



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE
MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE SEÑALES ANALÓGICAS
EN MÉTODOS DE ARRANQUE A TENSIÓN REDUCIDA
DE MOTORES TRIFÁSICOS EN EL LABORATORIO DE
ELECTRÓNICA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA-
ESPOCH”**

**ALDAS RUIZ ALEXANDRA ELIZABETH
TORRES ALDAZ ANDREA PAULINA**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERA INDUSTRIAL

RIOBAMBA – ECUADOR

2014

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2014-03-17

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

ALEXANDRA ELIZABETH ALDAS RUIZ

Titulada:

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE SEÑALES ANALÓGICAS EN MÉTODOS DE ARRANQUE A TENSIÓN REDUCIDA DE MOTORES TRIFÁSICOS EN EL LABORATORIO DE MECÁNICA -ESPOCH”

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERA INDUSTRIAL

Ing. Marco Santillán Gallegos.

DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Eduardo García Cabezas

Ing. Ángel Silva Conde
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2014-03-17

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

ANDREA PAULINA TORRE ALDAZ

Titulada:

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE MEDICIÓN Y SEÑALES ANALÓGICAS EN MÉTODOS DE ARRANQUE A TENSIÓN REDUCIDA DE MOTORES TRIFÁSICOS EN EL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA -ESPOCH”

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERA INDUSTRIAL

Ing. Marco Santillán Gallegos.

DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Eduardo García Cabezas

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Ángel Silva Conde

ASESOR DE TESIS

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ALEXANDRA ELIZABETH ALDAS RUIZ.

TÍTULO DE LA TESIS: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE SEÑALES ANALÓGICAS EN MÉTODOS DE ARRANQUE A TENSIÓN REDUCIDA DE MOTORES TRIFÁSICOS EN EL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA - ESPOCH”

Fecha de Examinación: 2014-12-04.

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán Gallegos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Eduardo García DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Ángel Silva ASESOR DE TESIS			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marco Santillán Gallegos
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ANDREA PAULINA TORRES ALDAZ

TÍTULO DE LA TESIS: IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE SEÑALES ANALÓGICAS EN MÉTODOS DE ARRANQUE A TENSIÓN REDUCIDA DE MOTORES TRIFÁSICOS EN EL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA - ESPOCH

Fecha de Examinación: 2014-12-04.

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán Gallegos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Eduardo García DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Ángel Silva ASESOR DE TESIS			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marco Santillán Gallegos
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los Autoras. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Alexandra Elizabeth Aldas Ruiz Andrea Paulina Torres Aldaz

DEDICATORIA

Con todo mi amor dedico esta tesis, a mi padre que es el mejor y más grande apoyo que Dios me ha dado, a mi hija Alisson por ser mi alegría de cada día y la razón más poderosa para seguir adelante, a mi esposo por ser una parte fundamental en mi vida y darme fuerzas para cumplir mis sueños, a mis hermanos y familiares por estar siempre apoyándome.

Alexandra Elizabeth Aldas Ruiz

Dedico a mis padres y familiares que siempre han estado apoyando en mi carrera profesional de forma moral y económica.

Andrea Paulina Torres Aldaz

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios, a mi padre y a mi madre que desde el cielo me ha iluminado, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Industrial, por brindarme la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

Y en especial para todos los ingenieros, amigos, compañeros y personas que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

Alexandra Elizabeth Aldas Ruiz

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Industrial, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

Y en especial a los profesores que nos apoyaron sus conocimientos de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

Andrea Paulina Torres Aldaz

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivos	2
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	2
2. MARCO TEÓRICO	
2.1 Marco conceptual	4
2.2 Marco teórico	4
2.2.1 <i>Uso de los motores eléctricos en la industria</i>	5
2.2.2 <i>Uso de los motores asíncronos jaula de ardilla</i>	5
2.2.3 <i>Formas de funcionamiento de un motor.</i>	8
2.2.4 <i>Métodos de arranque.</i>	9
2.2.4.1 <i>Arranque a plena tensión</i>	9
2.2.4.2 <i>Arranque por resistencias primarias o de línea</i>	11
2.2.4.3 <i>Arranque por reactancia primaria o de línea</i>	13
2.2.4.4 <i>Arranque por autotransformador</i>	15
2.2.4.5 <i>Arranque por conexión estrella triángulo</i>	17
2.2.4.6 <i>Arranque por devanado parcial</i>	19
2.2.4.7 <i>Arranque electrónico</i>	20
2.2.5 <i>Cuando se usa un determinado método de arranque</i>	22
2.2.6 <i>Control de la velocidad de los MAJA 3F.</i>	22
2.2.7 <i>Variador de frecuencia</i>	22
2.2.8 <i>Importancia de los arranques a tensión reducida</i>	24
2.2.9 <i>Armónicos</i>	26
2.2.9.1 <i>Problemas ocasionados por los armónicos</i>	27
2.2.9.2 <i>Fuentes de los armónicos</i>	28
3. IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS EN EL ARRANQUE A TENSIÓN REDUCIDA Y DIRECTO DE UN MOTOR JAULA DE ARDILLA TRIFÁSICO	
3.1 Estación de medición y análisis de parámetros eléctricos.....	28
3.2 Requerimientos de la estación de medición	28
3.2.1 <i>Osciloscopio digital</i>	29
3.2.2 <i>Principales funciones del osciloscopio</i>	30
3.2.2.1 <i>Configuración del osciloscopio</i>	30
3.2.2.2 <i>Disparo</i>	31
3.2.2.3 <i>Adquisición de señales (formas de onda)</i>	31
3.2.2.4 <i>Escalado y posicionamiento de formas de onda</i>	31
3.2.2.5 <i>Medida de formas de onda</i>	31
3.2.3 <i>Generador de funciones</i>	31
3.2.3.1 <i>Controles básicos del generador de funciones</i>	32
3.2.4 <i>Pinza amperimétrica.</i>	34

3.2.5	<i>Multímetro</i>	35
3.3	Descripción de los elementos a implementar	37
3.3.1	<i>Cajas para instalaciones eléctricas.</i>	37
3.3.2	<i>Contactor.</i>	38
3.3.3	<i>Temporizador analógico multi-rango.</i>	39
3.3.4	<i>Relé térmico.</i>	39
3.4.5	<i>Relé magnetotérmico.</i>	40
3.4.6	<i>Canaleta ranurada.</i>	41
3.4.7	<i>Porta fusibles.</i>	41
3.4.8	<i>Cable flexible.</i>	42
3.4.9	<i>Terminales.</i>	43
3.4.10	<i>Riel DIN.</i>	43
3.4.11	<i>Pulsadores</i>	43
3.5	Montaje de los equipos a implementarse	45
3.5.1	<i>Tablero eléctrico.</i>	45
3.5.2	<i>Montaje de los apartos de maniobra.</i>	46
3.6	Medición y análisis de parámetros eléctricos.....	47
3.6.1	Resultados en el arranque estrella-triángulo	47
3.6.2	<i>Mediciones con el osciloscopio en el arranque estrella- triángulo.</i>	49
3.7	Medición y análisis de parámetros eléctricos en el arranque directo.....	54
3.7.1	<i>Resultados en el arranque directo con motor jaula de ardilla.</i>	55
3.8	Medición y análisis de parámetros eléctricos en el arranque.	57
3.9	Descripción de los equipos.....	59
3.9.1	<i>Fuente de alimentación o fuente de energía.</i>	59
3.9.2	<i>Tablero de componentes.</i>	60
3.9.3	<i>Relé temporizado</i>	60
3.9.4	<i>Contactor electromagnético</i>	61
3.9.5	<i>Pulsador abierto /cerrado o interruptores de botones de presión.</i>	62
3.9.6	<i>Interruptor de circuito.</i>	63
3.9.7	<i>Cables para la conexión.</i>	63
3.9.8	<i>Motor de inducción jaula de ardilla</i>	64
3.9.9	<i>Resistencias</i>	65
4.	ELABORACIÓN DE LAS GUÍAS PRÁCTICAS DEL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA	
4.2	Elaboración de la guía para las prácticas en el laboratorio de Electrónica. ...	65
4.2	Indicaciones de seguridad en la práctica de laboratorio.....	87
4.2.1	<i>Información general.</i>	88
4.2.2	<i>Reglas de seguridad.</i>	88
4.2.2	<i>Normas de seguridad para el multímetro.</i>	88
4.2.3	<i>Normas de seguridad para el amperímetro.</i>	89
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1	Conclusiones	89
5.2	Recomendaciones.....	90

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1 Partes principales del motor asíncrono con rotor jaula de ardilla.....	6
2 Muestra la placa de características según la norma DIN 42961	7
3 Características de un motor trifásico en arranque directo.....	9
4 Características de un motor trifásico con arranque por resistencias estatóricas.....	11
5 Características de un motor trifásico en arranque por reactancia primaria.....	13
6 Características de un motor trifásico con arranque por autotransformador.....	15
7 Características de un motor trifásico en arranque estrella-triángulo (Y- Δ).....	17
8 Características de un motor trifásico en arranque por devanado parcial	19
9 Características de un motor trifásico con arranque electrónico.....	20
10 Características del arranque y control de velocidad de un MAJA.....	23
11 Ventajas de los diferentes tipos de arranques	25
12 Ventajas y desventajas del arranque por resistencias y autotransformador.....	25
13 Ventajas y desventajas del arranque estrella-triángulo y arranque por bobinados ...	26
14 Elementos a implementarse para la estación de trabajo	29
15 Características del osciloscopio de almacenamiento digital.....	29
16 Características del generador de funciones.....	32
17 Formas de onda del generador de funciones Tektronix AFG 2021	33
18 Características de la pinza amperimétrica	34
19 Características del multímetro digital	35
20 Características del tacómetro	36
21 Características de la caja para instalaciones eléctricas	37
22 Características del contactor	38
23 Características del temporizador.....	39
24 Relé térmico.....	40
25 Características del relé magnetotérmico	41
26 Características de la canaleta ranurada	41
27 Características del porta fusibles	42
28 Lista de equipos, aparatos de maniobra y accesorios para la medición.....	47
29 Características de un motor 3F jaula de ardilla para el arranque estrella-D.....	48
30 Resultados en arranque estrella-triángulo en un motor MAJA 3F	48
31 Lista de equipos para la medición de parámetros en el arranque directo	54
32 Características de un motor trifásico jaula de ardilla para el arranque directo.....	55
33 Resultados en arranque directo en vacío y con carga en el motor 3F JA	55
34 Lista de equipos para la medición de parámetros en el arranque por resistencias.	57
35 Resultados en arranque por resistencias estatóricas de un MAJA 3F.....	58
36 Características de la fuente de alimentación.....	59
37 Características del tablero de componentes	60
38 Características del relé temporizado	61
39 Características del contactor electromagnético.....	62
40 Características del pulsador abierto y pulsador cerrado	62
41 Características del interruptor de circuito	63
42 Características de cables para la conexión.....	64
43 Características del motor de inducción jaula de ardilla	64
44 Características de las resistencias	65
45 Electrodinamómetro.....	66
46 Resultados en el arranque directo	70
47 Resultados en el arranque estrella-triángulo.....	75

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1 Partes del motor jaula de ardilla	7
2 Placa de identificación de máquinas eléctricas.....	7
3 Representación del punto de conexión del conductor de puesta a tierra (PE).....	8
4 Circuito de mando y de fuerza en el arranque directo	10
5 Curva corriente/velocidad y curva par /velocidad en el arranque directo	10
6 Circuito de mando y fuerza en el arranque con resistencias estatóricas.....	12
7 Curva I/velocidad y curva par /velocidad en el arranque por resistencias	12
8 Circuito de potencia del arranque por reactancia primaria o de línea	14
9 Curva I/velocidad y curva par /velocidad en el arranque por reactancia primaria .	14
10Circuito de potencia en el arranque por autotransformador	16
11Curva I/velocidad y curva par /velocidad en el arranque por autotransformador	16
12 Circuito de mando y de potencia en el arranque estrella-triángulo	18
13 Curva I/velocidad y curva par /velocidad en el arranque estrella-triángulo	18
14 Circuito de potencia para el arranque electrónico	21
15 Curva par/velocidad y curva I/velocidad en el arranque electrónico.....	21
16 Esquema para el arranque con variador de frecuencia	24
17 Armónico tercero	27
18 Armónicos en un motor	28
19Equipos, aparatos de maniobra y accesorios básicos que conforman la estación.....	28
20 Osciloscopio de almacenamiento digital	29
21 Generador de funciones	32
22 Descripción general del panel frontal	33
23 Diferentes tipos de ondas del generador de funciones.....	34
24 Pinza amperimétrica Fluke	34
25 Multímetro Digital Fluke	35
26 Tacómetro	36
27 Caja para instalaciones eléctricas	37
28 Contactor.....	38
29 Temporizador.....	39
30 Relé térmico.....	40
31 Relé magnetotérmico	40
32 Canaleta ranurada	41
33 Porta fusibles.....	41
34 Cable flexible.....	42
35Terminales	43
36 Riel DIN.....	43
37Pulsadores	44
38Espiral para cable.....	44
39Lámparas piloto	44
40 Borneras tipo banana	45
41 Tablero eléctrico	45
42 Montaje de los aparatos de maniobra	46
43 Armado del tablero eléctrico.....	46
44 Carga vs RPM.....	48
45 Carga vs Iarr.....	49
46 Valor de la frecuencia medida en la red	50
47Valor del período	50

48V pico-pico	50
49 RMS	51
50 Desfase de los devanados entre 0 y 120 ° de un motor trifásico	51
51 Desfase de los devanados entre 0 y -120 ° de un motor trifásico	51
52 Sistema trifásico equilibrado	52
53 Sistema trifásico desequilibrado	53
54 Armónicos medidos en el arranque estrella-triángulo sin carga.....	53
55 Armónicos medidos en el arranque estrella-triángulo con carga de 2lbf-plg	53
56 Armónicos medidos en el arranque estrella –triángulo con carga de 4lbf-plg	53
57 Conexión en triángulo (izquierda) y conexión en estrella	56
58 Diagrama de medición de voltaje de línea e intensidad.....	56
59 Diagrama de medición de voltaje	58
60 Fuente de alimentación	59
61 Tablero de componentes	60
62 Relé temporizador	61
63 Contactor.....	62
64 Pulsador abierto y cerrado	62
65 Interruptor de circuito	63
66 Cables flexibles.....	63
67 Motor de inducción jaula de ardilla	64
68 Resistencias.....	65
69 Electrodinamómetro.....	66
70 Estructura del informe de prácticas	65
71 Circuito de mando y de fuerza del arranque directo (guía)	67
72 Equipos, aparatos de maniobra y accesorios en el arranque directo.....	68
73 Circuito de mando y potencia (directo)	68
74 Verificación de la conexión (directo)	69
75 Diagrama de medición de voltaje de línea, voltaje de fase y de la I (guía)	69
76 Circuito de mando y fuerza en el arranque estrella-triángulo (guía)	72
77 Equipos, aparatos de maniobra y accesorios en el arranque estrella-triángulo	73
78 Verificación de la conexión (estrella-triángulo)	73
79 Diagrama de V de línea, voltaje de fase y de la intensidad	75
80 Calibración de la sonda.....	75
81 Selección de la onda	76
82 Selección de la frecuencia.....	76
83 Selección del período.....	77
84 Selección del V pico-pico	77
85 Visualización del CH1 RMS.....	78
86 Selección de medidas.....	78
87 Selección en el canal 2.....	78
88 Selección del canal 1.....	79
89 Medida de la fase en el canal 2	79
90 Selección del botón menú	80
91 Seleccionamos FFT.....	80
92 Circuito de mando y fuerza del arranque por resistencias estatóricas (guía).....	83
93 Equipos para el arranque por resistencias estatóricas	83
94 Circuito armado del arranque por resistencias estatóricas.....	85
95 Verificación de la conexión en el arranque por resistencias estatóricas.....	85
96 Medición de voltaje en el arranque por resistencias estatóricas	85
97 Conexión del multímetro y pinza para el arranque por resistencias estatóricas	86

LISTA DE ABREVIACIONES

DIN	Instituto Alemán de normalización
Typ	Tipo
Ge	Generador
Mot	Motor
VDE	Asociación Alemana de ingenieros eléctricos
Pe	Puesta a tierra
IP	Grado de protección
3M	Motor trifásico
MAJA	Motor asíncrono jaula de ardilla
I_{arr}	Corriente de arranque
M_{arr}	Par de arranque
M_{no}	Par nominal
I_{no}	Corriente nominal
t_{arr}	Tiempo de arranque
Y,A	Clase de aislamiento
DOL	Plena tensión o directo
LCD	Pantalla de cristal líquido
TFT	Tecnología de Transistores de Película Fina
MS/s	Millones de muestras por segundo
Vp-p	Voltaje pico pico
Trigger	disparo

LISTA DE ANEXOS

- A** Datos técnicos del tablero eléctrico
- B** Diagrama de operación del tablero eléctrico
- C** Datos técnicos del osciloscopio
- D** Diagrama de operación del osciloscopio
- E** Datos técnicos de la pinza amperimétrica
- F** Datos técnicos del multímetro
- G** Plan de mantenimiento del osciloscopio
- H** Plan de mantenimiento del generador de funciones
- I** Plan de mantenimiento de la pinza amperimétrica
- J** Plan de mantenimiento del multímetro

RESUMEN

La Implementación de una estación de medición y análisis de señales analógicas en métodos de arranque a tensión reducida de motores trifásicos en el laboratorio de electrónica de la facultad de mecánica, tiene como finalidad apoyar al aprendizaje, permitiendo la utilización y manejo de los equipos e instrumentos, se implementó una estación de medición con equipos actualizados.

Se realizó un estudio del estado actual de los equipos de laboratorio para confirmar la importancia y beneficio de la estación con diferentes equipos de última tecnología como el osciloscopio de almacenamiento digital, un tablero del arranque estrella-triángulo, un multímetro, una pinza amperimétrica y un generador de funciones.

Mediante una guía de laboratorio se analizó el arranque directo, arranque estrella-triángulo y arranque por resistencias estáticas desarrollando prácticas demostrativas con el empleo de los equipos, también realizamos un tablero didáctico en el que está armado el arranque estrella-triángulo con cada uno de los aparatos de maniobra equipados en dicho tablero.

Se obtuvo resultados de los arranques señalados anteriormente, seguido analizamos los resultados obtenidos, llegando a demostrar lo teórico con lo práctico al momento de obtener los resultados, tomando en cuenta el manual de mantenimiento de los equipos.

Se recomienda a los docentes y estudiantes hacer uso de las guías de prácticas del Laboratorio de Electrónica para el mejor desarrollo de destrezas, habilidades y competencias. Lea el manual de cada uno de los equipos antes de realizar la práctica así como también emplee el manual de operación y mantenimiento para su correcto funcionamiento y conservación.

SUMMARY

This is a research work about the implementation of a station for measurement and analysis of analogic signals in reduced tension starting methods in three phase engines for the electronics laboratory at the Mechanics College. Its main objective is to support learning allowing the use and management of equipment and tools.

A study of the current status of the laboratory equipment was done in order to support the station's importance. This study was done by using latest technology tools such as a digital storage oscilloscope, star delta starter board, a multimeter, a current clamp, and a function generator.

Using a laboratory guide, the following was analyzed: a direct start, a star delta start, and a stator resistance start developing demonstrative practices using the equipment. A didactic board in which the star delta starter is assembled was also developed with each of the handling devices equipped in such board.

The results of the above mentioned starts were obtained and analyzed. They showed consistency between theory and practice considering the equipment maintenance handbook.

It is recommended to use the practice guides of the Electronics Laboratory in order to obtain better skill, ability and competency development. It is also necessary to read each piece of equipment handbook before using them as well as the operation and maintenance manual for their correct functioning and preservation.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El laboratorio de Electrónica de la Facultad de Mecánica, desde su creación fue instalado para la realización de prácticas de los estudiantes. Los equipos e instrumentos que son utilizados en dicho laboratorio forman parte del convenio Comodato ESPOCH-SECAP, con el transcurso del tiempo estos equipos y dispositivos han quedado desactualizados cumpliendo con su vida útil.

Para efectuar la medida de las señales que se producen en los distintos dispositivos electrónicos y realizar un análisis de cómo estas señales afectan al resto de los circuitos eléctricos, en la actualidad se cuenta con equipos digitales de última tecnología que nos permiten realizar medidas altamente fiables así como también poder transmitir esta información directamente a un ordenador para su respectivo análisis.

Para que el laboratorio de Electrónica de la Facultad de Mecánica, esté acorde con el avance tecnológico, es necesario implementarlo con equipos de última generación, que nos permita realizar en él, las prácticas con equipos que se utilizan en la actualidad dentro del campo industrial.

Esto ayuda a que el estudiante obtenga los conocimientos adecuados y desarrolle todas sus destrezas participando con efectividad en la solución de problemas que se presentan en la industria.

1.2 Justificación

La misión de la Facultad de Mecánica es formar profesionales competitivos emprendedores conscientes de su identidad nacionalidad, justicia social, democracia y prevención del ambiente sano. Consecuentemente se ve necesaria la implementación de

una estación de medición y análisis de señales con la elaboración de una guía de prácticas para el Laboratorio de Electrónica de la Facultad de Mecánica, se aporta a la transformación de la educación superior, logrando así la transferencia de conocimiento a través de ciencia, tecnología e innovación, contribuyendo además con el desarrollo integral y sustentable del país, en consideración a las políticas del Plan Nacional del Buen Vivir.

El laboratorio al momento no cuenta con los equipos necesarios para hacer prácticas en lo referente a medición y análisis de señales, por lo que se hace imprescindible la implementación de una estación con equipos de última tecnología que son muy utilizados en las prácticas industriales y que todo profesional industrial debe conocer, mejorando así la calidad de la educación y transformando los conocimientos teóricos en prácticos.

La realización de esta tesis busca cumplir con la misión de la Escuela de Ingeniería Industrial de formar ingenieros industriales competentes, su accionar se sustenta en la base del conocimiento de las ciencias básicas y de la ingeniería, se adapta fácilmente a trabajar en equipos multidisciplinarios, contribuyendo de manera eficaz en la solución de problemas en el ámbito de su especialidad: producción, productividad, calidad, seguridad y del ambiente, actuando con responsabilidad ética y social, en correspondencia con el desarrollo de la región y del país.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Implementar una estación de medición y analizar las señales analógicas en métodos de arranque a tensión reducida de motores trifásicos en el Laboratorio de Electrónica de la Facultad de Mecánica – ESPOCH.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

Determinar el estado técnico actual de los equipos e instrumentos del laboratorio de Electrónica de la Facultad de Mecánica.

Conocer los diferentes métodos de arranque a tensión reducida de motores trifásicos jaula de ardilla.

Conocer las características y manejo de los equipos de medición de señales analógicas utilizadas en nuestra estación.

Interpretar las señales analógicas de tensión y corriente obtenidas durante el período de arranque de los motores jaula de ardilla trifásicos.

Determinar y medir las magnitudes eléctricas de la fuente de energía de CA con diversos instrumentos de medida y su comparación.

Elaborar las guías de laboratorio para la realización de prácticas utilizando los instrumentos de medida.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Marco conceptual

- *Motor eléctrico:* son máquinas que convierten la energía eléctrica en energía mecánica para realizar un trabajo útil.
- *Motor asíncrono con rotor en cortocircuito o jaula de ardilla:*son máquinas de impulsión eléctrica más comúnmente utilizadas por su sencillez, fuerza y su economía comparadas con otras alternativas. Este tipo de motor eléctrico requiere de menos mantenimiento, comparado con el motor de rotor bobinado.
- *Arranque:*se denomina arranque al proceso de puesta en marcha de una máquina eléctrica. En un motor asíncrono, para que esta operación pueda llevarse a cabo es preciso, que el par de arranque sea superior al par resistente de la carga; de esta forma se obtiene un momento de aceleración que obliga a girar el rotor a una velocidad cada vez más elevada, obteniendo el régimen permanente cuando se igualan pares motor y resistente.(MORA, 2008 pág. 20)

2.2 Marco teórico

Los motores eléctricos suponen una de las principales aplicaciones de la energía eléctrica. Los motores son el corazón de las máquinas y aparatos en general; lo mueven todo, empezando en nuestra propia casa; nos suben a nuestro piso (ascensores), elevan el agua a nuestras viviendas (bombas de agua), sacan el humo de nuestro garaje, mueven el tambor de la lavadora, del frigorífico, el DVD, el plato del microondas, etc. (ROLDÁN, 2010 pág. 41). Los primeros motores fueron de corriente continua. A finales del siglo XIX se inventaron los motores de inducción, y con ellos llegaron los motores trifásicos, que significaron una verdadera revolución tecnológica e industrial. Los

motores trifásicos con rotor en cortocircuito supusieron, desde su creación, un procedimiento muy versátil y

sencillo de aplicar y alimentar eléctricamente. Además su mantenimiento era muy reducido, y en la actualidad casi nulo. (ROLDÁN, 2010 pág. 41)

Atendiendo a la corriente, los motores pueden clasificarse en:

- Motores de corriente alterna
- Motores de corriente continua:
- Motores especiales. (ROLDÁN, 2010 pág. 42)

2.2.1 *Uso de los motores eléctricos en la industria.* A nivel de la industria y los servicios, los motores en sus diferentes formas, modelos y tamaños están en todas las máquinas, aparatos e instalaciones.

Los motores eléctricos son conversores de energía para procesos cinemáticos, como los que tienen lugar en la tecnología de la mayoría de las máquinas accionadas. He aquí algunos ejemplos. Aplicaciones de motores como, grúas, elevadores, vehículos, prensas, máquinas de curvado, laminadores, canteadoras en los procesos actuadores como: correderas y válvulas, dispositivos de alimentación, aplicaciones robóticas, procesos cinemáticos en enlaces de control.

2.2.2 *Uso de los motores asíncronos jaula de ardilla.* Las máquinas de inducción trifásica o asíncrona, y en particular los motores con rotor tipo jaula de ardilla, son en la actualidad las máquinas eléctricas de mayor aplicación industrial. La razón de este amplio uso radica principalmente en que este tipo de máquinas son en general de bajo costo, fabricación y fácil mantenimiento. (MOLINA, 2012, pág. 183)

También son muy utilizados en aplicaciones industriales y terciarias, por las siguientes razones: por su simplicidad mecánica y eléctrica, por su casi nulo mantenimiento, por su buen rendimiento, por el buen par de arranque que proporciona, por la economía en la compra del equipo de arranque, por la amplia gama de potencia. (ROLDÁN, 2010 pág. 132)

Los motores asíncronos jaula de ardilla también se usa en los ventiladores, cintas transformadoras, elevadores, grupo de bombeo en centrales hidroeléctricas, compresor

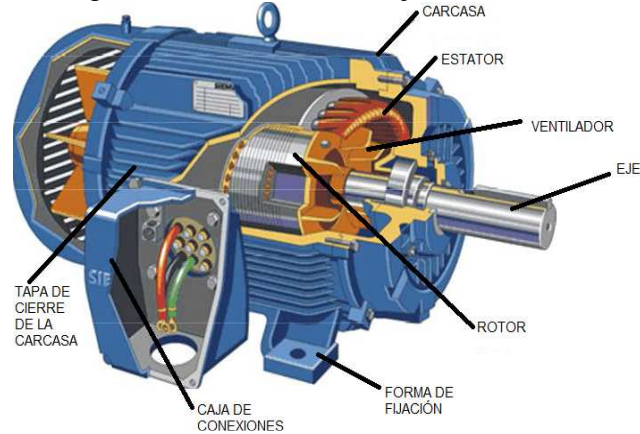
de pistón, máquinas herramientas, soplador, ascensores embotelladoras, hiladoras, industria papelera, industria petrolera, industria textil, etc.(VELTRI, 2005)

Tabla 1. Partes principales del motor asíncrono con rotor jaula de ardilla

Partes del motor asíncrono con rotor jaula de ardilla	
Partes	Concepto
Carcasa o envolvente del motor	Es la parte externa del motor la cual cubre las partes interiores y sirve para la protección interna.
Caja de conexiones	Se encuentran bornes que permiten realizar las conexiones en estrella (Y), triángulo (Δ) y estrella – triángulo (Y – Δ) del motor. También en esta caja se realizan las conexiones de la red de alimentación externa al motor.
Tapas de cierre de la carcasa	En las tapas tienen alojamiento para rodamientos en los que se apoya el eje del rotor.
Rotor	Es la parte giratoria del motor y está cubierta por estator, está formada por chapas de acero en forma de un cilindro y en el centro se aloja un eje.
Estator	Es la parte fija que cubre al rotor tiene una envoltura de chapas de acero con una serie de ranuras donde se encuentran los hilos conductores que forman el bobinado del estator.
Forma de fijación o anclaje del motor	Está dado a través de bridas o de patas.
Ventilador	Las aspas giran y se produce la autorefrigeración
Eje del motor	Es uno de los acoplamientos del rotor que suministra al exterior del motor la energía eléctrica absorbida y transformada en energía mecánica.

Fuente: Motores trifásicos. Características, cálculos y aplicaciones

Figura 1. Partes del motor jaula de ardilla



Fuente: <http://goo.gl/wenKqS>

La placa de características de acuerdo con la norma DIN-42961/06.80 contiene la siguiente información:

Figura 2. Placas de identificación de máquinas eléctricas de acuerdo a la norma DIN-42961/06.80

1	
Typ 2	
3	Nr. 4 5
6	7 V 8 A
9 10 S	11 cos φ 12
13	14 /min 15 Hz
16	17 18 V 19 A
Isol.-Kl. 20	IP 21 22 kg
23	

Fuente: Prontuario de Electricidad-Electrónica

Tabla 2. Muestra la placa de características según la norma DIN 42961 para una máquina rotativa

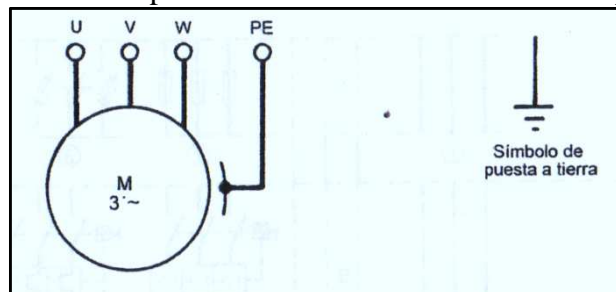
N°	Contenido
1	Fabricante ,emblema de la empresa
2	Tipo, denominación del modelo o número de la lista
3	Tipo de corriente=continua; E=monofásica=trifásica
4	Tipo de funcionamiento: Ge =generador; Mot=motor
5	N° de fabricación de la serie
6	Tipo de conexión del devanado del estator:Δ=triángulo=estrella
7	Tensión nominal
8	Intensidad nominal
9 y 10	Potencia nominal: potencia útil en kW o W para motores; potencia aparente en kva o VA en generadores síncronos
11	Tipo de régimen nominal
12	Factor de potencia nominal: Cos φ
13	Sentido de giro ,por ejemplo, giro a la derecha visto desde el lado de impulsión
14	Frecuencia de giro nominal
15	Frecuencia nominal

16	Excitación de las máquinas de continua :Lfr: rotor en las máquinas asíncronas
17	Tipo de conexión del bobinado del rotor
18	Tensión nominal de excitación o tensión a rotor bloqueado
19	Intensidad nominal de excitación ,intensidad del rotor
20	Clase de aislamiento, como Y,A
21	Tipo de protección, por ejemplo IP33
22	Peso de la máquina en t para máquinas de más de 1t
23	Notas adicionales, por ejemplo, norma VDE aplicada, tipo refrigerante, etc.

Fuente: Prontuario de Electricidad-Electrónica

Conexión a tierra de la carcasa del motores necesario conectar los motores a tierra a través del conductor de protección, para prevenir de corrientes indirectas a las personas que estén trabajando con el motor.

Figura 3. Representación del punto de conexión del conductor de puesta a tierra (PE)



Fuente: Motores trifásicos. Características, cálculos y aplicaciones.

Todas las masas metálicas deberán estar conectadas a tierra a través del conductor de protección, y unidas por conductor equipotencial. (ROLDÁN, 2010 pág. 127)

2.2.3 Formas de funcionamiento de un motor. Un motor puede tener varias formas de funcionamiento durante su proceso de marcha entre estas tenemos las siguientes:

- *En vacío:* se dice que un motor está funcionando en vacío cuando no desarrolla trabajo y solo absorbe la corriente necesaria para mover el rotor del motor, el reductor y la máquina sin realizar trabajo. En este caso, el motor tiene un factor de potencia muy bajo ($\cos \emptyset$) y tiene un consumo elevado de potencia reactiva (kVAr). (ROLDÁN, 2010)
- *En carga:* un motor funciona en carga cuando realiza un trabajo y el circuito eléctrico del motor está alimentado a los valores nominales señalados en la placa de características del motor (tensión, intensidad y frecuencia).

- *En sobrecarga:* Un motor funciona en sobrecarga, cuando se le solicita una potencia mayor que la nominal durante un tiempo.

2.2.4 Métodos de arranque. Los motores asíncronos jaula de ardilla trifásicos (MAJA 3 F) pueden ser arrancados utilizando dos métodos generales:

- A plena tensión o directo (DOL)
- A tensión reducida:
 - a) Arranque por resistencia primaria o de línea
 - b) Arranque por reactancia primaria o de línea
 - c) Arranque por autotransformador
 - d) Arranque por conexión estrella triángulo
 - e) Arranque por devanado parcial

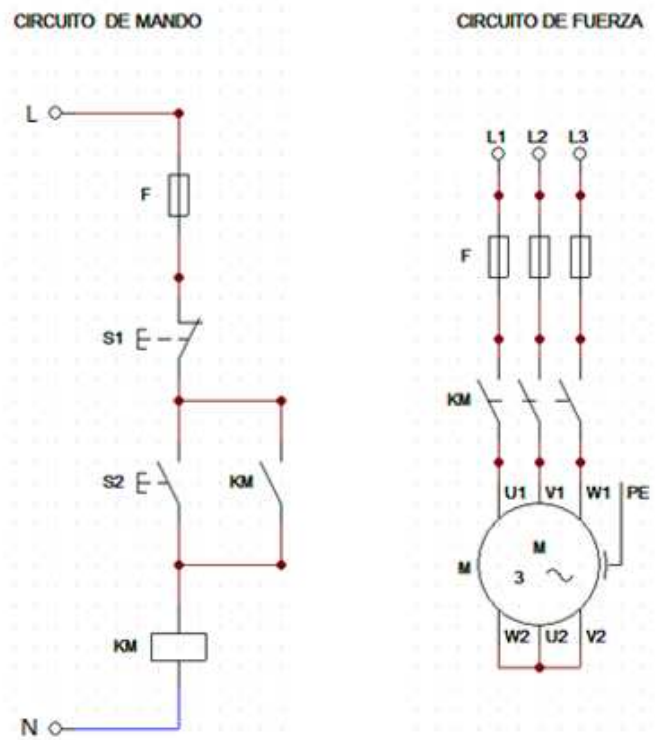
2.2.4.1 Arranque a plena tensión. Esta forma de arranque es muy utilizada para motores de pequeña y mediana potencia, especialmente cuando se arrancan en casi vacío o a media carga. (ROLDÁN, 2010)

Tabla 3. Características de un motor trifásico en arranque directo

Conceptos	Características
Corriente de arranque (I_{arr})	I_{arr} : 4 a 8 I_n
Par de arranque (M_{arr})	M_{arr} : entre 0,6 y 1,6 M_n
Tiempo medio de arranque (t_{arr})	t_{arr} : entre 2 y 3 s
Ventajas de este arranque	Equipo de arranque económico y simple. Varias opciones. Muy bueno par de arranque. Se trata de uno de los arranques más empleados para motores de pequeña y mediana potencia.
Inconvenientes	Punta de intensidad de arranque muy elevada. Arranque brusco Puede ocasionar caídas puntuales de tensión en la red eléctrica.
Aplicaciones	Para motores de pequeña y mediana potencia, arrancado en vacío, media y plena carga.

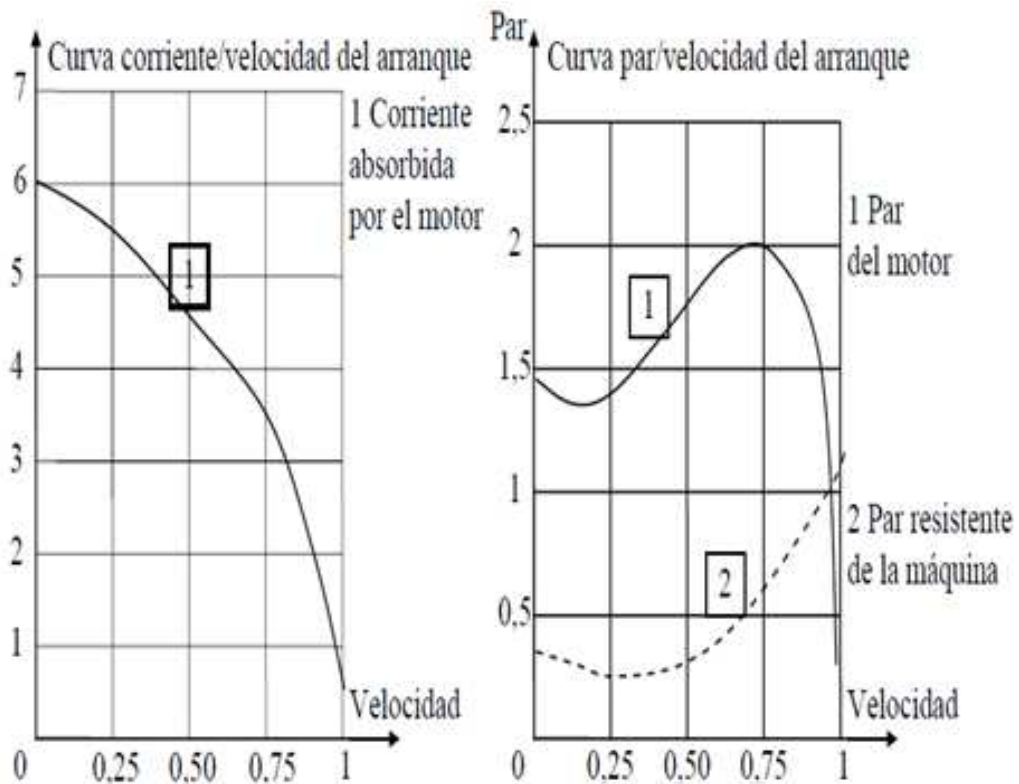
Fuente: Motores trifásicos. Características, cálculos y aplicaciones.

Figura 4. Circuito de mando y de fuerza en el arranque directo



Fuente: Autoras

Figura 5. Curva corriente/velocidad de arranque y curva par /velocidad de arranque en el arranque directo



Fuente: <http://goo.gl/VvZsbo>

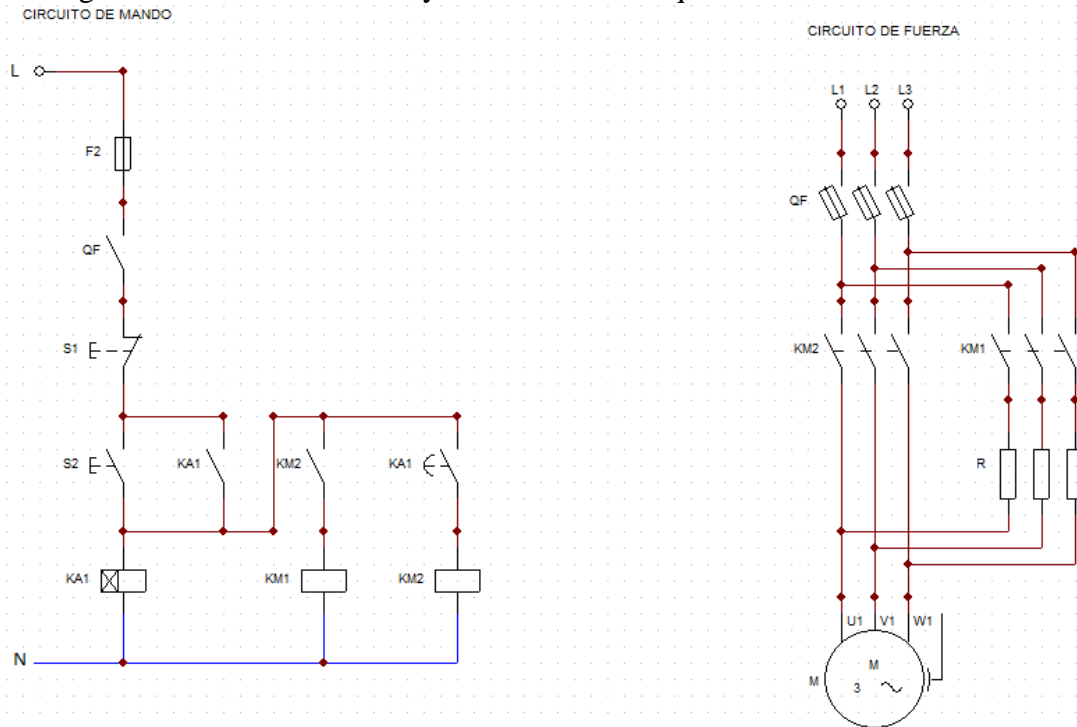
2.2.4.2 Arranque por resistencias primarias o de línea. Esta forma de arranque precisa de un juego de resistencias adecuado a las características del motor, lo que dificulta la generalización de este arranque, que se utiliza para motores de mediana potencia. (ROLDÁN, 2010)

Tabla 4. Características de un motor trifásico con arranque por resistencias estáticas.

Conceptos	Características
Corriente de arranque (I_{arr})	I_{arr} : hasta $4,5 I_n$
Par de arranque (M_{arr})	M_{arr} : entre $0,5$ y $0,8 M_n$
Tiempo medio de arranque (t_{arr})	t_{arr} : entre 7 y $12s$
Ventajas de este arranque	Menor consumo de corriente en el periodo de arranque. Posibilidad de regular los valores de la intensidad de arranque.
Inconvenientes	Mediana reducción de la punta de arranque. Precisa de un equipo especial de resistencias. Equipo caro y que debe ser adecuado al motor. Reducción del par de arranque.
Aplicaciones	Para máquinas con fuerte inercia sin problemas de par e intensidad de arranque.

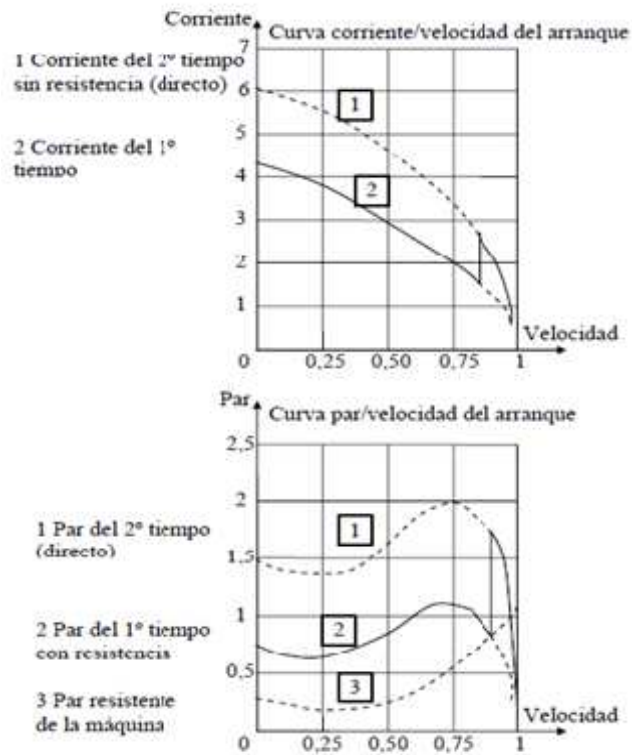
Fuente: Motores trifásicos. Características, cálculos y aplicaciones.

Figura 6. Circuito de mando y fuerza en el arranque con resistencias estáticas.



Fuente: Autoras

Figura 7. Curva corriente/velocidad de arranque y curva par /velocidad de arranque en el arranque por resistencias estáticas



Fuente: <http://goo.gl/VvZsbo>

2.2.4.3 Arranque por reactancia primaria o de línea. Este método de arranque es similar al arranque a tensión reducida por resistencia de línea con la diferencia de que se utilizan reactores (bobinas con núcleo de hierro) en lugar de resistores.

Para la selección y dimensionamiento de los aparatos de maniobra como; contactores de arranque, se lo realiza considerando el valor de la corriente nominal multiplicada por el factor de reducción del voltaje. Pero pueden ser contactores de mayor tamaño si el tiempo de arranque es demasiado extenso.

El relé térmico bimetálico de protección contra corriente de sobrecarga es seleccionado y calibrado en función de la corriente nominal del motor.

Para la protección del circuito de potencia contra corrientes de cortocircuito; se puede utilizar fusibles, un seccionador fusible trifásico, mismo que se lo selecciona en función de la corriente nominal del motor multiplicado por el factor 1,5. Otras características se citan en la tabla 5.

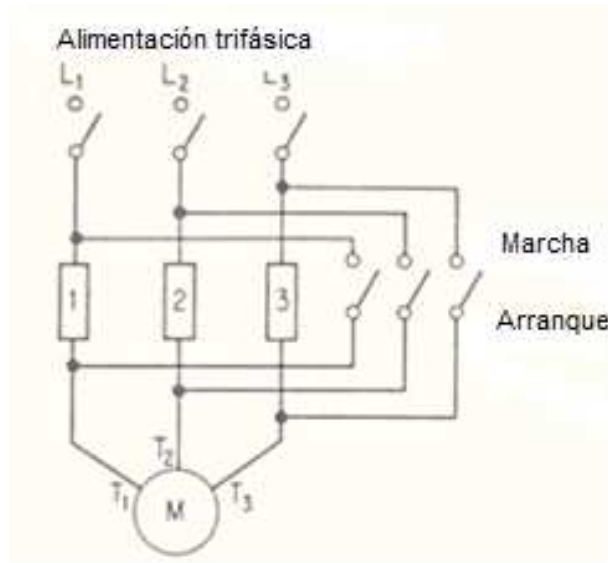
Tabla 5. Características de un motor trifásico en arranque por reactancia primaria o de línea

Conceptos	Características
Corriente de arranque (I_{arr})	$I_{arr} \approx 4,5 I_n$
Par de arranque (M_{arr})	$M_{arr} \approx 0,75 M_n$
Tiempo medio de arranque (t_{arr})	t_{arr} : entre 7 y 12 s
Ventajas de este arranque	<p>El par de arranque aumenta progresivamente durante el período de aceleración; lo cual se debe a que la tensión aplicada a los terminales aumenta progresivamente durante el arranque</p> <p>La transición a la tensión nominal de alimentación del motor, después de eliminar las resistencias, se realiza en circuito cerrado, es decir, no se produce sin ninguna interrupción en la tensión por lo que no ocurre ningún período transitorio.</p> <p>Con reactores ajustables se tiene la posibilidad de variar el voltaje aplicando al motor entre el 35% al 95% de voltaje de la red y consecuentemente el par de arranque, según los requerimientos de la carga.</p>

Inconvenientes	<p>Con el uso de las reactancias disminuye el factor de potencia</p> <p>Su uso es limitado a cortos períodos de arranque</p> <p>El valor de la resistencia debe ser dimensionado adecuadamente en función del tiempo de arranque y del número de maniobras, ya que no son diseñadas para soportar un servicio continuo.</p>
Aplicaciones	<p>Para máquinas que arrancan en vacío o media carga</p> <p>Bombas, ventiladores, maquinas diversas.</p>

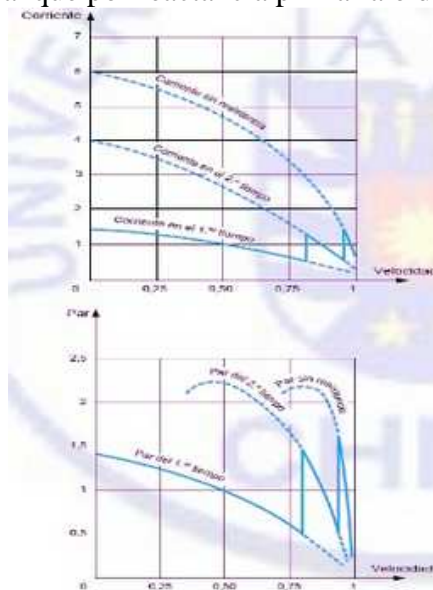
Fuente: Motores trifásicos. Características, cálculos y aplicaciones

Figura 8. Circuito de potencia del arranque por reactancia primaria o de línea



Fuente: <http://goo.gl/4AbWRg>

Figura 9. Curva corriente/velocidad de arranque y curva par /velocidad de arranque en el arranque por reactancia primaria o de línea



Fuente: <http://goo.gl/7EKtqA>

2.2.4.4 Arranque por autotransformador. Esta forma de arranque precisa de un autotransformador adecuado a las características del motor, lo que dificulta la generalización de este arranque, que se utiliza para motores de mediana potencia. (ROLDÁN, 2010)

Durante el arranque el motor se alimenta a tensión reducida a través de uno de las tomas (taps) de un autotransformador.

Los taps del autotransformador limitan el voltaje aplicado al motor al 50%,65% u 80% del voltaje nominal.

La corriente de línea (lado primario) es menor que la corriente del motor (lado secundario) en una proporción dada por la relación de transformación.

Es el mejor método de arranque a tensión reducida de un MAJA 3F, ya que todo amperio de corriente en el arranque es aprovechado para mejorar las condiciones del mismo.

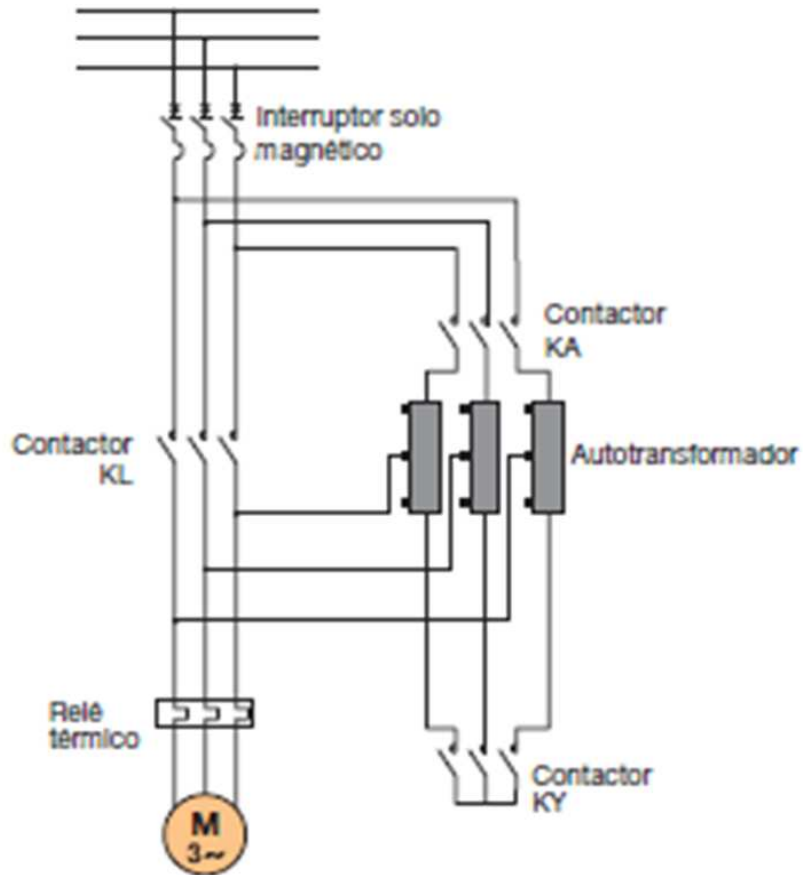
El arranque por autotransformador es utilizado en compresores rotativos y a pistón, bombas ventiladores y en aquellos casos donde se requiera limitar la corriente manteniendo un par elevado.

Tabla 6. Características de un motor trifásico con arranque por autotransformador

Conceptos	Características
Corriente de arranque (I_{arr})	I_{arr} : 1,7 a 3,5 I_n
Par de arranque (M_{arr})	M_{arr} : entre 0,4 y 0,85 M_n
Tiempo medio de arranque (t_{arr})	t_{arr} : entre 7 y 12s
Ventajas de este arranque	Buena relación par/intensidad Posibilidad de regular los valores de la intensidad de arranque. No hay corte de corriente durante el arranque
Inconvenientes	Precisa de un equipo especial de autotransformador. Equipo caro y que debe ser adecuada las características del motor.
Aplicaciones	Para máquinas con fuerte inercia y potencia, donde resulta importante la reducción en el periodo de arranque.

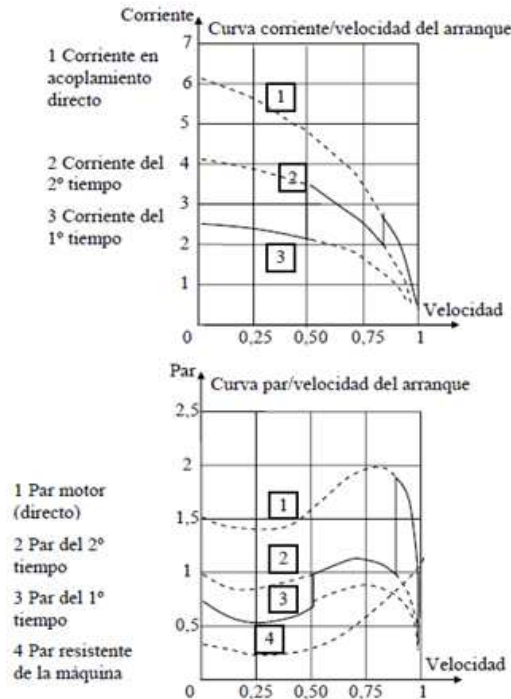
Fuente: Motores Trifásicos. Características, cálculos y aplicaciones

Figura 10. Circuito de potencia en el arranque por autotransformador



Fuente: <http://goo.gl/c29sd9>

Figura 11. Curva corriente/velocidad de arranque y curva par /velocidad de arranque en el arranque por autotransformador



Fuente: <http://goo.gl/aV164L>

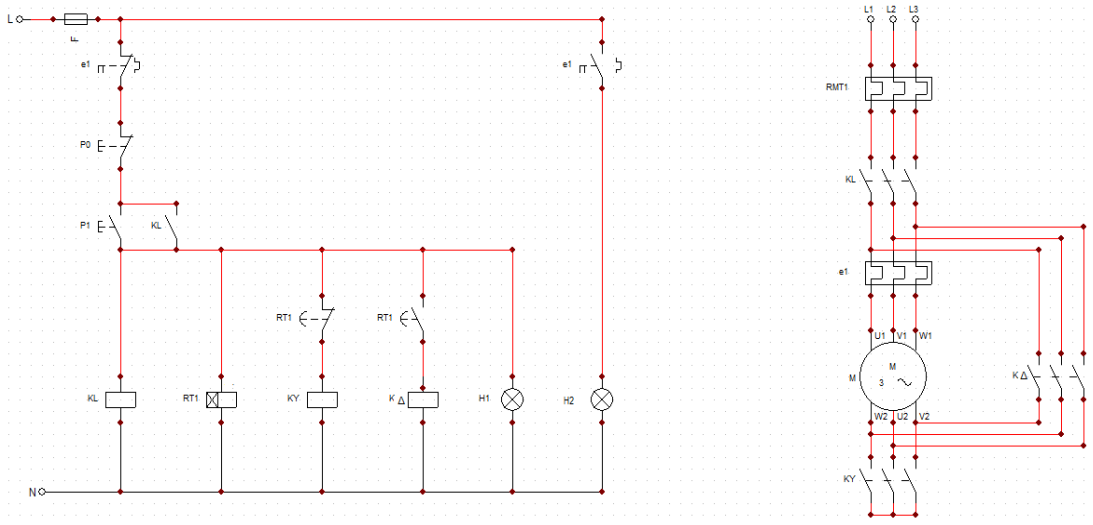
2.2.4.5 Arranque por conexión estrella triángulo. Este arranque es uno de los más empleados para motores de pequeña y mediana potencia que inician el arranque a media o plena carga. (ROLDÁN, 2010)

Tabla 7. Características de un motor trifásico en arranque estrella-triángulo (Y- Δ)

Conceptos	Características
Corriente de arranque (I_{arr})	$I_{arr}: 1,4 \text{ a } 2,6 I_n$
Par de arranque (M_{arr})	$M_{arr}: \text{entre } 0,3 \text{ y } 0,5 M_n$ El par se reduce un 33% respecto al arranque directo
Tiempo medio de arranque (t_{arr})	$t_{arr}: \text{entre } 3 \text{ y } 7 \text{ s}$
Ventajas de este arranque	Menor consumo de corriente en el momento de la conexión. La tensión se reduce al 57% de lo nominal. Equipo de arranque relativamente simple.
Inconvenientes	El motor se alimenta con 6 conductores. Reducción del par de arranque. El equipo de arranque más caro que el directo Corte de tensión durante el arranque del motor El motor ha de ser capaz de trabajar a dos tensiones
Aplicaciones	Para máquinas que arrancan en vacío o media carga Bombas, ventiladores, máquinas diversas.

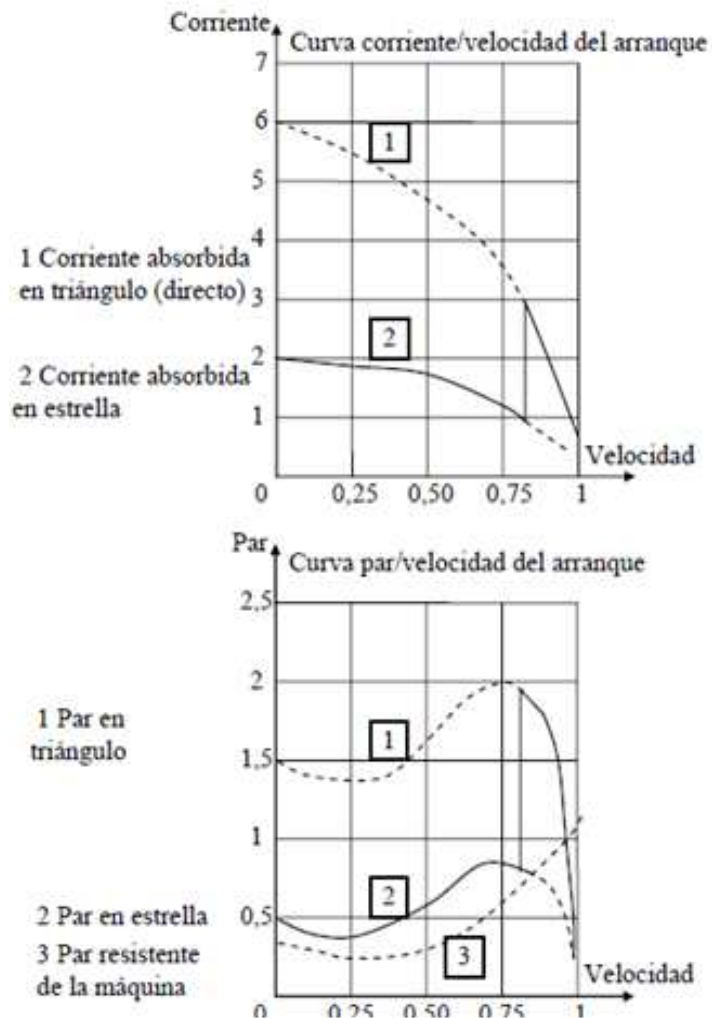
Fuente: Motores trifásicos. Características, cálculos y aplicaciones

Figura 12. Circuito de mando y de potencia en el arranque estrella-triángulo



Fuente: Autoras

Figura 13. Curva corriente/velocidad de arranque y curva par /velocidad de arranque en el arranque estrella-triángulo



Fuente: <http://goo.gl/VvZsbo>

2.2.4.6 Arranque por devanado parcial. Consiste en conectarlo a la fuente de alimentación, primeramente con uno solo de los circuitos en paralelo que constituyen cada fase del devanado del estator, y después todos los circuitos en paralelo de cada fase para el funcionamiento normal.

Este método se lo aplica únicamente en el caso de disponer un MAJA con sus devanados divididos en mitades, además que estas mitades estén conectadas en estrella, o que sus 12 terminales estén disponibles en el cajetín de bornes o terminales.

Es un método poco frecuente, ya que un motor de bobinados separados o divididos es más costoso que los similares de tres o seis terminales. Esto se debe a que su construcción requiere de más recursos materiales y tecnológicos. (KOSOW, 1993). El motor arranca con la primera mitad del devanado estatórico conectado en estrella, y éste es alimentado directamente a la tensión de la red, esto significa que en ningún momento se reduce la tensión; más bien es la impedancia inicial(Z_a) que resulta ser el doble que la impedancia final(Z_m). La conexión de la primera mitad se mantiene alimentada a la red, luego de lo cual se conecta la segunda mitad, así mismo en estrella y en paralelo con la primera; entonces se produce una conexión conocida como “doble estrella paralela”

Tabla 8. Características de un motor trifásico en arranque por devanado parcial

Conceptos	Características
Corriente de arranque (I_{arr})	$I_{arr} = I_n/2$
Par de arranque (M_{arr})	El par de arranque es relativamente alto
Tiempo medio de arranque (t_{arr})	En promedio el arranque dura entre 3 y 7 s
Ventajas de este arranque	El par de arranque es relativamente alto No requiere de aparato alguno para la reducción de la tensión Realización sencilla La transición del arranque a la marcha se realiza en circuito cerrado
Inconvenientes	Motor relativamente caro La corriente de régimen o de marcha se incrementa, pudiendo causar un sobrecalentamiento

Aplicaciones	Para motores que arranquen bajo condiciones de cargas ligeras o sin cargas, en ventiladores, sopladores o taladros de banco
--------------	---

Fuente: Máquina eléctricas y transformadores

2.2.4.7 Arranque electrónico. Este arranque es el más costoso y moderno, permite reducir el pico de corriente de energía eléctrica al momento de arrancar motores de grandes potencias y/o disminuye el par de arranque en maquinaria especializada, esto hace posible una alimentación muy gradual del motor que incrementa durante todo el procedimiento a fin de obtener un arranque lineal, evitando esfuerzos eléctricos. (ROLDÁN, 2010)

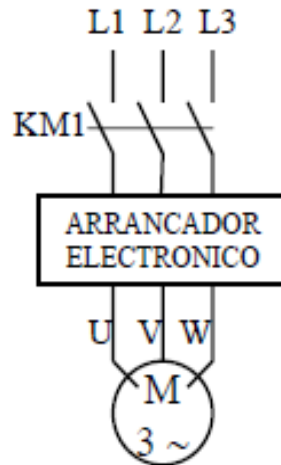
Se controla por medio de microprocesadores la curva de corriente y voltaje aplicados al motor en su aceleración de velocidad cero a velocidad nominal.

Tabla 9. Características de un motor trifásico con arranque por electrónico

Conceptos	Características
Corriente de arranque (I_{arr})	$I_{arr}: 2 \text{ a } 5 I_n$
Par de arranque (M_{arr})	M_{arr} entre 0,2 y 1 M_n
Ventajas de este arranque	No tiene elementos móviles Tiene larga duración Puede arrancar y parar de manera controlada. Protección contra cortes instantáneos de corriente Aparato sin mantenimiento
Inconvenientes	Su programación sirve para un motor igual con las mismas características. Equipo costoso Debe tener características adecuadas a las del motor.
Aplicaciones	Para arranques de máquinas con fuertes inercias. Para el arranque de bombas, ventiladores, cintas transportadoras, etc.

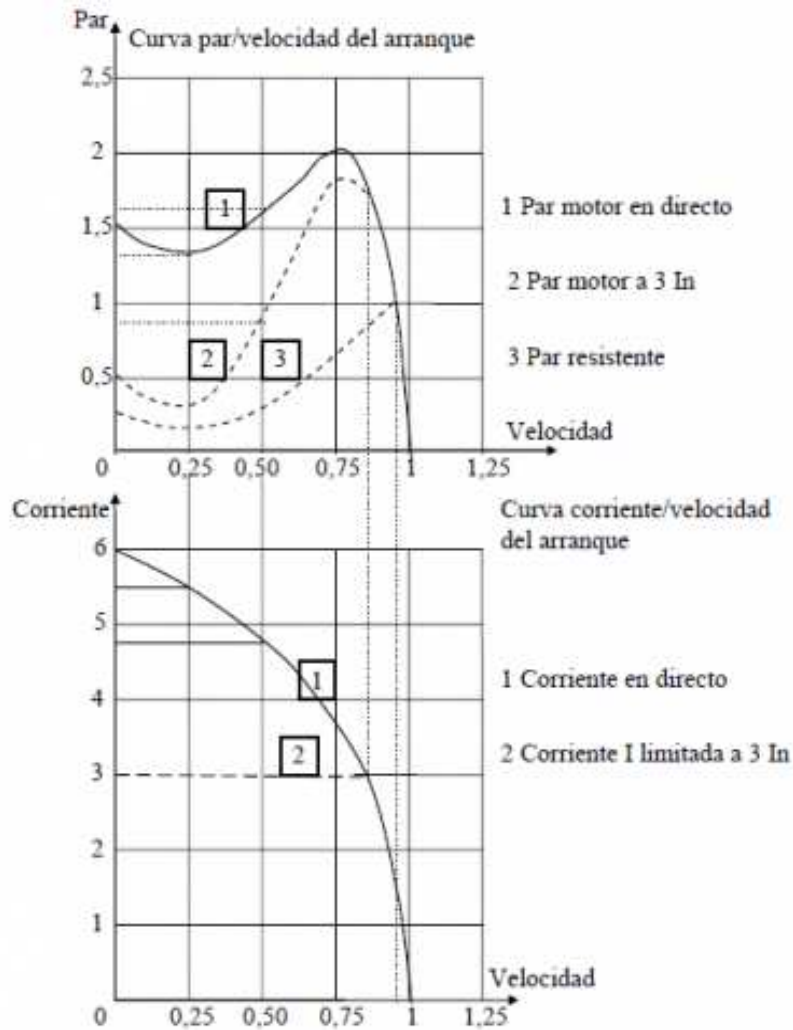
Fuente: Motores trifásicos. Características, cálculos y aplicaciones

Figura 14. Circuito de potencia para el arranque electrónico



Fuente: <http://goo.gl/11VSeM>

Figura 15. Curva par/velocidad de arranque y curva corriente /velocidad de arranque en el arranque electrónico



Fuente: <http://goo.gl/VvZsbo>

2.2.5 *Cuando se usa un determinado método de arranque.* La selección del método de arranque se realiza principalmente por el par resistente y el momento de inercia de la máquina o equipo acoplado al motor eléctrico, es decir la selección del método de arranque depende de las condiciones de carga del motor o de las particularidades de trabajo de la maquinaria o equipo acoplado al motor.

Otro parámetro que se debe tomar en cuenta al momento de elegir un determinado método de arranque es el valor que alcanza la corriente en el momento del arranque; conocida como “corriente o intensidad de arranque”, que en gran medida depende del voltaje aplicado al motor y de las condiciones de carga y funcionamiento de este.(SANTILLÁN, 2009 pág. 49)

2.2.6 *Control de la velocidad de los MAJA 3F.* Los motores trifásicos asíncronos, los más utilizados admiten la posibilidad de variar su velocidad, lo que se consigue a través de convertidores electrónicos de frecuencia, mediante los cuales se varían los valores de la frecuencia (Hz), la tensión (U) y la intensidad (I) de la alimentación al motor, que se adecua a la demanda de la necesidad de la máquina a accionar.(ROLDÁN, 2010pág. 191)

Esta posibilidad de variación de velocidad, unida a que se trata de un motor con casi nulo mantenimiento, hace que sea muy utilizado en aplicaciones que precisan variación de velocidad durante el proceso de funcionamiento o de fabricación.(ROLDÁN, 2010 pág. 191)

2.2.7 *Variador de frecuencia.* Mediante los variadores electrónicos de frecuencia, los motores trifásicos con rotor en cortocircuito pueden proporcionar una velocidad variable.

Se trata de dispositivos electrónicos, que permiten el control completo de motores eléctricos de inducción; los hay de c.c. (variación de la tensión), y de c.a. (variación de la frecuencia); los más utilizados son los de motor trifásico de inducción y rotor sin bobinar (jaula de ardilla). También se les suele denominar inversores (inverte) o variador de velocidad.

Esta posibilidad, para los motores trifásicos con casi nulo mantenimiento, ha hecho muy competitivo a este tipo de motores respecto a sus competidores. (ROLDÁN, 2010 pág. 191) En la figura 16 se observa el esquema de un arranque con variador de frecuencia.

Los motores se fabrican para una velocidad nominal o de trabajo determinada, pero mediante el variador de frecuencia dicha velocidad puede controlarse de manera progresiva.

Por ejemplo, un motor de 50Hz y 1500 RPM (4 polos), podría girar, con variación de frecuencia entre 5 y 120 Hz a velocidades comprendidas entre 150 RPM y 3600 RPM.

Los arranques y paradas son controlados, y suaves, sin movimientos bruscos protegiendo completamente al motor.

Tabla 10. Características del arranque y control de velocidad de un motor trifásico jaula de ardilla.

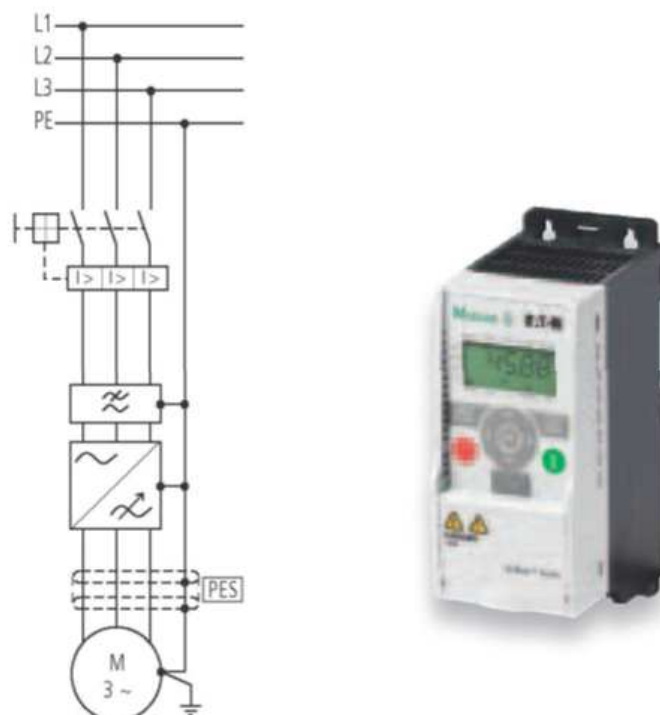
Conceptos	Características
Corriente de arranque (I_{arr})	I_{arr} : 2 a 5,1 I_n
Par de arranque (M_{arr})	M_{arr} : entre 0,2 y 1 M_n
Tiempo medio de arranque (t_{arr})	Programable
Control de la velocidad	La velocidad puede variar, entre 100 y 3000 RPM, es una gama de velocidad de 1 a 30 RPM. La regulación de la velocidad permite un control directo sobre las revoluciones del motor. La potencia de un motor puede variar con la velocidad.
Ventajas de este arranque	Evita picos o puntas de intensidad en los arranques del motor. El par se controla totalmente a cualquier velocidad. No tiene factor de potencia, lo que evita el uso de baterías de condensadores y el consumo de energía. Estos equipos controlan el arranque y la parada de los motores. La regulación de la velocidad, es el fin principal de estos arrancadores. Producen un frenado y parada rápida y precisa del giro del motor.

Desventajas	La instalación, programación, debe ser realizada por personal cualificado. Si no está bien instalado, puede derivar ruidos e interferencias en la red eléctrica, que podrían afectar a otros elementos electrónicos cercanos. Las verías del variador, no se pueden reparar.
Aplicaciones	Para el accionamiento de bombas volumétricas y centrífugas, ventiladores, bandas transportadoras, mezcladoras , etc.

Fuente: Motores trifásicos. Características, cálculos y aplicaciones

2.2.8 *Importancia de los arranques a tensión reducida.* Cuando los motores eléctricos son arrancados a tensión reducida, la corriente en los terminales del motor disminuye en proporción directa con la tensión reducida mientras que el torque se reduce en la relación del cuadrado de dicha tensión En la tabla 11 se observa el orden de importancia según las ventajas que se desean para la selección de arranques a tensión reducida

Figura 16. Esquema para el arranque con variador de frecuencia



Fuente. <http://goo.gl/tvKBLU>

Tabla 11. Ventajas de los diferentes tipos de arranques
Fuente: <http://goo.gl/xSOJwZ>

Tabla 12. Ventajas y desventajas del arranque por resistencias primarias y autotransformador

Sistemas de arranque	Características del arranque en % de sus valores de plena tensión			Ventajas	Inconvenientes
	Tensión del motor	Corriente de la línea	Par de arranque		
Resistencias primarias	70	65	42	1.-Aceleración suave. La tensión 2.-Permite transición cerrada 3.-Alto factor de potencia durante el arranque 4.-Posibilidad de obtener hasta 7 pasos de aceleración 5.-Para bajas potencias es más económico que el sistema de	1.-Par con baja eficiencia 2.-Las resistencias generan calor 3.-Lapsos de arranque mayores a 5 segundos obligan al empleo de resistencias muy costosas 4.-Dificultad para ajustar las tensiones de arranque a las condiciones
Ventaja deseada			Tipo de arrancador recomendado	autotransformador 6.-No requiere	Comentarios variables deseadas
Aceleración suave			1.-Resistencias primarias 2.-Estrella-triángulo 3.-Autotransformador	El arranque por bobinados parciales con etapas produce aceleraciones suaves pero bobinados especiales	5 a 7 con
Autotransformador	80 65	64 42	4.-Bobinados parciales	1.-Permite el par más alto por la corriente	1.-Bajo factor de potencia
Mínima corriente de línea	50	25	1.-Autotransformador 2.-Estrella-triángulo 3.- Bobinados parciales 4.- Resistencias primarias	Hay poca diferencia de línea entre sistemas 1 y 2 o entre 3 y 4. 2.-Las derivaciones del autotransformador	2.-Para escoger entre los 3 y 4 potencias este sistema es el más caro
Alto par de arranque			1.- Autotransformador 2.- Resistencias primarias 3.-Bobinados parciales	El motor con bobinados parciales no podrá ser capaz de acelerar la carga a la velocidad de régimen hasta que el motor esté conectado. 3.-Apropiado para	Los parciales no podrá ser capaz de acelerar la carga a la velocidad de régimen hasta que el segundo bobinado sea conectado
Aceleraciones largas			1.- Autotransformador 2.- Estrella-triángulo 3.- Resistencias primarias	Para esta aplicación, el arrancador será utilizado donde resistencias apropiadas para aceleraciones largas. 4.-Permite transición cerrada	con
Arranques frecuentes			1.- Resistencias primarias 2.- Autotransformador 3.- Estrella-triángulo	En general, el arrancador a bobinados parciales no es apropiado para arranques frecuentes. 5.-Durante el arranque la corriente	no es apropiado para arranques frecuentes

				que toma el motor es mayor que de la línea	
--	--	--	--	--	--

Fuente:
http://goo

.gl/xSOJwZ

Tabla 13. Ventajas y desventajas del arranque estrella-triángulo y arranque por bobinados parciales

Sistemas de arranque	Características del arranque en % de sus valores en plena tensión			Ventajas	Inconvenientes
	Tensión del motor	Corriente de la línea	Par de arranque		
Estrella-triángulo	100	33	33	1.-Apropiado para arrancar cargas con alta inercia y aceleración lenta 2.-Su costo es menor que los sistemas de resistencias primarias o autotransformador 3.-Par con alta eficiencia	1.-Requiere motores con bobinados adecuados 2.-El par de arranque es bajo 3.-Provee transición cerrada es posible pero aumenta su costo notablemente
Bobinados parciales	100	60	48	1.-Es el más barato entre los sistemas a tensión reducida 2.-Permite la transición cerrada 3.-La mayoría de los motores para dos tensiones pueden ser utilizados en la tensión	1.-No es apto para arrancar cargas con alta inercia o durante largos períodos 2.-Para tensiones mayores de 220V y /o más de dos pasos se requiere motores de diseño especial.

Fuente:<http://goo.gl/xSOJwZ>

2.2.9 Armónicos. Los armónicos son ondas senoidales de frecuencias múltiplos a la nominal de red, 60Hz, y que se superponen con la onda fundamental cuando la onda resultante no es senoidal.

Este fenómeno aparece en corriente alterna y según afecte a ondas de tensión, de corriente, de flujo o de otras magnitudes de los campos eléctricos o magnéticos. Según

estudio, demostró Fourier, toda onda periódica no senoidal puede descomponerse en una superposición de ondas perfectas senoidales, una fundamental de la misma frecuencia que la onda final, más una serie de ondas también senoidales de frecuencia múltiples de la anterior, que son los llamados armónicos.(MUJAL, 2000)

2.2.9.1 Problemas ocasionados por los armónicos. El valor eficaz de la onda final es siempre, mayor que el de la onda fundamental, ya que vale exactamente la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de cada uno de los valores eficaces de las ondas fundamental y todos sus armónicos. Ello significa, que las pérdidas por efecto de Joule para una misma resistencia serán mayores con corrientes no senoidales (con armónicos) que con corriente perfectamente senoidales.

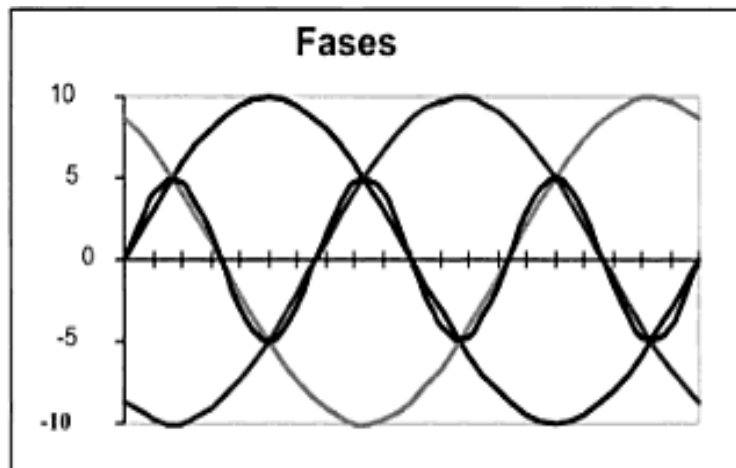
Así pues, los armónicos son causantes directos de mayor pérdida de potencia y por consiguiente de energía; pero además son causantes de perturbaciones como las de dificultar el arranque de motores y de producir vibraciones y los ruidos que normalmente aquéllas acarrear.

Además, en un sistema trifásico se producen un problema grave con los armónicos de orden tres y todos aquellos de órdenes múltiplos de tres.

Cuando estas ondas llegan al conductor neutro, en lugar de anularse entre las tres fases como sucede con las ondas fundamentales, se suman, construyendo en el conductor neutro un armónico de amplitud triple al de cada una de las fases, o bien suma de los armónicos de cada una de esta fases, en el caso de que el consumo no fuera equilibrado.

La circulación de corrientes es importante por el neutro debido al armónico tercero y los múltiplos de tres, generan un desprendimiento de calor significativo debido al efecto Joule.(GARCÍA/ALABERN, 2005)

Figura 17. Armónico tercero



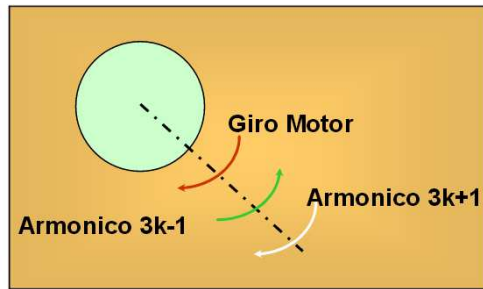
Fuente: <http://goo.gl/MIqLDK>

Las frecuencias tienen la tendencia de hacer circular mayor intensidad por el exterior del cable que por el núcleo. A menudo, esto se suma a que la corriente eficaz que circula por este particular conductor, no es acorde a los amperios eficaces que permite su sección. En muchas ocasiones la sección del neutro no es la adecuada y es un defecto que a menudo se manifiesta, llegando a causar problemas muy serios, hasta el extremo de que puede llegar a interrumpirse o cortocircuitarse con un conductor de fase por la presencia de una temperatura muy elevada en un imprevisto de la instalación, o generar un “punto caliente” que puede ser causa de un incendio.

2.2.9.2 Fuentes de los armónicos. Los armónicos pueden ser producidos por las máquinas o equipos eléctricos, por los mismos generadores en casos de máquinas simples, por transformadores. Las instalaciones eléctricas no los producen, aunque sí que sufren sus consecuencias por este motivo es conveniente conocer su existencia. Una de las causas principales de los armónicos es la saturación de los núcleos magnéticos.

En los motores eléctricos de inducción los armónicos de secuencia inversa dan lugar a pares internos desacelerados, al ser contrarios al par que crea la componente fundamental que es de secuencia directa. Este efecto disminuye el par útil que la máquina da en su eje y puede también provocar vibraciones y oscilaciones mecánicas en el eje.

Figura 18. Armónicos en un motor



SECUENCIA

1	2	3	4	5	6
+	-	0	+	-	0

Fuente: <http://goo.gl/u5cpme>

La importancia o peso de los diferentes armónicos que contiene una línea puede medirse con los instrumentos llamados analizadores de redes, los cuales determinan no sólo qué armónicos están en la onda, sino el peso o módulo de cada uno de ellos. Para eliminar los armónicos se procede colocando filtros. Estos filtros están constituidos por conjuntos de conexiones de reactancias y capacitores. (GARCÍA/ALABERN, 2005, pág. 98)

CAPÍTULO III

3. IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS EN EL ARRANQUE TENSIÓN REDUCIDA Y DIRECTO DE UN MOTOR JAULA DE ARDILLA TRIFÁSICO

3.1 Estación de medición y análisis de parámetros eléctricos en el arranque estrella-triángulo de un motor asincrónico jaula de ardilla trifásico

La estación de medición está conformada por los siguientes equipos, aparatos de maniobra y accesorios básicos para el desarrollo del arranque estrella-triángulo.

Figura 19. Equipos, aparatos de maniobra y accesorios básicos que conforman la estación de medición



Fuente: Autoras

3.2 Requerimientos de la estación de medición

Los equipos, aparatos de maniobra y accesorios requeridos para la implementación están seleccionados en función al arranque estrella-triángulo son los siguientes

Tabla 14. Elementos a implementarse para la estación de trabajo

Elementos	Cantidad
Caja para instalaciones eléctricas	1
Contactores	3
Relé magneto térmico	1
Relé térmico	1
Fusible y porta fusible	1
Bornerashembras tipo banana	9
Temporizador	1
Cables flexibles número 12 y 16	20m
Pulsador NO	1
Pulsador NC	1
Lámpara roja y verde	2
Canaleta	1
Riel	1m
Conector macho	1
Terminales en U para el cable 12 y 16	
Osciloscopio de almacenamiento digital	1
Pinza amperimétrica	1
Multímetro	1
Tacómetro	1

Fuente: Autoras

3.2.1 Osciloscopio digital. Son instrumentos que permiten visualizar y medir una señal eléctrica, con la diferencia que utilizan la digitalización de la señal de entrada. La característica principal de un osciloscopio digital es la frecuencia de muestreo, la misma que determina el ancho de la banda que puede medir el instrumento, viene expresada generalmente en MS/s (millones de muestra por segundo).

Figura 20. Osciloscopio de almacenamiento digital



Fuente: Tektronix

Tabla 15. Características del osciloscopio de almacenamiento digital

Osciloscopio de almacenamiento digital

Marca	Modelo	Características
Tektronix	TDS2012C	Potencia de 30w, 2 canales, ancho de banda de 100MHZ, velocidad de muestreo de 2 GS/s, frecuencia de 50-400Hz, pantalla a color, entrada USB

Fuente: Autoras

3.2.2 Principales funciones del osciloscopio. Para utilizar el osciloscopio digital Tektronix con eficacia, se debe conocer las siguientes funciones:

- Configuración del osciloscopio.
- Disparo.
- Adquisición de señales (formas de onda).
- Escalado y posicionamiento de formas de onda.
- Medida de formas de onda.

3.2.2.1 Configuración del osciloscopio. Se debe familiarizar con varias funciones que es posible que se tenga que utilizar a menudo al trabajar con el osciloscopio: autoconfiguración, rango automático, guardado de una configuración y recuperación de una configuración.

- Uso de la autoconfiguración cada vez que se pulsa el botón auto configurar, la función auto configurar obtiene una presentación estable de forma de onda.
- Esta función ajusta automáticamente los parámetros de escala vertical, escala horizontal y disparo.
- Configuración predeterminada. El osciloscopio está configurado para el funcionamiento normal cuando se envía de fábrica, esta es la configuración predeterminada. Para recuperar la configuración, se pulsa el botón configuración predeterminada y queda listo para su uso.

3.2.2.2 *Disparo*. El disparo determina el momento en que el osciloscopio empieza a obtener datos y a presentar una forma de onda. La configuración del disparo tiene tres parámetros: canal, tipo y tensión. Cuando se configura correctamente un disparo, el osciloscopio convierte las presentaciones inestables o las pantallas en blanco en formas de onda descriptivas. La configuración del disparo se hace presionando el botón “trigger”.

3.2.2.3 *Adquisición de señales (formas de onda)*. Cuando se adquiere una señal, el osciloscopio la convierte en una forma digital y presenta una forma de onda. El modo de adquisición define la manera en que la señal se digitaliza y en que el ajuste de la base de tiempo afecta al margen de tiempo y al nivel de detalle de la adquisición.

3.2.2.4 *Escalado y posicionamiento de formas de onda*. Puede cambiar la presentación de las formas de onda ajustando la escala y posición. Al cambiar la escala, aumenta o se reduce el tamaño de la presentación de la forma de onda. Al cambiar la posición, la forma de onda se desplaza hacia arriba, hacia abajo, a la derecha o a la izquierda.

3.2.2.5 *Medida de formas de onda*. El osciloscopio muestra gráficos comparativos de voltaje y tiempo que pueden ayudar a medir la forma de onda presentada.

Existen varias maneras de tomar medidas. Puede utilizar la retícula, los cursores o una medida automatizada.

3.2.3 *Generador de funciones*. El generador de funciones es uno de los instrumentos de laboratorio más utilizados. Su función es producir señales eléctricas a las cuales se les pueden modificar algunos parámetros como amplitud, frecuencia, ciclo útil, etc lo que permite hacer pruebas de equipos, análisis de circuitos y en general, una gran cantidad de experimentos y pruebas tanto a nivel académico, como de mantenimiento de aparatos electrónicos. (CEKIT)

Un equipo capaz de generar señales variables en el dominio del tiempo para ser aplicadas posteriormente sobre el circuito bajo prueba.

Los generadores de funciones producen corrientes variables en el tiempo. La forma de variación de dichas corrientes se suele ajustar a unos tipos determinados, como son

función escalón, en dientes de sierra o senoidal, que es la más comúnmente utilizada. (GÓMEZ, y otros).

Figura 21. Generador de funciones



Fuente: Tektronix

Tabla 16. Características del generador de funciones

Generador de funciones		
Marca	Modelo	Características
Tektronix	AFG2021	Un canal ,memoria de 128 K 14 bits, velocidad de muestreo de 250MS/s, amplitud de 10 Vp-p, pantalla TFT LCD en color, y entrada USB

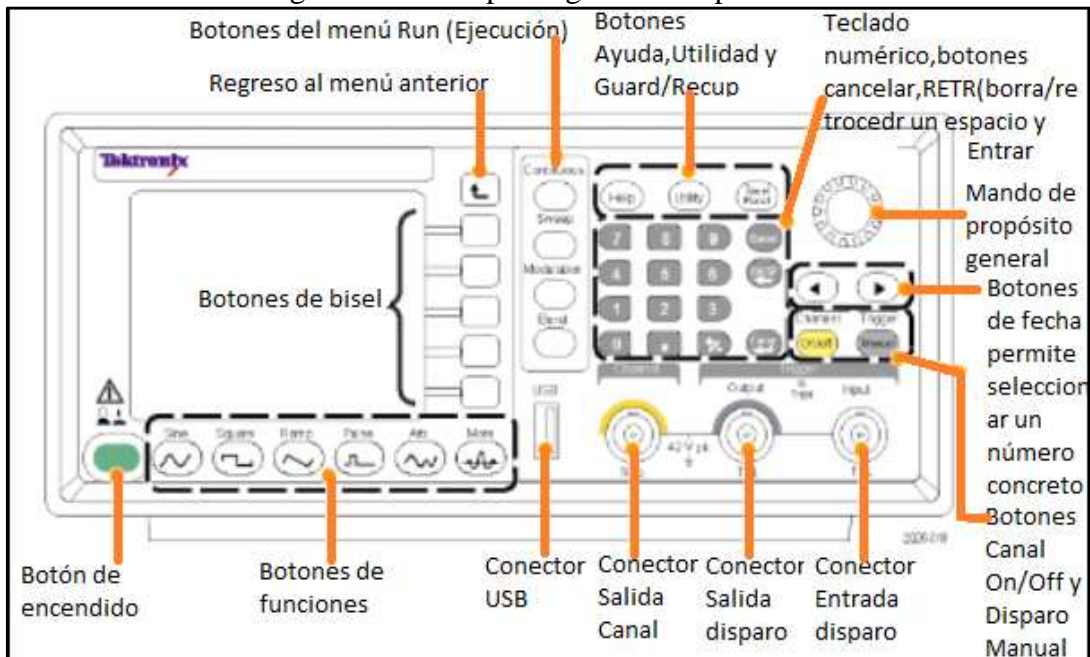
Fuente: Autoras

3.2.3.1 *Controles básicos del generador de funciones.* Aunque existen multitud de generadores de funciones de mayor o menor complejidad todos incorporan ciertas funciones y controles básicos que se señala en la figura 12.

En panel frontal se divide en áreas de funciones de fácil manejo. Esta sección proporciona una rápida descripción de los controles del panel frontal y de la interfaz de la pantalla

Los controles además nos sirven para mostrar las formas de onda típicas que son las triangulares, cuadradas y senoidales.

Figura 22. Descripción general del panel frontal



Fuente: Tektronix

3.2.3.2 Formas de onda del generador de funciones. El generador de funciones puede proporcionar 12 formas de onda estándar.

Tabla 17. Formas de onda del generador de funciones Tektronix AFG 2021

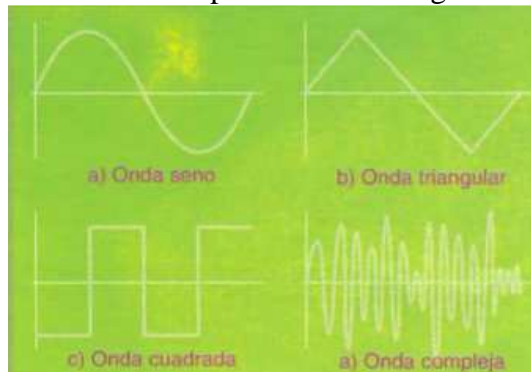
Sine-Sinusoidal	DC-CC
Noise-ruido	Degradación exponencial y haversine
Pulse-pulso	Exponential rise –Incremento exponencial
Ramp-rampa	Lorentz
$\sin(x)/x$ - $\text{sen}(x)/x$	Exponential decay
Square-cuadrada	Gaussian-Gaussina

Fuente: Tektronix

Las principales características que tiene una señal son la forma de onda, la frecuencia y la amplitud. La forma de onda, como su nombre lo indica, tiene que ver con la forma geométrica que tiene la señal y son las más comunes en electrónica la forma seno o senoidal, la onda cuadrada, los pulsos, la onda triangular, la onda diente de sierra y las

ondas de forma compleja que resulta de la combinación de varias señales o de algún proceso dentro de un circuito.

Figura.23. Diferentes tipos de ondas del generador de funciones



Fuente:<http://goo.gl/9VQgXk>

3.2.4 Pinza amperimétrica. Es un tipo especial de amperímetro que permite evitar el inconveniente de tener que abrir el circuito para efectuar la medida de la intensidad de corriente. El funcionamiento de la pinza se base en la medida indirecta de la corriente circulante por un conductor a partir del campo magnético que dicha circulación de corriente genera. Tiene la ventaja de que es seguro para el operario que realiza la medida, ya que no es necesario un conductor eléctrico con el circuito bajo medida; en el caso de los cables aislados ni siquiera es necesario levantar el aislante. (VEGA & LÓPEZ, 2006, pág. 258)

Figura 24. Pinza amperimétrica Fluke



Fuente: <http://goo.gl/hlrSjM>

Tabla 18. Características de la pinza amperimétrica

Pinza amperimétrica		
Marca	Modelo	Características
Fluke	376	Rango de corriente CC y AC : 999,9A, resolución de: 0,1A, precisión: 1.5%±5 (20-500 Hz),

		rango de voltaje en CC y CA : 1000 V
--	--	---

Fuente: Autoras

3.2.5 Multímetro. El multímetro es un aparato de medida que incorpora la posibilidad de medir distintas magnitudes eléctricas como:

- tensiones
- intensidades
- resistencia y frecuencia.

Es decir es una herramienta que nos permite comprobar el correcto funcionamiento de los componentes y circuitos eléctricos por lo que es fundamental tenerla a mano cuando realicemos nuestros proyectos.(TORRENTO pág. 57)

Figura 25. Multímetro Digital Fluke



Fuente: <http://goo.gl/HoxkPS>

Tabla 19. Características del multímetro digital

Multímetro digital		
Marca	Modelo	Características

Fluke	115	Tensión máx entre cualquier terminal y tierra: 600v; fusible para entrada: 11A-1000V-17KA; pantalla digital de: 6000 recuentos ,actualizaciones 4/s, gráficos de barras de 33 segmentos-actualizaciones 32/s; temperatura de funcionamiento: -10°C a +50°C y de almacenamiento: -40°C a +60°C
-------	-----	--

Fuente: Autoras

3.2.6 *El tacómetro.* Es un dispositivo que mide la velocidad de giro de un eje, normalmente la velocidad de giro de un motor. Se mide en revoluciones por minuto (RPM). Actualmente se utilizan con mayor frecuencia los tacómetros digitales, por su mayor precisión. (KUO, 1996, pág. 166)

Figura 26. Tacómetro



Fuente: <http://goo.gl/v88Cwt>

Tabla 20. Características del tacómetro

Marca	Modelo	Características
SAMPO	LT-DT2235B	Tacómetro de contacto Medidas desde 0.5 a 19,999 RPM. velocidad superficial (m/min), 0.05 A 1,999.9 m/min) Tiempo de muestreo: 1 segundo (6 RPM)

Fuente: <http://goo.gl/u9yhyz>

3.3 Descripción de los elementos a implementar

3.3.1 Cajas para instalaciones eléctricas. Es aquella donde se puede realizar el montaje de los equipamientos eléctricos y además los protege. Son versátiles, fáciles de perforar y altamente resistentes.

Figura 27. Caja para instalaciones eléctricas



Fuente: <http://goo.gl/IBAmfI>

Tabla 21. Características de la caja para instalaciones eléctricas

Caja para instalaciones eléctricas		
Marca	Modelo	Características
STECK	LOGICBOX STECK SLB.431	Tapa :transparente Dimensionesinternas:462×284×180mm Grado de protección:IP56 Materias primas: material termo-plástico auto-extinguible

Fuente: GAMA Materiales Eléctricos S.R.L

3.3.2 Contactor. Es un componente electromecánico de mando, encargado de conectar o interrumpir el paso de corriente en sus contactos, que se abren o cierran gracias al accionamiento de una bobina eléctrica.

También es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación, con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento una estable o de reposo (MARTÍN-GARCÍA, pág. 137)

Figura 28. Contactor



Fuente: <http://goo.gl/IBAmfI>

Tabla 22. Características del contactor

Contactor		
Marca	Modelo	Características
Stromelec	C1D0910	Contactor para corriente alterna, con una intensidad de 9-10 A, para 120V~/60Hz, Tiene 3 contactos principales y un contacto auxiliar.

Fuente: GAMA Materiales Eléctricos S.R.L

3.3.3 Temporizador analógico multi-rango. Es un dispositivo, con frecuencia programable, que permite medir el tiempo. Con un temporizador podemos regular la conexión ó desconexión de un circuito eléctrico después de que se ha programado un tiempo. El elemento fundamental del temporizador es un contador binario, encargado de medir los pulsos suministrados por algún circuito oscilador, con una base de tiempo estable y conocida. El tiempo es determinado por una actividad o proceso que se necesite controlar. Se diferencia del relé, en que los contactos del temporizador no cambian de posición instantáneamente. (MARTÍN-GARCÍA, pág. 152)

Figura 29. Temporizador



Fuente: <http://goo.gl/7ga2D7>

Tabla 23. Características del temporizador

Temporizador análogo		
Marca	Modelo	Características
Camsco	A(6s-60m)	Tensión de alimentación 220V AC~, de 18A, para fijación a base de 8 pines redondos.

Fuente: GAMA Materiales Eléctricos S.R.L

3.3.4 Relé térmico. Es un dispositivo de protección utilizado en circuitos de automatismo, destinados al arranque de motores. Con él protege al motor contra sobrecargas y fallos debidos a la falta de una fase. Por tanto, siempre que se realice un circuito para el arranque de un motor, es necesario utilizar un relé térmico.

La parte de fuerza del relé térmico es la encargada de detectar la sobrecarga. Los contactores auxiliares se utilizan para la desconexión del circuito de mando del contactor que gestiona el motor y para señalar el disparo. (MARTÍN-GARCÍA, pág. 158)

Figura 30. Relé térmico



Fuente: <http://www.automatizando.com.co/relestermicos.htm>

Tabla 24. Relé térmico

Relé térmico		
Marca	Modelo	Características
Stromelec	LR2D13	Tensión de alimentación 220V~ AC, intensidad de 13A, un regulador de amperios, un contactor NA y NC, 3 contactos principales.

Fuente: GAMA Materiales Eléctricos S.R.L

3.4.5 *Relé magnetotérmico.* Cuando la intensidad que circula de potencia supera los límites del reglaje hecho sobre el relé magnético, es capaz de atraer a una armadura mediante la cual podrá abrirse un contacto, y con él tirar la maniobra y como consecuencia desconectar el receptor. (BUQUÉ, 2008, pág. 76)

Figura 31. Relé magneto térmico



Fuente: <http://goo.gl/cnuw2X>

Tabla 25. Características del relé magneto térmico

Relé magnetotérmico		
Marca	Modelo	Características
STECK	SDZ 3P C16	Intensidad de 16A, voltaje de 400V~/60-50Hz, 3 contactos principales.

Fuente: GAMA Materiales Eléctricos S.R.L

3.4.6 *Canaleta ranurada.* Son elementos apropiados para alambrear tableros de control, los cables se pueden colocar y retirar con facilidad.

Figura 32. Canaleta ranurada



Fuente:<http://goo.gl/i1sHuj>

Tabla 26. Características de la canaleta ranurada

Canaleta ranurada		
Marca	Modelo	Características
Camsco	AD-0L-(25x25)	Tiene una temperatura de servicio de 40°C + 85°C, Disponibles en color gris en 8 tamaños.

Fuente: GAMA Materiales Eléctricos S.R.L

3.4.7 *Porta fusibles.* En las instalaciones eléctricas en donde la corriente excede a 30A, es necesario usar fusibles del llamado tipo cartucho y su correspondiente portafusibles. Este tipo de fusibles se fabrican para una gama más amplia de voltajes y corrientes; y los portafusibles están diseñados de tal forma que es difícil colocar un fusible de una capacidad de corriente diferente a la que corresponde al portafusible, o mejor dicho, al rango que corresponde.

Figura 33. Porta fusibles



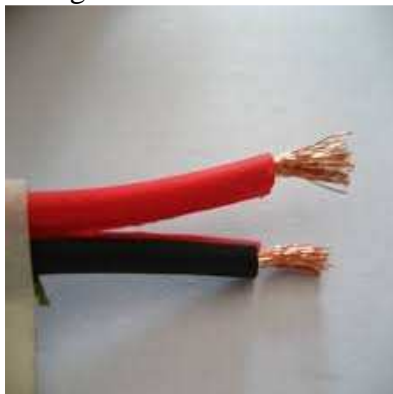
Fuente: <http://goo.gl/MxqpVH>
 Tabla 27. Características del porta fusibles

Porta fusibles		
Marca	Modelo	Características
Camsco	RT18-32	Corriente nominal de 32A, tensión 500V~.Colocado un fusible de 2A.

Fuente: GAMA Materiales Eléctricos S.R.L

3.4.8 Cable flexible. Los cables flexibles son usados generalmente para conectar equipos y aparatos móviles. Su característica de flexibilidad los faculta para soportar movimientos o vibraciones que se presentan en algunas aplicaciones específicas. Los cables Flexibles cable permiten que durante su instalación y operación sean maniobrables y conserven sus propiedades eléctricas y mecánicas, de tal forma que la conducción de energía eléctrica se realice de forma segura y confiable.

Figura 34. Cable flexible



Fuente: Electrotelecom AC

3.4.9 *Terminales.* Son accesorios que se colocan al final o principio de un conductor (cables flexibles), son de varias secciones dependiendo del cable que se va a conectar. Sirven para armar un circuito, conectando los cables con los elementos de maniobra (contactor, relé térmico, temporizador etc.)

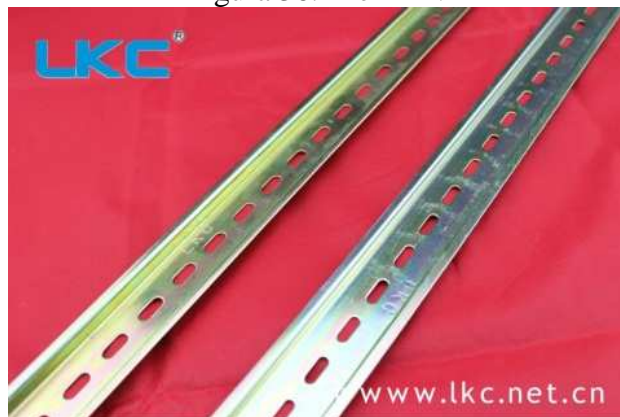
Figura 35. Terminales



Fuente: Electrotelecom AC

3.4.10 *Riel DIN.* Es una barra de metal normalizada de 35mm de ancho con una sección transversal en forma de sombrero. Es muy usado para el montaje de elementos eléctricos de protección y mando, tanto en aplicaciones industriales como en viviendas.

Figura 36. Riel DIN



Fuente: Electrotelecom AC

3.4.11 *Pulsadores.* Son de accionamiento manual. Permiten abrir y/o cerrar circuitos cuando se ejerce presión sobre él. Sus contactos vuelven a la posición de reposo, mediante un resorte cuando cesa la acción.

Los botones de los pulsadores pueden ser de diferentes colores, pero hay que prestar especial atención al color verde que se utiliza para la puesta en marcha y al rojo que se utiliza para la parada. (BUQUÉ, 2008, pág. 143)

Figura 37. Pulsadores



Fuente: Electrotelecom AC

3.4.12 *Espiral para cable.* Es un tubo organizador de cables. Sirve para cubrir los cables en un circuito, en aparatos de sonido, para organizar cables de equipo de cómputo, etc

Figura 38. Espiral para cable



Fuente: Electrotelecom AC

3.4.13 *Lámparas piloto.* Son dispositivos de señalización luminosa y disponen de un tamaño similar al de los pulsadores. Se pueden utilizar de diferentes colores, reservando el rojo para señalización de fallos y alarmas. (BUQUÉ, 2008, pág. 150)

Figura 39. Lámparas piloto



Fuente: Electrotelecom AC

3.4.14 *Borneras tipo banana.* El borne tipo banana es un tipo de conector seguro entre la red trifásica y el circuito a ser alimentado al momento de realizar una práctica de laboratorio.

Figura 40. Borneras tipo banana



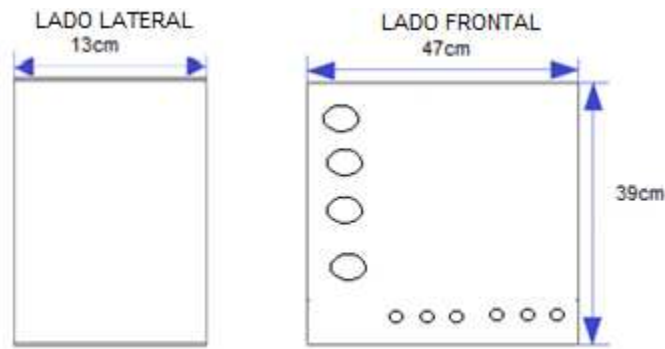
Fuente: Electrotelecom AC

3.5 Montaje de los equipos a implementarse

Los aparatos de maniobras y accesorios se montan en la estación de trabajo para poder desarrollar las prácticas de laboratorio para la medición y análisis de señales analógicas en el arranque estrella-triángulo

3.5.1 *Tablero eléctrico.* Para proceder armar el tablero eléctrico nos guiamos del circuito de mando y de potencia ,el tablero tiene las siguientes medidas:

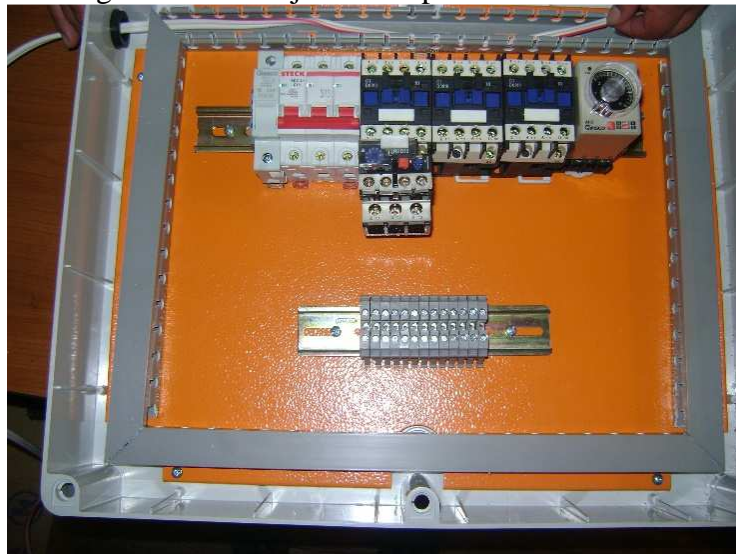
Figura 41. Tablero eléctrico



Fuente: Autoras

3.5.2 Montaje de los aparatos de maniobra. Una vez perforada la caja con sus respectivos orificios colocamos los pulsadores, las lámparas piloto y las borneras hembras tipo bananas

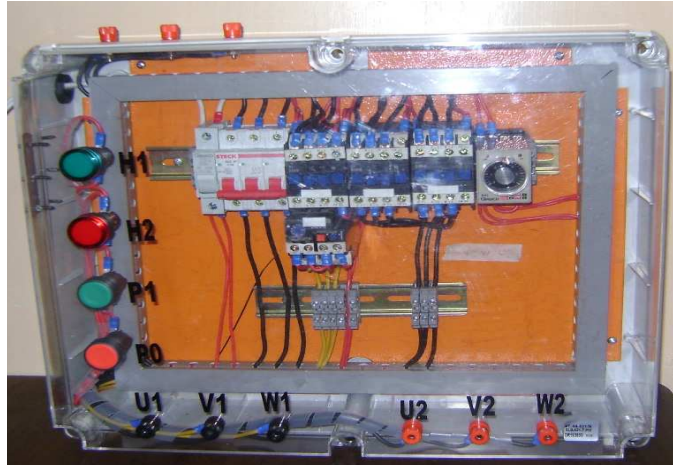
Figura 42. Montaje de los aparatos de maniobra



Fuente: Autoras

Colocamos los diferentes elementos en el riel din del tablero eléctrico, guiándonos del circuito de mando y circuito de potencia, se ajustan las conexiones internas de los cables, verificamos el funcionamiento, colocamos la canaleta y envolvemos el espiral para cubrir los cables.

Figura 43. Armado del tablero eléctrico



Fuente: Autoras

3.6 Medición y análisis de parámetros eléctricos en el arranque estrella-triángulo de un motor asincrónico jaula de ardilla trifásico

Para el análisis y medición de los parámetros que se producen en el arranque estrella-triángulo de un motor jaula de ardilla trifásica se realizaron las conexiones y el montaje del circuito de potencia mostrado en la Figura 7. En la Tabla 28 se detallan los equipos, aparatos de maniobra y accesorios utilizados para este propósito.

Tabla 28. Lista de equipos, aparatos de maniobra y accesorios para la medición de parámetros en el arranque estrella-triángulo

Identificación	Cantidad
Fuente de energía	1
Tablero de eléctrico	1
Cables flexibles	10
Motor de inducción jaula de ardilla	1
Electrodinómetro	1
Osciloscopio de almacenamiento digital	1
Pinza amperimétrica	1
Multímetro	1
Tacómetro	1

Fuente: Autoras

Se selecciona un método de arranque a tensión reducida, cuando no se requiera de un elevado par de arranque. La tensión en el arranque se reduce con el propósito de reducir la corriente de arranque.

3.6.1 Resultados en el arranque estrella-triángulo

En la tabla 29 se muestran las características de placa del motor asincrónico jaula de ardilla trifásico, estos valores servirán de referencia para determinar su variación durante el arranque y en su régimen estable de funcionamiento en el arranque estrella - triángulo

Tabla 29. Características de un motor trifásico jaula de ardilla para el arranque estrella-triángulo

Intensidad(I_n)	Potencia (P)	Velocidad (n)	Frecuencia
1.2 ^a	175W	1670 RPM	60Hz

Fuente: Autoras

En la tabla 30 se indican las mediciones obtenidas en el motor conectado en estrella-triángulo, durante el arranque trabaja en vacío y con carga variable. Para realizar el arranque estrella- triángulo es necesario tener un motor de 6 terminales accesibles para provocar la transición (estrella-triángulo).

Tabla 30. Resultados en arranque estrella-triángulo en un motor MAJA 3F

Arranque estrella-triángulo (fuente variable 4-5-6)						
Carga [lb × plg]	t_{arr} [s]	I_{arr} [A]	I_{re} [A]	V_{FA} [V]	V_{Fr} [V]	RPM
Vacío	5	1,7	0,7	68,3	118,9	1774
2	5	3,6	0,8	66,2	117	1753
4	7	3,7	0,9	67	102	1731

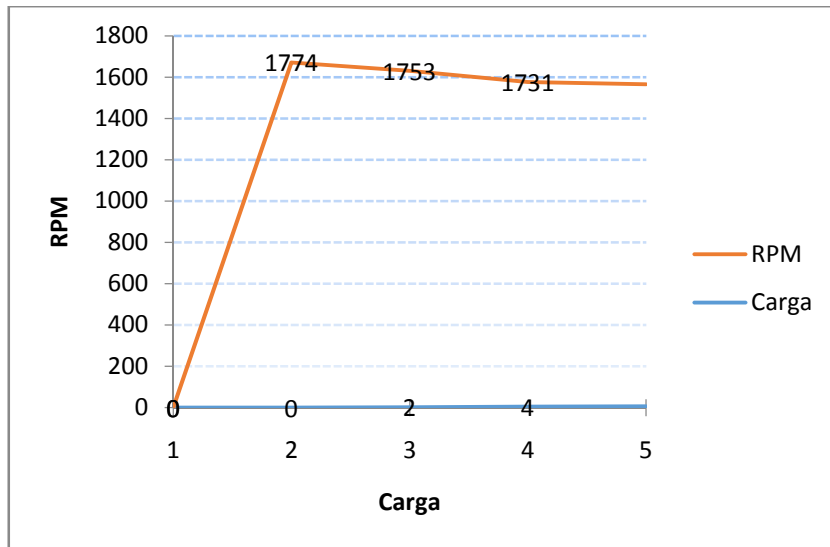
Fuente: Autoras

En el arranque estrella -triángulo la I_{arr} se reduce en $\sqrt{3}$;el momento par de arranque se reduce a $1/3 M_{nom}$.Para el arranque por estrella- triángulo la tensión se reduce, únicamente cuando arranca el motor, para luego alimentar al motor con la tensión nominal.

$$U_{arr} = \frac{U_L}{\sqrt{3}} = \frac{120}{\sqrt{3}} \approx 70V \quad (1)$$

$$U_{reg} = U_L = 120V$$

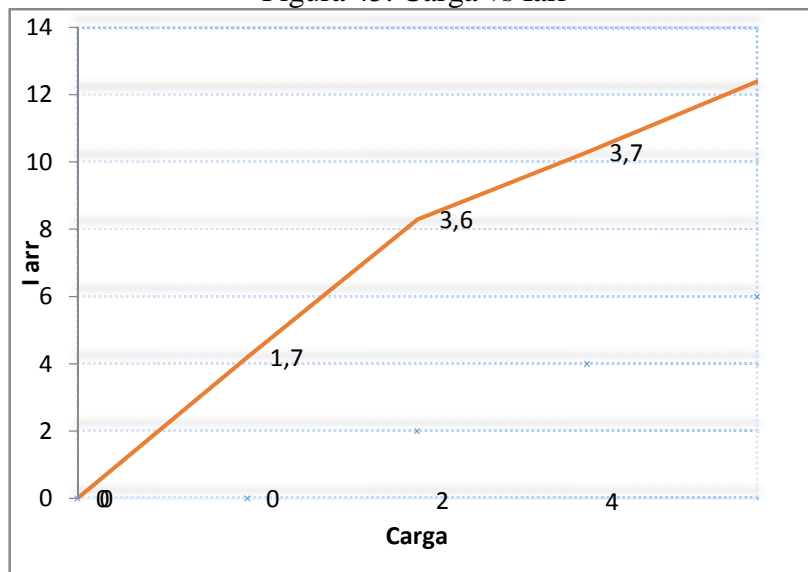
Figura 44. Carga vs RPM



Fuente:Autoras

En la figura 44 se observa como las RPM disminuyen según la carga que se coloca, cuando el motor arranca en vacío se puede observar que RPM son altas, pero cuando colocamos una carga de 4lbxpulg observamos que los RPM son bajas.

Figura 45. Carga vs Iarr

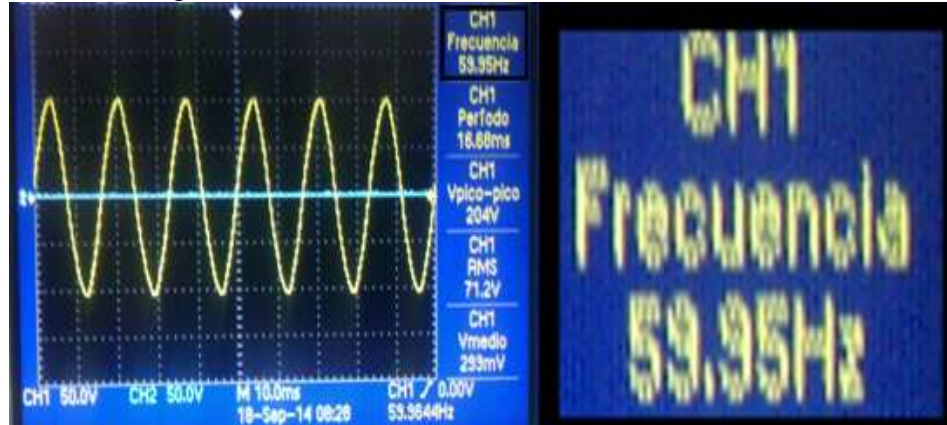


Fuente:Autoras

En la figura 45 observamos que la intensidad de arranque se va incrementando según la carga que se coloca en el electrodinómetro.

3.6.2 *Mediciones con el osciloscopio en el arranque estrella- triángulo.* Se observó las siguientes medidas que fueron tomadas con el osciloscopio.

Figura 46. Valor de la frecuencia medida en la red



Fuente:Tektronix

El valor de la frecuencia que se trabaja en el Ecuador es 60 Hz ,los cual se pudo observar en el osciloscopio con un valor aproximado de 59,95 Hz.

Figura 47. Valor del período



Fuente:Tektronix

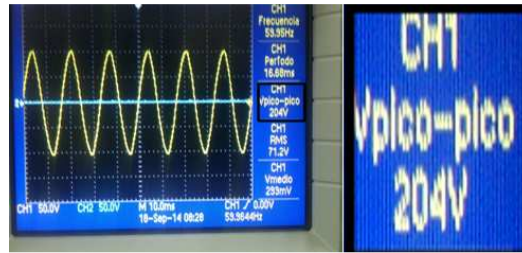
El tiempo que se obtuvo es necesario para que un ciclo de la señal de la frecuencia se produzca y es la inversa de la frecuencia

$$T = 1 / f \tag{2}$$

$$T = 1 / 59,95 \text{ Hz}$$

$$T=16,68 \text{ ms}$$

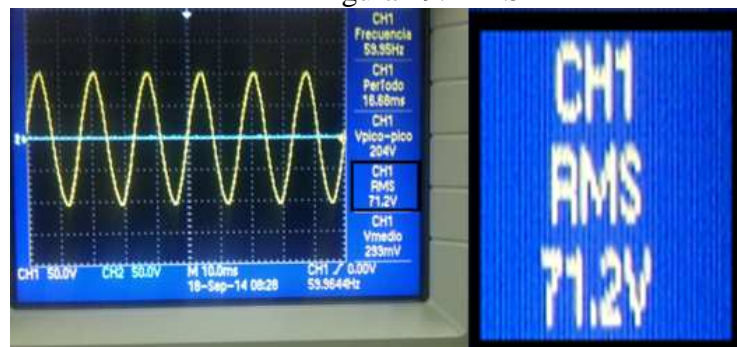
Figura 48. V pico-pico



Fuente: Tektronix

La diferencia entre el voltaje máximo y un voltaje mínimo es el valor del Vpp dando como resultado un valor de 204 V.

Figura 49. RMS



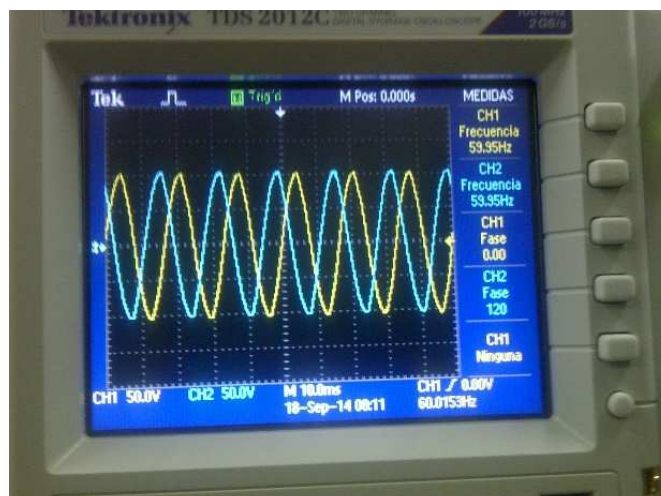
Fuente: Tektronix

$$\text{RMS} = V_p * 0,707 \tag{3}$$

$$\text{RMS} = 102V * 0,707$$

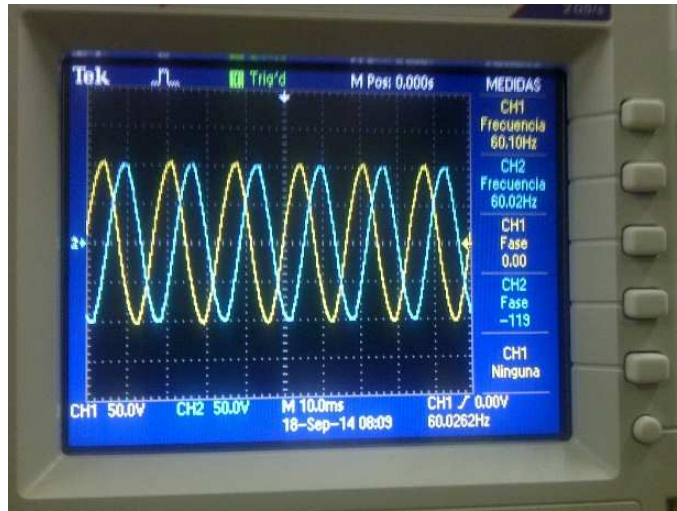
$$\text{RMS} = 72,1V$$

Figura 50. Desfase de los devanados entre 0 y 120 ° de un motor trifásico



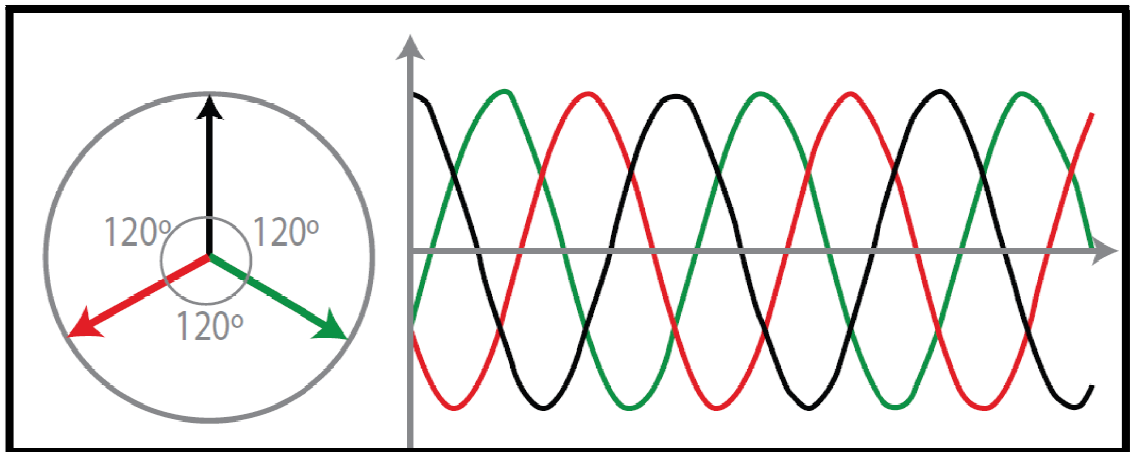
Fuente: Tektronix

Figura 51. Desfase de los devanados entre 0 y -120 ° de un motor trifásico



Fuente: Autoras

Figura 52. Sistema trifásico equilibrado



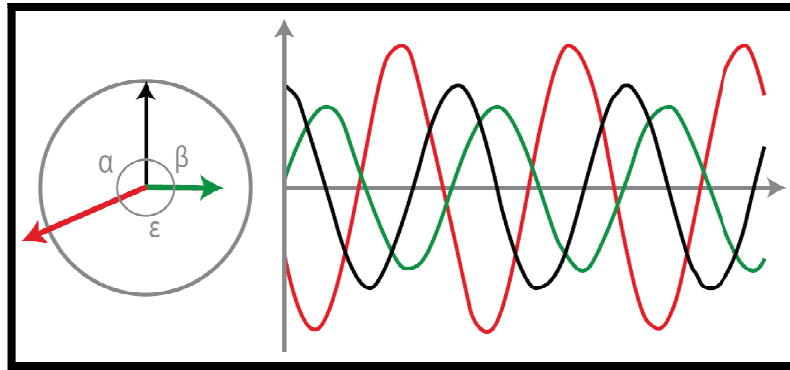
Fuente: Motores y máquinas eléctricas

El sistema trifásico de tensiones o corriente está perfectamente equilibrado cuando sus tres fases (R, S, y T) tienen un desplazamiento angular de 120° entre ellas y los módulos de sus vectores tienen la misma magnitud es decir están desfasados simétricamente.

El sistema trifásico presenta una serie de ventajas como son la economía de sus líneas de transporte de energía (hilos más finos que en una línea monofásica equivalente).

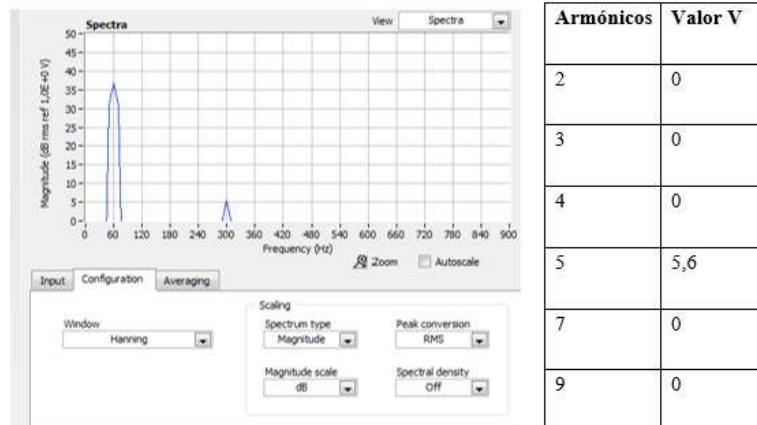
En caso que el sistema este desequilibrado el conjunto de impedancia es distintas, puede ocurrir que los módulos vectoriales de cada una de las fases sean distintos, que el espacio angular (desfases) entre dos vectores sea diferente de 120° , o que ocurran ambas cosas a la vez.(GARCÍA/ALABERN, 2005)

Figura 53. Sistema trifásico desequilibrado



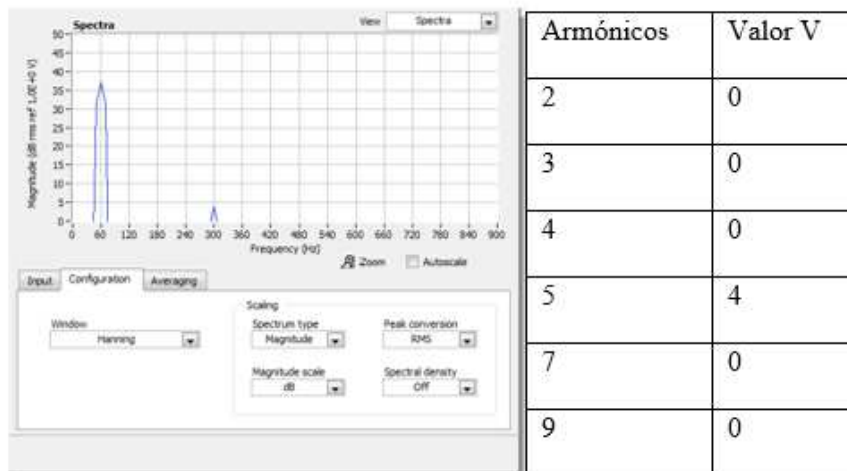
Fuente: Motores y máquinas eléctricas

Figura 54. Armónicos medidos en el arranque estrella-triángulo sin carga



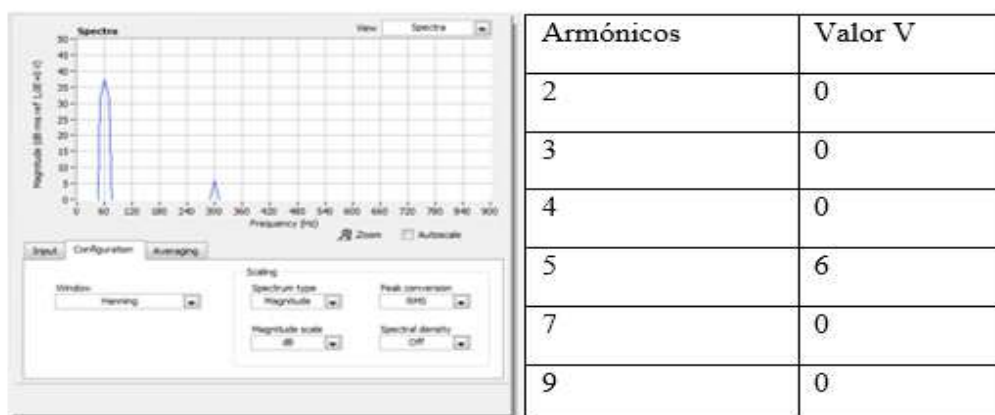
Fuente: Autoras

Figura 55. Armónicos medidos en el arranque estrella-triángulo con carga de 2lbf-plg



Fuente: Autoras

Figura 56. Armónicos medidos en el arranque estrella-triángulo con carga de 4lbf-plg



Fuente: Autoras

Los armónicos en los motores jaula de ardilla trifásica es la distorsión producida por saturación magnética en los núcleos del motor o transformador o por la acción de conmutación de tiristores en mandos eléctricos. La distorsión de un voltaje y corriente puede atribuirse a los armónicos que contiene.

Un armónico es cualquier corriente (I) y tensión (V) cuya frecuencia es un múltiplo entero de (2,3, 4, etc. veces) la frecuencia de línea.

El fenómeno de los armónicos afecta a los motores eléctricos cuando existe excesivo calor que se produce por las demandas de corrientes anormales.

3.7 Medición y análisis de parámetros eléctricos en el arranque directo de un motor asincrónico jaula de ardilla trifásico.

Para el análisis y medición de los parámetros que se producen en el arranque directo de un motor jaula de ardilla trifásico se realizaron las conexiones y el montaje del circuito de potencia mostrado en la figura 4. En la tabla 31 se detallan los equipos, aparatos de maniobra y accesorios utilizados para este propósito

Tabla 31. Lista de equipos, aparatos de maniobra y accesorios para la medición de parámetros en el arranque directo

Identificación	Cantidad
Fuente de energía	1
Tablero de componentes	1
Cables flexibles	10

Interruptor de circuito	1
Pulsador abierto	1
Pulsador cerrado	1
Contactores electromagnéticos	1
Motor de inducción jaula de ardilla	1
Electro-dinamómetro	1
Pinza amperimétrica	1
Multímetro	1
Tacómetro	1

Fuente: Autoras

3.7.1 Resultados en el arranque directo con motor jaula de ardilla. En la tabla 32 se muestran las características de placa del motor asincrónico jaula de ardilla trifásico, estos valores servirán de referencia para determinar su variación durante el arranque y en su régimen estable de funcionamiento.

Tabla 32. Características de un motor trifásico jaula de ardilla para el arranque directo

Intensidad (I_n)	Potencia (P)	Velocidad (n)	Frecuencia
1.2 A	175W	1670 RPM	60Hz

Fuente: Autoras

En la tabla 33 se indican las mediciones obtenidas en el motor conectados sus devanados en estrella, durante el arranque directo trabajando en vacío y con carga variable.

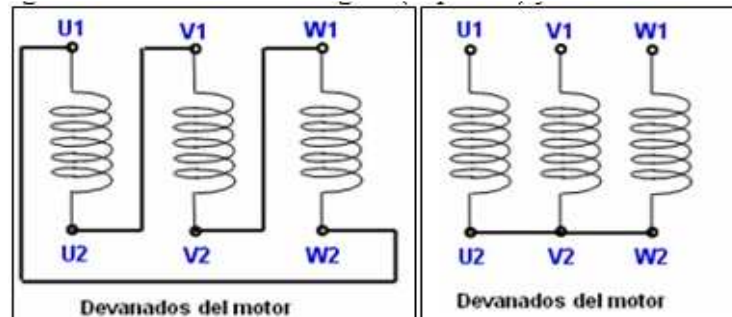
Tabla 33. Resultados en arranque directo en vacío y con carga en el motor trifásico jaula de ardilla

Arranque directo (fuente fija 1-2-3)							
Carga [lb × plg]	t_{arr} [s]	I_{arr} [A]	I_{re} [A]	U_L [V]	U_{FA} [V]	U_{Ff} [V]	RPM
Vacío	2	4,2	0,8	205	118	118	1671
2	3	6,3	0,8	204	117,2	117,7	1728
4	3	6,3	0,9	204	116,2	116,7	1573
6	3	6,4	1,0	204	115,8	115,3	1560

Fuente: Autoras

El dato de placa referente al voltaje $U = 120V$ y la intensidad $I = 1.2A$ corresponde a la conexión en triángulo.

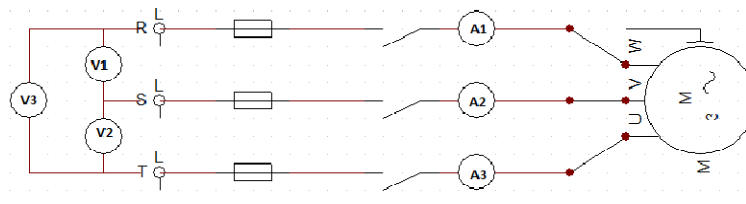
Figura 57. Conexión en triángulo (izquierda) y conexión en estrella



Fuente: <http://goo.gl/bvdKUE>

A continuación se puede visualizar como se realizó la toma de medidas tanto de voltaje como de intensidad en el arranque directo con un motor trifásico MAJA 3F.

Figura 58. Diagrama de medición de voltaje de línea e intensidad



Fuente: Autoras

$$\left. \begin{array}{l} V1 = V_{RS} \\ V2 = V_{ST} \\ V3 = V_{RT} \end{array} \right\} \text{Corresponde al voltaje de línea } V_L$$

El voltaje $V = 120$ es la tensión que se aplica a cada devanado. De las mediciones realizadas se determina que:

- Cuando arranca en vacío la I_{arr} alcanza un valor de bajo. A medida que se incrementa la carga la I_{arr} aumenta.
- Con carga en el motor la I_{arr} llegó a ser los $8 I_n$ (7,2 A) por su conexión en estrella; los 9,6A para la conexión en triángulo.

- Las I_{arr} elevados provocan un sobrecalentamiento del motor, lo cual ocasiona un incremento en la pérdida del mismo. Si el número de las maniobras es elevado (# arranques) podría activar la protección térmica, lo cual evitará que el motor vuelva a arrancar.
- El arranque directo se lo selecciona cuando se requiere de un alto par de arranque.

3.8 Medición y análisis de parámetros eléctricos en el arranque por resistencias estatóricas de un motor asincrónico jaula de ardilla trifásico.

Medición y análisis de parámetros eléctricos en el arranque por resistencias estatóricas de un motor asincrónico jaula de ardilla trifásico.

Para el análisis y medición de los parámetros que se producen en el arranque por resistencias estatóricas de un motor jaula de ardilla trifásica se realizaron las conexiones y el montaje del circuito de potencia mostrado en la figura 5. En la tabla 34 se detallan los equipos, aparatos de maniobra y accesorios utilizados para este propósito.

Tabla 34. Lista de equipos, aparatos de maniobra y accesorios para la medición de parámetros en el arranque por resistencias estatóricas

Identificación	Cantidad
Fuente de energía	1
Tablero de componentes	2
Cables flexibles	10
Interruptor de circuito	1
Pulsador abierto	1
Pulsador cerrado	1
Contactores electromagnéticos	2
Resistencias	2
Electrodinamómetro	1
Motor de inducción jaula de ardilla	1
Pinza amperimétrica	1
Multímetro	1
Tacómetro	1

Fuente: Autoras

Para seleccionar un método de arranque a tensión reducida se debe tomar en cuenta que no se requiera de un elevado par de arranque. La tensión en el arranque se reduce con el propósito de reducir la I_{arr} .

3.8.1 Resultados en el arranque por resistencias estáticas. En la tabla 35 se indican las mediciones obtenidas en el arranque por resistencias estáticas con el motor MAJA, durante el arranque trabaja en vacío y con carga variable

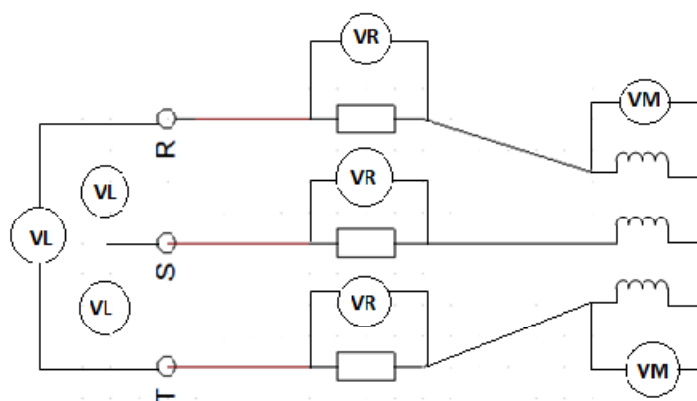
Tabla 35. Resultados en arranque por resistencias estáticas de un MAJA 3F

Arranque por resistencias estáticas (fuente fija 1-2-3)							
Carga [lb × plg]	t_{arr} [s]	I_{arr} [A]	I_{re} [A]	V_R [V]	V_{FA} [V]	V_{Ff} [V]	RPM
Vacío	7	3,1	0,8	30	97	114	1760
2	8	3,3	0,8	30	89	115	1752
4	9I	3,3	0,9	30	88,3	115,8	1743

Fuente: Autoras

Cuando es un arranque por resistencias estáticas, la tensión se reduce, únicamente cuando arranca el motor, para luego alimentar al motor con la tensión nominal.

Figura 59. Diagrama de medición de voltaje



Fuente: Autoras

Cuando se arranca a tensión reducida por resistencias en el primario las pérdidas de potencia (energía) se incrementan, estas se disipan en el aire. En consecuencia se incrementan los costos de consumo de energía

3.9 Descripción de los equipos, aparatos de maniobra y accesorios necesarios para armar los circuitos de potencia y mando en el arranque directo y a tensión reducida del motor trifásico jaula de ardilla

3.9.1 Fuente de alimentación o fuente de energía. Es la que suministra toda la energía necesaria de CA/CD, fija y variable, de una y tres fases. El modulo debe conectarse a un sistema de tres fases en Y, 120/ 208 volts, de cuatro hilos (con el quinto hilo a tierra).La energía llega a través de una clavija de cinco patas posteriores del módulo.

Figura 60. Fuente de alimentación



Fuente: Laboratorio de control industrial

Tabla 36. Características de la fuente de alimentación

Fuente de energía		
Marca	Modelo	Rango de energía
Lab-Volt	EMS 8812	CA/CD, fija y variable, de una y tres fases.

Fuente: Control de motores industriales

3.9.2 Tablero de componentes. El tablero de componentes proporciona un método conveniente de armar los dispositivos para realizar los experimentos anotados en el manual del estudiante, se debe montar en las aberturas del módulo, por medio de los muelles de hoja de fijación que lo mantiene en su sitio.

Los tableros también proporcionan un camino a tierra para el marco metálico de cada dispositivo de control

Figura 61. Tablero de componentes



Fuente: Laboratorio de control industrial

Tabla 37. Características del tablero de componentes

Tablero de componentes	
Marca	Modelo
Lab-Volt	EMS 9127

Fuente: Control de motores industriales

3.9.3 Relé temporizado. Un relevador de tiempo o de retardo es un dispositivo de circuito de control que suministra una función de conmutación con el paso del tiempo. (WILDI, y otros, 1981)

Figura 62. Relé temporizador



Fuente: Control de motores industriales

Tabla 38. Características del relé temporizado

Relé temporizado		
Marca	Modelo	Características
Lab-Volt	EMS 9107-2	bobina 120V-60Hz contactos 250V-10A-CA

Fuente: Control de motores industriales

3.9.4 Contactor electromagnético. Los contactos son dispositivos para establecer e interrumpir repetidamente un circuito de energía eléctrica. Un contactor electromagnético es un relevador del tipo de potencia con contactos de trabajo pesado para interrumpir cargas industriales. (WILDI, y otros, 1981)

Figura 63. Contactor



Fuente: Control de motores industriales

Tabla 39. Características del contactor electromagnético

Contactor electromagnético		
Marca	Modelo	Características
Lab-Volt	EMS 9106-2	Bobina 120 V-60 Hz

Fuente: Autoras

3.9.5 Pulsador abierto /cerrado o interruptores de botones de presión. Es un dispositivo para establecer, interrumpir o cambiar las conexiones de un circuito eléctrico. Puede ser un circuito normalmente abierto y normalmente cerrado.

Figura 64. Pulsador abierto y cerrado



Fuente: <http://goo.gl/ydtvIk>

Tabla 40. Características del pulsador abierto y pulsador cerrado

Pulsadores abierto y pulsador cerrado		
Marca	Modelo	Características
Lab-Volt	EMS 9102(rojo) EMS 9103(negro)	120V-10A –CA/CC

Fuente: Autoras

3.9.6 *Interruptor de circuito.* Es un dispositivo diseñado para abrir y cerrar un circuito por medios no automáticos y de abrir automáticamente el circuito a una sobrecarga predeterminada de corriente, sin daño a si mismo cuando se usa apropiadamente dentro de sus especificaciones. (WILDI, y otros, 1981)

Figura 65. Interruptor de circuito



Fuente: Control de motores industriales

Tabla 41. Características del interruptor de circuito

Interruptor de circuito		
Marca	Modelo	Características
Lab-Volt	EMS 9110-2	208V-3 ϕ -5 ^a

Fuente: Autora

3.9.7 *Cables para la conexión.* El conjunto de cables consisten en cables de conexión con clavijas de banana de apilación. Estos cables altamente flexibles para uso pesado vienen en distintas longitudes y colores para utilizarlos en las interconexiones de los circuitos de control. (WILDI, y otros, 1981)

Figura 66. Cables flexibles



Fuente: Control de motores industriales

Tabla 42. Características de cables para la conexión

Cables para la conexión	
Marca	Modelo
Lab-Volt	EMS 9128

Fuente: Control de motores industriales

3.9.8 *Motor de inducción jaula de ardilla.* Llamado también rotor jaula de ardilla es aquel que tiene un cilindro acoplado a un eje y en el interior tiene un rotor constituido por chapas longitudinales de aluminio o de cobre y estas se conectan con los anillos de los extremos en corto circuito. Es similar a la jaula de un hámster por su sencillez constructiva.

Figura 67. Motor de inducción jaula de ardilla



Fuente: Laboratorio de control industrial

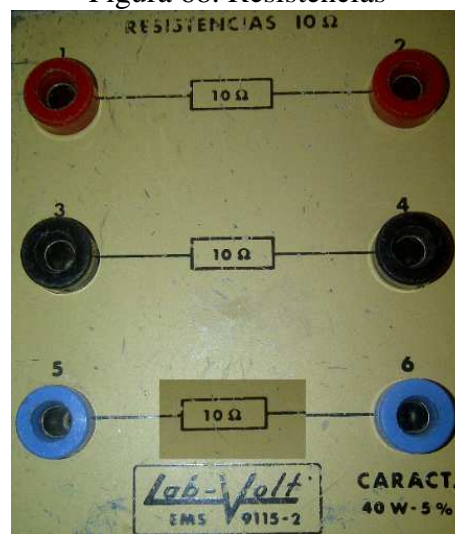
Tabla 43. Características del motor de inducción jaula de ardilla

Motor de inducción jaula de ardilla		
Marca	Modelo	Características
Lab-Volt	EMS 8221-20	175W-1670 r/min- 208V-1,2A;3Ø-60 Hz

Fuente: Control de motores industriales

3.9.9 Resistencias. Las resistencias se utilizan en los circuitos de control de motores para limitar el flujo de la corriente durante determinados períodos de funcionamiento. También se utiliza como divisores de voltaje o para limitar el voltaje aplicando a los dispositivos piloto. Contrario a los inductores o capacitores, las resistencias no pueden almacenar energía eléctrica sino que la disipan en forma de calor. Cada una de las resistencias contiene tres resistencias idénticas separadas. Los elementos de resistencia son dispositivos del tipo de potencia que pueden soportar grandes sobrecargas por períodos reducidos.

Figura 68. Resistencias



Fuente: Laboratorio de control industrial

Tabla 44. Características de las resistencias

Resistencias		
Marca	Modelo	Características
Lab-Volt	EMS 9115-2.	40 W-5% de tolerancia

Fuente: Control de motores industriales

3.9.10 Electrodinamómetro. El electrodinamómetro utiliza dos campos electromagnéticos para su funcionamiento. Un campo lo crea la corriente por un par de bobinas fijas conectadas en serie. El otro campo se debe a la corriente que circula por una bobina móvil asociada al eje pivote.

Si las corrientes en las bobinas están en los sentidos correctos, la aguja gira en el sentido de las agujas del reloj. El par de rotación en la bobina móvil se debe a las fuerzas magnéticas opuestas de tres bobinas.

El electrodinamómetro puede funcionar en corriente alterna debido a que la corriente alterna invierte el sentido simultáneamente en las tres bobinas. (FOWLER, 1994, pág. 52)

Figura 69. Electrodinamómetro



Fuente: Laboratorio de control industrial

Tabla 45. Electrodinamómetro

Electrodinamómetro		
Marca	Modelo	Características
Lab-Volt	EMS 8911-2	120V-2A;60Hz Velocidad: :0-5000r/min Par:0-27 lbf-plg

Fuente: Control de motores industriales


CAPÍTULO IV

4. ELABORACIÓN DE LAS GUÍAS PRÁCTICAS DEL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA

4.1 Elaboración de la guía para las prácticas en el laboratorio de Electrónica.

Se recomienda guiarse en este documento para realizar los informes de laboratorio ya que es una pauta que se puede brindar a cada uno de los estudiantes para sus respectivas prácticas en el laboratorio de electrónica.

Figura 70. Estructura del informe de prácticas

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	
	
FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	
GUÍA DE LABORATORIO DE ELECTRÓNICA	
PRÁCTICA No 1 "....."	
1. DATOS GENERALES:	
NOMBRE:	CÓDIGO(S):
GRUPO No.:	
FECHA DE REALIZACIÓN:	FECHA DE ENTREGA:
Contenido:	
1. Tema	
2. Objetivos	
3. Metodología	
4. Materiales y equipos	
5. Marco Teórico	
6. Procedimiento	
7. Conclusiones y recomendaciones	
8. Bibliografía	
Anexos	

Fuente: Autoras

a) *Práctica N°1*

- **Tema**

Comportamiento de un motor jaula de ardilla en arranque directo.

- **Objetivos**

Objetivo general: Observar el comportamiento del motor jaula de ardilla en este tipo de arranque.

Objetivos específicos:

- a) Realizar la conexión del circuito de mando y de potencia en el arranque directo.
- b) Tomar mediciones de corriente y de voltaje al momento del arranque directo con el motor en vacío y con carga
- c) Comparar el voltaje entre las líneas y el voltaje de fase a fin de establecer diferencias.

- **Metodología**

En esta práctica de laboratorio nos basaremos en un método comparativo en él que ayudados por la implementación física del circuito de arranque directo de un motor trifásico jaula de ardilla, relacionaremos magnitudes eléctricas medidas de forma práctica, con aquellas que obtendremos por medio del cálculo.

- **Equipos y materiales**

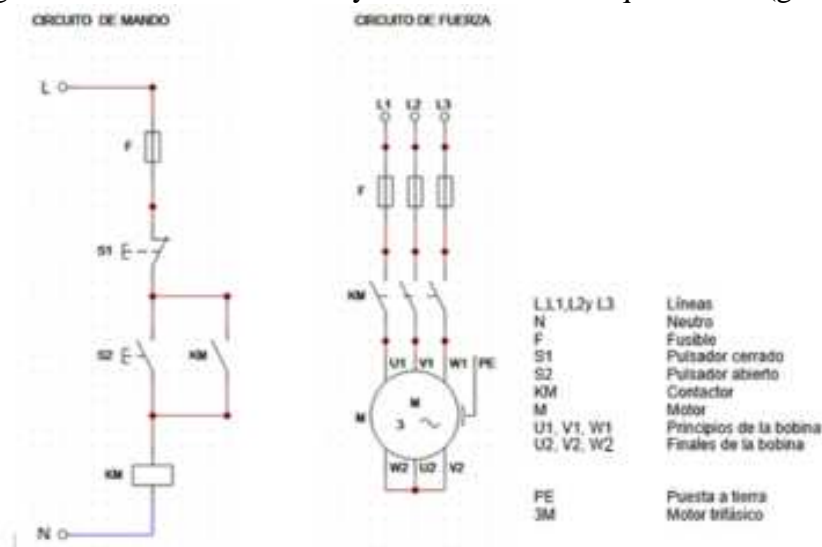
- a) Fuente de energía: Lab-Volt EMS 8812. Características: ca/cd, fija y variable trifásica
- b) 1 Tablero de componentes: Lab-Volt EMS 9127.
- c) 1 Contactores: Lab –Volt EMS 9106-2. Características: bobina 120V-60Hz;250VCA-10A

- d) 1 pulsadores abierto: 120V-10A –CA/CC
- e) 1 pulsador cerrado: 120V-10A –CA/CC
- f) 1 interruptor de circuito: 208V-3Ø-5A
- g) Cables flexibles: Lab-Volt EMS 9128
- h) Motor de inducción jaula de ardilla marca: Lab-Volt EMS8221-20.
Características: 175W-1670 r/min-208V-1,2V;3Ø-60 Hz
- i) Electrodinamómetro
- j) Pinza amperimétrica: Fluke 376.Características: rango corriente CC y AC 999.9 A, resolución0.1 A, precisión1.5%±5 (20-500 Hz) y rango de voltaje CC y AC 1000 V.
- k) Multímetro: Fluke 115.Características: Tensión máxima entre cualquier terminal y tierra 600 V,11 A, 1000 V, 17 kA, 6000 recuentos, actualizaciones 4/s, 33 segmentos, actualizaciones 32/s.

- **Marco teórico**

Arranque directo. Un motor arranca en forma directa cuando a sus bornes se aplica directamente la tensión de la red eléctrica a la que debe trabajar. Este método se emplea solo en máquinas con potencia inferior a 5Kw, la ventaja de este tipo de arranque es su elevado par de arranque, que es 1.5 veces el valor nominal, la intensidad de arranque se eleva de 2.5 a 8 veces la intensidad nominal.

Figura 71. Circuito de mando y de fuerza del arranque directo (guía)



Fuente: Autoras

- **Procedimiento**

Preparar los equipos, aparatos de maniobra y accesorios necesarios para la medición de parámetros en el arranque para implementar la práctica.

Figura 72. Equipos, aparatos de maniobra y accesorios en el arranque directo



Fuente: Autoras

- *Objetivo a:* Realizar la conexión del circuito de mando y de potencia para el arranque directo. Para proceder armar el circuito de mando y de potencia ver en la figura 61.

Figura 73. Circuito de mando y potencia (directo)



Fuente: Autoras

Verificar que todas las conexiones se encuentren realizadas correctamente antes de la puesta en marcha del sistema para prevenir accidentes.

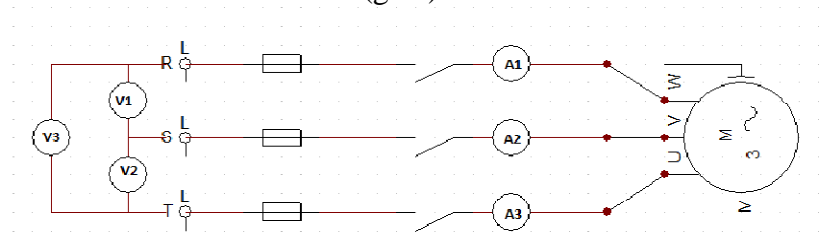
Figura 74. Verificación de la conexión (directo)



Fuente: Autoras

- *objetivo b:* Tomar mediciones de corriente y de voltaje al momento del arranque directo con el motor en vacío y con carga.
 - a) Medir con la pinza amperimétrica la corriente al momento del arranque con el motor en vacío y con carga
 - b) Observar el valor de la corriente de arranque
 - c) Esperar que se estabilice y tomar el valor de la corriente de régimen.
 - d) Medir con el multímetro el voltaje de línea y el voltaje de fase al momento del arranque en vacío y con carga

Figura 75. Diagrama de medición de voltaje de línea, voltaje de fase y de la intensidad (guía)



Fuente: Autoras

- e) Anotar los valores obtenidos en la tabla 46.

A continuación se puede visualizar como se realizó la toma de medidas tanto de voltaje como de intensidad en el arranque directo con un motor trifásico MAJA 3F.

Tabla 46. Resultados en el arranque directo

Arranque directo (fuente fija 1-2-3)							
Carga [lb × plg]	t_{arr} [s]	I_{arr} [A]	I_{re} [A]	U_L [V]	U_{FA} [V]	U_{Ff} [V]	RPM

Fuente: Autoras

- *objetivo c*: Comparar el voltaje entre las líneas y el voltaje de fase a fin de establecer diferencias

Los valores de voltaje de línea y de fase en el arranque directo con el motor en vacío y con carga anotarlos en la tabla 46.

- **Conclusiones y recomendaciones:**

- Conclusiones.* Mediante esta práctica logramos una mejor comprensión de las características que tiene el arranque directo a través de los resultados que observamos en la práctica y relacionamos con la teoría mencionada.
- Recomendaciones.* Procure conectar de forma correcta el multímetro en caso de desconocimiento revise el manual de equipo. Seleccionar la escala apropiada.

Revisar el estado de los cables para su conexión.

- Práctica N° 2*

- **Tema**

Arranque estrella-triángulo en un maja 3f

- **Objetivos**

Objetivo general: Realizar un análisis y verificación del comportamiento de un motor jaula de ardilla en un arranque estrella –triángulo.

Objetivos específicos:

- a) Armar y verificar el circuito de mando y potencia para el arranque estrella –triángulo.
- b) Utilizar el multímetro y la pinza amperimétrica para la medición de magnitudes, voltaje, intensidad aplicando las normas respectivas
- c) Toma de lecturas de las señales con el osciloscopio en el arranque estrella-triángulo

- **Metodología**

Para proceder a realizar la práctica de laboratorio nos guiamos en el diagrama identificando los diferentes componentes luego comprobamos el funcionamiento del circuito de mando y potencia. Tomamos los resultados mediante las diferentes valoraciones obtenidas y formas de ondas que nos muestra el osciloscopio

- **Equipos y materiales**

- a) Fuente de energía: Lab-Volt EMS 8812. Características: ca/cd, fija y variable, trifásica.
- b) 1 Tablero eléctrico
- c) Cables flexibles: Lab-Volt EMS 9128
- d) Motor de inducción jaula de ardilla marca: Lab-Volt EMS 8221-20. Características: 175W-1670 r/min-208V-1,2A;3Ø-60 Hz
- e) Electrodinamómetro
- f) Osciloscopio de almacenamiento digital: Tektronix TDS2012C. Características: 30 W, 2 canales, ancho de banda de 100 MHz.
- g) Pinza amperimétrica: Fluke 376. Características: rango corriente CC y AC 999.9 A, resolución 0.1 A, precisión 1.5%±5 (20-500 Hz) y rango de voltaje CC y AC 1000 V.
- h) Multímetro: Fluke 115. Características: Tensión máxima entre cualquier terminal y tierra 600 V, 11 A, 1000 V, 17 kA, 6000 recuentos, actualizaciones 4/s, 33 segmentos, actualizaciones 32/s
- i) Tacómetro

- **Marco teórico**

Arranque estrella-triángulo. El arranque estrella-triángulo es el más utilizado para motores de pequeña y mediana potencia. Este arranque se lo aplica a los motores cuyos 6 terminales de los tres devanados estáticos tengan salida sobre la placa de bornes y donde la conexión en triángulo corresponda a la tensión de la red.

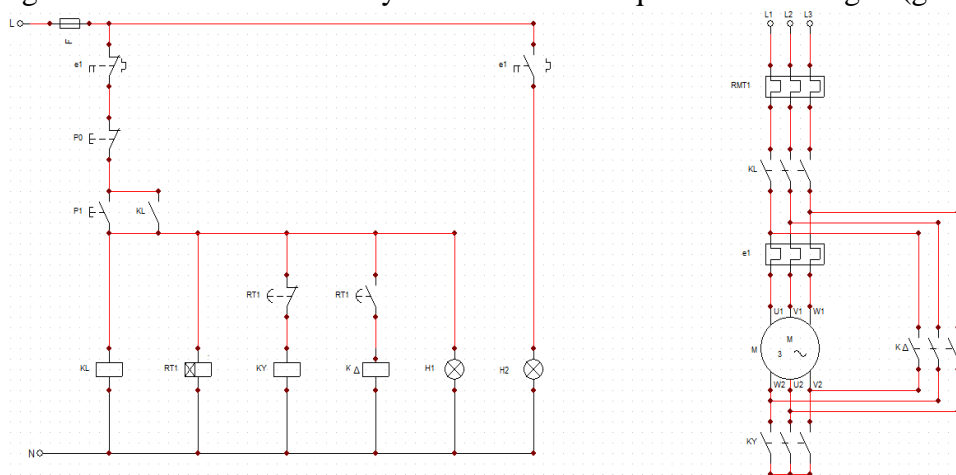
Este arranque tiene un menor consumo de corriente en el momento de la conexión, es simple de realizarlo, su tensión se reduce al 58% de la tensión nominal y es económico.

En la conexión en estrella el arranque consiste en arrancar el motor una vez conectado sus devanados estáticos en estrella.

Los devanados se encuentran alimentados con una tensión igual a la tensión de la red dividida por $\sqrt{3}$ o sea aproximadamente entre un 57% o 58% de la tensión nominal. El par se reduce con relación al cuadrado de la tensión de alimentación, es decir al tercio del par proporcionado por un motor en un arranque directo. Es decir que el $V_F = V_L / \sqrt{3}$.

En la línea de alimentación se reduce la corriente en la misma proporción; cuyo valor típico alcanza los $2I_n$ y un par del $0,5M_n$. En la conexión “Y” el par motor es pequeño y la velocidad se puede estabilizar al final del período. Es decir $V_F = V_L$.

Figura 76. Circuito de mando y fuerza en el arranque estrella-triángulo(guía)



Fuente: Autoras

- **Procedimiento**

Preparar los equipos, aparatos de maniobra y accesorios en el arranque estrella-delta.

Figura 77. Equipos, aparatos de maniobra y accesorios en el arranque estrella-triángulo



Fuente: Autoras

a) *Objetivo a:* Armar y verificar el circuito del arranque estrella -triángulo.

Realizar la conexión del circuito según la figura 76. Acople el electrodinamómetro al MAJA 3F con la banda de sincronización para trabajar con carga.

Verificar que la fuente proporcione los voltajes requeridos. La conexión debe tener la protección para corto circuitos y sobre intensidad.

Figura 78. Verificación de la conexión (estrella-triángulo)



Fuente: Autoras

- b) Objetivo b:** Utilizar el multímetro y la pinza amperimétrica para la medición de magnitudes de voltaje, intensidad aplicando las normas respectivas.

Medición de los voltajes:

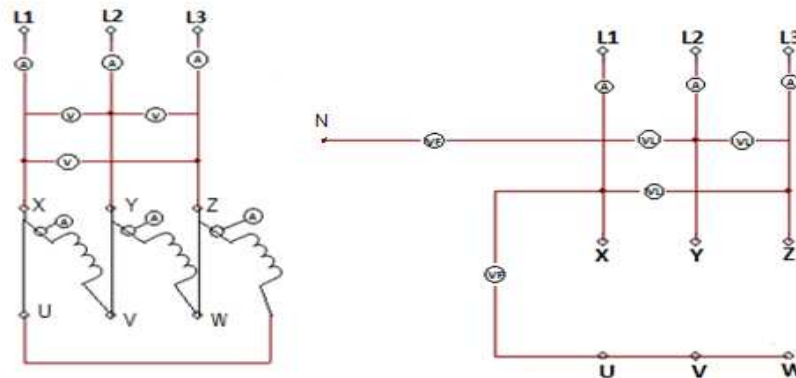
- 1) Realizar la medición de voltaje tanto en la línea como en la fase ayudada del multímetro.
 - a) Poner en escala de voltios de CA.
 - b) Verificar que las puntas del voltímetro se encuentren en buen estado y aisladas.
 - c) Toma de datos.

Medición de las intensidades:

- 2) Escoger la escala apropiada antes de medir.
- 3) Medición de intensidad mediante la pinza amperimétrica tanto en la fase como en la línea.
- 4) Anotar los datos en la tabla 47 tanto en el arranque en vacío como con carga.

A continuación se puede visualizar como se realizó la toma de medidas tanto de voltaje como de intensidad en el arranque estrella-triángulo con un MAJA 3F.

Figura 79. Diagrama de medición de voltaje de línea, voltaje de fase y de la intensidad en el arranque estrella-triángulo (guía)



Fuente: Autoras

Tabla 47. Resultados en el arranque estrella-triángulo

Arranque estrella-triángulo (fuente variable 4-5-6)						
Carga [lb × plg]	t_{arr} [s]	I_{arr} [A]	I_r [A]	V_{FA} [V]	V_{Ff} [V]	RPM

Fuente: Autoras

c) *Objetivo c:* Toma de lecturas de las señales con el osciloscopio en el arranque estrella-triángulo

- 1) Verificar el circuito de mando y de control del arranque estrella – triángulo.
- 2) Encender el osciloscopio, esperar que se cargue completamente.
- 3) Pulsar el botón de Config. Predeter y seleccionar el valor de atenuación determinado por la sonda es 10x.
- 4) Conecte la sonda en el canal 1(CH1), luego presione y gire la sonda de modo que se fije al equipo.
- 5) Conecte la punta de la sonda y el cable de referencia a los terminales PROBECOMP a fin de calibrar el equipo.
- 6) Para calibrar la sonda del osciloscopio pulse el botón auto configuración.

Figura 80. Calibración de la sonda



Fuente: Autoras

- 7) Seleccione la forma de onda cuadrada de ciclos múltiples y calibre la sonda de atenuación con la herramienta de ajuste de forma correcta.

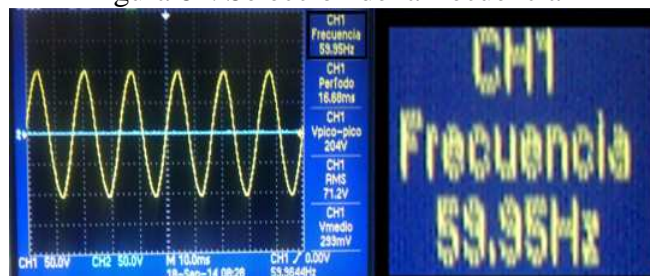
Figura 81. Selección de la onda



Fuente: Tektronix

- 8) Pulsar el botón de medidas para ver el despliegue de los tipos de medidas.
- 9) Seleccionar las medidas como frecuencia.

Figura 82. Selección de la frecuencia



Fuente: Tektronix

En Ecuador la frecuencia es 60 Hz. Medido con el osciloscopio observamos un valor aproximado de 59,95 Hz.

- 10) Ir atrás para seleccionar período

Figura 83. Selección del período



Fuente: Tektronix

Aplicando la fórmula del período comprobamos el resultado que se obtuvo en el osciloscopio

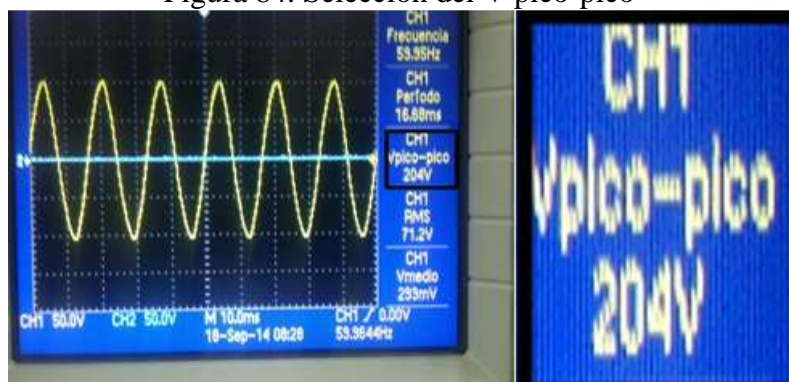
$$T = 1 / f$$

$$T = 1 / 59,95 \text{ Hz}$$

$$T=16,68 \text{ ms}$$

- 11) Pulsar el botón atrás y seleccionar V pico-pico

Figura 84. Selección del V pico-pico

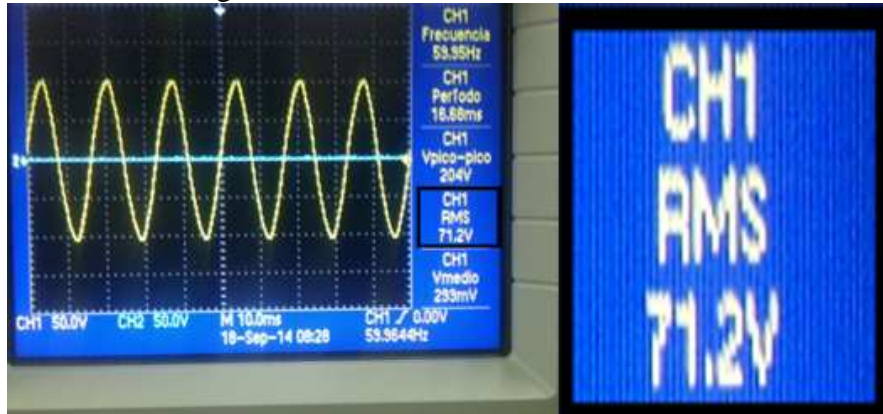


Fuente: Tektronix

La diferencia entre el voltaje máximo y un voltaje mínimo es el valor del Vpp dando como resultado un valor de 204 V.

12) Pulsar el botón atrás y seleccionar CH1 RMS

Figura 85. Visualización del CH1 RMS



Fuente: Tektronix

$$\text{RMS} = V_p * 0,707$$

$$\text{RMS} = 102\text{V} * 0,707$$

$$\text{RMS} = 72,1 \text{ V}$$

a) *Mostrar fase del motor*

1) Una vez calibrada la sonda, procedemos a la toma de medidas

Figura 86. Selección de medidas



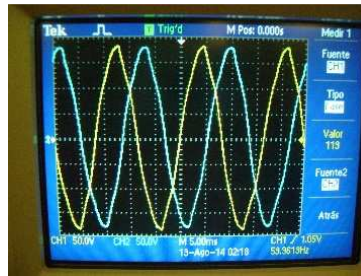
Fuente: Autoras

2) Pulsar el botón medidas y seleccionar frecuencia en el canal 1

3) Pulsar canal 2 y seleccionar frecuencia

4) Regresar a medidas y pulsar en el canal 1 fase 1

Figura 87. Selección en el canal 2



Fuente: Tektronix

- 5) Regresar a medidas, pulsar en el canal 2 fase 2

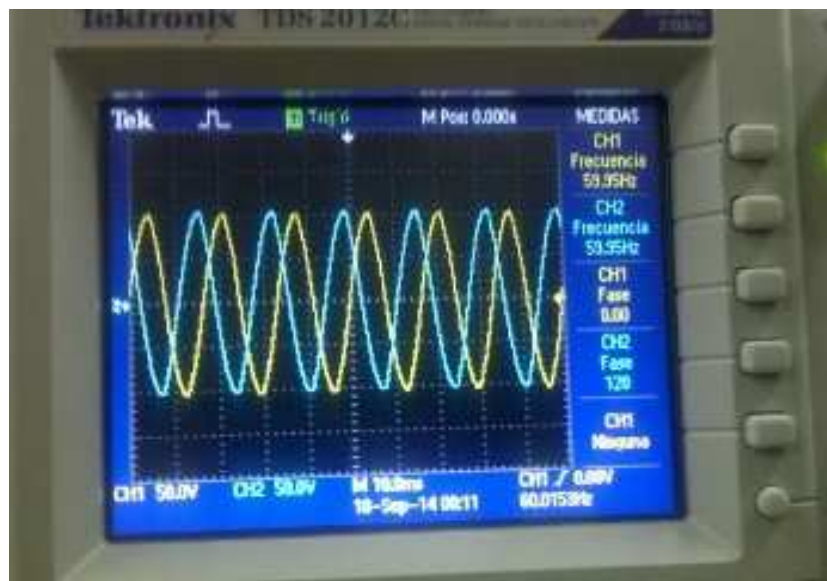
Figura 88. Selección del canal 1



Fuente: Tektronix

- 6) Arrancar el motor y observar el desfase

Figura 89. Medida de la fase en el canal 2



Fuente: Tektronix

b) *Mostrar los armónicos en el arranque del motor*

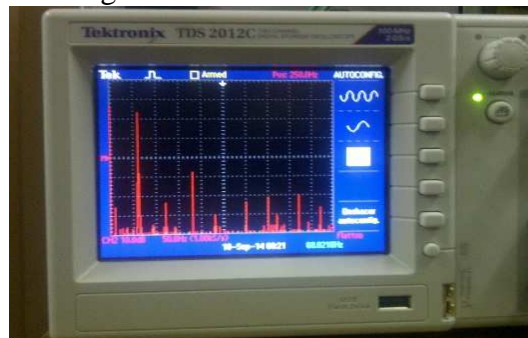
- 1) Después de calibrada la sonda, procedemos a colocar los lagartos tanto del canal 1 y canal 2 en un cable que sale del neutro y las puntas de las sondas en cualquier entrada de las bobinas del motor
- 2) Seleccionamos el botón menú

Figura 90. Selección del botón menú



Fuente: Tektronix

Figura 91. Seleccionamos FFT



Fuente: Tektronix

- **Conclusiones y recomendaciones**

- a) *Conclusiones.* En la práctica logramos visualizar señales y datos que tan solo observamos en la teoría que al realizar el trabajo se familiarizo con la manipulación de estos equipos, instrumentos y otros que corroboraron en nuestro aprendizaje en el campo.

b) *Recomendaciones.* Al manipular estos equipos por su costo y valor de precisión se debe seguir todas las normas de seguridad de operación y cuidado al trasladar de un lugar a otro.

En caso de desconocimiento de operación del equipo por parte del estudiante solicitar información al instructor.

c) *Práctica N° 3*

- **Tema**

Arranque por resistencias estatóricas o por resistencia en el primario en un motor trifásico jaula de ardilla trifásica.

- **Objetivos**

Objetivo general: Determinar las medidas tomadas en el arranque por resistencias estatóricas.

Objetivos específicos:

- a) Aplicar la fórmula respectiva para conocer el valor de la resistencia que debemos utilizar
- b) Montar y verificar el circuito de mando y de potencia en el arranque por resistencias estatóricas.
- c) Recurrir al multímetro y la pinza amperimétrica para hacer la medición de magnitudes como voltaje e intensidad.
- d) Comparar los valores de las magnitudes de corriente de los arranques directo, estrella-triángulo y por resistencias estatóricas.

- **Metodología**

En esta práctica de laboratorio nos basaremos en un método comparativo en él que ayudados por la implementación física del circuito de arranque por resistencias

estatóricas de un motor trifásico jaula de ardilla, relacionaremos magnitudes eléctricas medidas de forma práctica, con aquellas que obtendremos por medio del cálculo.

- **Equipos y materiales**

- a) Fuente de energía: Lab-Volt EMS 8812. Características: ca/cd, fija y variable, trifásica.
- b) Tableros de componentes: Lab-Volt EMS 9127.
- c) 2 Contactores: Lab -Volt EMS 9106-2. Características: bobina 120V-60Hz; 250VCA-10A
- d) 1 pulsadores abierto: Lab-Volt EMS 9102. Características: 120V-10A – CA/CC
- e) 1 pulsador cerrado: Lab-Volt EMS 9102 .Características: 120V-10A – CA/CC
- f) 1 interruptor de circuito: Lab-Volt EMS 9110. Características: 208V-3Ø-5 A
- g) Cables flexibles: Lab-Volt EMS 9128
- h) Motor de inducción jaula de ardilla marca: Lab-Volt EMS8221-20. Características: 175W-1670 r/min-208V-1,2A; 3Ø-60 Hz
- i) Pinza amperimétrica
- j) Multímetro
- k) resistencias: Lab-Volt EMS 9115-2. Características: 40 W-5% de tolerancia.
- l) Tacómetro

- **Marco teórico**

Arranque por resistencias estáticas. Consiste en arrancar el motor a baja tensión mediante la inserción de resistencias en serie con los devanados. Una vez estabilizada la velocidad, las resistencias se deshabilitan y el motor se pone a alta tensión. El valor de la resistencia se calcula en base a la fórmula:

$$R = 0,0551 \frac{U}{I_n}$$

Dónde:

R: Resistencia por fase, en ohmios (Ω)

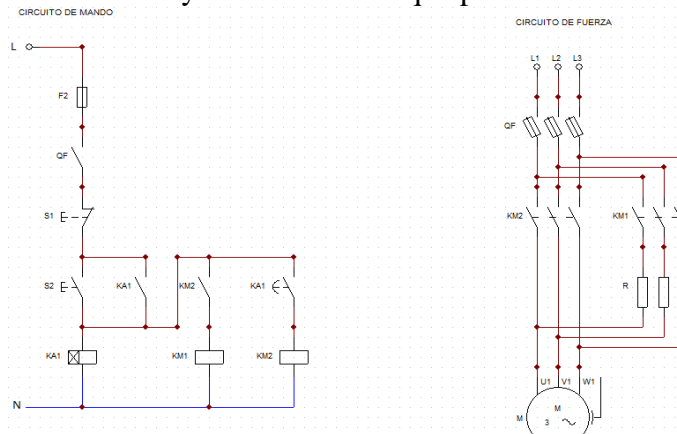
U: Tensión de la red, en voltios (V)

I_{no} : Intensidad nominal del motor, en amperios (A)

La caída de tensión de la resistencia es proporcional a la corriente absorbida por el motor, por lo la tensión que se aplica a los bornes del motor es mínima en el momento del arranque y va aumentando progresivamente.

Este método se emplea para máquinas cuyo par de resistencia crece con la velocidad, por ejemplo los ventiladores.

Figura 92. Circuito de mando y fuerza del arranque por resistencias estáticas (guía)



Fuente: Autoras

- **Procedimiento**

Preparar los equipos, aparatos de maniobra y accesorios necesarios para implementar la práctica.

Figura 93. Equipos, aparatos de maniobra accesorios para el arranque por resistencias estáticas



Fuente: Autoras

a) *objetivo a:* Aplicar la fórmula respectiva para conocer el valor de la resistencia que debemos utilizar.

El valor de la resistencia se calcula en base a la fórmula:

$$R = 0,0551 \frac{U}{I_n}$$

$$R = 0,551 \frac{120V}{1.2A}$$

$$R = 5,51\Omega$$

El valor de la resistencia calculada es de 5.51 Ω .

Pero en el laboratorio de electrónica solo hay resistencias de $10\Omega \pm 40W$, 100Ω , 1000Ω como el voltaje de la resistencia es de 30V y la diferencia entre la intensidad de arranque tanto en el arranque directo con el arranque por resistencias estáticas es de 1,6A; aplicando la fórmula de la potencia:

$$P = V * I \tag{4}$$

$$P = 30v * 1.6A$$

$$P = 48W$$

Entonces seleccionamos una resistencia de 10 Ω

b) objetivo b: Montar y verificar el circuito de mando y de potencia en el arranque por resistencias estatóricas.

Ejecutar la conexión del circuito ver en la Figura 92.

Figura 94. Circuito armado del arranque por resistencias estatóricas



Fuente: Autoras

Verificar si la fuente provee los voltajes requeridos. La conexión debe tener la protección para corto circuitos y sobre intensidad para protección del motor.

Figura 95. Verificación de la conexión en el arranque por resistencias estatóricas



Fuente: Autoras

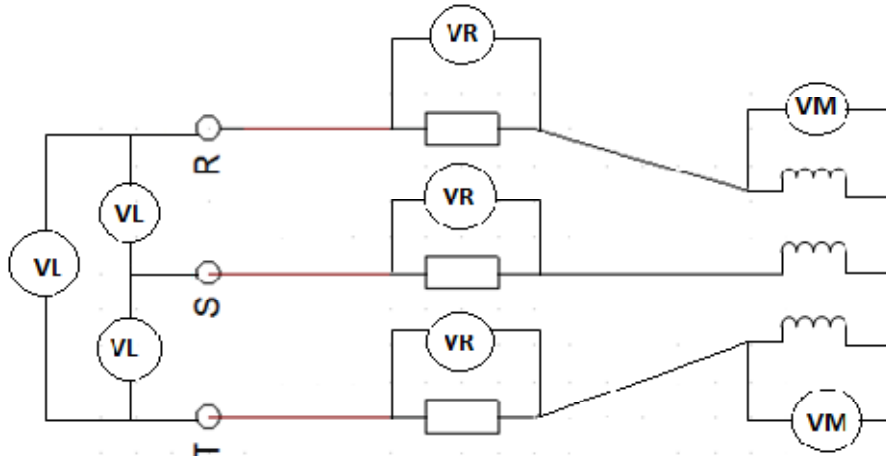
c) objetivo c: Recurrir al multímetro y la pinza amperimétrica para hacer la medición de magnitudes como voltaje e intensidad, arrancando el motor en vacío y con carga para proceder anotar en la tabla 48.

Figura 96. Medición de voltaje en el arranque por resistencias estatóricas



Fuente: Autoras

Figura 97. Conexión del multímetro y pinza para el arranque por resistencias estáticas (guía)



Fuente: Autoras

Tabla 48. Valores obtenidos en el arranque por resistencias
Arranque por resistencias estáticas (fuente fija 1-2-3)

Carga [lb × plg]	t_{arr} [S]	I_{arr} [A]	I_{re} [A]	U_R [V]	U_{FA} [V]	U_{Ff} [V]	RPM

Fuente: Autoras

d) objetivo d: Comparar los valor de las magnitudes de corriente de los arranques directo, estrella-triángulo y por resistencias estáticas.

Tabla 49. Comparación de resultados entre el arranque directo, estrella-triángulo y por resistencias estáticas

Arranque directo	Arranque estrella-triángulo	Arranque por resistencias estatóricas
I_{arr}	I_{arr}	I_{arr}

Fuente: Autoras

- **Conclusiones y recomendaciones**

- a) *Conclusiones*

- Hemos observado el valor de la corriente al momento de arrancar el motor obteniendo un valor inferior a los requeridos en los otros arranques (directo y estrella-triángulo).
- Mediante la utilización del multímetro se pudo medir y visualizar las características del arranque por resistencias como es la tensión y corriente.

- b) *Recomendaciones*

- Antes de la práctica se debe tener habilitados todos los elementos necesarios para realizarlo.
- Utilizar los EPP para evitar los accidentes que pueden ocasionar.
- Durante la práctica no distraer ni realizar actos inseguros.
- Para realizar una correcta verificación de las conexiones es preferible cortar la energía en la fuente de alimentación para prevenir algún accidente.

4.2 Indicaciones de seguridad en la práctica de laboratorio

4.2.1 *Información general.* La información general que se describe a continuación hay tomar muy en cuenta en las prácticas de laboratorio y son las siguientes:

- Tener los conocimientos básicos acerca de la materia.
- Recibir la indicación del instructor antes de iniciar el trabajo
- Para poder efectuar la guía de laboratorio es importante realizarla con la ayuda de un instructor para la manipulación de los equipos.
- Lea el manual de los equipos cuidadosamente.
- Si tiene una inquietud consulte con su instructor de clase para mayor seguridad.

4.2.2 *Reglas de seguridad.* Las reglas de seguridad descritas a continuación, están constituidas por medidas y precauciones de seguridad para evitar daños a los equipos, tomando como precaución los posibles problemas de seguridad que pudiesen generarse al llevar a cabo una práctica de laboratorio a continuación se mencionan:

- Nunca deben manipularse los aparatos y equipos eléctricos con las manos, los pies o cualquier otra parte del cuerpo mojada.
- No se debe manipular el cuadro eléctrico solo cuando el instructor de la orden o si se necesita actuar sobre él.
- No trabaje en un circuito eléctrico mientras está conectada la energía
- Verifique que el equipo esté en condiciones de trabajo adecuadas antes de utilizarlo

4.2.2 *Normas de seguridad para el multímetro.*

- Cuando vamos a utilizar el multímetro, se debe observar todas las reglas de seguridad concernientes, para prevenir contra daños de corriente eléctrica, y para proteger el instrumento en contra del mal uso.
- Cuando el multímetro no esté en uso, o vaya a ser trasladado de un lugar a otro, el selector debe estar en la posición de OFF (apagado).
- Coloque el selector en la escala correcta, de acuerdo con lo que desea medir.

- Nunca exceda los valores límites de protección indicados en las especificaciones por cada rango de medición. Si no sabemos el valor de la escala a medir, se recomienda usar el rango más alto.
- Antes de usar la perilla selectora de rangos para cambiar funciones, desconecte las puntas de prueba del circuito bajo prueba, y de todas las fuentes de corriente eléctrica.
- Nunca realice medidas de resistencia si el circuito se encuentra energizado. Apague la fuente de alimentación antes de hacer la medición.

4.2.3 *Normas de seguridad para el amperímetro.*

- Asegúrese de quitar las puntas de prueba antes de realizar medidas de corriente. Nunca hacer medidas en un circuito cuyo voltaje sea superior a 600V AC.
- Las garras transformadoras están hechas de metal y sus puntas no están aisladas. Ser especialmente prudente con el riesgo de cortocircuito cuando el equipo medido tiene expuestas partes metálicas.
- Para evitar riesgos de descargas eléctricas, no usar el instrumento si éste está en las siguientes condiciones:
 - a) Muestra daños visibles.
 - b) Produce resultados erróneos en la realización de sus funciones/tests
- No use la pinza si las puntas de pruebas o sus manos están húmedas.
- No use la pinza en un ambiente con peligro de explosión (ejemplo: existencia de gases inflamables y vapor).
- Nunca exceda los máximos de entrada permisibles en algunas funciones
- Siempre dejar seleccionado el interruptor de rango en la posición OFF después de usarlo.
- Cuando no se vaya a utilizar el instrumento durante un largo período de tiempo, quitar las pilas de su lugar de almacenamiento.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Una vez analizado el estado técnico de los equipos e instrumentos del laboratorio de Electrónica, observamos que los equipos e instrumentos ya han cumplido con su vida útil, pero en la actualidad los equipos siguen funcionando, por lo que es necesario implementar con equipos de última tecnología.

Como una solución al problema cuando los motores arrancan en directo (a plena tensión), existe una caída puntual de tensión en el sistema eléctrico provocando perturbaciones del buen funcionamiento de otros aparatos conectados a la misma red, llegando a la conclusión de arrancar los motores a tensión reducida para evitar estos inconvenientes.

Con la adquisición de los equipos e instrumentos para la realización de las prácticas, hemos caracterizado el comportamiento del motor tanto en su arranque como en estado de trabajo en base a sus señales de intensidad y voltaje.

Se ha logrado interpretar las respectivas señales de tensión e intensidad al momento de arrancar, el motor necesita más amperaje para encender que para el trabajo nominal y esto indica un incremento en la cantidad de energía necesaria, por lo tanto el costo de la tarifa aumentará.

Para el óptimo manejo de los equipos de laboratorio, como son el osciloscopio digital, la pinza amperimétrica, el multímetro y el generador de funciones es necesario revisar los manuales para familiarizarse con cada uno de ellos.

Con la elaboración de la guía se pudo comprobar los términos del marco teórico, y a su vez contribuimos a que los estudiantes de la Facultad de Mecánica se puedan familiarizar con los equipos en las prácticas de laboratorio.

5.2 Recomendaciones

Al momento de medir la corriente en las prácticas realizadas, es necesario conocer el rango de medida de las sondas del osciloscopio digital antes de proceder a la toma de medidas, para evitar que se quemen las puntas (lagartos) de las sondas.

Al momento de utilizar los equipos se debe seguir las medidas de seguridad para evitar los accidentes. Esto significa lea primero el manual de instrucciones de los equipos antes de su manipulación.

En las prácticas de los arranques a tensión reducida de un motor trifásico, al momento de realizar las mediciones de corriente, se ven limitadas ya que no contamos con una sonda de medición de corriente, por lo que se recomienda adquirir una sonda para realizar estas mediciones.

Cuando se deba realizar los diferentes arranques se debe observar la placa de características para saber qué tipo de conexión se puede realizar. Se recomienda arrancar un motor a tensión reducida para disminuir el consumo de corriente y evitar las perturbaciones de la tensión en las líneas (caídas de voltaje).

Dar mantenimiento a los equipos de la estación de trabajo, como son; el osciloscopio, la pinza, el multímetro, el generador de funciones, para evitar posibles inconvenientes que se puedan dar al momento de realizar las mediciones respectivas.

BIBLIOGRAFÍA

- BUQUÉ, Francesc. 2008.***Manuales Prácticos Refrigeración.* Barcelo : MARCOMBO, EDICIONES TÉCNICAS, 2008.
- CEKIT.** Práctica número 1. manejo del osciloscopio y del generador. [En línea] <http://www.utp.edu.co/~eduque/Introduccion/generador%20se%F1ales.pdf>.
- GARCÍA/ALABERN, Antonio/Xavier. 2005.***Instalaciones Eléctricas.* Barcelona : Marcombo S.A, 2005.
- GÓMEZ, José, y otros.***Prácticas de "Fundamentos físicos de la informática".* Valencia : UPV. 84-9705-310-9.
- KOSOW, Irving. 1993.***Máquinas eléctricas y transformadores.* México : Prentice Hall Hispanoamericana S.A, 1993. 0-13-248733-0.
- KUO, Benjamin. 1996.***Sistema de Control Automático.* México : PRENTICE-HALL HISPANOAMERICA. S.A., 1996.
- MARTÍN-GARCÍA, Juan Carlos, María Pilar.***Automatismos Industriales.*
- MOLINA, CÁNOVAS, RUZ. 2012.***MOTORES Y MÁQUINAS ELÉCTRICAS.* BARCELONA : MARCOMBO, S.A, 2012. 978-84-267-1794-8.
- MORA, Jesús. 2008.***Máquinas eléctricas.* [ed.] José Luis García Jurado. sexta. Madrid : s.n., 2008. 978-84-481-6112-5.
- MUJAL, Ramón. 2000.** Tecnología eléctrica. [En línea] septiembre de 2000.
- ROLDÁN, José. 2005.***Arranque y Protección de Motores Trifásicos.* Madrid -España : Paraninfo S.A, 2005.
- SANTILLÁN, Marco. 2009.** Control Industrial. Riobamba, Chimborazo, Ecuador : s.n., 2009.
- VEGA, José Antonio y LÓPEZ, José Luis. 2006.***Oficial de mantenimiento.* España : Mad, S.L., 2006. 13: 978-84-665-5181-6..
- VELTRI, ROBERTO. 2005.** Monografías.com. *Estudio teórico de las aplicaciones que tienen los principales motores eléctricos.* [En línea] febrero de 2005. [Citado el: 04 de noviembre de 2014.] <http://www.monografias.com/trabajos20/fallas-motores/fallas-motores.shtml>.
- WILDI, Theodore y DE VITO, Michael. 1981.***Control de motores industriales.* México : Limusa.S.A, 1981. 968-18-0028-1.