

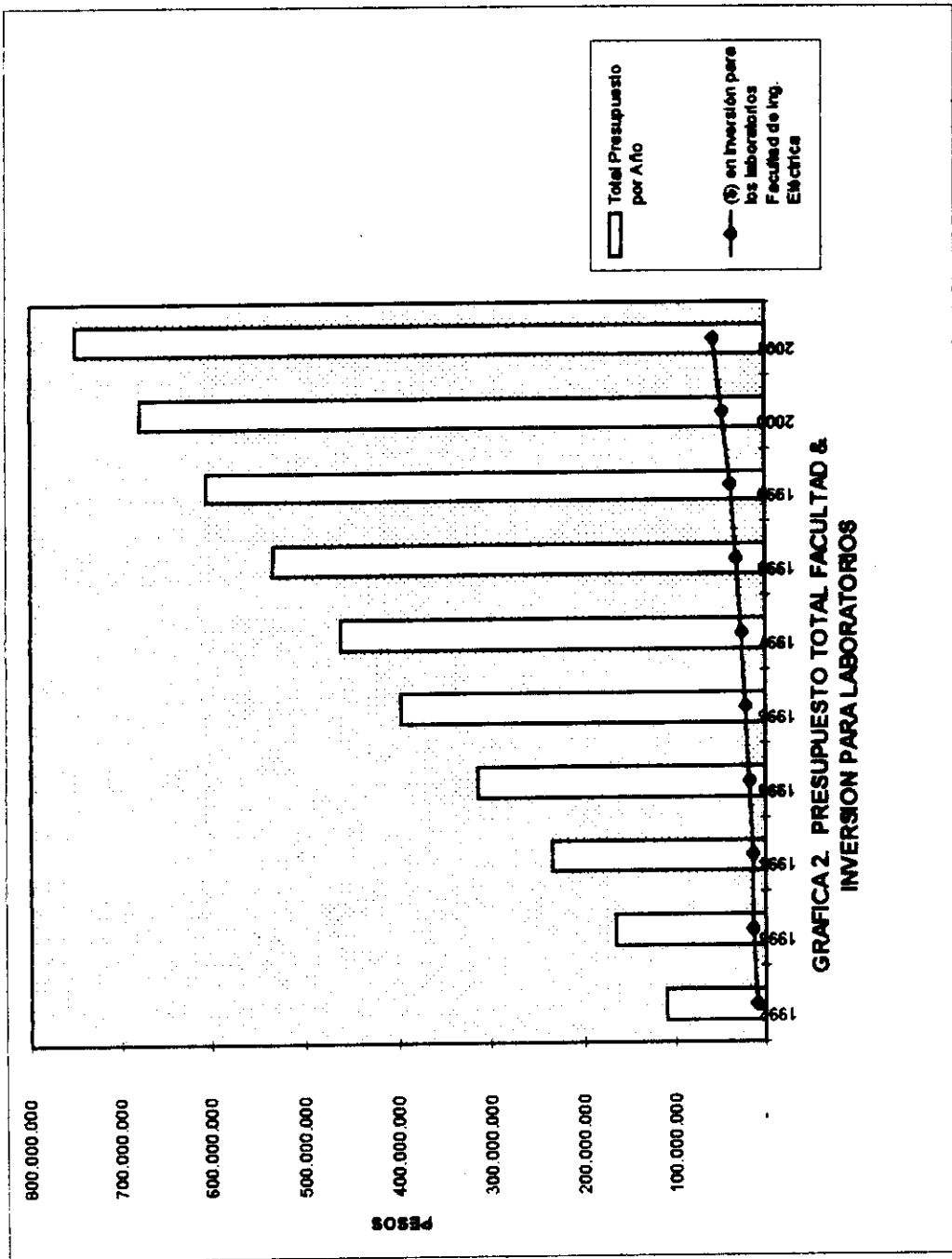
TABLA 7. NUMERO DE ESTUDIANTES MATRICULADOS POR AÑO Y ESTIMACION PARA LOS AÑOS DE 1997 AL 2001

Años	Total Presupuesto por Año en (\$) millones	Presupuesto Equipos en (\$) millones	Presupuesto para Mantenimiento en (\$) millones	Presupuesto para material de consumo de laboratorio en (\$) millones
1988	-	-	-	-
1989	-	-	-	-
1990	-	-	-	-
1991	-	-	-	-
1992	109.732	7.900	240	1.040
1993	16.573	12.000	300	1.360
1994	234.542	12.000	380	1.780
1995	31.328	15.000	480	2.320
1996	397.688	18.000	620	3.010
1997	461.233	21.963	777	3.940
1998	533.579	26.445	985	5.140
1999	605.925	31.883	1.248	6.706
2000	678.271	38.440	1.582	8.750
2001	750.617	46.345	2.004	11.416
2002	822.964	55.876	2.540	14.894

TABLA 8. INVERSIÓN PARA LOS LABORATORIOS TENIENDO EN CUENTA EL PRESUPUESTO TOTAL DE LA FACULTAD POR AÑO



GRAFICA 1. NUMERO DE ALUMNOS MATRICULADOS POR AÑO



Años	En inversión para los laboratorios Facultad de Ing. Eléctrica	\$ Maquinaria a tres (3) años de inversión	\$ Equipos de Medida a Dos (2) años de inversión	\$ Módulos de Carga a Dos (2) años de inversión
1997	26363218	61049524	53721991	11461961
1998	32038757	61049524	53721991	11461961
1999	38936140	61049524		

TABLA 9. PRESUPUESTO PARA LABORATORIO E INVERSION A TRES (3) AÑOS EN EQUIPOS

Años	(\$) en inversión para los laboratorios Facultad de Ing. Eléctrica	\$ Maquinaria a seis (6) años de inversión	\$ Equipos de Medida a Cuatro (4) años de inversión	\$ Módulos de Carga a Cuatro (4) años de inversión
1997	26.363.218	42.793.269	33.629.321	7.302.853
1998	32.038.757	42.793.269	33.629.321	7.302.853
1999	38.936.140	42.793.269	33.629.321	7.302.853
2000	47.318.410	42.793.269	33.629.321	7.302.853
2001	57.505.234	42.793.269	33.629.321	7.302.853
2002	68.653.142	42.793.269	33.629.321	7.302.853

TABLA 10. PRESUPUESTO PARA LABORATORIO E INVERSION A SEIS (6) AÑOS EN EQUIPOS

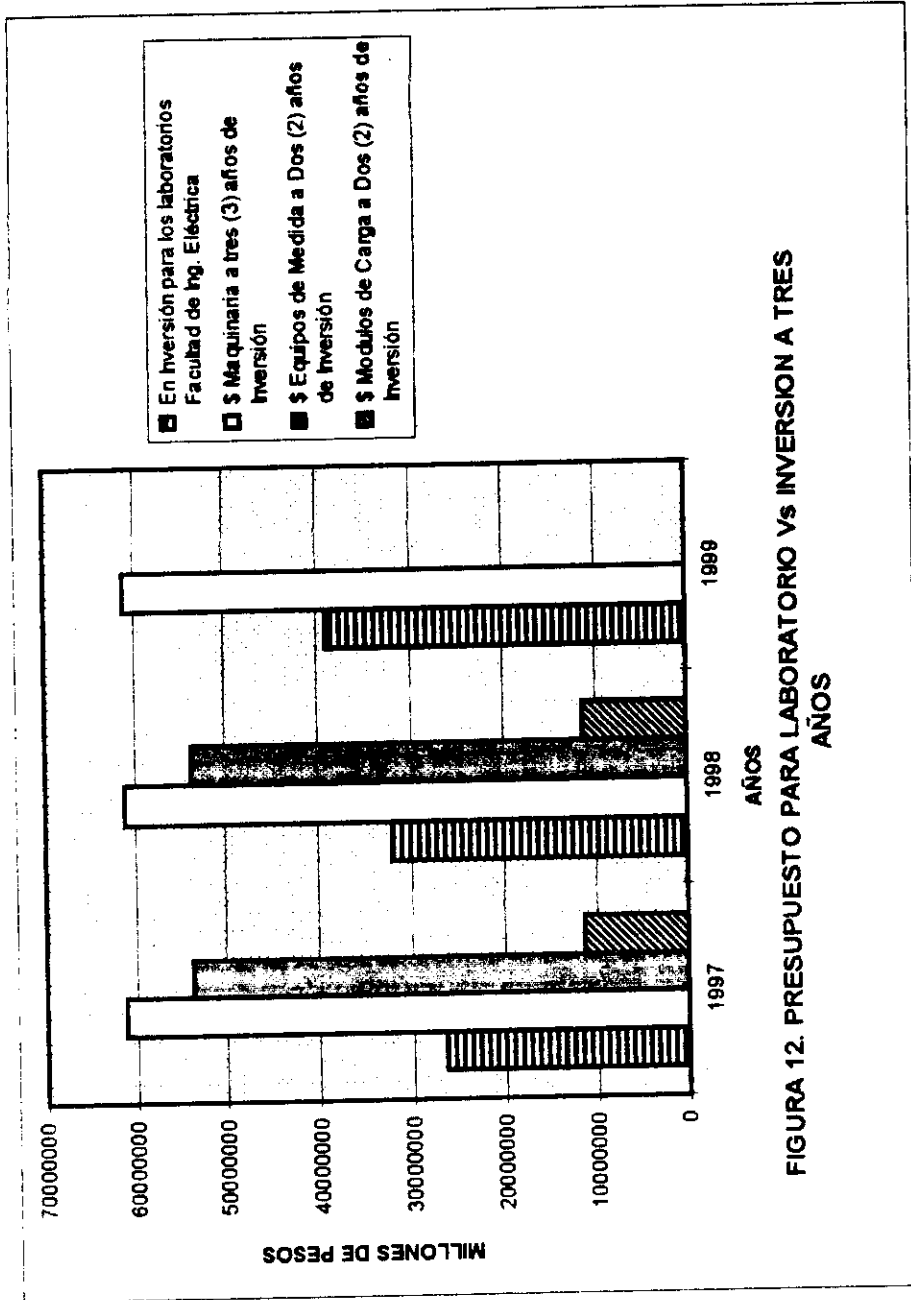


FIGURA 12. PRESUPUESTO PARA LABORATORIO VS INVERSION A TRES AÑOS

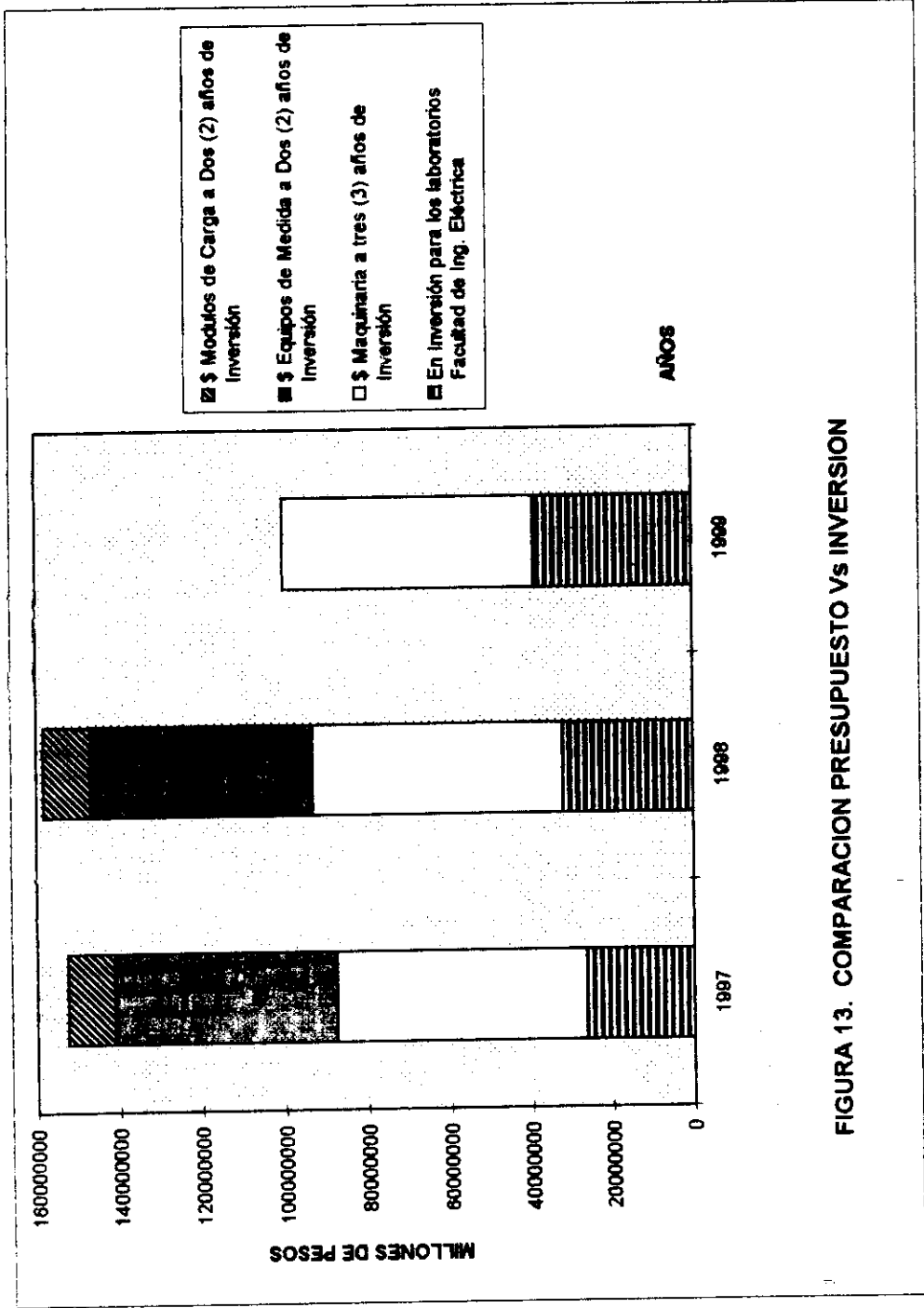


FIGURA 13. COMPARACION PRESUPUESTO Vs INVERSION

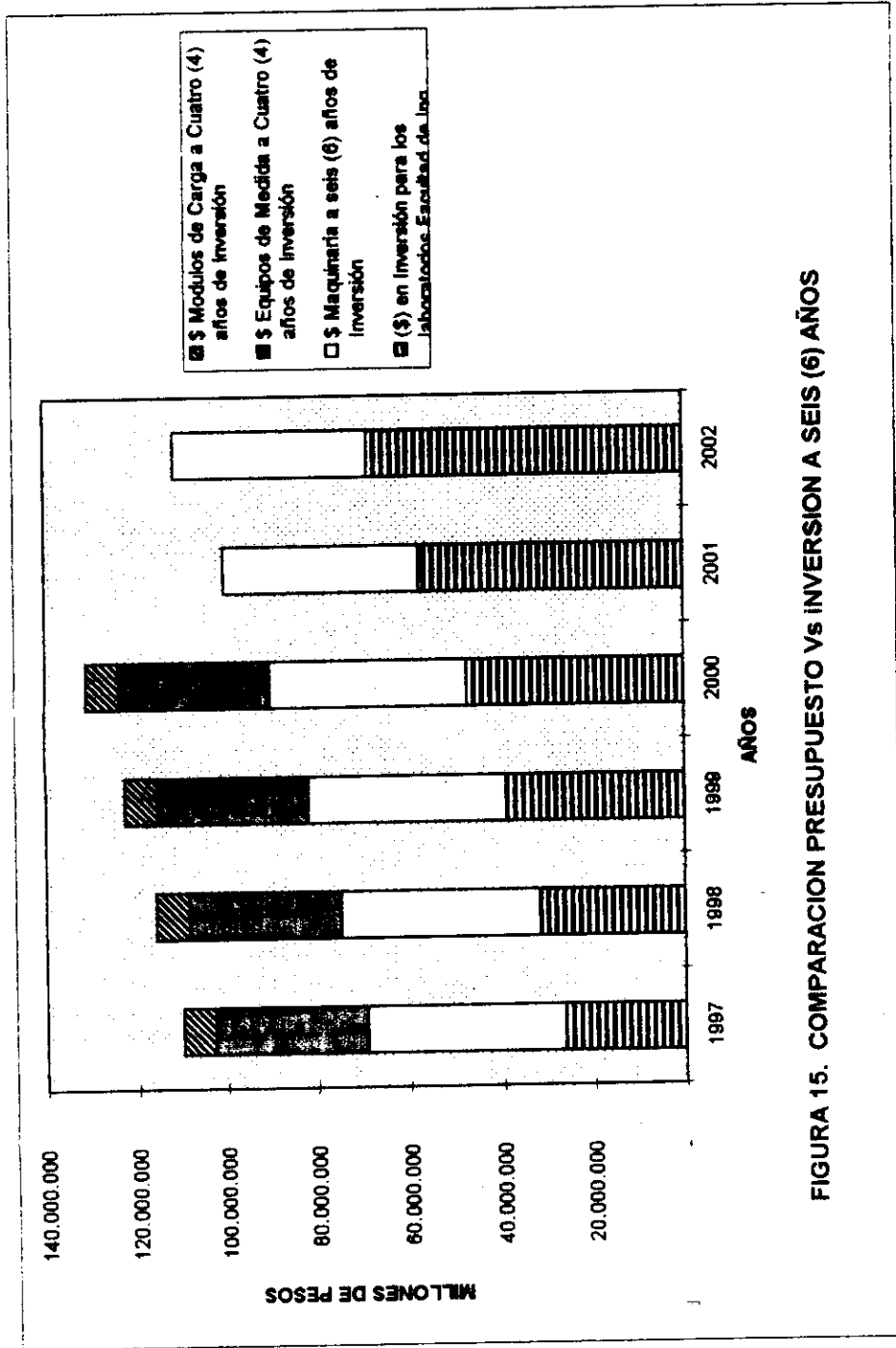


FIGURA 15. COMPARACION PRESUPUESTO Vs INVERSION A SEIS (6) AÑOS

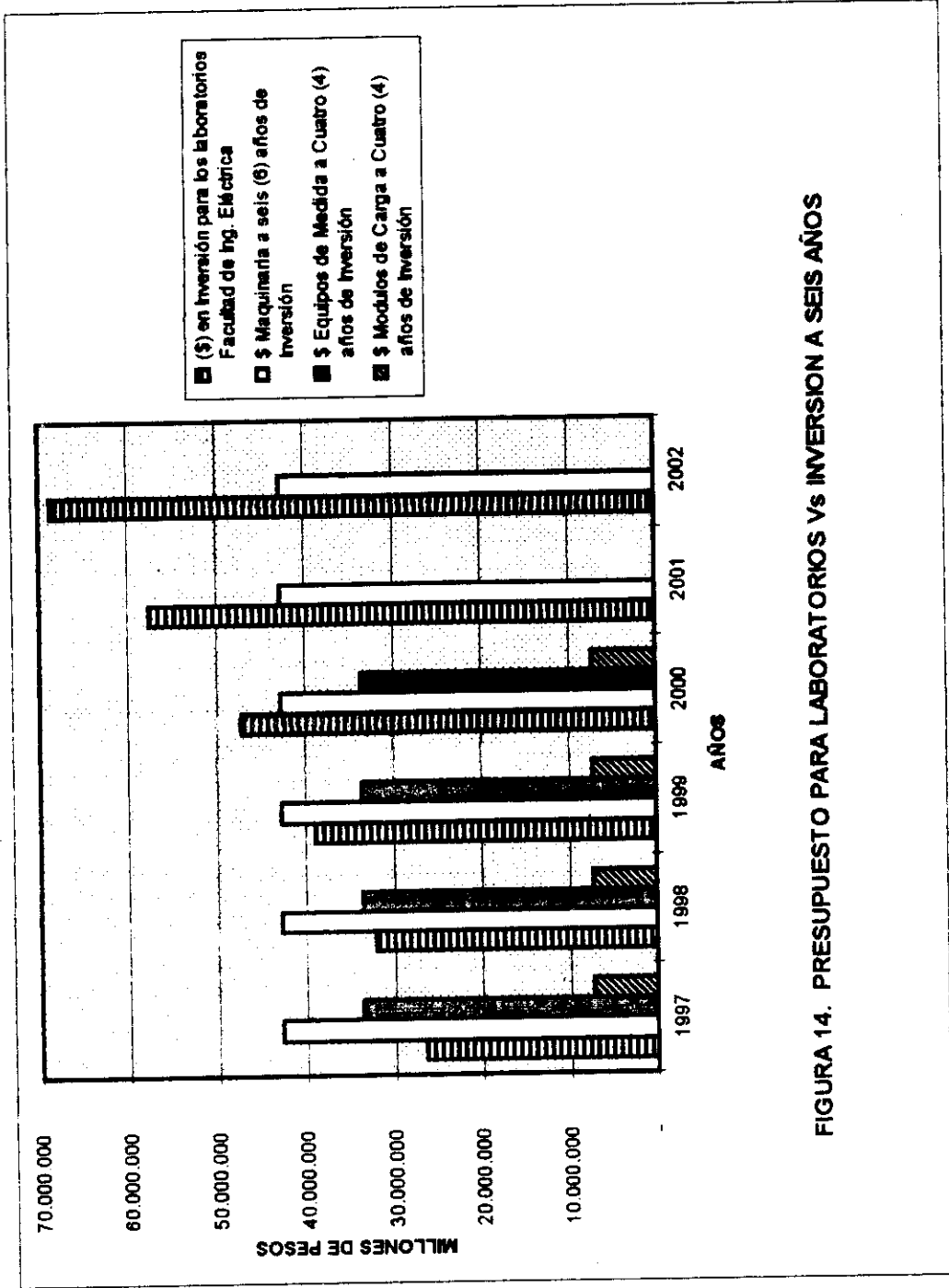


FIGURA 14. PRESUPUESTO PARA LABORATORIOS VS INVERSION A SEIS AÑOS

CONCLUSIONES

Es propio de las carreras de ingeniería el estímulo y desarrollo de la creatividad y el ingenio. En esto se sustentan cada una de las especialidades que, como la nuestra, contribuyen a la mejor utilización de los recursos con el diseño de nuevos sistemas y procedimientos que hacen de la Ingeniería Eléctrica una especialidad dinámica y cambiante que va más allá del presente para anticiparse al futuro.

Bajo esta óptica y al llegar a este punto del estudio presentamos las siguientes conclusiones:

- La infraestructura de los laboratorios de la facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de la Salle debe estar orientada a lograr el perfil del ingeniero, inquieto, analista y creativo que soportado en unas prácticas adecuadas domine el contenido de las asignaturas de su programa.

- El resultado a largo plazo; de hacerse la inversión en los equipos y adecuaciones, se hará notorio no sólo de manera inmediata en los estudiantes de la carrera, sino también, por el reconocimiento en el sector de los ingenieros egresados que sin duda deberán mostrar un mejor desempeño operativo.

- Los alcances iniciales de este estudio se vieron limitados en su desarrollo, por falta de interés evidenciado hacia el proyecto por parte del área administrativa de la universidad, ya que a pesar de ser un estudio orientado al beneficio de la comunidad, no contó con su apoyo decidido en el suministro de la información solicitada de manera formal. Sin embargo esperamos que de su consulta surja el interés de convertirlo en un objetivo a desarrollar en corto plazo por parte de las personas llamadas a realizar este tipo de iniciativas.

- Es fundamental, en el caso de realizarse la inversión, desarrollar un programa adecuado de promoción y mantenimiento de los laboratorios con el fin de promover la simplificación de las prácticas y ofrecer este servicio a otras instituciones afines, de manera profesional y constante. Somos conscientes de que la decisión de realizar la inversión depende de las directivas de la Universidad, quienes podrán a través de este estudio discutir y evaluar las

condiciones actuales de los laboratorios , e igualmente considerar las posibles consecuencias futuras que se deriven de su decisión.

- Esperamos que este estudio haya despertado el interés sobre uno de los aspectos más importantes para los estudiantes actuales y futuros en la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de la Salle, como son los laboratorios sin los cuales se verían truncadas las expectativas de sus alumnos y los contenidos de sus asignaturas.

BIBLIOGRAFIA

AGUDELO, Jorge Luis. Medidas Eléctricas Basicas (Técnicas de medición eléctricas). Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá. 1988.

ARMSTRONG, Manual de Técnicas Gerenciales. Legis Editores S.A. 1988.

BACA, Guillermo. Ingeniería Económica. Editorial Educativa. Santafé de Bogotá. 1994.

CHAPMAN, Stephen J. Máquinas Eléctricas. Cia. Editorial Continental S.A. México.

FLOWER, Leiva Luis. Controles de Automatismos Eléctricos. Instituto San Pablo Apóstol. Bogotá. 1989.

Informes y datos suministrados por el Departamento de Planeación de la
UNIVERSIDAD DE LA SALLE.

INSTITUTO TECNICO CENTRAL LA SALLE. Guías de Laboratorio de
Máquinas Eléctricas.

JOHANNSEN, Klaus. Manual AEG: Fundamentos de Electrotecnia.
Editorial Paraninfo. Madrid. 1978.

LELAND, T. Blank. Ingeniería Económica. Editorial Mc. Graw Hill.
México. 1989.

LIWSCHITZ, Garik. Máquinas de Corriente Alterna. México

_____. Manual Práctico de Electricidad para Ingenieros. Editorial
Reverté. Barcelona. 1981.

PIOTROVSKI, Konstenko. Máquinas Eléctricas. Editorial MIT. Moscú
1.976.

RAMIREZ VASQUEZ, José. Métricas Eléctricas Básicas. Enciclopedia CEAC. Barcelona. 1984.

SAPAG, Nassir. Preparación y Evaluación de Proyectos. Editorial Mc. Graw Hill. México. 1989.

STAFF E, E. Mit. Circuitos Magnéticos y Transformadores

RAMIREZ VASQUEZ, José . 101 Esquemas de las Instalaciones Industriales. Editorial CEAC. Barcelona. 1980.

ZBAR, Paul B. Prácticas Fundamentales de Electricidad y Electromecánica. Editorial Marcombo. Barcelona. 1984.

ANEXO. INVENTARIO DE LABORATORIO

RELES TERMICOS DIFERENCIALES							
Cont	Descripción	Marca	Refer	Voltaje	Ite máx	Sistema	Utilización
2	Relés térmicos diferenciales	Telemecanique	LR1D80363		10A	AC	Protección de Motores
2	Módulos de Protección	Telemecanique	LBI-LC03M08	600V máx	2.5 - 4 A 24-48A	AC	Arranque Normal
2	Relé de Protección Térmica Diferencial	Telemecanique	LR1-D63357		10A		
7	Relé de Automatismo Enchufables Intermitentes	Telemecanique	RHC4188				Circuito de control
7	Relé de Automatismo Enchufables Biestables	Telemecanique	RHK4120				Variación del tiempo
8	Porta borneras de Conexión Negras						
74	Porta borneras de Conexión Blancas						

MAQUINAS I - II

MOTORES

Cant	Descripción	Marca	Sistema	Fases	Pot	Vol	Ite	C/seg	R.P.M.	Tipo
2	Motor inducción Jaula de ardilla	Hampden	AC	3φ	1/3HP	240V	1,7A	60	1800	SM100-3
1	Motor inducción Jaula de ardilla	Hampden	AC	3φ	1/3HP	240v	1,7A	60	1725	IM-100
2	Motor inducción Jaula de ardilla	Hampden	AC	1f	1/3HP	115v	4,0A	60	1725	SPM100

MAQUINAS

Cant	Descripción	Marca	Sistema	Potencia	Vol	Ite	R.P.M.	Reostato de arranque	Armadura
1	Reostato de arranque acoplado a un motor generador	Hampden	DC	1/3 HP 025kW	125V	3,0A	1800	209,5Ω	Series
1	Dinamometro 0-10 ohmios	Hampden	DC	0,25kW	123V	3,0A	1800	29,1W	Series
1	Motor Universal	Leroy Sommer	DC	120W	220V	1,0A	5000	-	-
1	Dinamotacometrico	Leroy Sommer	DC	0,25kW	123V	3,0A	1800	-	-
1	Moto-generador	Leroy Sommer	DC	120W	220V	1,4A	3000	-	-
1	Motor asincrono jaula de Ardilla	Leroy Sommer	DC	120W	220/380V	1,05A	3600	-	-
1	Moto-generador	Leroy Sommer	DC	90W	220/380V	-	3600	-	-

TRANSFORMADORES

Cant	Descripción	Marca	Sistema	Fases	Pot	Vol. P(V)	Vol. S(V)
2	transformador de Voltaje	-	AC	3f	3kVA	440V	254V
3	transformador de Voltaje	Electroamérica	AC	1f	3000VA	110V	60V

FUENTES DE ALIMENTACIÓN VARIAC

Cant	Descripción	Marca	Sistema	Fases	Vin (V)	Vout (V)	C/seg
1	Autovarc	S/E	AC	3φ	3x127V	3x 0-127V	60 Hz
6	Autovarc	Labertet	AC	2φ	220V	0-238V	60 Hz

CARGAS

Cant	Descripción	Marca	Sistema	Modelo	Ohmios
1	Resistence Load Resistencia de Carga	Hampden	DC	RL-100A	-
1	Resistencia Variable Fried rebastat	Hampden	-	SFR-100	0 - 10
6	Modulo de Carga bombillos	Varios	-	-	-
6	Cuchichas para energizar	-	-	-	-

ACCIONAMIENTOS ELECTRICOS

CONTACTORES PRINCIPALES

Cant	Descripción	Marca	Refer	Sistema	Corriente	Voltaje
5	Contacto Principal	Telemecanique	LC1D09-10	3φ	25A	220V
3	Contacto Principal	Telemecanique	LC1D093A60	3φ	25A	220V
10	Contacto Principal	Telemecanique	LC1D123A60	3φ	25A	220V
3	Contacto Principal	Telemecanique	LC1D0910	3φ	25A	110V
9	Contacto Principal	Telemecanique	LC1D093A60	3φ	25A	110V

CONTACTORES AUXILIARES

Cant	Descripción	Marca	Refer	Sistema	Corriente	Voltaje
4	Contacto Auxiliar	Telemecanique	CA2DN22	3φ	10A	110V
3	Contacto Auxiliar	Telemecanique	CA2DN22	3φ	10A	220V
4	Contacto Auxiliar	Telemecanique	CA2-DN1229	3φ	10A	110V
1	Contacto Auxiliar	Telemecanique	CA2-DN1229A60	3φ	10A	220V
10	Contacto Auxiliar	Telemecanique	CA2-DN1229A65	3φ	10A	220V

BLOQUES DE CONTACTORES AUXILIARES

Cant	Descripción	Marca	Refer	Sistema	Corriente	Voltaje	# de Contactos
9	bloque de Contactores	Telemecanique	LA1-D11A65	3f	10A	660V. Alterna	2 Contactos
13	bloque de Contactores	Telemecanique	LA1-D22A	3f	10A		4 Contactos

TEMPORIZADORES

Cant	Descripción	Marca	Refer	Ite.	Tipo	Tiempo	Categoría
3	Temporizador Neumático	Telemecanique	LA3-D22	10A	Off-Delay	0.1-30seg	AC11
2	Temporizador Neumático	Telemecanique	LA3-D24	10A	Off-Delay	10-180seg	AC11
2	Temporizador Neumático	Telemecanique	LA3-DR20	10A	Off-Delay	0.1-30seg	AC11
6	Temporizador Neumático	Telemecanique	LA2-D22	10A	On-Delay	0.1-30seg	AC11
2	Temporizador Neumático	Telemecanique	LA2-D12	10A	On-Delay	0.1-30seg	AC11
1	Temporizador Neumático	Telemecanique	LA2-D24	10A	On-Delay	10-18seg	AC11

SEÑALIZADORES

Cant	Descripción	Marca	Refer	Pol	Anillo	Verdes	Azules
12	Señalizador	Telemecanique	ZBV6	26W	4	4	4
6	Señalizador	Telemecanique	NB2-EV1160	26W	2	2	2
1	Señalizador	Telemecanique	XB2-EV164	1			

CONTACTOS DE PULSADORES

Cant	Descripción	Marca	Refer	Voltaje	Corriente	Frecuencia
1	Microcontador	Telemecanique	LC1EE08B	24V	16A	50-60 Hz

Cant	Descripción	Marca	Refer	Voltaje	Corriente	Tipo
9	Contactos de Pulsadores	Telemecanique	ZB2-BE101	500V	10A	Normal / Abierto
5	Contactos de Pulsadores	Telemecanique	ZB2-BE102	500V	10A	Normal/ Cerrado
7	Pulsadores	Telemecanique	ZB2-BE102			Normal/ Cerrado
5	Pulsadores	Telemecanique	ZB2-BE101			Normal / Abierto
5	Hongos	Telemecanique	ZB2-BE102			Normal/ Cerrado

RELOJES ELECTRONICOS

Cantidad	Descripción	Marca	Refer	Voltaje	Ite	Tipo	Ite. e Temp
3	Relojes Electrónicos	Telemecanique	RE1-LA002	240V	0,7A	On-Delay	0.7A-20 grad
3	Relojes Electrónicos	Telemecanique	RE1-LC12	24V-240V	0,7A	OFF-Delay	0.7A-20 grad
11	Enclavamiento Mecánico	Telemecanique	LA9D009978				
3	Bloques de retención Mecánica	Telemecanique	LA6DK02MA65	220V	10A		
4	Bloques de retención Mecánica	Telemecanique	LA6DK03MA65	220V	10A		

**DETECTORES
DETECTORES FOTOELECTRICOS**

Cantidad	Descripción	Marca	Refer	Voltaje	Frecuencia	Distancia	Corriente
1	Detector Fotoeléctrico Reflex	Telemecanique	XUG-F04631	220V...240V	48/62 Hz	2m	
4	Reflectores para Detectores Fotoeléctricos	Telemecanique	XU2C80			2 grandes	
2	Detector Fotoeléctrico Enchufable Reflex y Barrer	Telemecanique	Emisor XUE-H3000 Receptor XUE-T300314	12...480 DC		4m	
3	Detector Fotoeléctrico con amplificador incorporado	Telemecanique	XUP-H0430				1 : 200mA
3			XUP-H043134				

DETECTORES INDUCTIVOS

Cantidad	Descripción	Marca	Refer	Distancia
3	Detector Inductivos Cabeza Orientable	Telemecanique	XSC-H207339	20cm sobre la pantalla

DETECTORES PROXIMITY SWITCH

Cantidad	Descripción	Marca	Refer
4	Proximity switch	Telemecanique	X-SI-M18MA210
1	Proximity switch Cilindrico	Telemecanique	XSA-A05010

CONTACTORES DISYUNTORES

Cantidad	Descripción	Marca	Refer	Voltaje	Frecuencia	Inte. de Disp.	Íte. Th.
3	Contactores Disyuntores	Telemecanique	LD1LC023FC	110V - 120V 100V	60 Hz 50Hz	32A	
2	Contactador Tripolar	Telemecanique	LC1-D803	220V	60 Hz	9-80A	125A
2	Contactador Tripolar	Telemecanique	LC1-D430	220V 150V	60 Hz 50Hz		60A
1	Contactores Auxiliares instantaneos	Telemecanique	CA2DN2229MA65				10A
5	Disyuntores Magnetotérmicos unipolares	Telemecanique	GB2-CB07	380V 415V	50Hz 60Hz		2A
3	Bloque de Contactos auxiliar para contactores disyuntores e inversores	Telemecanique	LA1-LC020				
3	Cajas de Pulsadores		XAL-B213				
3	Seccionador Disyuntor tripolar	Telemecanique	GK2-CF08				
VARIOS	Módulos de Protección		LB1-LC03M				

CONTACTORES AUXILIARES DE MEMORIA

Cant	Descripción	Marca	Refer	Voltaje	Frecuencia	Ite Th.	Sistema
12	Latching Relay	Telemecanique	CA2DK122M A65	220V/240V 220V	60 Hz 50Hz	10A	AC
12	Latching Relay	Telemecanique	CA2DK222JA 65	12V			DC
23	Contacto Auxiliar de memoria	Telemecanique	CA2-DK222B	24V			DC
1	Contacto Auxiliar de memoria	Telemecanique	CA2-DK222M	220V		10A	DC

APARATOS DE MEDIDAS

Cantidad	Descripción	Marca	Escala Columnas	Voltaje AC	Voltaje DC	Voltaje máx	Tipo	Sistema	Itc, DC
4	Multímetro Análogo	Amprobe	R x 1 R x 10 R x 100	30-750V	3-300V 75-1500V		100KW/1n 10KW/1n	DC AC	15- 150mA 1,5- 150mA
1	Megometro	Kyoritsu	0 - 2000MW 0 - 100MW	0-600V	1000V 500V 50V			AC	
2	Pinzas volumétricas	Kyoritsu	0-2KW		0-150V 0-300V 0-750V				0-900A 0-300A 0-100A 0-30A 0- 10A
1	Pinzas volumétricas	Kyoritsu	200W		200V 750V	500V 750V			2000A 200A
2	Multímetro Digital mude transistores Continuidad	Univolt	200W 2KW 20KW 200KW 2MW 20MW	200uV 2V 20V 200V 750V	1000V 200V 20V 2V 200mV				200uA 2mA 20mA 200mA 2A 20A
1	Fluor Autorango			x 300mV	x				x
1	Pinza Digital Instrumental								200mA 20A 200A

APARATOS DE MEDIDAS

Cantidad	Descripción	Marca	Escala Ohmios	Voltaje AC	Voltaje DC	Voltaje max	Tipo	Sistema	Ite. DC
4	Multimetro Analogo	Amprobe	R x 1 R x 10 R x 100	30-750V	3-300V		100KW/1 n 10KW/In	DC AC	1.5- 150mA 1.5- 150mA
1	Megometro	Kyoritsu	0- 2000MW 0- 100MW	0-600V	1000V 500V			AC	
2	Pinzas volumetricas	Kyoritsu	0-50MW		0-150V 0-300V 0-750V				0-900A 0-300A 0-100A 0-30A 0- 10A
1	Pinzas volumetricas	Kyoritsu	200W		200V 750V	500V 750V			2000A 200A
2	Multimetro Digital mede transistores Continuidad	Univolt	200W 2KW 20KW 200KW 2MW 20MW	200mV 2V 20V 200V 7.50V	1000V 200V 20V 2V 200mV				200uA 2mA 20mA 200mA 2A 20A
1	Phker Autorange			x 300mV	x				x
1	Pinza Digital Instrumental								200mA 20A 200A

RELES INSTANTANEOS

Cant	Descripción	Marca	Refer	V. AC	Ite. Th	Frecuencia	Sistema	Tensión Inic
2	Relé Instantaneo	Telemecanique	RHN412B	220V	5A	60 Ciclos	AC	250V
1	Relé Instantaneo	Telemecanique	RHN416KF	120V	5A	60 Ciclos	AC	250V
1	Relé Instantaneo	Telemecanique	RIIN416L	208V	2.5A	60 Ciclos	AC-DC	
1	Relé Instantaneo	Telemecanique	RHN416KF	120V	5A	60 Ciclos	AC	250V
1	Relé Instantaneo	Telemecanique	RIIN412J	12V	5A	60 Ciclos	AC	250V
7	Cabezotes para Relé instantaneo Socialos	Telemecanique	hHZ22					
4	Seccionadores de lte. Selector de 4 Posiciones	Siemens	3LF120				2 de (0-3)	

ANEXO 2. REGRESIONES

Cuando se asocia un error sustancial con los datos, la interpolación polinomial es inapropiada y puede llevar a resultados no satisfactorios cuando se usa para predecir valores intermedios. Los datos experimentales a menudo son de este tipo.

Una estrategia apropiada en estos casos es la de obtener una función aproximada que ajuste “adecuadamente” el comportamiento o la tendencia general de los datos, sin coincidir necesariamente con cada punto en particular.

Una manera de determinar esta línea es inspeccionar visualmente los datos graficados y luego trazar la “mejor” línea a través de los puntos. Aunque este enfoque recurre al sentido común y es válido para cálculos a simple vista, es deficiente ya que es arbitrario.

La manera de quitar esta subjetividad es considerar un criterio que cuantifique la suficiencia de ajuste. Una manera de hacerlo es obtener una curva que minimice la diferencia entre los datos y la curva. Este método se conoce como Regresión con mínimos cuadrados.

El ejemplo más sencillo de una aproximación por mínimos cuadrados es el ajuste de una línea recta a un conjunto de parejas de datos observadas: (x_1, y_1) , (x_2, y_2) , ..., (x_n, y_n) . La expresión matemática de una línea recta es:

$$y = a_0 + a_1x + E$$

en donde a_0 y a_1 son coeficientes que representan la intersección con el eje de las abscisas y la pendiente, respectivamente y E es el error o residuo entre el modelo y las observaciones:

$$E = y - a_0 - a_1x$$

Por lo tanto, el error o residuo es la diferencia entre el valor real de y y el valor aproximado, $a_0 + a_1x$.

Una de las formas para obtener la mejor línea a través de los puntos es la de minimizar la suma de los cuadrados de los residuos S_r , de la siguiente manera:

$$S_r = \sum_{i=1}^n E_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x_i)$$

donde,

$$a_1 = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

y

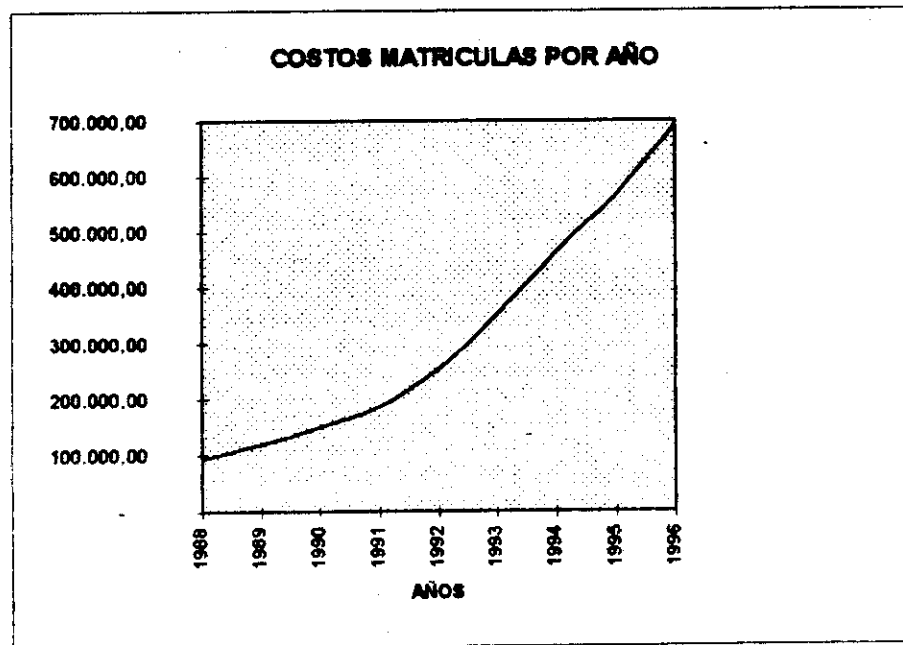
$$a_0 = \bar{y} - a_1 \bar{x}$$

Aplicaciones de la regresión lineal: linealización de relaciones no lineales

La regresión lineal proporciona una técnica muy poderosa para ajustar datos a una “mejor línea”. Sin embargo, se ha predicho que la relación entre las variables dependiente e independiente es lineal. Este no siempre es el caso, y el primer paso en cualquier análisis de regresión es el de trazar y visualizar los datos para decidir si es correcto o aceptable el aplicar un modelo lineal.

En algunos casos se pueden hacer transformaciones que expresen los datos de manera que sean compatibles con la regresión lineal. Un ejemplo de un modelo no lineal es el modelo exponencial:

$$y = a_1 e^{b_1 x}$$

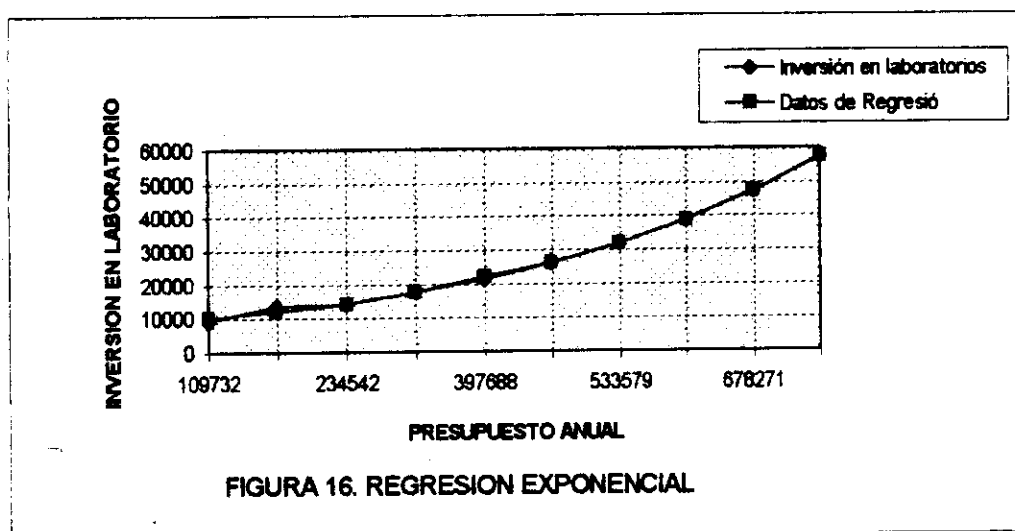


en donde, a_1 y b_1 son coeficientes constantes. Este modelo, es útil en cantidades que crecen (b_1 positiva) o que decrecen (b_1 negativa) en un promedio proporcional a su magnitud.

En el capítulo 5 se utilizó regresión exponencial para estimar la inversión en laboratorios, mantenimiento y consumo de éste. Los datos obtenidos fueron:

PRESUPUESTO ANUAL	INVERSION EN LABORATORIO	DATOS DE LA REGRESION
109732	9180	10223
165730	13660	11888
234542	14160	14310
313280	17800	17694
397688	21630	22214
461233	26363	26363
533579	32039	32039
605925	38936	38936
678271	47318	47318
750617	57505	57505

La figura 16 muestra los datos obtenidos mediante la regresión y los datos reales.



Otro ejemplo de un modelo no lineal es la ecuación logarítmica

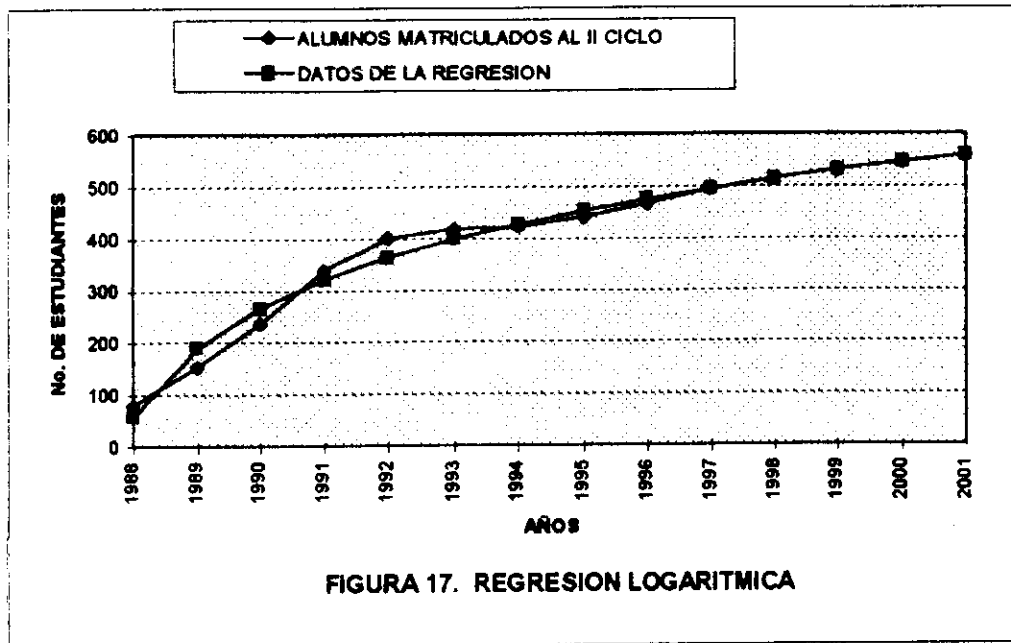
$$y = a + b \ln x$$

en donde a y b son coeficientes.

Esta clase de regresión se utilizó para estimar el número de estudiantes matriculados en la Facultad de Ingeniería Eléctrica entre 1.997 y 2.001. Los datos obtenidos fueron los siguientes:

AÑO ELECTIVO	ALUMNOS MATRICULADOS AL II CICLO	DATOS DE LA REGRESION
1988	80	58
1989	152	189
1990	236	266
1991	340	321
1992	400	364
1993	417	398
1994	422	427
1995	440	452
1996	466	475
1997	495	495
1998	513	513
1999	530	530
2000	545	545
2001	559	559

La figura muestra la curva que mejor se ajusta a los datos reales obtenidos.



Las técnicas de regresión no lineal se usan para ajustar directamente estas ecuaciones a los datos experimentales. Sin embargo, una alternativa más simple es la de utilizar manipulaciones matemáticas y transformar las ecuaciones a la forma lineal. En seguida se puede aplicar la regresión lineal simple para ajustar las ecuaciones a los datos.

Las ecuaciones se pueden linealizar invirtiéndolas y se obtiene para la ecuación exponencial:

$$\ln y = \ln a_1 + b_1 x$$

y para la ecuación de potencia:

$$\log y = b_2 \log x + \log a_2$$

Estos modelos, en sus estados transformados, se ajusta usando regresión lineal para evaluar los coeficientes constantes. Después se pueden transformar a su estado original y utilizarse para propósitos predictivos.