



UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

TESIS DE GRADO

TEMA:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DIDÁCTICO DE MONITOREO Y CONTROL EN MOTORES DE INDUCCIÓN MEDIANTE UN SOFTWARE QUE PERMITA LA VISUALIZACIÓN Y CONTROL DE SUS VARIABLES, PARA EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”

Tesis presentada previa a la obtención del título de Ingeniero/a en Electromecánica

Autores:

Tipan Chipugsi Verónica Nataly

Guanotasig Chiluisa Washington Rodrigo

Director de Tesis:

Ing. MSc. Alvaro Mullo

Asesor de Tesis:

Dr. Marcelo Bautista

LATACUNGA-ECUADOR

DICIEMBRE 2014



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

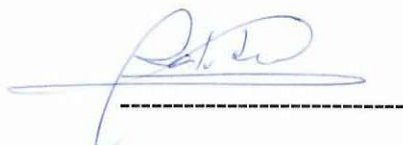
AVAL DEL TRIBUNAL DE TESIS

En nuestra calidad de Miembros de Tribunal de la Defensa de Tesis Titulada “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DIDÁCTICO DE MONITOREO Y CONTROL EN MOTORES DE INDUCCIÓN MEDIANTE UN SOFTWARE QUE PERMITA LA VISUALIZACIÓN Y CONTROL DE SUS VARIABLES, PARA EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI” de la autoría de los postulantes Tipán Chipugsi Verónica Nataly y Guanotasig Chiluisa Washington Rodrigo, estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica CIYA-UTC. Certificamos que se puede continuar con el trámite correspondiente.


Es todo cuanto podemos certificar en honor a la verdad.




Ing. MSc. Edwin Moreano
Presidente



Dr. Galo Terán
Miembro



Ing. Cristian Gallardo
Opositor



Ing. MSc. Alvaro Mullo
Tutor (Director)



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

AUTORÍA

El actual informe es el resultado de la investigación de los autores, quienes basados en sus nociones, exploración documental e investigación científica han llegado a la determinación de los criterios, opiniones, análisis, interpretaciones, conclusiones, recomendaciones y todos los demás aspectos vertidos en el presente trabajo son de absoluta responsabilidad de sus autores. Por la presente se cede el derecho de propiedad intelectual a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, con fines académicos o de investigación.

Tipán Chipugsi Verónica Nataly

C.C. 050335170-2

Guanotasig Chiluisa Washington Rodrigo

C.C. 0503375396



UNIVERSIDAD TÉCNICA

DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

**HONORABLE CONSEJO ACADÉMICO DE LA UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE COTOPAXI.**

De mi consideración:

Cumpliendo con lo estipulado en el Reglamento del Curso Profesional de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Capítulo V, (Art. 9 literal f), me permito informar que los postulantes Tipán Chipugsi Verónica Nataly y Guanotasig Chiluisa Washington Rodrigo, han desarrollado su Tesis de Grado de acuerdo al planteamiento formulado en el Anteproyecto de Tesis con el tema: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DIDÁCTICO DE MONITOREO Y CONTROL EN MOTORES DE INDUCCIÓN MEDIANTE UN SOFTWARE QUE PERMITA LA VISUALIZACIÓN Y CONTROL DE SUS VARIABLES, PARA EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**, cumpliendo sus objetivos respectivos.

En virtud de lo antes expuesto, considero que la presente Tesis de Grado se encuentra habilitada para presentarse al acto de defensa.

Latacunga, Diciembre del 2014

EL DIRECTOR

Ing. MSc. Alvaro Mullo Q.
0502768542



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

INFORME DE AVAL DEL ASESOR DE TESIS

En calidad de Asesor de Tesis bajo el título:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DIDÁCTICO DE MONITOREO Y CONTROL EN MOTORES DE INDUCCIÓN MEDIANTE UN SOFTWARE QUE PERMITA LA VISUALIZACIÓN Y CONTROL DE SUS VARIABLES, PARA EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI” de los señores Tipan Chipugsi Verónica Nataly y Guanotasig Chiluisa Washington Rodrigo, postulantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que la presente tesis cumple con los requisitos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a evaluación del Tribunal de tesis que el Honorable Consejo Académico de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio.

Latacunga, Diciembre del 2014

.....
Dr. Marcelo Bautista
C.C. 0501328975
ASESOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN

Latacunga, Diciembre del 2014

Yo, Ing. Álvaro Mullo Q, en el cumplimiento de mis funciones como Coordinador de la Carrera de Ingeniería y Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi **CERTIFICO** que, los egresados Tipan Chipugsi Verónica Nataly y Guanotasig Chiluisa Washington Rodrigo. Han desarrollado su tesis de forma práctica implementado para el laboratorio **UN SISTEMA DIDACTICO DE MOTORES.**



.....
Ing. MSc. Álvaro Mullo Q
**COORDINADOR DE LA CARRERA
INGENIERÍA Y ELECTROMECAÁNICA**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

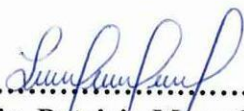
AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por el señor Egresado de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas: Tipán Chipugsi Verónica Nataly y Guanotasig Chiluisa Washington Rodrigo cuyo título versa **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DIDÁCTICO DE MONITOREO Y CONTROL EN MOTORES DE INDUCCIÓN MEDIANTE UN SOFTWARE QUE PERMITA LA VISUALIZACIÓN Y CONTROL DE SUS VARIABLES, PARA EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**., lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, Diciembre del 2014

Atentamente,


.....

Lic. Patricia Marcela Chacón Porras

C.C. 0502211196

DOCENTE CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS UTC

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme sus puertas y a todos los docentes por impartir sus conocimientos permitiéndome así formarme como profesional.

Al Ing. Álvaro Mullo

Por su apoyo incondicional, su paciencia su espíritu de enseñanza y su participación en la realización de este trabajo.

Agradezco a todas aquellas personas que de una u otra forma han contribuido en la realización de este trabajo.

Washington Guanotasig

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de tesis primeramente me gustaría agradecerle a ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI por darme la oportunidad de estudiar y ser una profesional.

A mi director de tesis, Ing. Alvaro Mullo por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

A todos mis maestros ya que ellos me enseñaron a valorar los estudios y a superarme cada día, también agradezco a toda mi familia porque ellos estuvieron en los días más difíciles de mi vida como estudiante.

Estoy segura que mis metas planteadas darán fruto en el futuro y por ende me debo esforzar cada día para ser mejor en todo lugar sin olvidar el respeto que engrandece a la persona.

Verónica Tipán

DEDICATORIA

Este trabajo primeramente va dedicado a Dios quien guía mi vida, la salud y la fuerza de cumplir con este objetivo.

A mis queridísimos padres Luis Guanotasig y Susana Chiluisa por creer en mí y brindarme todo su amor y apoyo incondicional.

A mis hermanos Danilo, Edison, Santiago y Omar por compartir este sueño conmigo.

A mí querida esposa Alexandra quien confió en mí y me brindó su apoyo.

A mi hija Anahí que es el motivo más grande que tengo para crecer en la vida y darle lo mejor que este a mi alcance.

A toda mi familia gracias a sus ánimos me alentaban a continuar y no decaer.

Washington Guanotasig

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

Especialmente a mi querida madrecita, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional en todo momento, A mi padre, a pesar de todo, siento que está conmigo aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí. Los amo

A mis hermanos que me han brindado incondicionalmente un abrazo que me motiva y recuerda que detrás de cada detalle existe el suficiente alivio para empezar nuevas búsquedas.

A mis familiares, amigos y a quienes recién se sumaron a mi vida para hacerme compañía gracias, con su apoyo moral me han incentivado a seguir adelante, a lo largo de toda mi vida.

Ahora puedo decir que todo lo que soy es gracias a todos ustedes.

Verónica Tipán

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO I | 1 |
| 1. MARCO TEÓRICO..... | 1 |
| 1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS | 1 |
| 1.2 EL MOTOR DE INDUCCIÓN..... | 2 |
| 1.2.1. Constitución..... | 5 |
| 1.2.2. El Estator | 6 |
| 1.3. ESTRUCTURA DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN..... | 6 |
| 1.4. CIRCUITO EQUIVALENTE | 7 |
| 1.5. MOTOR DE ROTOR EN JAULA DE ARDILLA..... | 11 |
| 1.5.1 Motor de rotor bobinado..... | 11 |
| 1.6. PARÁMETROS DE DESEMPEÑO DE LOS MOTORES DE | 12 |
| 1.6.1. Prueba en vacío | 13 |
| 1.6.2. Prueba en Cortocircuito a rotor bloqueado..... | 15 |
| 1.6.3. Prueba de resistencia del estator. | 17 |
| 1.6.4. Prueba de carga para motores de inducción | 18 |
| 1.7. FLUJO DE POTENCIA EN UN MOTOR DE INDUCCIÓN | 18 |
| 1.8. DETERMINACIÓN DEL PAR DESARROLLADO | 20 |
| 1.9. EFICIENCIA A PARTIR DEL MÉTODO DIRECTO CON DINAMÓMETRO..... | 23 |
| 1.10. VARIADOR PARA MOTORES AC..... | 26 |
| 1.10.1. Composición de los variadores de Frecuencia..... | 27 |
| 1.10.1.1. Etapa de control..... | 29 |
| 1.10.1.2. Ventajas del variador de frecuencia | 29 |
| 1.10.1.3 Ajustes de velocidad..... | 29 |
| 1.10.1.4 Ajuste de arranques y parada | 29 |
| 1.10.1.5 Ajuste de Torque..... | 29 |
| 1.11 ELECTRODINAMOMETRO..... | 30 |
| 1.12 INSTRUMENTACION VIRTUAL | 30 |
| 1.12.1 Introducción..... | 30 |
| 1.12.2 Estudio de las señales, transductores y acondicionadores de señal. ... | 31 |
| 1.13 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN | 32 |

| | |
|--|----|
| 1.13.1 Protocolo MODBUS | 33 |
| 1.14 DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA..... | 34 |
| 1.14.1. Características generales de LabVIEW | 34 |
| 1.14.2. Instrumentos virtuales | 35 |
| 1.14.3 Panel frontal..... | 35 |
| 1.14.4 Diagrama de bloques..... | 36 |
| 1.14.5 Ciclos y estructuras | 37 |
| 1.14.6 Clusters | 41 |
| 1.14.7 Cadenas de caracteres..... | 41 |
| 1.14.8 Arreglos (Arrays) | 42 |
| 1.14.9 Gráficas..... | 43 |
| 1.14.10. Variables globales y locales..... | 43 |
| 1.14.10.1 Variable global (Global Variables) | 43 |
| 1.14.10.2. Variables locales (Local Variables) | 44 |
| 1.14.10.3. Nodos de propiedad (Property Nodes) | 44 |
| 1.14.10.4.. Arquitectura básica de programación..... | 44 |
| 1.14.10.5.. Arquitectura de VI Simple..... | 45 |
| 1.14.10.6. Arquitectura de un VI General..... | 45 |
| 1.14.10.7. Arquitectura de un VI de Máquina de Estado..... | 46 |
| CAPITULO II | 48 |
| 2. TRABAJO DE CAMPO | 48 |
| 2.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN..... | 48 |
| 2.1.1. Tipo de investigación. | 48 |
| 2.1.2 Técnicas e Instrumentos | 48 |
| 2.2. UNIDAD DE ESTUDIO. | 49 |
| 2.2.1. Población y estudio..... | 49 |
| 2.3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS. | 49 |
| 2.3.1. Encuesta aplicada a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica..... | 50 |
| 2.4. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS..... | 58 |
| 2.4.1 Hipótesis. | 58 |
| 2.4.2. Análisis y prueba de campo en elementos del sistema didáctico | 58 |

| | |
|--|----|
| CAPITULO III | 64 |
| 3. PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA..... | 64 |
| 3.1 TEMA..... | 64 |
| 3.2 OBJETIVO GENERAL..... | 64 |
| 3.2.1 Objetivos Específicos..... | 64 |
| 3.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA..... | 65 |
| 3.4 IMPACTO..... | 65 |
| 3.5 FACTIBILIDAD | 66 |
| 3.5.1 Desarrollo técnico de la propuesta..... | 66 |
| 3.6 ELEMENTOS DEL SISTEMA DIDÁCTICO DE MOTORES..... | 66 |
| 3.7. DIMENSIONAMIENTO DEL MÓDULO. | 67 |
| 3.8 UBICACIÓN DE LOS ELEMENTOS Y ACCESORIOS EN EL SISTEMA DIDÁCTICO DE MONITOREO DE MOTORES..... | 68 |
| 3.8.1 Motor Weg (M2),3HP (Electrodinámómetro)..... | 68 |
| 3.8.1.1 Diseño y cálculos | 69 |
| 3.8.1.2 Construcción | 73 |
| 3.8.1.3 Cálculo del contrapeso del electrodinámómetro..... | 73 |
| 3.8.1.4 Motor siemens (M1), 4HP, 220Vac..... | 74 |
| 3.8.1.5 Selección del Motor | 74 |
| 3.8.1.6 Selección de chumaceras | 75 |
| 3.8.1.7 Grupo motor- electrodinámómetro acoplado a un matrimonio flexible, montado sobre la estructura metálica..... | 76 |
| 3.8.1.8 Tarjeta electrónica de control y potencia..... | 77 |
| 3.8.1.9 Variador de frecuencia. | 78 |
| 3.8.1.10 Multimedidor SENTRO digital para visualización..... | 79 |
| 3.8.1.11 Transformadores de corriente..... | 80 |
| 3.9 CONEXIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO..... | 80 |
| 3.9.1 Conexión eléctrica de los elementos del banco de pruebas..... | 81 |
| 3.9.2 Programación de la comunicación PC= Entorno..... | 82 |
| 3.9.3 Visualización en LabVIEW..... | 83 |
| 3.9 CONCLUSIONES | 86 |
| 3.10 RECOMENDACIONES | 87 |
| BIBLIOGRAFIA | 88 |

INDÍCE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1.1: MOTOR DE INDUCCIÓN..... | 5 |
| FIGURA 1.2: MODELO ESTATOR..... | 6 |
| FIGURA 1.3: ESTRUCTURA DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN..... | 7 |
| FIGURA 1.4: MOTOR DE INDUCCIÓN MODELADO COMO UN TRANSFORMADOR..... | 8 |
| FIGURA 1.5: CIRCUITO EQUIVALENTE EXACTO POR FASE PARA UN MOTOR TRIFÁSICO DE INDUCCIÓN..... | 10 |
| FIGURA 1.6: CIRCUITO EQUIVALENTE EXACTO POR FASE PARA UN MOTOR TRIFÁSICO DE INDUCCIÓN | 10 |
| FIGURA 1.6: ROTOR JAULA DE ARDILLA..... | 11 |
| FIGURA 1.7: ROTOR BOBINADO..... | 12 |
| FIGURA 1.8: CIRCUITO DE PRUEBA PARA MOTORES DE INDUCCIÓN..... | 15 |
| FIGURA 1.9: CIRCUITO EQUIVALENTE POR FASE ILUSTRANDO LA CONVERSIÓN ELECTROMECAÁNICA DE POTENCIA..... | 19 |
| FIGURA 1.10: FLUJO DE POTENCIA DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN..... | 20 |
| FIGURA 1.11: CIRCUITO EQUIVALENTE DE THEVENIN POR FASE PARA UN MOTOR TRIFÁSICO DE INDUCCIÓN..... | 21 |
| FIGURA 1.12: PAR ELECTROMAGNÉTICO DESARROLLADO POR UN MOTOR TRIFÁSICO DE INDUCCIÓN. | 22 |
| FIGURA 1.13: MODELO DE UN FRENO POR CORRIENTES DE FOUCAULT..... | 24 |

| | |
|--|----|
| FIGURA 1.14: BALANZA ELECTRODINÁMICA..... | 25 |
| FIGURA 1.15: FRENO POR CORRIENTES DE FOUCAULT CON DINAMÓMETRO | 25 |
| FIGURA 1.16: SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS..... | 32 |
| FIGURA 1.17 PROTOCOLO MODBUS..... | 34 |
| FIGURA 1.18: EJEMPLO DE UN PANEL FRONTAL..... | 36 |
| FIGURA 1.19: DIAGRAMA DE BLOQUES..... | 37 |
| FIGURA 1.20: CICLO MIENTRAS (WHILE LOOP)..... | 38 |
| FIGURA 1.21: CICLO PARA (FOR LOOP)..... | 38 |
| FIGURA 1.22: ESTRUCTURA CASO (CASE STRUCTURE)..... | 39 |
| FIGURA 1.23: ESTRUCTURA DE SECUENCIA (SEQUENCE STRUCTURE)..... | 39 |
| FIGURA 1.24: ESTRUCTURA DE EVENTOS (EVENT STRUCTURE)..... | 40 |
| FIGURA 1.25: NODO DE FÓRMULAS..... | 40 |
| FIGURA 1.26: FUNCIONES DE LOS CLUSTERS..... | 41 |
| FIGURA 1.27: FUNCIONES DE LOS ARRAYS..... | 42 |
| FIGURA 1.28: SUBPALETA DE GRÁFICAS..... | 43 |
| FIGURA 1.29: ARQUITECTURAS DE PROGRAMACIÓN..... | 44 |
| FIGURA 1.30: ARQUITECTURA SIMPLE..... | 45 |
| FIGURA 1.31 : ARQUITECTURA VI GENERAL..... | 46 |
| FIGURA 1.32: ARQUITECTURA DE UN VI DE MÁQUINA ESTADO..... | 47 |

| | |
|---|----|
| FIGURA 3.1: SISTEMA DIDÁCTICO DE MOTORES..... | 67 |
| FIGURA 3.2: ESTRUCTURA DEL MODULO..... | 67 |
| FIGURA 3.3: MOTOR WEG (M2),3HP (ELECTRODINAMÓMETRO)..... | 68 |
| FIGURA 3.4: MOTOR SIEMENS (M1), 4HP, 220VAC..... | 75 |
| FIGURA 3.5: CHUMACERAS NTN F-205T..... | 75 |
| FIGURA 3.6: JUNTA TIPO OLDHAM..... | 76 |
| FIGURA 3.7: DIAGRAMA DE CONTROL Y POTENCIA..... | 77 |
| FIGURA 3.8: TARJETA ELECTRÓNICA DE CONTROL Y POTENCIA..... | 77 |
| FIGURA 3.9: VARIADOR DE FRECUENCIA..... | 78 |
| FIGURA 3.10 : MULTIMEDIDOR SENTRON PAC 3200..... | 79 |
| FIGURA 3.11: TRANSFORMADORES DE CORRIENTE..... | 80 |
| FIGURA 3.12 CIRCUITO ELÉCTRICO PARA EL SISTEMA DIDACTICO..... | 81 |
| FIGURA 3.13: CONEXIÓN ELECTRICA..... | 83 |
| FIGURA 3.14: BANCO DE PRUEBAS DE SISTEMAS DIDACTICO DE MOTORES | 83 |
| FIGURA 3.15: DIAGRAMA DE BLOQUES EN LabVIEW | 84 |
| FIGURA 3.16: PANEL FRONTAL DE PROGRAMACIÓN..... | 85 |
| FIGURA 3.17: PANEL FRONTAL PARA LA VISUALIZACIÓN DE LAS VARIABLES..... | 86 |

INDICE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| GRÁFICO 1. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA 1..... | 50 |
| GRÁFICO 2. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA 2..... | 51 |
| GRÁFICO 3. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA 3 | 52 |
| GRÁFICO 4. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA 4 | 53 |
| GRÁFICO 5. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA 5..... | 54 |
| GRÁFICO 6. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA 6..... | 55 |
| GRÁFICO 7. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA 7 | 56 |
| GRÁFICO 8. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA 8..... | 57 |

INDICE TABLAS

| | |
|--|----|
| TABLA N°1.1 DISTRIBUCIÓN EMPÍRICA DE X_{eq} | 18 |
| TABLA N°2.1 POBLACIÓN A SER ENCUESTADOS..... | 49 |
| TABLA N°2.2 ENCUESTA PREGUNTA 1..... | 50 |
| TABLA N° 2.3 ENCUESTA PREGUNTA 2..... | 51 |
| TABLA N°2.4 ENCUESTA PREGUNTA 3..... | 52 |
| TABLA N° 2.5 ENCUESTA PREGUNTA 4..... | 53 |
| TABLA N° 2.6 ENCUESTA PREGUNTA 5..... | 54 |
| TABLA N°2.7 ENCUESTA PREGUNTA 6..... | 55 |
| TABLA N° 2.8 ENCUESTA PREGUNTA 7..... | 56 |
| TABLA N° 2.9 ENCUESTA PREGUNTA 8..... | 57 |
| TABLA N° 2.10 RESUMEN DE ENCUESTA..... | 59 |
| TABLA N° 2.11 TABLA DE ENCUESTA EMPLEADA..... | 59 |
| TABLA N° 2.12 RESUMEN DE FRECUENCIAS OBSERVADAS (FO)..... | 60 |
| TABLA N° 2.13 RESULTADO DE FRECUENCIAS ESPERADAS (FE)..... | 61 |
| TABLA N° 2.14 RESULTADO DE CHI CUADRADO..... | 62 |

TEMA: “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DIDÁCTICO DE MONITOREO Y CONTROL EN MOTORES DE INDUCCIÓN MEDIANTE UN SOFTWARE QUE PERMITA LA VISUALIZACIÓN Y CONTROL DE SUS VARIABLES, PARA EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”

RESUMEN

El presente proyecto está orientado a realizar la implementación de un sistema didáctico de monitoreo y así poder efectuar mediante guías técnicas diferentes pruebas, para aprovechar la capacidad operativa de los variadores de frecuencia y motores a prueba.

Se planteó la metodología investigativa partiendo desde la comprobación de la hipótesis, demostración del problema, utilizando las técnicas aplicadas como son: la encuesta y el cuestionario que nos ayudan a la factibilidad del proyecto de investigación.

El proyecto de investigación es una herramienta para los estudiantes, ya que pueden manipular cada una de las conexiones del sistema y así poder utilizar de forma variada todos los elementos de control y potencia para la simulación del sistema didáctico en la programación virtual y así comprender de mejor manera el proceso.

TOPIC: “IMPLEMENTATION OF A DIDACTIC SYSTEM OF ENGINE MONITORING THROUGH A SOFTWARE THAT LETS THE DISPLAY AND CONTROL OF ITS VARIABLES, FOR THE ELECTRICAL MACHINES LABORATORY AT THE TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI”

ABSTRACT

A research study on the implementation of a didactic system of engine monitoring was carried out in the electrical machines laboratory at the Technical University of Cotopaxi. The purpose of this study was to execute through technical manuals, different tests, in order to take advantage of the operational capacity of the frequency inverters and engines tested. The methodology was scientific, and used surveys which facilitated this research. In conclusion, it was determined that this study is a tool for students because they can manipulate each one of the connections of the system and use differently the control elements and potency for the didactic system simulation in virtual programming and so better understand the process.

INTRODUCCIÓN

La carrera de Ingeniería Electromecánica, dispone en sus instalaciones del Laboratorio de Máquinas Eléctricas el mismo que tiene como objetivos proporcionar una primera visión de la constitución física y determinar las características de funcionamiento de las máquinas eléctricas.

Las prácticas desarrolladas cumplen con requerimientos básicos de una instalación eléctrica, es decir los circuitos eléctricos no siempre van a tener los mismos elementos, el banco de pruebas se acopla muy bien a las pruebas de laboratorio plantadas.

El contenido de la presente tesis está estructurado en 3 capítulos:

En el capítulo I, se realiza un estudio a los motores polifásicos de inducción. Así se habla sobre su circuito equivalente, las pruebas que se realizan para determinar los parámetros de desempeño y se realiza una introducción a la instrumentación virtual, características generales de Labview a tal forma que nos permita entender cómo funcionan los sistemas de adquisición de datos.

En el capítulo II, se realiza el análisis del trabajo de graduación se aplicó la investigación de tipo descriptiva, ya que, detalló y delimitó los distintos elementos del problema, lo que permitió desagregar la categoría fundamental.

En el capítulo III, se realiza el diseño del sistema, abarcando la implementación física del módulo, así como el desarrollo del software respectivo y las conclusiones, recomendaciones respectivas que se llegó al final del desarrollo del presente proyecto.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Desde los tiempos de Volta, inventor de la pila eléctrica, y Tesla, quien ideó el primer motor de inducción, se han logrado grandes procesos en el aprovechamiento de la electricidad para suplir las energías y fuerza del hombre. Por lo tanto no es sorprendente que la energía eléctrica y las máquinas eléctricas ocupen un lugar preponderante en todos los niveles de estudio de la tecnología industrial.

En cuanto a la conversión de la energía eléctrica en trabajo mecánico, hay una asombrosa variedad de motores que van desde potencias fraccionarias hasta potencias muy grandes que superan los miles de HP.

En una fábrica típica casi todas las máquinas herramientas son manejadas de manera individual por diversos tamaños y clases de motores trifásicos de inducción. Las máquinas básicas, como prensas, taladros, esmeriladoras, etc., tienen cada una un motor de inducción o más. Este motor se elige por su sencillez, confiabilidad y bajo costo. Estas características se combinan con buena eficiencia, aceptable capacidad para sobrecarga y un requerimiento mínimo o nulo de mantenimiento.

Los cambios y avances en el procesamiento digital de señales y en las técnicas de adquisición de datos, junto con el aumento de la potencia de procesamiento de la computadora, han llevado a expandir el uso de las mediciones computarizadas en todas las áreas de la electricidad y electrónica.

Los instrumentos de medición se han convertido en avanzadas herramientas de software que permiten medir los parámetros, analizarlos en tiempo real y luego almacenarlos para su uso posterior; como por ejemplo el monitoreo, control y supervisión de motores eléctricos industriales.

SEGÚN (MARIO POLIBIO JIMÉNEZ LEÓN, 2008) dice:

En nuestro país pocas son las universidades que han realizado este tipo de investigación, hacia un monitoreo y visualización de variables en motores de inducción: así por ejemplo la ESPE (Escuela Politécnica Nacional Del Ejército por Franklin Ernesto Taipe Pilatásig), que cuentan con sistemas de control en sus laboratorios, con el fin de ampliar el conocimiento en máquinas eléctricas.

1.2 EL MOTOR DE INDUCCIÓN

La construcción robusta, el costo de manufactura relativamente bajo y la facilidad de control han resultado que el motor de inducción sea la más popular de todas las máquinas eléctricas. A diferencia de los motores de corriente continua y de los motores síncronos que requieren dos fuentes de excitación (*doblemente excitados*), el motor de inducción solo tiene una (*sencillamente excitado*).

Las corrientes que fluyen en el segundo devanado del motor de inducción son establecidas por el proceso de inducción magnética a través del acoplamiento con el devanado del estator, de donde se deriva el nombre de motor de inducción.

En aplicaciones donde el requerimiento de potencia es pequeña y adecuado a la distribución de una sola fase, el motor de inducción se encuentra disponible en versiones monofásicas; muchos aparatos como lavadoras, secadoras utilizan motores de inducción de este tipo. Sin embargo, las aplicaciones industriales

comunes utilizan el motor de inducción trifásico con clasificaciones de varios caballos de fuerza con tensiones nominales típicas que en América van desde 220 a 4160 voltios.

Cuando se excita el estator mediante una fuente polifásica balanceada produce un campo magnético en el entrehierro que gira a la velocidad sincrónica (n_s) determinada por el número de polos (p) y la frecuencia aplicada al estator (f).

$$\omega_s = \frac{2}{p} \omega = \frac{2}{p} \pi f \quad [\text{rad/s}] \quad \text{Ecu. (1.1)}$$

$$n_s = \frac{120 f}{p} \quad [\text{rev/min}] \quad \text{Ecu. (1.2)}$$

Supongamos ahora que el rotor gira a la velocidad estable igual a n r/min en la dirección del campo giratorio del estator; y tomando en cuenta que la velocidad sincrónica de ese campo se mueve a n_s rev/min; entonces este se mueve a una velocidad igual a $n_s - n$ (rev/min) hacia atrás con respecto al campo del estator; a esta diferencia se llama deslizamiento del rotor que comúnmente se expresa como una fracción de la velocidad sincrónica. El deslizamiento s en por unidad es:

$$s = \frac{n_s - n}{n_s}, \text{ o bien } n = n_s (1 - s) \quad \text{Ecu. (1.3)}$$

Si la velocidad del rotor está dada en [rad/s]

$$s = \frac{\omega_s - \omega}{\omega_s}, \text{ o bien } \omega = \omega_s (1 - s) \quad \text{Ecu. (1.4)}$$

Este movimiento relativo entre el flujo del estator y los conductores del rotor induce voltajes a frecuencia sf , o frecuencia de deslizamiento en el rotor. Con ello el comportamiento eléctrico de una máquina de inducción es semejante a la de un transformador, pero con la propiedad adicional de transformación de frecuencia.

Cuando se usa como motor de inducción, los terminales del rotor se ponen en cortocircuito; entonces las corrientes del rotor quedan determinadas por las magnitudes los voltajes inducidos y la impedancia del rotor a la frecuencia de deslizamiento.

Para los tesisistas un motor de inducción cuando está en cortocircuito las corrientes del rotor se quedan determinadas por las magnitudes, voltaje, la impedancia y la frecuencia del rotor.

En el arranque el motor está parado, el deslizamiento es $s=1$, y la frecuencia del rotor es igual a la del estator f . Por lo tanto, el campo producido por las corrientes del rotor gira a la misma velocidad que el campo del estator, y se origina un par de arranque que tiene que hacer girar al rotor en la dirección del campo de rotación del campo inductor en el estator.

Si este par es suficiente para superar a la oposición al giro que se crea por la carga en el eje, el motor llegará a su velocidad de operación n . Sin embargo esta velocidad nunca podrá ser igual a la velocidad sincrónica n_s , porque los conductores del rotor estarían estacionarios con respecto al campo del estator y no se induciría corriente en ellos.

Con el rotor girando en la misma dirección de rotación que la del campo del estator la frecuencia de las corrientes del rotor es sf y la componente del campo del rotor originado por ellas gira a una velocidad sn_s (rev/min) con respecto al rotor en las direcciones de avance.

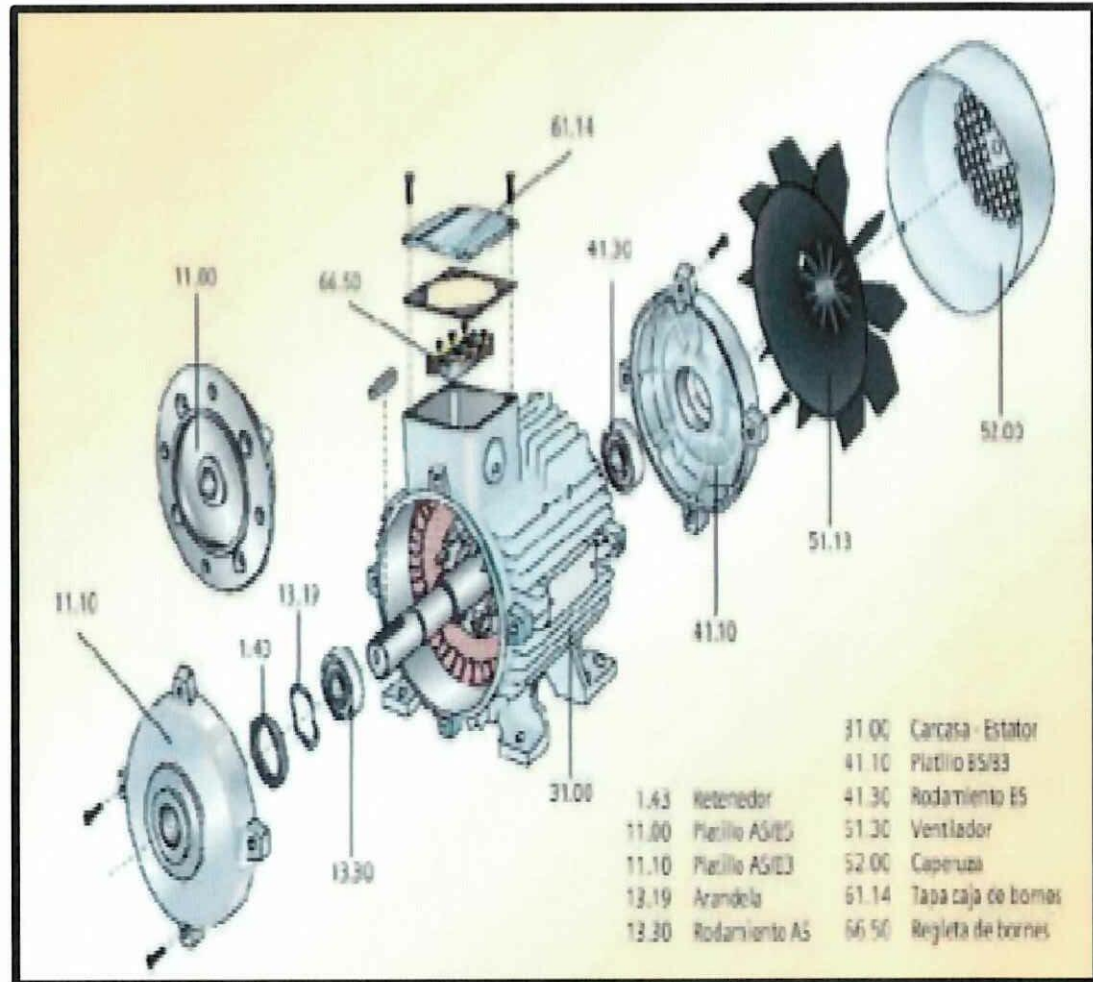
Pero sobrepuesta a esta rotación está la rotación mecánica del rotor a n (rev/min). La velocidad en el espacio del campo del rotor es la suma de estas dos velocidades y es igual a:

$$sn_s + n = sn_s + n_s(1 - s) = n_s$$

Ecu. (1.5)

Por lo tanto, los campos del estator y del rotor son estacionarios entre sí, se producen un par permanente y se mantiene en rotación lo que se muestra en la figura 1.1.

FIGURA 1.1: MOTOR DE INDUCCIÓN



Fuente: Manual de mantenimiento e instalación de motores eléctricos Sumelec

1.2.1. Constitución

Una máquina de inducción está formada por un devanado del estator o armadura de un devanado del rotor este puede ser jaula de ardilla o rotor devanado. El rotor siempre esta cortocircuitado, caso contrario trabaja como transformador

1.2.2. El Estator

Esta hecho de lámina de acero circular con ranuras a lo largo de su periferia interior. Los lados de las bobinas se localizan en estas ranuras. En la práctica por supuesto, el bobinaba consistirá de varias bobinas a lo largo de la periferia. Lo que muestra en la Figura 1.2.

FIGURA 1.2: MODELO ESTATOR



Fuente: <http://www.imavolt.com.ar/6.htm>

1.3. ESTRUCTURA DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN

El estator o primario de un motor de inducción consiste de un armazón que aloja una estructura anular cilíndrica magnéticamente activa troquelado de lámina de acero eléctrico, con un conjunto trifásico de devanados colocado en ranuras internas equidistantemente espaciadas. Las espiras individuales de este devanado eléctrico son devanados irregulares para motores pequeños y de devanado conformado para motores mayores.

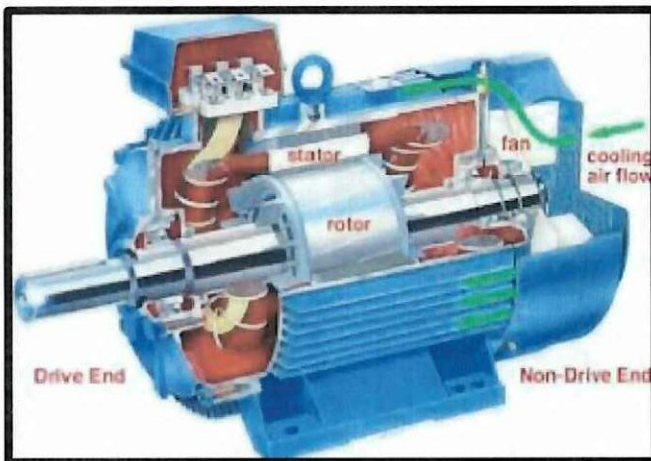
Según **(DUQUE OSCAR, 2005)** manifiesta que:

El rotor o secundario de un motor de inducción es de echo una estructura cilíndrica magnéticamente activa, montada en un eje también construida de láminas de acero eléctrico troquelado con ranuras equidistantemente espaciadas localizadas en la periferia exterior para alojar los conductores

del devanado del rotor. El devanado del rotor puede ser de dos tipos: jaula de ardilla o rotor devanado.

Para los tesisistas un rotor está constituido por una serie de conductores metálicos (normalmente de aluminio) dispuestos paralelamente unos a otros, y cortocircuitados en sus extremos por unos anillos metálicos, esto es lo que forma la llamada jaula de ardilla por su similitud gráfica con una jaula de ardilla. Lo que se muestra en la figura 1.3

FIGURA 1.3: ESTRUCTURA DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN



Fuente: Duque Oscar, 2005 Motores de inducción.

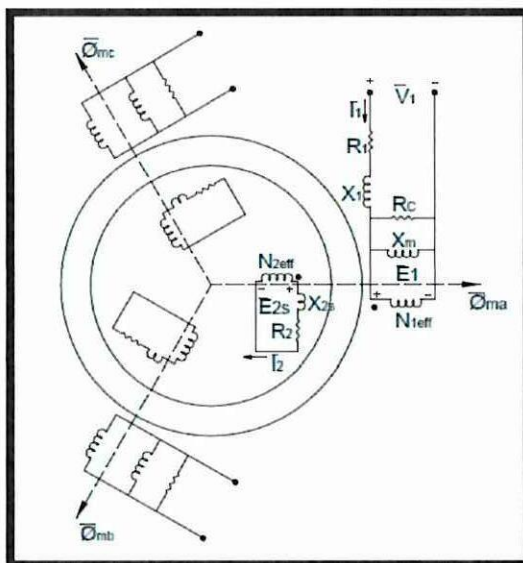
1.4. CIRCUITO EQUIVALENTE

Las similitudes entre el motor de inducción y el transformador son fácilmente aparentes. La potencia de una fuente senoidal es suministrada al devanado del estator o primario. Este devanado establece un flujo que acopla mutuamente a un devanado del rotor o a un secundario; el flujo cíclico mutuo atraviesa un material ferromagnético que da origen a pérdidas por corrientes parásitas o por histéresis. No todo el flujo establecido por el devanado primario enlaza el devanado secundario ya que existe una reactancia de fugas. Cualquier corriente que fluye en el devanado secundario actúa para oponerse a cambios en el flujo mutuo generado por el primario, lo que requiere la existencia de un balance de la fuerza

magnetomotriz. Como resultado de estas similitudes, el circuito equivalente del transformador es el apropiado para modelar al motor de inducción.

Existen tres notables diferencias entre el motor de inducción y el transformador que puede esperarse que impacten en la aplicación directa del modelo del transformador real. El camino del flujo mutuo debe cruzar el entrehierro de alta reluctancia, resultando en una reactancia de magnetización reducida y en incremento de la reactancia de fugas en el motor de inducción en comparación con el transformador. También hay un movimiento relativo entre los devanados primario y secundario del motor de inducción y además el devanado secundario tiene sus terminales en corto.

FIGURA 1.4: MOTOR DE INDUCCIÓN MODELADO COMO UN TRANSFORMADOR.



Fuente: Máquinas Eléctricas (Segunda edición) Stephen J . Chapman

La figura 1.4 muestra una adaptación del transformador trifásico a los devanados primario y secundario de un motor de inducción.

Según **(DUQUE OSCAR, 2005)** manifiesta que:

Enfocándose en el arreglo de la fase “a”, el valor RMS de la tensión inducida en el secundario a una frecuencia dada por $f_r = s f$ resulta ser:

$$E_{2s} = 4.44f_r N_{2eff} \phi_{ma} = 4.44sf N_{2eff} \phi_{ma} \quad \text{Ecu. (1.6)}$$

Donde

f: frecuencia de línea (estator) [Hz]

s: deslizamiento. [%]

f_r: frecuencia del rotor [Hz]

N_{2eff}: número de espiras efectivas del rotor [esp/1]

Φ_{ma}: flujo en el entrehierro de la fase a [Nax]

Haciendo que L₁₂ represente la inductancia de fuga del secundario, la reactancia del secundario es dada por

$$X_{2s} = \omega_r L_{12} = 2\pi f_r L_{12} = 2\pi f L_{12} \quad \text{Ecu. (1.7)}$$

Aplicando la LKT alrededor de la malla del secundario,

$$\bar{E}_{2s} = 4.44sf N_{2eff} \phi_{ma} = R_2 \bar{I}_2 + j2\pi sf L_{12} \bar{I}_2 \quad \text{Ecu. (1.8)}$$

Reordenando la ecuación anterior se obtiene

$$s\bar{E}_2 = R_2 \bar{I}_2 + jsX_2 \bar{I}_2 \quad \text{Ecu. (1.9)}$$

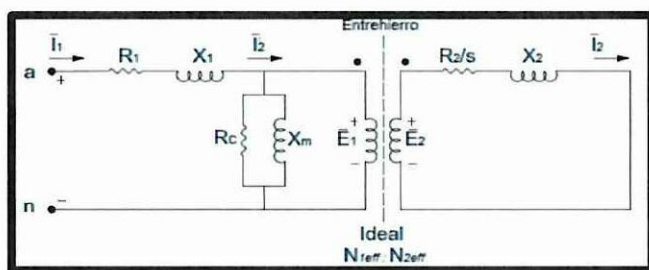
Donde $\bar{E}_{2s} = 4.44sf N_{2eff} \phi_{ma}$ y $X_2 = 2\pi f L_{12}$; los valores de tensión inducida y de la reactancia de fuga del secundario son medidos en condiciones de rotor bloqueado ($\omega_m = 0, s = 1$) donde $f_r = f$.

Dividiendo ambos lados de la ecuación (1.9) por s , se tiene

$$\bar{E}_2 = \frac{R_2}{s} \bar{I}_2 + jX_2 \bar{I}_2 \quad \text{Ecu. (1.10)}$$

La ecuación anterior sugiere que si la resistencia del secundario fuera reemplazada por un valor dependiente del deslizamiento, el modelo podría considerarse como si no hubiera movimiento relativo entre los devanados primario y secundario. La figura 1.5 presenta este modelo para la fase a.

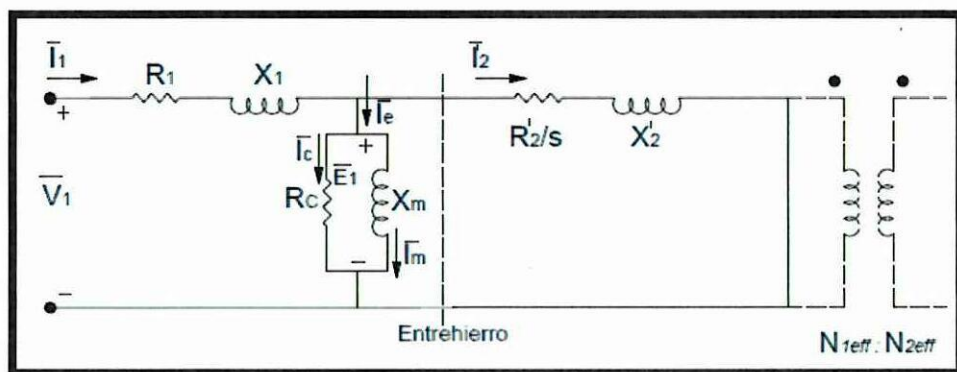
FIGURA 1.5: CIRCUITO EQUIVALENTE EXACTO POR FASE PARA UN MOTOR TRIFÁSICO DE INDUCCIÓN:



Fuente: Máquinas Eléctricas (Segunda edición) Stephen J . Chapman

Ya que las variables reales del rotor son de poca consecuencia en el análisis de desempeño, el transformador ideal puede reflejarse en la extrema derecha del circuito de la figura 1.5 obteniendo así el circuito equivalente de la fase *a* del motor trifásico de inducción mostrada en la figura 1.6.

FIGURA 1.6: CIRCUITO EQUIVALENTE EXACTO POR FASE PARA UN MOTOR TRIFÁSICO DE INDUCCIÓN (REFERIDO AL ESTATOR).



Fuente: Máquinas Eléctricas (Segunda edición) Stephen J . Chapman

Utilizando $a = N_{1eff} / N_{2eff}$ las impedancias referidas requieren que

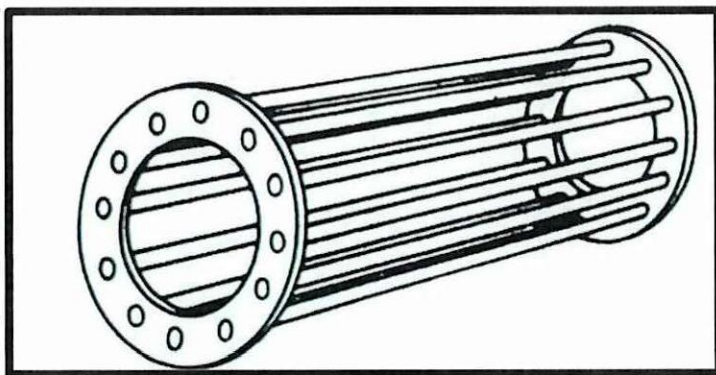
$$\frac{R_2'}{s} = a^2 \frac{R_2}{s}, \quad X_2' = a^2 X_2 \quad \text{e} \quad \bar{I}_2 = \frac{\bar{I}_2}{a}$$

1.5. MOTOR DE ROTOR EN JAULA DE ARDILLA

Los conductores de éste, están conectados en cortocircuito en ambos extremos mediante anillos continuos. En los motores más grandes, los anillos extremos se sueldan con los conductores, en lugar de ser vaciados.

Las barras del rotor de jaula de ardilla no siempre son paralelas a la longitud axial del rotor. Pueden estar desviados cierto ángulo con el eje del rotor para evitar los saltos y producir un par más uniforme, así como para reducir el zumbido magnético durante el funcionamiento del motor. La figura 1.6 muestra un rotor jaula de ardilla.

FIGURA 1.6: ROTOR JAULA DE ARDILLA.



Fuente: Máquinas Eléctricas (Segunda edición) Stephen J . Chapman

1.5.1 Motor de rotor bobinado

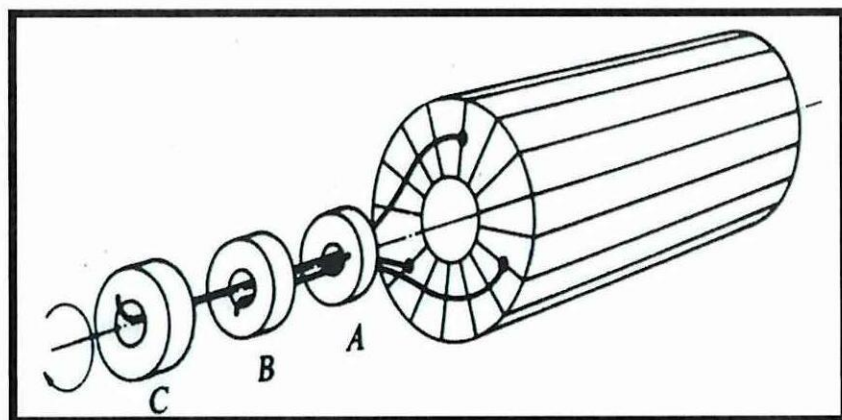
Según (STEPHEN J CHAPMAN, 2005) manifiesta que:

Los rotores devanados se fabrican con conductores de cobre, en general aislados del núcleo de hierro y se conectan en estrella en las máquinas trifásicas. Cada extremo del devanado de fase se saca a anillos rosantes que están aislados del eje del rotor.

Para los Tesisistas el rotor se conecta en estrella y el otro se conecta con el exterior mediante tres anillos que rozan con tres escobillas. En el exterior hay que conectar en estrella mediante cables, para cerrar el circuito retórico.

En general, una resistencia variable balanceada trifásica o polifásica se conecta a las escobillas de los anillos rozantes como una forma de hacer variar la resistencia total del rotor por fase. Debido a su alto costo inicial y mayor costo de mantenimiento, los rotores devanados se usan solo cuando 1) se necesitan altos pares de arranque, 2) se desea controlar la velocidad y 3) se introducen voltajes externos al rotor. La figura 1.7 muestra el rotor de este tipo de motor.

FIGURA 1.7: ROTOR BOBINADO



Fuente: Máquinas Eléctricas (Segunda edición) Stephen J . Chapman

1.6. PARÁMETROS DE DESEMPEÑO DE LOS MOTORES DE INDUCCIÓN

Antes de la aplicación del circuito equivalente por fase en cualquier cálculo de desempeño, es necesario establecer procedimientos de prueba para obtener los valores de los elementos en el circuito equivalente. Aunque anteriormente se señaló que la reactancia de magnetización (X_m) se reduce y que las reactancias de fuga (X_1, X'_2) se incrementan cuando se comparan con un transformador como base por unidad, este cambio no es suficiente para negar la comparación relativa de R_c y X_m con R_1, X_1, R'_2 y X'_2 para un transformador. En consecuencia, la

utilidad de los criterios de desempeño aún requiere que $\{R_c, X_m\} \gg \{R_1, X_1, R'_2, X'_2\}$.

Para analizar el arranque, aceleración, funcionamiento y eficiencia de motores de inducción tanto para los de jaula de ardilla como para los de rotor bobinado, es necesario definir ciertos términos y determinar sus valores. Las pruebas son como sigue:

- (1) Prueba en vacío, para determinar las pérdidas mecánicas y magnéticas. Esto es análogo a una prueba de transformadores en circuito abierto.
- (2) Prueba de cortocircuito o de rotor bloqueado o de rotor asegurado, para determinar la resistencia total efectiva, la resistencia del rotor y las pérdidas por resistencia eléctrica o pérdidas en el cobre.
- (3) Prueba de resistencia de estator para determinar la resistencia del estator por separado de la resistencia del rotor.
- (4) Prueba con carga para determinar la potencia, la corriente y el factor de potencia de carga.

1.6.1. Prueba en vacío

Según (STEPHEN J CHAPMAN, 2005) manifiesta que:

Esta prueba se efectúa poniendo a trabajar al motor al voltaje nominal con el eje girando libremente ($\omega \cong \omega_s, s \cong 0$). Ya que s es pequeña, el valor de R_2/s en la figura 1.5 es grande. En consecuencia, I'_2 es pequeña, pero no cero, dado que la potencia suministrada al secundario debe considerar las pérdidas de fricción y del devanado del rotor. Al motor se le conectan instrumentos para registrar la corriente de entrada ($I_1 = I_{nl}$), la tensión de entrada ($V_1 = V_{nl} = V_L/\sqrt{3}$) y la potencia.

Bajo estas condiciones, la potencia media de entrada al estator del motor de inducción está constituida por 1) las pérdidas rotacionales, tanto en el núcleo

como mecánicas Pc y Pm, respectivamente, y 2) una pequeña pérdida equivalente en el cobre del estator y del rotor, sin carga, P_{Cu}. La potencia de entrada por fase (P_{nl}=P_T/3) y la velocidad del eje del motor (n_{nl}=ω_{nl}). La frecuencia nominal de excitación se emplea para obtener el valor de Rc que es sensible a la frecuencia.

El ángulo de fase por lo que se atrasa con respecto a es nl I nl V

$$\theta_{nl} = \cos^{-1} \left[\frac{P_{nl}}{V_{nl} I_{nl}} \right] \quad \text{Ecu.(1.11)}$$

La ley de tensiones de Kirchhof aplicada al circuito equivalente de la figura 1.5 da

$$\bar{E}_1 = V_1 \angle 0^\circ - \bar{I}_{nl} \angle -\theta_{nl} (R_1 + jX_1) \quad \text{Ecu.(1.12)}$$

Con \bar{E}_1 determinado por la ecuación anterior, la corriente referida al secundario es dada por,

$$\bar{I}_2 = \frac{\bar{E}_1}{\frac{R_2}{s_{nl}} + jX_2} \quad \text{Ecu. (1.13)}$$

Donde

$$s_{nl} = \frac{\omega_s - \omega_{nl}}{\omega_s} = \frac{n_s - n_{nl}}{n_s} \quad \text{Ecu. (1.14)}$$

La potencia disipada por Rc es calculada por

$$P_C = P_{nl} - I_1^2 R_1 - (\bar{I}_2)^2 \frac{R_2}{s} \quad \text{Ecu.(1.15)}$$

donde el último término de la ecuación 1.15 considera las pérdidas resistivas en el secundario y las pérdidas de fricción (Pm) y en el devanado en cada una de las fases. El valor de Rc puede sintetizarse directamente.

$$R_C = \frac{E_1^2}{P_C} \quad \text{Ecu. (1.16)}$$

La potencia reactiva(Q_m), que fluye a X_m es determinada y empleada para evaluar X_m

$$Q_m = V_{nl} I_{nl} \sin(\theta_{nl}) - I_{nl}^2 X_1 - (\hat{I}_2)^2 \hat{X}_2 \quad \text{Ecu. (1.17)}$$

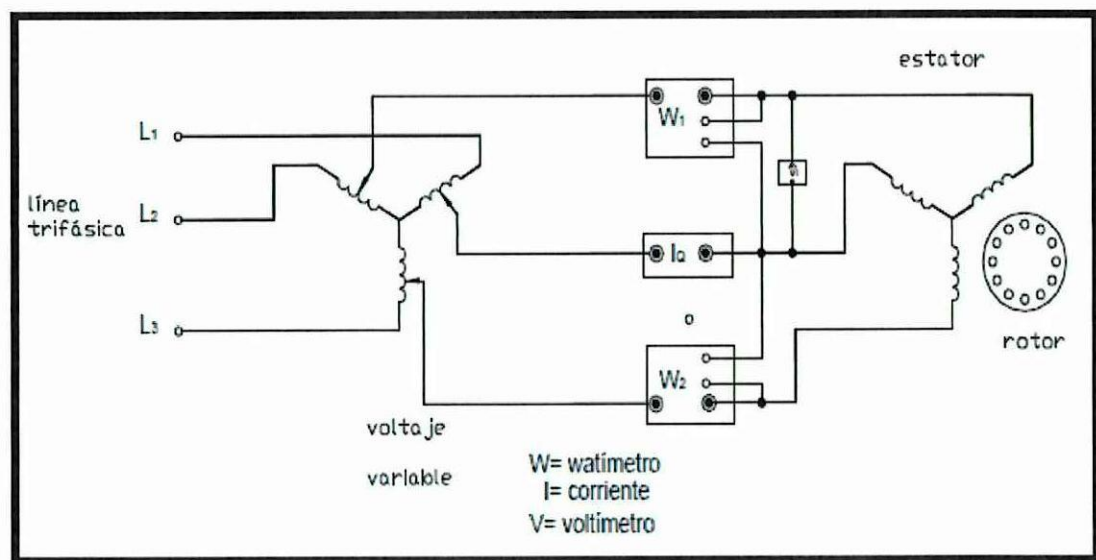
Finalmente

$$X_m = \frac{E_1^2}{Q_m} \quad \text{Ecu. (1.18)}$$

Con instrumentos conectados como se muestra en la figura 1.6, se toman las lecturas de todos los instrumentos en condiciones de equilibrio; tanto para las pruebas de corto como para las pruebas de vacío.

Se deben tomar en cuenta que en la prueba de “corto” se necesita una fuente trifásica variable preferentemente de frecuencia menor que la nominal. Lo que se muestra en la figura 1.8

FIGURA 1.8: CIRCUITO DE PRUEBA PARA MOTORES DE INDUCCIÓN.



Fuente: Máquinas Eléctricas (Segunda edición) Stephen J. Chapman

1.6.2. Prueba en Cortocircuito a rotor bloqueado

Según (ENRIQUEZ HARPER, GILBERTO, 2004) manifiesta que:

Para la condición de rotor bloqueado ($\omega = 0, s = 1$), se impide mecánicamente la rotación del rotor mientras se excita por medio de una

fuentes trifásicas balanceadas. La resistencia referida al secundario de la figura 1.5 se convierte en $\hat{R}_2/s = \hat{R}_2$.

Ya que $|\hat{R}_2 + j\hat{X}_2| \ll |\hat{R}_c//j\hat{X}_m|$, la rama de excitación puede despreciarse. Por tanto, la impedancia de entrada por fase para la operación a rotor bloqueado es

$$Z_{br} \cong R_1 + \hat{R}_2 + j(X_1 + \hat{X}_2) = R_{eq} + jX_{eq} \quad \text{Ecu. (1.19)}$$

Esta condición es directamente análoga a la prueba de cortocircuito del transformador. Se colocan instrumentos al motor para registrar la corriente de entrada ($I_1 = I_{br}$), la tensión de entrada ($V_1 = V_{br} = V_L/\sqrt{3}$), y la potencia de entrada por fase ($P_{br} = P_T/3$). La prueba deberá llevarse a cabo cerca de la corriente nominal.

A causa de la distribución desigual de corriente en las barras del rotor debida al efecto "piel", la resistencia del secundario R'_2 es dependiente de la frecuencia.

Es práctica común llevar a cabo a la prueba de rotor bloqueado con una frecuencia reducida de excitación (f_{br}) para obtener un valor de R'_2 que es típico de la frecuencia del rotor para la operación al deslizamiento nominal.

De estos datos, los valores de R_{eq} y de X_{br} se pueden sintetizar directamente, a partir de las ecuaciones:

$$R_{eq} = \frac{P_{br}^2}{I_{br}^2} \quad \text{Ecu. (1.20)}$$

$$Z_{br} = \frac{V_{br}}{I_{br}} \quad \text{Ecu. (1.21)}$$

$$X_{br} = (Z_{br}^2 - R_{eq}^2)^{1/2} \quad \text{Ecu. (1.22)}$$

No se justifica la sencilla operación de dividir R_{eq} y de X_{br} a la mitad para obtener R_1, R'_2, X_1, X'_2 como en el caso del transformador.

1.6.3. Prueba de resistencia del estator.

Esta prueba se lleva a cabo colocando en la fuente de tensión controlable de cd (V_{cd}) a través de dos líneas de entrada y midiendo la corriente de cd resultante (I_{cd}). La resistencia vista por esta prueba si el motor está en estrella es $2 R_1$ por tanto:

$$R_1 = \frac{1V_{cd}}{2I_{cd}} \quad \text{Ecu. (1.23)}$$

El valor de R_1 , según la ecuación anterior es típicamente incrementado de un 3 a 5% para utilizarse en el circuito equivalente y tomar en cuenta cualquier aumento en la resistencia del conductor debido al efecto “piel”. Una vez determinado R_1 se obtiene:

$$\hat{R}_2 = R_{eq} - R_1 \quad \text{Ecu. (1.24)}$$

Según (JIMMIE J. CATHEY, 2001) manifiesta que:

Las ranuras del estator difieren en número y en forma, en consecuencia, el coeficiente de acoplamiento del estator no es necesariamente igual al coeficiente de acoplamiento para el devanado del rotor.

Así, la justificación de $X_l=X'_2$ como se tenía en el transformador no es válida.

La distribución de X_{br} para dar X_l y X'_2 en ausencia de cálculos de diseño se lleva a cabo comúnmente de acuerdo con métodos empíricos que basan en una basta experiencia.

La tabla N 1.1 muestra que las relaciones dependen del diseño NEMA (National Electrical Manufacturers Association). No se debe olvidar que antes de entrar a la tabla, se debe ajustar la reactancia de fugas a la frecuencia nominal (f), teniendo así:

$$X_{eq} = \frac{f}{f_{br}} X_{br} \quad \text{Ecu. (1.25)}$$

TABLA N 1.1 DISTRIBUCIÓN EMPÍRICA DE X_{eq}

| Diseño NEMA | X_1 | X_2 |
|-----------------------|-------------|-------------|
| A | $0.5X_{eq}$ | $0.5X_{eq}$ |
| B | $0.3X_{eq}$ | $0.6X_{eq}$ |
| C | $0.4X_{eq}$ | $0.7X_{eq}$ |
| D | $0.5X_{eq}$ | $0.5X_{eq}$ |
| Rotor Devanado | $0.5X_{eq}$ | $0.5X_{eq}$ |

Fuente: Tabla tomada del texto Máquinas eléctricas: Análisis y diseño aplicando Matlab de Jimmie J. Cathey. Pag. 337.

1.6.4. Prueba de carga para motores de inducción

La prueba de carga emplea la misma instrumentación de la prueba de vacío. El motor se conecta en su carga normal o a una carga ajustable del laboratorio. Estando sujeto a la carga, se toman todas las lecturas y se registran. La carga no tiene que ser un valor conocido o calibrado. Sin embargo, en una situación de laboratorio escolar la única carga conveniente es un dinamómetro, el cual puede proporcionar valores razonables precisos de la carga para fines de comprobación.

1.7. FLUJO DE POTENCIA EN UN MOTOR DE INDUCCIÓN

Ya que no hay fuentes eléctricas conectadas directamente al rotor de un motor de inducción, la potencia que cruza el entrehierro en forma magnética antes de ser convertida a su forma eléctrica es la única fuente de la potencia suministrada al rotor.

Específicamente, la potencia promedio que cruza el entrehierro debe ser igual a la suma de las pérdidas resistivas del rotor disipadas como calor y la potencia convertida en forma mecánica. La potencia promedio que cruza el entrehierro para el circuito de la figura 1.5 está dada por:

$$P_g = (\dot{I}_2)^2 \frac{R_2}{s} = (\dot{I}_2)^2 \dot{R}_2 + (\dot{I}_2)^2 \frac{(1-s)}{s} \dot{R}_2 \quad \text{Ecu. (1.26)}$$

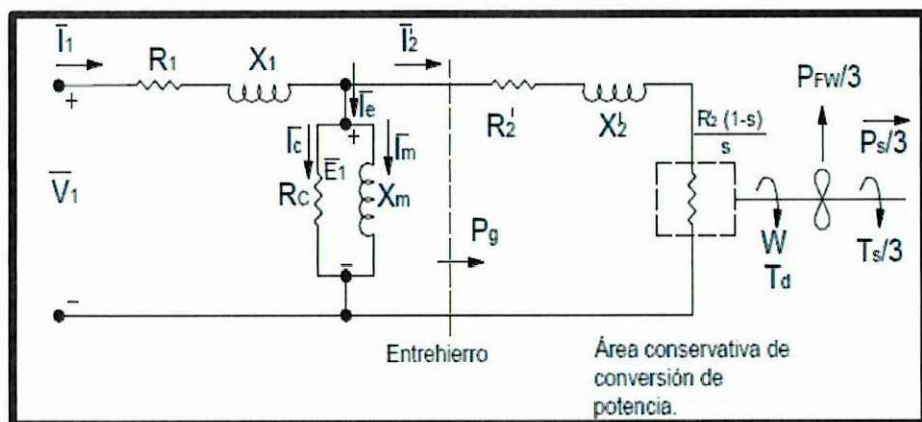
El primer término de la expresión del lado derecho de la ecuación anterior es obviamente el de las pérdidas resistivas de los devanados del rotor. En consecuencia, el poco familiar segundo término debe ser necesariamente la potencia convertida en forma mecánica, o la potencia desarrollada P_d .

En la misma ecuación puede verse que las pérdidas resistivas por fase del rotor P_{rcu} y la potencia desarrollada por fase P_d puede expresarse respectivamente como

$$P_{rcu} = (\dot{I}_2)^2 \dot{R}_2 = sP_g \quad \text{Ecu. (1.27)}$$

$$P_d = (\dot{I}_2)^2 \frac{(1-s)}{s} \dot{R}_2 = (1-s)P_g \quad \text{Ecu. (1.28)}$$

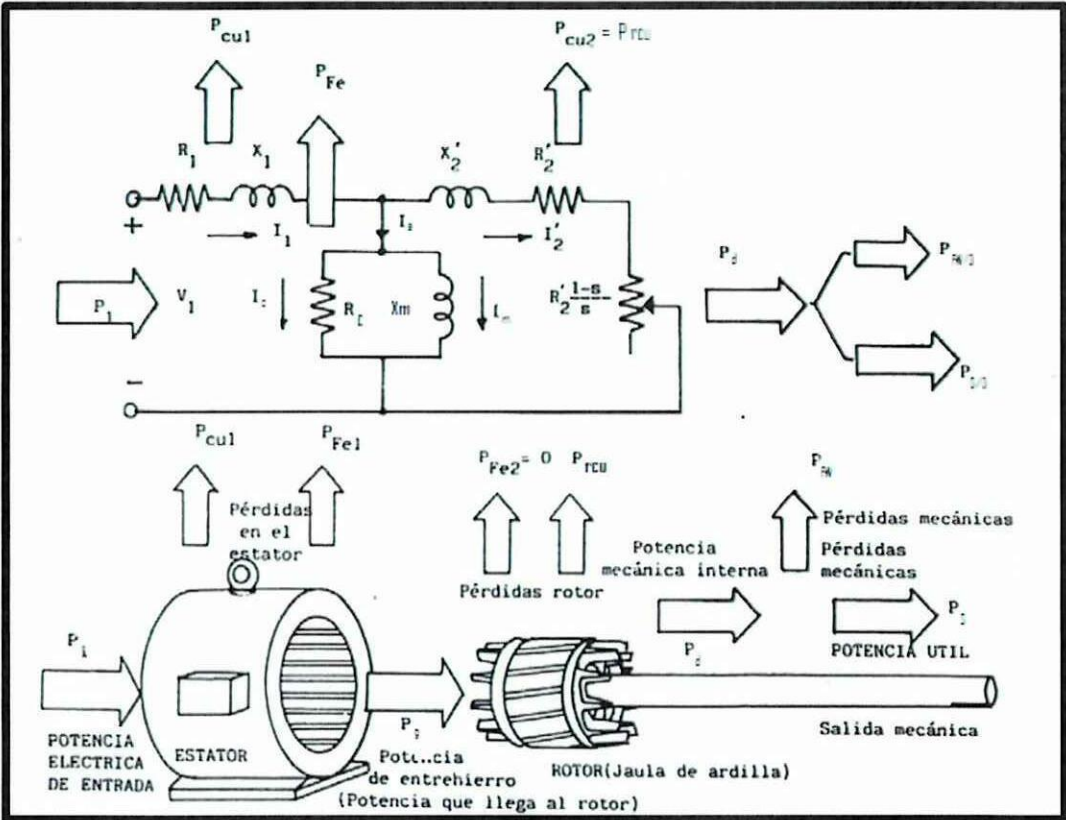
FIGURA 1.9: CIRCUITO EQUIVALENTE POR FASE ILUSTRANDO LA CONVERSIÓN ELECTROMECAÁNICA DE POTENCIA.



Fuente: Máquinas Eléctricas (Segunda edición) Stephen J. Chapman

Con el término de conversión de potencia mecánica identificado en la ecuación 1.28, el circuito equivalente por fase de la figura 1.5 puede redibujarse para delinear la conversión de potencia electromagnética. En la figura 1.9 se muestra este nuevo circuito, además se indican las pérdidas por fricción y devanado por fase ($P_{FW}/3$) junto con la potencia de salida por fase en el eje ($P_s/3$). Un diagrama de flujo de la potencia promedio para el motor trifásico total se presenta en la figura 1.10.

FIGURA 1.10: FLUJO DE POTENCIA EN UN MOTOR DE INDUCCIÓN.



Fuente: Máquinas Eléctricas (Segunda edición) Stephen J. Chapman

1.8. DETERMINACIÓN DEL PAR DESARROLLADO

Ciertamente puede imponerse una tensión de fase V_1 sobre el circuito equivalente para un valor particular de velocidad (y por tanto de deslizamiento) y determinarse el valor de I_2 por métodos de análisis de circuitos. La potencia en el entrehierro P_g y la potencia desarrollada P_d pueden deducirse a partir de las ecuaciones (1.26) y (1.28), donde puede evaluarse el par como $T_d = \frac{P_d}{\omega_m}$. Sin embargo, es conveniente desarrollar una fórmula que determine el par desarrollado en un cálculo con un solo paso.

Este puede determinarse dividiendo la ecuación (1.28) entre la velocidad del eje ω_m .

$$T_d = \frac{P_d}{\omega_m} = \frac{(1-s)}{\omega_m} (\hat{I}_2)^2 \frac{\hat{K}_2}{s} \quad \text{Ecu. (1.29)}$$

Si $\frac{1}{\omega_s} = \frac{(1-s)}{\omega_m}$, sustituimos en la ecuación anterior se tiene

$$T_d = \frac{(I_2)^2 \frac{R_2}{s}}{\omega_s} \tag{Ecu. (1.30)}$$

De la figura 1.5 puede determinarse el circuito equivalente Thevenin en la línea del entrehierro.

$$\begin{aligned} \bar{V}_{Th} &= \frac{R_c // jX_m}{R_1 + jX_1 + R_c // jX_m} \bar{V}_1 \\ &= \frac{jR_c X_m}{(R_1 R_c - X_1 X_m) + j(R_1 X_m + R_c X_1 + R_c X_m)} \bar{V}_1 \end{aligned}$$

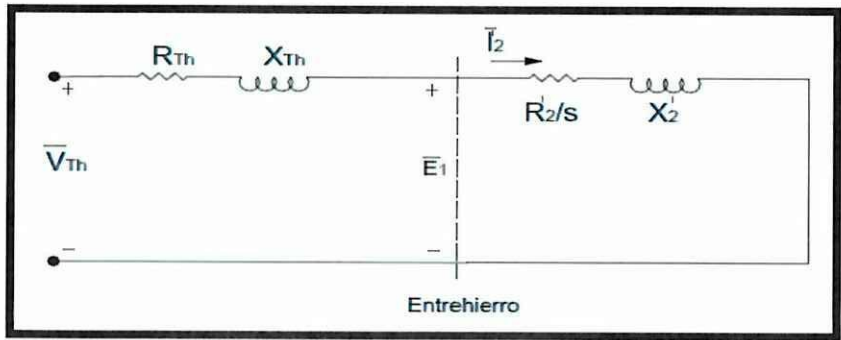
$$Z_{Th} = R_{Th} + jX_{Th} = R_c / (R_1 + jX_1)$$

$$Z_{Th} = \frac{R_c R_1 X_m (R_c X_m + R_1 X_m + R_c X_1) - R_c X_m X_1 (R_c R_1 - X_m X_1)}{(R_c R_1 - X_m X_1)^2 + (R_c X_m + R_1 X_m + R_c X_1)^2} \tag{Ecu. (1.31)}$$

$$+j \frac{R_c X_m X_1 (R_c X_m + R_1 X_m + R_c X_1) + R_c R_1 X_m (R_c R_1 - X_m X_1)}{(R_c R_1 - X_m X_1)^2 + (R_c X_m + R_1 X_m + R_c X_1)^2}$$

El circuito equivalente por fase de la figura 1.5, se puede volver a dibujar con su equivalente de Thevenin como se muestra en la figura 1.11.

FIGURA 1.11: CIRCUITO EQUIVALENTE DE THEVENIN POR FASE PARA UN MOTOR TRIFÁSICO DE INDUCCIÓN.



Fuente: Máquinas Eléctricas (Segunda edición) Stephen J. Chapman

Una expresión para $(\hat{I}_2)^2$ se deduce directamente de este circuito.

$$(\hat{I}_2)^2 = \frac{(V_{Th})^2}{\left(R_{Th} + \frac{R_2}{s}\right)^2 + (X_{Th} + \hat{X}_2)^2} \quad \text{Ecu. (1.33)}$$

Finalmente después de multiplicar por 3 para obtener el par total desarrollado, el resultado es:

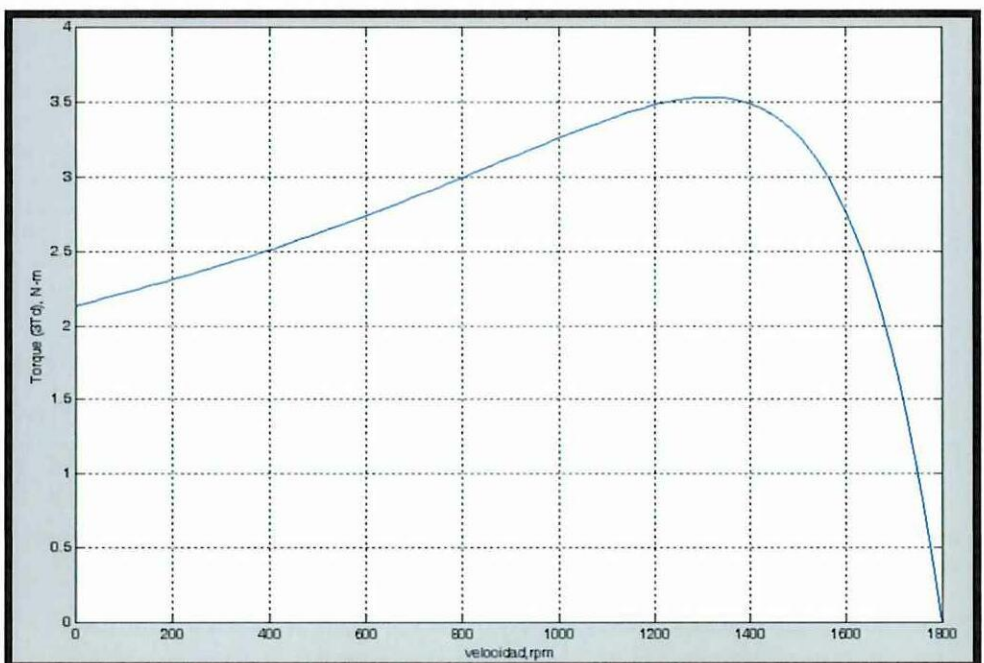
$$3T_d = \frac{3V_{Th}^2 \frac{R_2}{s}}{\omega_s \left[\left(R_{Th} + \frac{R_2}{s}\right)^2 + (X_{Th} + \hat{X}_2)^2 \right]} \quad \text{Ecu. (1.34)}$$

Multiplicando por s^2 la ecuación anterior tenemos

$$3T_d = \frac{V_{Th}^2 R_2}{\omega_s [(R_{Th} + \hat{R}_2)^2 + s^2 (X_{Th} + \hat{X}_2)^2]} \quad \text{Ecu. (1.35)}$$

La curva resultante par velocidad para un motor específico se muestra en la figura 1.12.

FIGURA 1.12: PAR ELECTROMAGNÉTICO DESARROLLADO POR UN MOTOR TRIFÁSICO DE INDUCCIÓN.



Si derivamos la ecuación (1.35) con respecto a s e igualamos el resultado a cero podemos obtener el deslizamiento máximo (s_{max}) para el cual ocurre el par máximo (T_{max}) de tal forma que

$$\frac{\delta(3T_d)}{\delta s} = 0 = \frac{\delta}{\delta s} \left[\frac{3sV_{Th}^2 \dot{R}_2}{\omega_s [(R_{Th} + \dot{R}_2)^2 + s^2(X_{Th} + \dot{X}_2)^2]} \right]$$

$$s_{max} = s = \frac{\dot{R}_2}{[\dot{R}_{Th} + (X_{Th} + \dot{X}_2)^2]^{T/2}} \quad \text{Ecu. (1.36)}$$

$$3T_{d\ max} = \frac{3V_{Th}^2}{2\omega_s \{R_{Th} + [\dot{R}_{Th} + (X_{Th} + \dot{X}_2)^2]^{T/2}\}} \quad \text{Ecu. (1.37)}$$

1.9. EFICIENCIA A PARTIR DEL MÉTODO DIRECTO CON DINAMÓMETRO

También se puede obtener la eficiencia de los motores pequeños mediante un dinamómetro o freno de Prony para registrar su salida a cualquier carga mecánica dada y registrarse eléctricamente la entrada. En este método el par se mide mediante un freno de corrientes de Foucault muy utilizados en los laboratorios técnicos.

En el caso de este trabajo, en el laboratorio, el motor se frena mediante un electrodinamómetro, cuyo principio se basa en el método de corrientes de Foucault. La figura 1.13 muestra un modelo de este tipo de freno, con él se puede explicar el principio de funcionamiento.

Un disco de material conductor (Al o bien Cu) gira entre los polos de un electroimán. Según la regla del generador en el disco se inducirá una tensión y, como el circuito eléctrico está cerrado, circulan remolinos de corriente I_{cF} en el sentido indicado de la figura 1.13. Por tanto, se debe considerar el disco como un conductor recorrido por corrientes y situado en un campo magnético. Según la regla del motor, sobre el disco actuará una fuerza F_{cF} en la dirección indicada en la figura. Como el punto de aplicación de la fuerza se encuentra situado a una

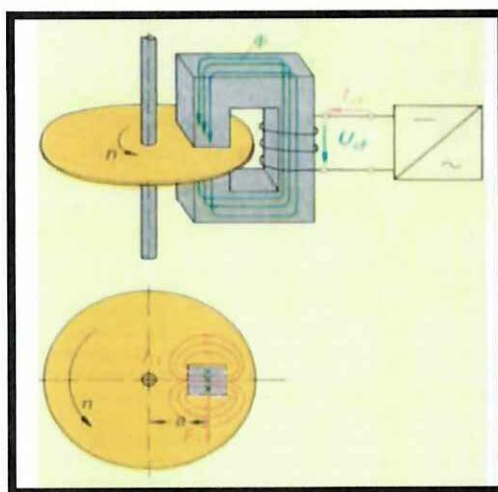
distancia a la del eje de giro, aparecerá un par resistente M_r que se opone al par motor que provoca el movimiento, la máquina motriz se verá frenada.

Según (GOURISHANKAR V , 2001) manifiesta que:

El par resistente del freno de corrientes de Foucault puede modificarse variando la intensidad de la corriente de intensidad de la corriente de excitación I_e del electroimán. El freno por corrientes de Foucault solo actúa cuando el eje gira, puesto que en reposo no se inducen corrientes de Foucault.

Para los Tesistas Estas corrientes circulares de Foucault crean electroimanes con campos magnéticos que se oponen al efecto del campo magnético aplicado. Cuanto más fuerte sea el campo magnético aplicado, o mayor la conductividad del conductor, o mayor la velocidad relativa de movimiento, mayores serán las corrientes de Foucault y los campos opositores generados.

FIGURA 1.13: MODELO DE UN FRENO POR CORRIENTES DE FOUCAULT.

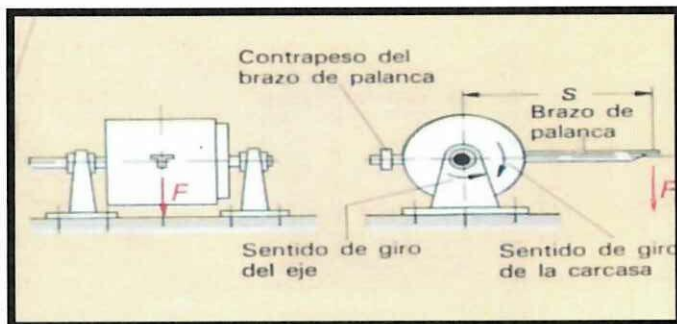


Fuente: Gourishankar V, Conversión de Energía Electromecánica, primera edición.

Para medir el par, se utiliza el principio de la balanza electrodinámica que se indica en la figura 1.14. Cuando el eje de la máquina transmite un determinado

par, para que la máquina permanezca en el reposo es preciso que su sujeción ofrezca un par resistente de igual intensidad.

FIGURA 1.14: BALANZA ELECTRODINÁMICA



Fuente: Gourishankar V, Conversión de Energía Electromecánica, primera edición.

Si la carcasa está montada de modo que pueda girar, como en el freno descrito anteriormente, sobre un brazo de palanca s unido a la carcasa actuará una fuerza F que podrá medirse mediante una báscula decimal, un dinamómetro o una caja manométrica figura 1.15.

FIGURA 1.15: FRENO POR CORRIENTES DE FOUCAULT CON DINAMÓMETRO.



Fuente: Gourishankar V, Conversión de Energía Electromecánica, primera edición.

Con este método el rendimiento es igual:

$$\eta = \frac{T\omega}{P_{ent}} * 100\%$$

Ecu. (1.42)

Donde T es el torque de salida medido en el electrodinamómetro en Nm y ω es la velocidad rotacional en rad/seg.

1.10. VARIADOR PARA MOTORES AC

Los variadores de frecuencia (sigla AFD, del inglés Adjustable Frequency Drive o bien VFD Variable Frequency Drive) permiten controlar la velocidad tanto de los motores de inducción (asíncronos de jaula de ardilla o de rotor devanado), como los motores asíncronos mediante el ajuste de la frecuencia de alimentación al motor.

El variador de frecuencia rectifica la corriente alterna requerida por el motor y la modulación electrónicamente produciendo una señal de salida con frecuencia y voltaje diferente.

Al variar la frecuencia, varia la velocidad de rotación ya que ambas son proporcionales, finalmente al variar la velocidad de operación varía la producción

Para el caso de un motor sincrónico, la velocidad se determina mediante la siguiente expresión

$$N_n = \frac{120 * f}{p} \quad \text{Ecu. (1.43)}$$

Cuando se trata de motores de inducción se tiene:

$$N_n = \frac{120 * f * (1-s)}{p} \quad \text{Ecu. (1.44)}$$

DONDE

N_s = velocidad sincrónica (rpm)

N_m =velocidad mecánica (rpm)

f =frecuencia de alimentación (Hz)

1.10.1. Composición de los variadores de Frecuencia

Como puede verse en las expresiones (Ecu.1.27) y (Ecu.1.28), la frecuencia y la velocidad son directamente proporcionales, de tal manera que al aumentar la frecuencia de alimentación al motor se incrementara la velocidad de la flecha, y al reducir el valor de la frecuencia disminuirá la velocidad del eje. Por ello es que este tipo de variador manipula la frecuencia de alimentación al motor al fin de obtener el control de la velocidad de la máquina.

Estos variadores mantiene la razón Voltaje / Frecuencia (V/Hz) constante entre los valores mínimos y máximos de la frecuencia de operación con la finalidad de evitar la saturación magnética de núcleo del motor y además porque el hecho de operar el motor a un voltaje constante por encima de una frecuencia dada (reduciendo la relación V/Hz) disminuye el par del motor y la capacidad del mismo para proporcionar potencia constante de salida en el motor.

El variador regula la frecuencia del voltaje aplicada al motor, logrando modificar su velocidad. Sin embargo, simultáneamente con el cambio de frecuencia debe variarse el voltaje aplicado al motor para evitar la saturación del flujo magnético con una elevación de la corriente que dañaría el devanado del estator.

El variador de frecuencia permita controlar la velocidad del motor de inducción eléctrico, siendo que el control de velocidad es hecho combinado la frecuencia de la salida de corriente enviada al motor, en el rango de 0 a 400Hz. Este variador es inventado por un sistema trifásico en dos rangos de voltaje de 200 a 240 Voltios, 50 y 60 Hz o 380 a 480 Volt, 50 o 60 Hz.

Una excelente forma de controlar la velocidad de un motor de inducción es variando la frecuencia del voltaje de alimentación.

Este método implica disponer de una fuente separada, em donde la frecuencia y el voltaje puede ser variado simultáneamente y en proporción directa una del otro; ya que para obtener un flujo permanente en los motores se debe mantener una relación constante entre el voltaje y la frecuencia de la fuente de alimentación, la razón de mantener una relación constante entre el voltaje aplicado y la frecuencia de la fuente, es porque el par desarrollado depende de la magnitud del flujo, y existe muchas aplicaciones donde comenzara el par constante es de especial interés.

Los variadores de frecuencia están compuesto por:

Etapa rectificadora

Convierte la tensión alta en continua mediante rectificadores de diodos, tiristores, etc.

Etapa intermedia

Existe un filtro para suavizar la tensión rectificada y reducir la emisión de armónicas.

Inversor o “invertir”

Convierte la tensión continua en otra de tensión y frecuencia variable mediante la generación de pulso. Actualmente se emplea IGBT's (Isolated Gate Bipolar Transistores) para generar los pulsos controlados de tensión.

Los equipos más modernos utilizan IGBT's inteligentes que incorporan un microprocesador con todas las protecciones por sobrecorriente, sobrevoltaje, bajo voltaje, cortocircuito, puesta a masa del motor, sobretemperatura, etc.

1.10.1.1. Etapa de control

Esta etapa controla los IGBT's para generar los pulsos variables de tensión y frecuencia. Y además controla los parámetros externos en general .etc.

Los variadores utilizados modulación PWM (Modulación de Ancho de pulso) y se usan en la etapa rectificadora puente de diodos rectificadores. En la etapa intermedia se usan condensadores y bobinas para disminuir las armónicas y mejorar el factor de potencia a través de cálculos matemáticos

1.10.1.2. Ventajas del variador de frecuencia

La gran ventaja de estos equipos está representado por las funciones que brindan entre ellas se destacan:

1.10.1.3 Ajustes de velocidad

Este equipo permita variar la velocidad es un rango más amplio que los demás sistemas y en un tiempo relativamente muy corto.

1.10.1.4 Ajuste de arranques y parada

Permiten el ajuste de las rampas de arranques y parada reduciendo los picos de corriente y controlado el torque y sistema

1.10.1.5 Ajuste de Torque

Se puede ajustar el torque de arranque para permitir arranques seguros, así mismo se puede mantener el torque a bajas velocidades.

1.11 ELECTRODINAMOMETRO

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

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

$$P = \frac{\left(\frac{r}{\text{min}}\right)(\text{lb}f * \text{pul}g)(1.59)}{100000} \text{ hp} \quad \text{Ecu. (1.45)}$$

En donde:

Hp = potencia nominal en caballos de fuerza

r/min = velocidad en revoluciones por minuto

lb.f.plg = par en libras-fuerza pulgadas

1.59= una constante

1.12 INSTRUMENTACION VIRTUAL

1.12.1 Introducción

Según (LAJARA JOSE , 2011) manifiesta que: BARCELONA

La instrumentación virtual, es un conjunto de herramientas de software y hardware, que permiten al ingeniero desarrollar dispositivos e instrumentos de medición (llamados VI), acordes con las necesidades específicas del usuario, utilizando un computador y una tarjeta de adquisición de datos, para monitorear, registrar y controlar variables, presentes en un evento.

Para los Tesistas La instrumentación virtual involucra el procesamiento, análisis, almacenamiento, distribución y despliegue de los datos e información relacionada con la medición de una o varias señales específicas. Con éstas, mediante software que permitan la implementación de algoritmos de control, es factible integrar y controlar complicados procesos.

Un instrumento virtual puede realizar las tres funciones básicas de un instrumento convencional: adquisición, análisis y presentación de datos. Sin embargo, el instrumento virtual permite personalizar el instrumento y agregarle muchas más funcionalidades como:

- Bajo costo relativo
- Alto poder de cálculo
- Capacidad de almacenamiento
- Calidad de graficación
- Arquitectura abierta

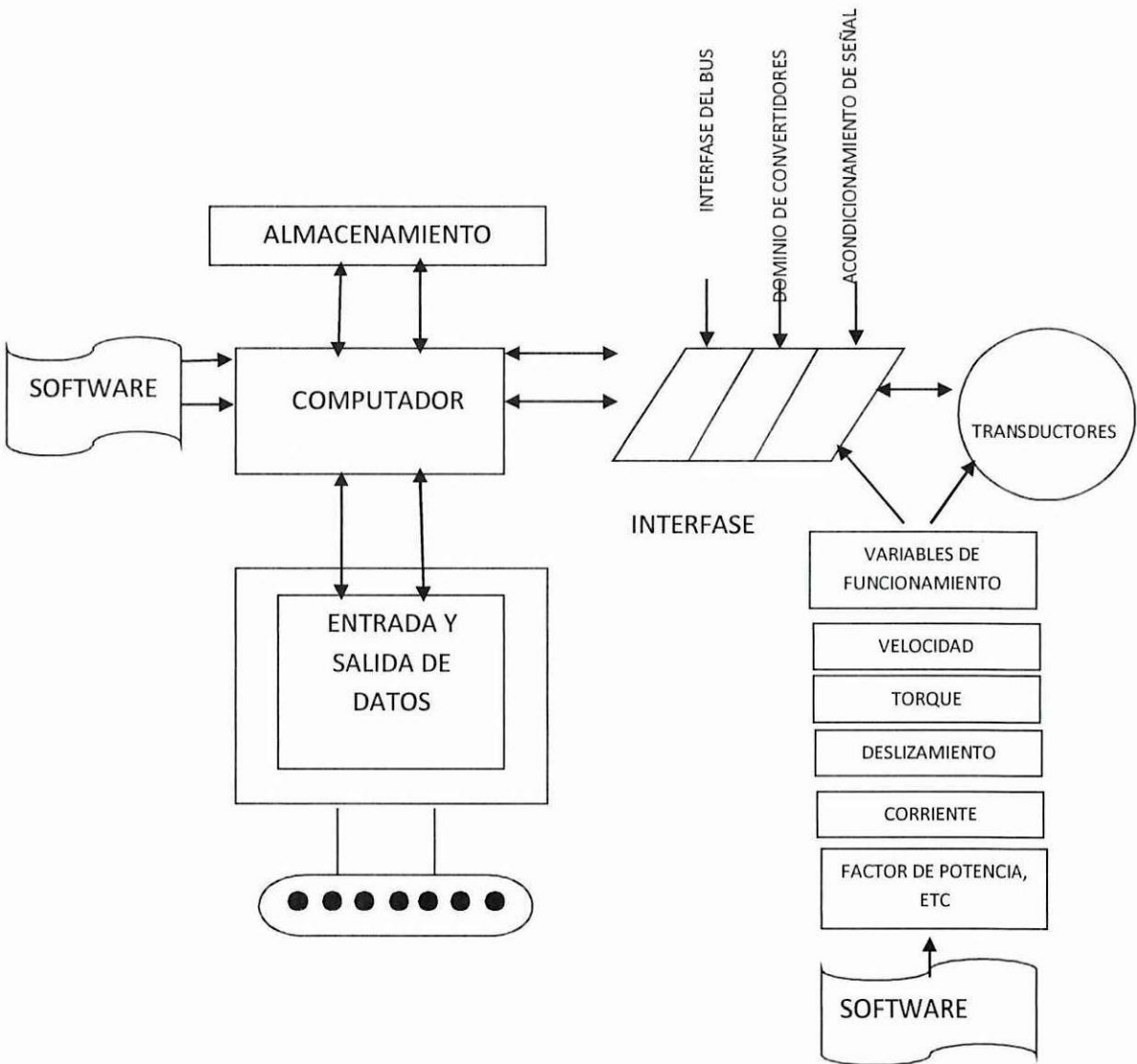
Un instrumento tradicional, se caracteriza por realizar una o varias funciones específicas que no pueden ser modificadas. A diferencia de un instrumento tradicional, un VI es altamente flexible y puede ser diseñado por el usuario de acuerdo con sus necesidades y sus funciones pueden ser cambiadas a voluntad modificando el programa.

1.12.2 Estudio de las señales, transductores y acondicionadores de señal.

Una señal es una variable física tal que su magnitud o la variación en el tiempo contiene información. En el esquema generalizado del sistema de adquisición de datos mostrado en la figura 1.16.

El transductor es el que ejecuta la transformación de la variable física del experimento científico, o proceso, a una variable de índole electrónica y/o digital (eléctrica). Estas transformaciones son ejecutadas por una amplia variedad de transductores.

FIGURA 1.16: SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.



Fuente: Grupo de Investigadores

1.13 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN

Muchas veces escuchamos en la industria la palabra protocolos de comunicación sin tener claro de que estamos hablando, con el objetivo de entender, expondremos sus principales características y fundamentos de los más usados.

En principio un protocolo de comunicación es un conjunto de reglas que permiten la transferencia e intercambio de datos entre los distintos dispositivos que conforman una red.

Para este proyecto de tesis hemos utilizado el siguiente Protocolo:

1.13.1 Protocolo MODBUS

Es un protocolo de comunicación desarrollado por MODICON para comunicación, El objeto del protocolo **Modbus**, es La transmisión de información entre distintos equipos electrónicos como PLC, drives, sensores, actuadores remotos conectados a un mismo bus.

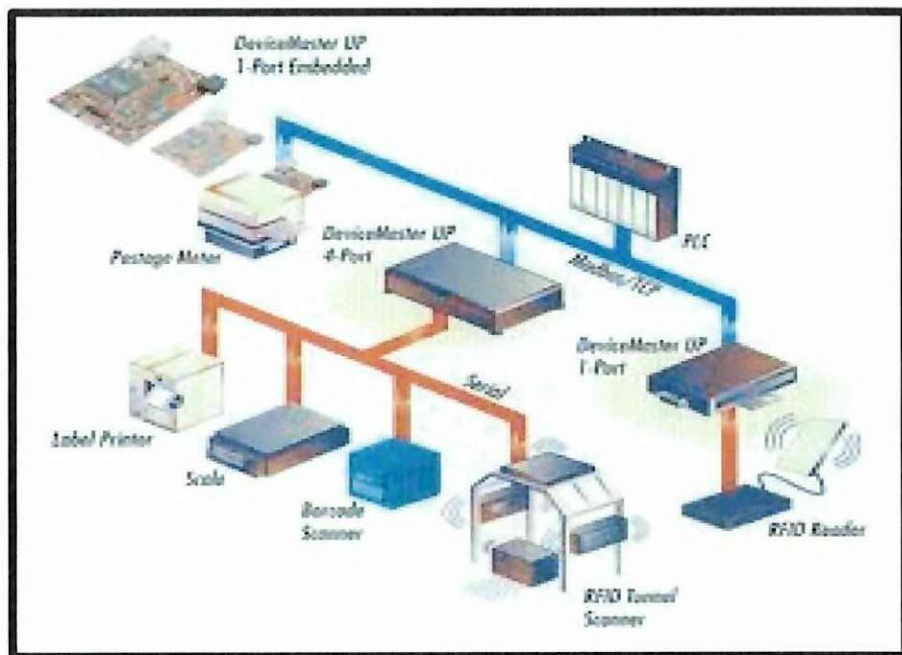
Existiendo en dicho bus un solo dispositivo maestro (**Master**) y varios equipos esclavos (**Slaves**) conectados.además puede establecer cómo deben transmitirse los mensajes y como realizar la detección de errores.

Relativamente es sencillo de implementar y flexible se ha convertido en uno de los protocolos de comunicaciones más populares en sistemas de automatización y control. A parte de que muchos fabricantes utilizan este protocolo en sus dispositivos, existen también versiones con pequeñas modificaciones o adaptadas para otros entornos (como p.ej JBUS o MODBUS II)

MODBUS especifica el procedimiento que el controlador y el esclavo utilizan para intercambiar datos, el formato de estos datos, y como se tratan los errores. No especifica estrictamente el el tipo de red de comunicaciones a utilizar, por lo que se puede implementar sobre redes basadas en Ethernet , RS-485, RS-232 etc.

Puede Controlar el acceso al medio tipo maestro esclavo. El protocolo especifica el formato de trama, secuencias y control de errores.

Sólo especifica la capa de enlace del modelo ISO/OSI.A cada esclavo se le asigna una dirección fija y única en el rango de 1 a 247.(figura 1.17).



Fuente: Antoni M, Instrumentación virtual, primera edición

1.14 DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA

1.14.1. Características generales de LabVIEW

Labview es una aplicación de desarrollo de programas, como C o Basic. Sin embargo, Labview es distinta que esas aplicaciones en un aspecto importante; otros sistemas de programación usan lenguajes basados en texto para crear las líneas de código, mientras que Labview usa un lenguaje de programación gráfico, G, para crear programas en forma de diagrama de bloques.

Labview, como C o Basic, es un sistema de programación de propósito general con extensas librerías de funciones y subrutinas para cualquier tarea de programación. También contiene librerías específicas para adquisición de datos, control de instrumentación serie y GPIB, análisis de datos, presentación de datos y almacenamiento de datos.

Incluye herramientas de desarrollo de programas convencionales, por lo que se pueden establecer puntos de parada, animar la ejecución para ver cómo los datos fluyen a través del programa, y ejecución paso a paso a través del programa para depurar y desarrollar el programa más fácilmente.

1.14.2. Instrumentos virtuales

Según (**MOLINA JOSE MIGUEL**, 2010) manifiesta que:

Los programas desarrollados en LabVIEW se los llaman instrumentos virtuales, o VIs, porque su apariencia y operación imita a un instrumento físico, tales como osciloscopios y multímetros. Todos los VIs usan funciones que manipulan entradas desde la interfase de usuario o desde otra fuente y muestra la información o mueve éste a otro archivo o PC.

Para los Tesistas los programas desarrollados con LabVIEW se llaman Instrumentos Virtuales, o VIs, y su origen provenía del control de instrumentos, aunque hoy en día se ha expandido ampliamente no sólo al control de todo tipo de electrónica (Instrumentación electrónica).

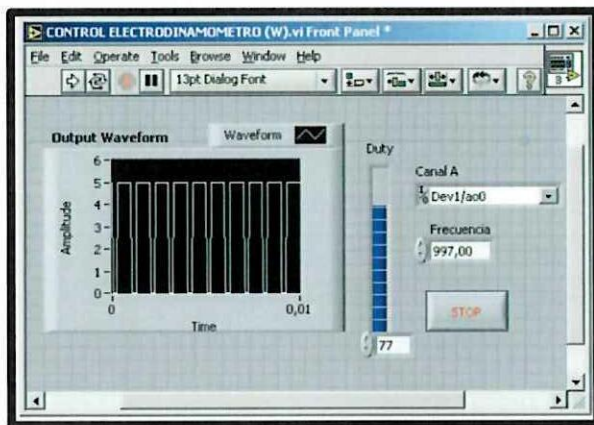
Un VI consta de tres partes las cuales se definen como sigue:

1.14.3 Panel frontal

El panel frontal es utilizado para interactuar con el usuario cuando el VI está corriendo. Se puede controlar el programa, cambiar entradas, y ver datos actualizados en tiempo real, es decir permite visualizar los componentes del mismo en forma interactiva.

La figura 1.18 muestra un ejemplo de un panel frontal.

FIGURA 1.18: EJEMPLO DE UN PANEL FRONTAL.



Fuente: Antoni M, Instrumentación virtual, primera edición

Se puede construir el panel frontal con controles e indicadores, que son las entradas y salidas que interactúan con las terminales del VI respectivamente. Los controles simulan los dispositivos de entrada y proporciona el dato al diagrama de bloque del VI y pueden ser perrillas, pulsantes, dials, etc. Los indicadores simulan salidas de instrumentos y suministra datos que el diagrama de bloques adquiere o genera.

1.14.4 Diagrama de bloques

El diagrama de bloques contiene el código fuente gráfico. Los objetos del panel frontal aparecen como terminales en éste. Adicionalmente, este diagrama contiene funciones y estructuras incorporadas en las bibliotecas de LabVIEW.

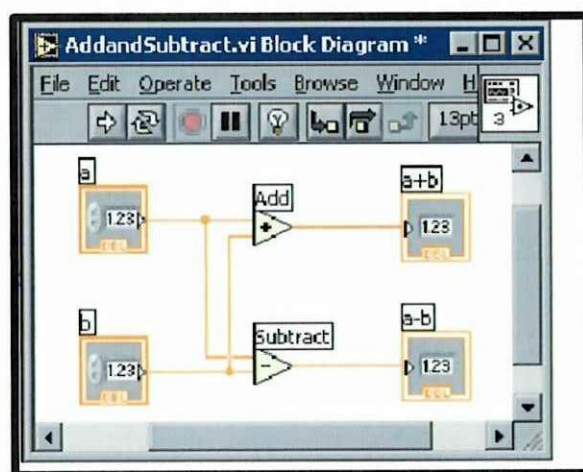
Según (MOLINA JOSE MIGUEL, 2001) manifiesta que:

Los cables conectan cada uno de los nodos en el diagrama de bloques, incluyendo controles e indicadores de terminal, funciones y estructuras. La mayor parte de los símbolos que se incluyen en el panel frontal aparecerán también aquí en la forma del dato asociado.

Por ejemplo, si en el panel frontal se añadió un dial que genera valores reales, en la ventana de diagrama aparecerá un control con tipo de dato real que tomará el valor que genere el dial, como muestra la figura 1.19. En este punto es importante distinguir dos tipos principales de elementos: indicadores y controles.

Los indicadores simplemente muestran un dato que les llega y los controles generan un dato que decide el usuario. Esto es importante a la hora de realizar el conexionado en la ventana de diagrama ya que el flujo de los datos será desde los elementos que los generan hacia los que los reciben, por lo que si se intenta unir directamente dos elementos indicadores o dos controles, evidentemente la conexión será imposible.

FIGURA 1.19: DIAGRAMA DE BLOQUES



Fuente: Antoni M, Instrumentación virtual, primera edición

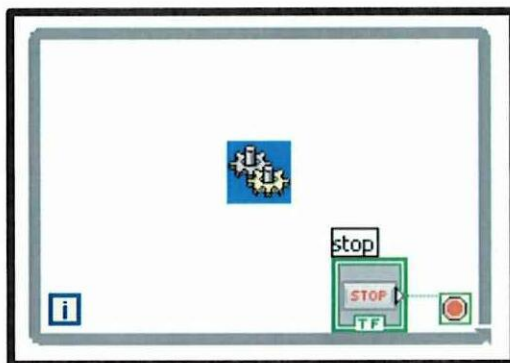
1.14.5 Ciclos y estructuras

Labview, dispone de los siguientes elementos que permiten controlar la secuencia de ejecución del programa.

Lazo While, que es similar al ciclo Haga (Do) o al ciclo Repita-hasta (Repeat-Until) en lenguajes de programación basados en texto, un ciclo Mientras,

mostrado en la figura 1.20, ejecuta un subdiagrama hasta que la condición sea cumplida.

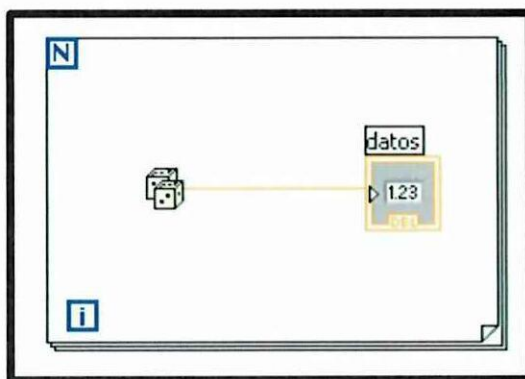
FIGURA 1.20: CICLO MIENTRAS (WHILE LOOP).



Fuente: Antoni M, Instrumentación virtual, primera edición

Un ciclo Loop, ejecuta una serie varias veces. El valor en la terminal de conteo (una terminal de entrada) representada por la N, indica cuantas veces repetir el subdiagrama. La terminal de iteración (una entrada de salida), mostrada a la izquierda del lazo, contiene el número de iteraciones completas. La figura 1.21 muestra un ejemplo de este caso.

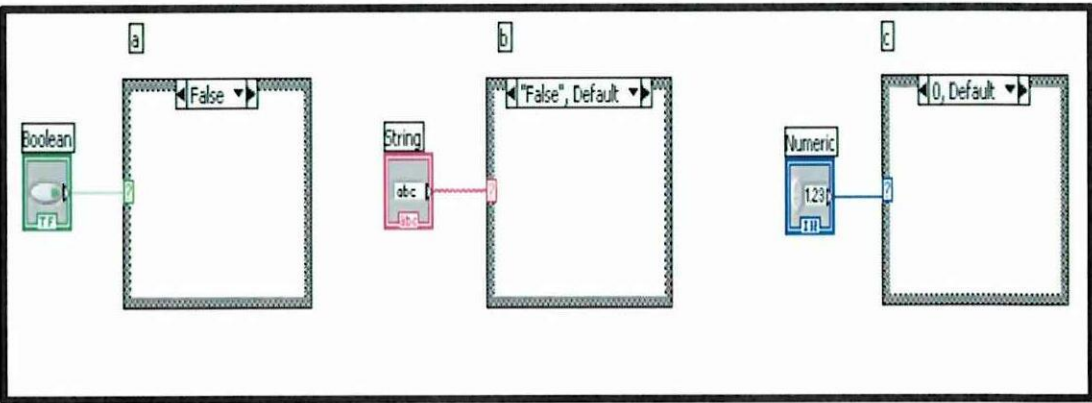
FIGURA 1.21: CICLO PARA (FOR LOOP).



Fuente: Antoni M, Instrumentación virtual, primera edición

Las estructuras de Caso (case) permiten elegir un curso de acción dependiendo del valor de entrada. La figura 1.22 muestra estructuras caso diferenciadas por tipo de dato de selección.

FIGURA 1.22: ESTRUCTURA CASO (CASE STRUCTURE).



Fuente: Antoni M, Instrumentación virtual, primera edición

Presenta tres casos:

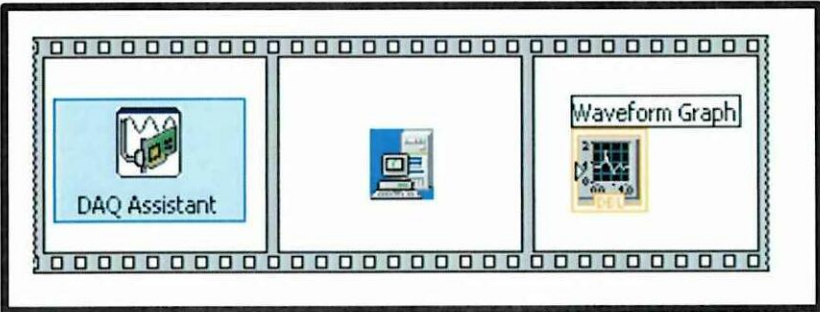
Caso a: Entrada Booleana: Caso simple if-then (si-entonces).

Caso b: Entrada de cadena de caracteres. Como el caso de los valores numéricos de entrada, el valor de la cadena de caracteres determina cual caso (caja) se ejecutará.

Caso c: Valor numérico de entrada. El valor de entrada determina cual caso (caja) se ejecutará. Si está fuera de rango de los casos LabVIEW escogerá el caso por omisión (DEFAULT).

Cuando se necesite controlar el orden de la ejecución del código en el diagrama de bloques, se puede utilizar una Sequence Structure (estructura de secuencia), la misma que está representada como muestra la figura 1.23.

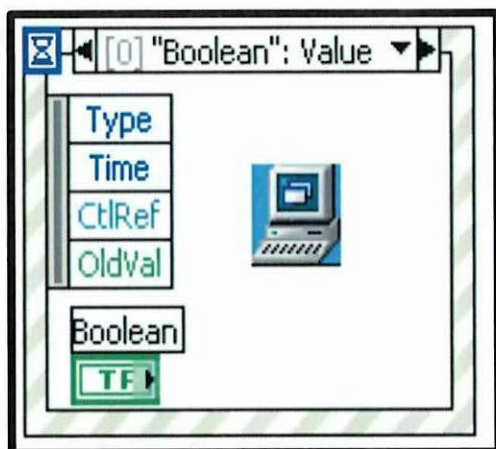
Figura 1.23: ESTRUCTURA DE SECUENCIA (SEQUENCE STRUCTURE)



Fuente: Antoni M, Instrumentación virtual, primera edición

Una estructura de eventos se la utiliza para ejecutar un subVI de un VI cada vez que ocurre un evento, lo que se muestra en la figura 1.24, esta estructura trabaja similarmente a una estructura case pero con la diferencia de que éste espera hasta que ocurra un cambio en el VI y si con este cambio se debe ejecutar el subVI entonces lo ejecutará.

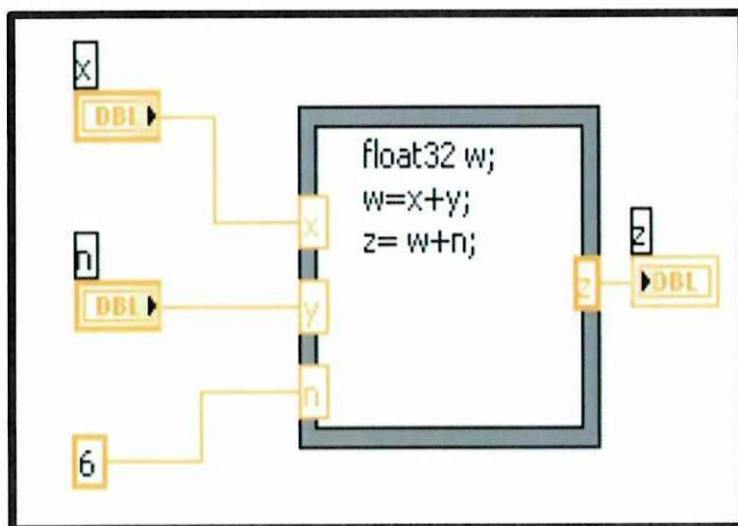
FIGURA 1.24: ESTRUCTURA DE EVENTOS (EVENT STRUCTURE).



Fuente: Antoni M, Instrumentación virtual, primera edición

El nodo de fórmula (Formula Node) permite implementar ecuaciones complicadas usando instrucciones basadas en texto lo que se muestra en la figura 1.25.

FIGURA 1.25: NODO DE FÓRMULAS.



Fuente: Antoni M, Instrumentación virtual, primera edición

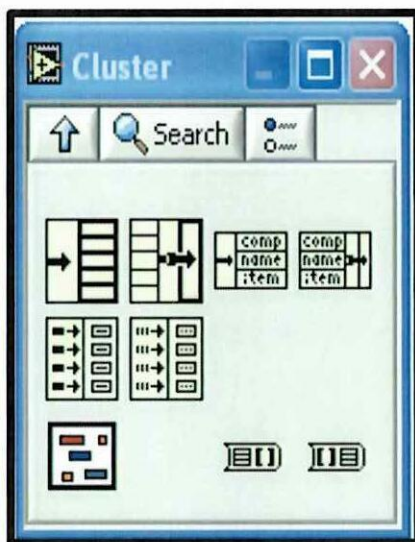
1.14.6 Clusters

Los Clusters, agrupan componentes iguales o desiguales juntos. Es equivalente a un Record en Pascal o una Struct en C.

Los Componentes de los Clusters pueden ser de diferentes tipos de datos: tales como información de error Booleano, arreglos de datos de una adquisición, etc. Todos los elementos de un Cluster deben ser ya sea Indicadores o Controles y no se puede tener una Control de Cadena y un Indicador Booleano.

Los Clusters se pueden considerar como un grupo de alambres individuales (datos) juntos en un cable (cluster), la figura 1.26 muestra las funciones de los clusters.

FIGURA 1.26: FUNCIONES DE LOS CLUSTERS.



Fuente: Antoni M, Instrumentación virtual, primera edición.

1.14.7 Cadenas de caracteres

Una cadena es una secuencia de caracteres desplegables o no desplegables (ASCII), las cadenas se usan frecuentemente para enviar comandos a instrumentos, para proveer información acerca de pruebas (tales como el nombre del operador y la fecha), o para desplegar resultados al panel frontal.

Los Controles e indicadores de Cadena se encuentran en la subpaleta **Text Control** o **Text Indicator** de la paleta de **Controles**.

1.14.8 Arreglos (Arrays)

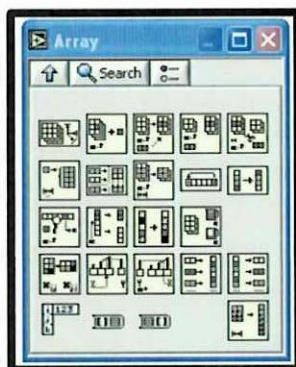
Los arreglos agrupan elementos de datos del mismo tipo. Un arreglo consiste de elementos y dimensiones, los elementos son los datos que componen el arreglo, y una dimensión es la longitud, altura, o profundidad de un arreglo.

Se puede construir arreglos de: datos numéricos, Booleanos, rutas, cadenas, formas de onda y cluster data.

Se debe considerar el usar arreglos cuando trabaje con una colección de datos similares y cuando realice computaciones repetitivas. Los arreglos son ideales para almacenar información que se obtiene de formas de ondas o información generada en los ciclos, donde cada iteración de un ciclo produce un elemento del arreglo.

Los elementos del arreglo son ordenados. Un arreglo utiliza un índice para que se pueda tener acceso rápido a cualquier elemento en particular. La figura 1.27 muestra las funciones de los arreglos.

FIGURA 1.27: FUNCIONES DE LOS ARRAYS.



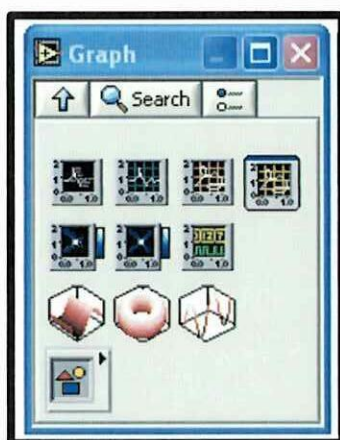
Fuente: Antoni M, Instrumentación virtual, primera edición

1.14.9 Gráficas

Los gráficos situados en la paleta Controls» All Controls» Graph incluyen el gráfico de forma de onda y el gráfico XY. El diagrama del gráfico de forma de onda traza solamente funciones de una sola variable, como en $y = f(x)$, con puntos distribuidos uniformemente a lo largo del eje (x), tal como formas de onda adquiridas con tiempo variable. Los gráficos expresos XY exhiben cualquier set de puntos, ya sea que estos sean muestreados uniformemente o no.

Se puede utilizar diagramas múltiples para ahorrar espacio en el panel frontal y para hacer comparaciones entre diagramas. Los gráficos XY y de forma de onda se adaptan automáticamente a los diagramas múltiples, a continuación la figura 1.28 muestra la subpaleta de gráficas.

FIGURA 1.28: SUBPALETA DE GRÁFICAS.



Fuente: Antoni M, Instrumentación virtual, primera edición

1.14.10. Variables globales y locales.

1.14.10.1 Variable global (Global Variables)

Un tipo especial de VI, usado para guardar datos de los objetos del panel frontal con el propósito de intercambiar datos entre VIs.

1.14.10.2. Variables locales (Local Variables)

Las variables locales rompen con el paradigma de programación de flujo de datos, permitiendo que los datos sean pasados sin necesidad de cables, estas variables permiten leer o escribir un dato siempre y cuando se las use en el mismo VI o subVI.

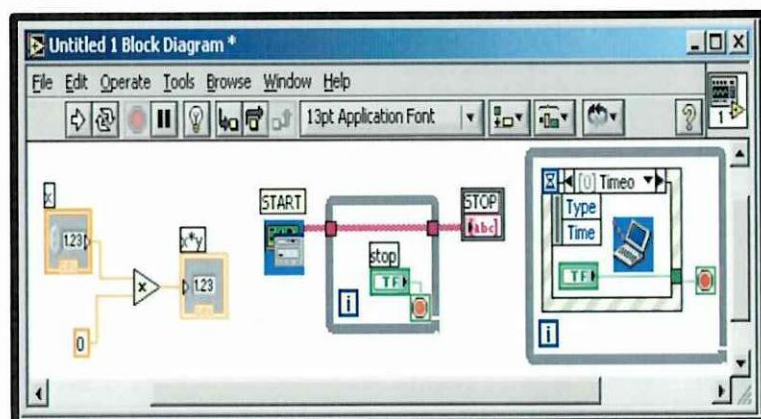
1.14.10.3. Nodos de propiedad (Property Nodes)

Las propiedades son todas las cualidades de un objeto en el panel frontal. Con *property nodes*, se crean o leen dichas características tales como color de “foreground” y “background”, formato y precisión de datos, visibilidad, texto descriptivo, tamaño y posicionamiento del panel frontal, etc.

1.14.10.4. Arquitectura básica de programación

Se puede estructurar los VIs dependiendo de la funcionalidad que se desea que tengan. La programación de un VI se debe realizar según sea el requerimiento y necesidad ya sea ésta de forma simple o en secuencia de ejecución de subVIs. La figura 1.29 muestra la arquitectura de programación recomendada para varios casos.

Figura 1.29: ARQUITECTURAS DE PROGRAMACIÓN.



Fuente: Antoni M, Instrumentación virtual, primera edición

1.14.10.5.. *Arquitectura de VI Simple*

Cuando se hacen pruebas de laboratorio rápidas, no se necesita una arquitectura complicada, la figura 1.30 muestra este tipo de arquitectura.

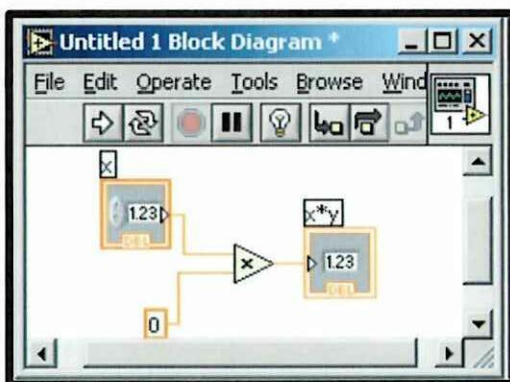
El programa puede consistir de un solo VI que toma una medición, hace cálculos, y despliega los resultados o el guarda en el disco.

Según (MOLINA JOSE MIGUEL, 2001) manifiesta que:

La medición puede ser iniciada cuando el usuario le da click a la flecha de inicio (runarrow). Aparte se ser usada para aplicaciones simples, esta arquitectura es usada para componentes “funcionales” dentro de aplicaciones más grandes.

Puede convertirse a estos VIs simples en subVIs que son utilizados como componentes de una aplicación más grande.

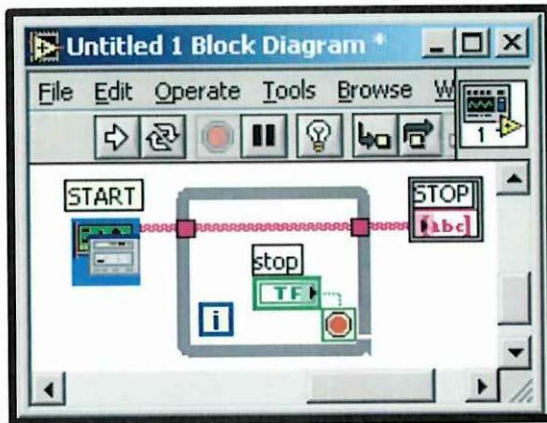
Figura 1.30: ARQUITECTURA SIMPLE.



Fuente: Antoni M, Instrumentación virtual, primera edición

1.14.10.6. *Arquitectura de un VI General*

La figura 1.31 muestra la arquitectura VI general, particularmente al diseñar una aplicación con ésta arquitectura se siguen tres pasos:



Fuente: Antoni M, Instrumentación virtual, primera edición

Inicio (startup).- Esta área se usa para inicializar el hardware, leer información de configuración de archivos o preguntar al usuario la localización de datos de archivos.

Aplicación Principal (main application).- Generalmente consiste de por lo menos un ciclo que se repite hasta que el usuario decida salir del programa, o el programa termina debido a otras razones como la completación de una entrada/salida (I/O).

Apagado (shutdown).- Esta sección usualmente se encarga de cerrar los archivos, escribir datos de configuración al disco o reestablecer los datos de entrada/salida, (I/O) a su estado predeterminado.

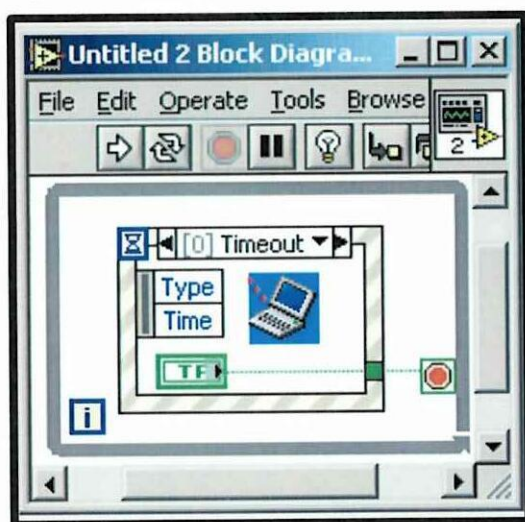
Para aplicaciones simples, el ciclo de la aplicación principal puede ser bastante directo. Cuando se tiene interfases de usuario complicadas o eventos múltiples (acción de usuario, accionamientos de entradas/salidas, etc.), esta sección puede volverse más complicada.

1.14.10.7. Arquitectura de un VI de Máquina de Estado

En este modelo se escanea (scan) la lista de posibles eventos, o estados, y luego correlaciona (map) estos a un caso. Se trabaja estados que se pueden agrupar o guardar en una constante enumerada como se indica en la figura 1.32. La ventaja

de este modelo es que su diagrama puede reducirse significativamente, haciendo que sea más fácil de leer y depurar.

FIGURA 1.32: ARQUITECTURA DE UN VI DE MÁQUINA DE ESTADO.



Fuente: Antoni M, Instrumentación virtual, primera edición

Una desventaja de la estructura de secuencia es que no puede saltarse o salirse de un caso. Este método resuelve ese problema ya que cada caso determina cual será el próximo caso que se ejecutará lo cual se arregla colocando registros a la salida de cada caso para llevar el dato. Una desventaja de esta técnica es que con la arquitectura simple se pueden perder eventos.

Si dos eventos ocurren al mismo tiempo, este modelo maneja solo el primero, y el segundo se pierde. Esto puede conducir a errores que son difíciles de depurar porque solo ocurren ocasionalmente. Existen versiones más complejas de la Arquitectura del VI de la Máquina de Estado que contiene código extra para construir un estado de eventos (estados) de manera que no se pierda ningún evento.

2. TRABAJO DE CAMPO

2.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se realizó bajo la modalidad, cualitativa porque se propuso implementar un sistema didáctico de monitoreo de motores mediante un software que permita la visualización y control de sus variables, para el laboratorio de máquinas Eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; para las prácticas académicas de los estudiantes y cuantitativa porque se diseñaron cuadros y gráficos estadístico con porcentualizaciones y éstos fueron analizados e interpretados cualitativamente. También se consideró como proyecto factible por su relación entre el marco teórico, los resultados y la perspectiva de solución al problema.

2.1.1. Tipo de investigación.

En el desarrollo del trabajo de graduación se aplicó la investigación de tipo descriptiva, ya que, detalló y delimitó los distintos elementos del problema, lo que permitió desagregar la categoría fundamental.

2.1.2 Técnicas e Instrumentos

Como instrumento de investigación se utilizó un cuestionario de 8 preguntas, que constan de interrogantes sobre la necesidad y la importancia de implementar un sistema didáctico de monitoreo de motores mediante un software que permita la

visualización y control de sus variables, para el laboratorio de máquinas Eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi y va direccionado a los estudiantes de séptimo y octavo semestre de la carrera de Ingeniería Electromecánica.

2.2. UNIDAD DE ESTUDIO.

La unidad de estudio delimitada para la investigación se consideró a los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi con una población total de 50 personas, ya que solo en estos ciclos reciben la Materia de Máquinas Eléctricas.

2.2.1. Población y estudio.

TABLA N°2.1. POBLACIÓN A SER ENCUESTADOS

| INVOLUCRADOS | NUMERO |
|--|---------------|
| Estudiantes(séptimo y octavo nivel 2011) | 50 |
| TOTAL | 50 |

2.3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

Aplicados los instrumentos para la investigación de campo a los compañeros y compañeras estudiantes de la Carreras de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, se procedió a realizar el análisis correspondiente a cada ítem, por lo que esta información permitió establecer conclusiones importantes a las que llegó el estudio y muestra la apreciación que poseen los estudiantes, respecto a implementación de un sistema didáctico de monitoreo de motores mediante un software que permita la visualización y control de sus variables, para el laboratorio de máquinas Eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Cabe destacar que los resultados obtenidos pertenecen a fuentes directas y verídicas, ya que se utilizó la técnica de la encuesta con el cuestionario como instrumento lo que permitió realizar el análisis de cada ítem en forma cuantitativa y cualitativa como se presentan a continuación pregunta a pregunta.

2.3.1. Encuesta aplicada a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica.

1) ¿Cree usted que es importante la manipulación de un sistema didáctico de monitoreo de motores en los laboratorios de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi?

TABLA N°2.2 ENCUESTA PREGUNTA 1

| Respuesta | Frecuencia | Porcentaje |
|--------------|------------|-------------|
| Si | 49 | 84% |
| No | 1 | 2% |
| Total | 50 | 100% |

Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Los Investigadores

GRÁFICO 1. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA 1



Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Los Investigadores

Análisis:

El 98% cree que si es importante el manejo de un sistema didáctico de monitoreo de motores, y el 2% cree que no es importante el manejo del sistema didáctico de monitoreo de motores mediante un software que permita la visualización y control de sus variables.

Interpretación:

De acuerdo con el análisis de la encuesta se puede observar que la mayor parte de alumnos encuestados creen que si es importante el manejo de un sistema didáctico de monitoreo de motores mediante un software que permita la visualización y control de sus variables, para el laboratorio de máquinas Eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2¿Cree usted que los docentes deben aplicar el aprendizaje práctico al momento de orientar sus clases?

TABLA N° 2.3 ENCUESTA PREGUNTA 2

| Respuesta | Frecuencia | Porcentaje |
|------------------|-------------------|-------------------|
| Si | 42 | 84% |
| No | 8 | 16% |
| Total | 50 | 100% |

Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Los Investigadores

GRÁFICO 2. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA 2



Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Los Investigadores

Análisis:

Se deduce que el 84% cree que los docentes si deben aplicar el aprendizaje experimental al momento de orientar sus clases. Mientras que el 16% dice que los docentes no deben aplicar el aprendizaje experimental al momento de orientar sus clases.

Interpretación:

En concordancia con el análisis de la encuesta realizada se puede observar que la mayoría de los encuestados creen que los docentes si deben aplicar el aprendizaje experimental al momento de orientar sus clases.

3¿Conoce usted si existe algún tipo de sistema didáctico de monitoreo de motores dentro de los laboratorios de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi?

TABLA N°2. 4 ENCUESTA PREGUNTA 3

| Respuesta | Frecuencia | Porcentaje |
|------------------|-------------------|-------------------|
| Si | 16 | 32% |
| No | 34 | 68% |
| Total | 50 | 100% |

Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Los Investigadores

GRÁFICO 3. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA 3



Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Los Investigadores

Análisis:

Los resultados de la encuesta dicen que, el 68% conoce de algún tipo de sistema didáctico de monitoreo de motores dentro de los laboratorios de Ingeniería Electromecánica. El 32% dice que no conoce de algún tipo de sistema didáctico de monitoreo de motores dentro de los laboratorios de Ingeniería Electromecánica.

Interpretación:

De acuerdo con el análisis de la encuesta realizada se puede observar que la mayor parte de los encuestados dicen que no conocen de algún tipo de sistema didáctico de monitoreo de motores dentro de los laboratorios de Ingeniería Electromecánica.

4¿Cree usted que al aplicar un sistema didáctico de monitoreo de motores servirá como material de apoyo para el aprendizaje de los estudiantes que acuden al laboratorio de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi?

TABLA N° 2.5 ENCUESTA PREGUNTA 4

| Respuesta | Frecuencia | Porcentaje |
|------------------|-------------------|-------------------|
| Completamente | 30 | 60% |
| En parte | 18 | 36% |
| Nunca | 2 | 4% |
| Total | 50 | 100% |

Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Los Investigadores

GRÁFICO 4. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA 4



Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Los Investigadores

Análisis:

El 60% de los encuestados cree que al aplicar un sistema didáctico de monitoreo de motores mejorará completamente el nivel de aprendizaje de los estudiantes. El 36% dice que en parte mejora el aprendizaje y el 4% dice que al aplicar un sistema didáctico de monitoreo de motores nunca mejorará el nivel de aprendizaje.

Interpretación:

De acuerdo con el análisis de la encuesta se puede observar que la mayor parte de encuestados dicen que al aplicar un sistema didáctico de monitoreo de motores mejorará el nivel de aprendizaje de los estudiantes que acuden al laboratorio de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

5. ¿En los años universitarios como estudiante de la carrera de Ingeniería Electromecánica usted ha palpado la necesidad de implementar un sistema didáctico de monitoreo de motores? ¿Por qué?

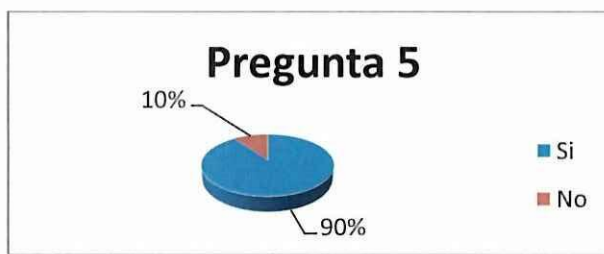
TABLA N° 2.6 ENCUESTA PREGUNTA 5

| Respuesta | Frecuencia | Porcentaje |
|--------------|------------|-------------|
| Si | 45 | 90% |
| No | 5 | 10% |
| Total | 50 | 100% |

Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Los Investigadores

GRÁFICO 5. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA 5



Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Los Investigadores

Análisis:

De acuerdo a los encuestados, el 90% dice que ha palpado la necesidad de implementar un sistema didáctico de monitoreo de motores, mientras que el 10%, dijo que no ha palpado la necesidad de implementar un sistema didáctico de monitoreo de motores.

Interpretación:

Es importante que recalcar que los estudiantes indican que han palpado la necesidad de implementar un sistema didáctico de monitoreo de motores pudiendo así mejorar los métodos de aprendizaje en los estudiantes mejorando los conocimientos adquiridos en los futuros profesionales para realizarse en el área de la práctica profesional del campo laboral competitivo.

6. ¿Conoce alguna de las diferentes pruebas como (curvas de velocidad, eficiencia, factor de potencia y corriente en función del torque, para los motores) que se pueden realizar en un sistema didáctico de monitoreo de motores?

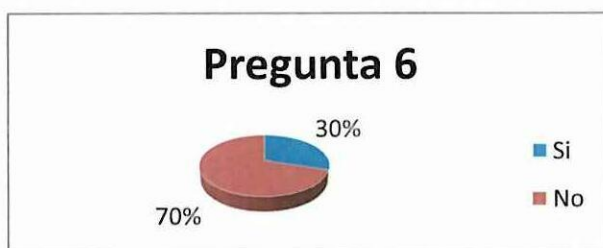
TABLA N°2.7 ENCUESTA PREGUNTA 6

| Respuesta | Frecuencia | Porcentaje |
|--------------|------------|-------------|
| Si | 15 | 30% |
| No | 35 | 70% |
| Total | 50 | 100% |

Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Los Investigadores

GRÁFICO 6. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA 6



Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Los Investigadores

Análisis:

De acuerdo a los encuestados, el 30% dice que conoce alguna de las diferentes pruebas que se pueden realizar en un sistema didáctico de monitoreo de motores, mientras que el 70%, dijo que no conoce ninguna de las diferentes pruebas que se pueden realizar en un sistema didáctico de monitoreo de motores.

Interpretación:

Es importante recalcar que los estudiantes indican que la necesidad que existe al implementar un sistema didáctico de monitoreo de motores pudiendo así llegar a mejorar los métodos de aprendizaje, para salir adelante en el mundo profesional que se nos aproxima.

7. ¿Es necesario que en los Laboratorios de Prácticas existan Bancos de Pruebas acordes al avance tecnológico?

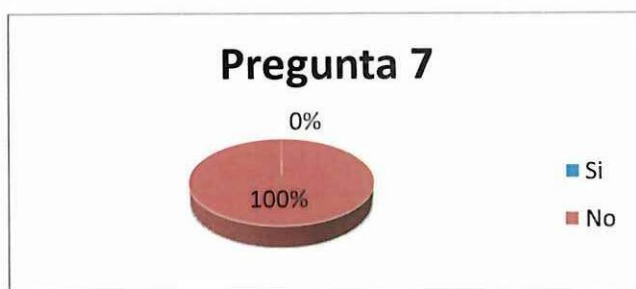
TABLA N° 2.8 ENCUESTA PREGUNTA 7

| Respuesta | Frecuencia | Porcentaje |
|------------------|-------------------|-------------------|
| Si | 50 | 100% |
| No | 0 | 0% |
| Total | 50 | 100% |

Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Los Investigadores

GRÁFICO 7. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA 7



Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Los Investigadores

Análisis:

De la pregunta número siete se nota la necesidad que existan Bancos de Pruebas acordes a los avances tecnológicos en los Laboratorios ya que de todos los encuestados han respondido con un 100% que si es necesario contar con un sistema didáctico de monitoreo de motores.

Interpretación:

Los estudiantes manifiestan que los Laboratorios existentes en la Universidad Técnica de Cotopaxi no se cuenta con los avances tecnológicos los cuales son necesarios para obtener una mayor comprensión acerca de nuevas prácticas que existen en el mercado de hoy y por tal razón es necesario esta clase de un sistema didáctico de monitoreo de motores.

8. ¿Piensa usted que la utilización de los equipos de un sistema didáctico son de vital importancia para su formación profesional?

TABLA N° 2.9 ENCUESTA PREGUNTA 8

| Respuesta | Frecuencia | Porcentaje |
|--------------|------------|-------------|
| Si | 32 | 64% |
| No | 18 | 36% |
| Total | 50 | 100% |

Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Los Investigadores

GRÁFICO 8 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA 8



Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Los Investigadores

Análisis:

De acuerdo a los encuestados, el 64% piensa que la utilización de los equipos de un sistema didáctico son de vital importancia para su formación profesional, mientras que el 36%, dijo que no piensa que la utilización de los equipos de un sistema didáctico son de vital importancia para su formación profesional.

Interpretación:

Con el análisis de esta pregunta se pudo deducir que la utilización de un sistema didáctico es de gran importancia ya que fortalecerá los conocimientos para desempeñarlos en el campo laboral.

2.4. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

2.4.1 *Hipótesis.*

“La implementación de un sistema didáctico de monitoreo de motores mediante un software que permitirá el control y monitoreo de sus variables, para el laboratorio de máquinas Eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, permitirá tener nuevos conocimientos prácticos.

Según los datos obtenidos en la tabulación de las encuestas realizadas a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi dan en consideración un 80.6% de factibilidad para el presente proyecto, además de corroborar dicho resultado con los criterios emitidos en las entrevistas, por lo que se puede concluir que desarrollo del presente proyecto es positivo dentro de la Institución, determinado que el mismo aportará de forma significativa al desempeño de los docentes en el fortalecimiento de los conocimientos aprendidos en clase a través de la praxis, desarrollando favorablemente un espacio practico en el laboratorio de la carrera de Ingeniería Electromecánica.

También se debe destacar el apoyo por parte de las autoridades de la Universidad para la realización de esta investigación dentro de la misma.

2.4.2. *Análisis y prueba de campo en elementos del sistema didáctico*

Las hipótesis que se han planteado son las siguientes:

Hipótesis Alternativa Ha: La implementación de un sistema didáctico de monitoreo de motores mediante un software que permitirá el control y monitoreo de sus variables, para el laboratorio de máquinas Eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, permitirá tener nuevos conocimientos prácticos.

Hipótesis nula H0: La implementación de un sistema didáctico de monitoreo de motores mediante un software que permitirá el control y monitoreo de sus

variables, para el laboratorio de máquinas Eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, no permitirá tener nuevos conocimientos prácticos.

TABLA N°2.10. RESUMEN DE ENCUESTA

| ITEM | ENCUESTADOS | NUMERO |
|------|--|--------|
| 1 | Estudiantes(séptimo y octavo nivel 2011) | 50 |

Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Grupo de Investigadores

En la tabla 2.11 se determinan las encuestas empleadas a los estudiantes de Séptimo y Octavo Ciclos de la Carrera de Ingeniería Electromecánica para posteriormente elaborar la tabla de frecuencias observadas.

TABLA 2.11. TABLA DE ENCUESTAS EMPLEADAS

| ITEM | # DE PREGUNTA | SI | NO | TOTAL |
|------|---------------|----|----|-------|
| 1 | Pregunta 1 | 49 | 1 | 50 |
| 2 | Pregunta 2 | 42 | 8 | 50 |
| 3 | Pregunta 3 | 16 | 34 | 50 |
| 4 | Pregunta 4 | 45 | 5 | 50 |
| 5 | Pregunta 5 | 15 | 35 | 50 |
| 6 | Pregunta 6 | 50 | 0 | 50 |
| 7 | Pregunta 7 | 32 | 18 | 50 |

Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Grupo de Investigadores

TABLA 2.12. RESUMEN DE FRECUENCIAS OBSERVADAS (FO)

| ITEM | # DE PREGUNTA | SI | NO | TOTAL |
|------|---------------|------------|------------|------------|
| 1 | Pregunta 1 | 49 | 1 | 50 |
| 2 | Pregunta 2 | 42 | 8 | 50 |
| 3 | Pregunta 3 | 16 | 34 | 50 |
| 4 | Pregunta 4 | 45 | 5 | 50 |
| 5 | Pregunta 5 | 15 | 35 | 50 |
| 6 | Pregunta 6 | 50 | 0 | 50 |
| 7 | Pregunta 7 | 32 | 18 | 50 |
| | TOTAL | 249 | 101 | 350 |

Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Grupo de Investigadores

2.4.3. Cálculo de las frecuencias esperadas (fe)

$$fe = \frac{tf * tc}{tg}$$

Dónde:

fe = frecuencia esperada

tf = Valor de la fila

tc = valor de la columna

tg = Valor General

Entonces:

$$fe = \frac{50 * 249}{300}$$

fe = 41,5 en el SI

$$fe = \frac{50 * 101}{300}$$

fe = 16,83 en el NO

TABLA 2.13 RESULTADO DE FRECUENCIAS ESPERADAS (FE)

| ITEM | SI | NO |
|------|------|-------|
| 1 | 41,5 | 16,83 |
| 2 | 41,5 | 16,83 |
| 3 | 41,5 | 16,83 |
| 4 | 41,5 | 16,83 |
| 5 | 41,5 | 16,83 |
| 6 | 41,5 | 16,83 |
| 7 | 41,5 | 16,83 |

Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Grupo de Investigadores

2.4.4. Cálculo del chi cuadrado

Para el cálculo del chi cuadrado se utiliza la siguiente fórmula:

$$Xc^2 = \sum \frac{(fo - fe)^2}{fe}$$

Donde:

fe = frecuencia esperada

fo = frecuencia observada

Xc^2 = chi cuadrado

Entonces:

TABLA 2.14 RESULTADO DE CHI CUADRADO

| ITEM | fo | fe | fo - fe | $(fo - fe)^2$ | $Xc^2 = (fo - fe)^2/fe$ |
|--------------------------|----|-------|---------|---------------|-------------------------|
| 1 | 49 | 41,5 | 7,50 | 56,25 | 1,36 |
| 2 | 42 | 41,5 | 0,50 | 0,25 | 0,01 |
| 3 | 16 | 41,5 | -25,50 | 650,25 | 15,67 |
| 4 | 45 | 41,5 | 3,50 | 12,25 | 0,30 |
| 5 | 15 | 41,5 | -26,50 | 702,25 | 16,92 |
| 6 | 50 | 41,5 | 8,50 | 72,25 | 1,74 |
| 7 | 32 | 41,5 | -9,50 | 90,25 | 2,17 |
| 8 | 1 | 16,83 | -15,83 | 250,59 | 14,89 |
| 9 | 8 | 16,83 | -8,83 | 77,97 | 4,63 |
| 10 | 34 | 16,83 | 17,17 | 294,81 | 17,52 |
| 11 | 5 | 16,83 | -11,83 | 139,95 | 8,32 |
| 12 | 35 | 16,83 | 18,17 | 330,15 | 19,62 |
| 13 | 0 | 16,83 | -16,83 | 283,25 | 16,83 |
| 14 | 18 | 16,83 | 1,17 | 1,37 | 0,08 |
| TOTAL | | | | | 120,05 |
| Xc^2 | | | | | 120,05 |

Fuente: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Grupo de Investigadores

Cálculo del grado de libertad (gl)

Para el cálculo de grado de libertad se utiliza la siguiente fórmula:

$$gl = (nf - 1) * (nc - 1)$$

Dónde:

gl = grado de libertad

nf = número de filas

nc = número de columnas

$$gl = (7-1) * (2-1)$$

$$gl = 6 * 1$$

$$gl = 6$$

Con $gl = 6$, y basados en la tabla de Percentiles de distribución chi- cuadrado con n grados de libertad (ANEXO 8-8), utilizando un percentil de 95%, se obtiene el siguiente resultado:

Dónde: $x_{p^2} = 12,592$

Siendo:

x_{p^2} = Valor percentil para la distribución chi cuadrado

Una vez determinado el x_{p^2} y el X_{c^2} , se establece que:

$$x_{p^2} < X_{c^2}$$

$$12,592 < 120,05$$

Por lo tanto se rechaza la hipótesis nula h_0 y se acepta la hipótesis alternativa h_a que dice: La implementación de un sistema didáctico de monitoreo de motores mediante un software que permitirá el control y monitoreo de sus variables, para el laboratorio de máquinas Eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, permitirá tener nuevos conocimientos prácticos.

3. PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA

3.1 TEMA

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DIDÁCTICO DE MONITOREO DE MOTORES MEDIANTE UN SOFTWARE QUE PERMITA LA VISUALIZACIÓN Y CONTROL DE SUS VARIABLES, PARA EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”

3.2 OBJETIVO GENERAL

“Implementar de un sistema didáctico de monitoreo de motores mediante un software que permita la visualización y control de sus variables para ayudar a mejorar las prácticas en el laboratorio de Máquinas Eléctricas”

3.2.1 Objetivos Específicos

- Dotar al laboratorio de máquinas eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi un modelo didáctico de motores que permita la experimentación y comprobación de las variables.
- Realizar un programa en Labview que permita la adquisición, análisis y presentación de los datos para desplegar en el monitor de un computador personal;

las curvas de velocidad, eficiencia, factor de potencia y corriente en función del torque, para los motores.

- Comprobación de la curvas de funcionamiento de motores estándar.

3.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Actualmente el procedimiento para la realización de las prácticas, consiste en armar la respectiva aplicación, llevarle al motor a operar en vacío, aplicar carga mediante un electrodinamómetro y luego efectuar las mediciones como son de: corriente, potencia activa, velocidad entre otras; para cada uno de los valores de torque aplicado a la máquina.

Por último el estudiante tiene que procesar estas mediciones, calculando magnitudes para graficar estos valores y así obtener las curvas respectivas de operación.

El contar con este sistema permitirá adquirir los datos que serán procesados inmediatamente generando al final las curvas respectivas, con la ayuda del software Labview que es un lenguaje de programación gráfica.

Es importante actualizar el Laboratorio de Máquinas Eléctricas con un sistema de adquisición de datos para sus motores.

Este proyecto planteado es relevantemente justificable pues los principales beneficiados serán los alumnos de la carrera de ingeniería en electromecánica y sus docentes debido a que de esta manera los profesores encargados impartir los conocimientos a los estudiantes, podrá convertir una clase teórica en clase enfocada a la praxis y mejorar de esta forma el aprendizaje cognitivo en sus dicentes, logrando así un entorno de crecimiento industrial en la ciudad provincia y país.

3.4 IMPACTO

El presente sistema didáctico de monitoreo de motores aportará con la investigación en el avance tecnológico, para el laboratorio de Ingeniería

Electromecánica para que los estudiantes realicen prácticas de control industrial, tales como: programación, arranque de motores, variación de frecuencia en motores trifásicos y así dotar de conocimientos a los estudiantes ya que este banco brindara muchas aplicaciones que se puede dar utilizando todos los elementos que constan dentro del mismo, de manera individual o en grupo.

3.5 FACTIBILIDAD

El sistema didáctico de motores es factible, ya que para la elaboración del mismo, se ha seleccionado los materiales accesibles en el mercado, y los costos de construcción serán sustentados por los autores, lo que permitirá realizar programaciones, instalaciones y manejo de todos los elementos, lo cual les permitirá a los estudiantes que en un futuro ejerzan su profesión de mejor manera ya que tendrán conocimientos tanto teóricos como prácticos basados en la necesidad industrial actual.

3.5.1 Desarrollo técnico de la propuesta

En este capítulo se determina las parte necesarias para la implementación de un sistema didáctico de monitoreo de motores mediante un software que permita la visualización y control de sus variables para ayudar a mejorar las prácticas en el laboratorio de Máquinas Eléctricas.

Así también ensamblaje de los elementos, a continuación se describe la selección de los materiales y la construcción de las partes correspondientes para cumplir con los requerimientos de facilidad en manipulación, buena didáctica al momento de trabajar en el mismo y correcto funcionamiento a lo largo del desarrollo de las diferentes prácticas, lo que se muestra en el Anexo E.

3.6 ELEMENTOS DEL SISTEMA DIDÁCTICO DE MOTORES

El sistema didáctico de motores está constituido por los elementos que se muestran en la Figura 3.1



Fuente: Grupo de Investigadores

3.7. DIMENSIONAMIENTO DEL MÓDULO.

El presente sistema didáctico de monitoreo de motores es una mesa de tubo mueble cuadrado de 1½, de medidas, alto 180cm, ancho 100 cm, y largo 100 cm, en el espaldar tiene un armario el cual es de fácil acceso para la manipulación de su cableado y su respectivo mantenimiento, esta estructura está cubierta por un tablero de madera chapado de 1cm de grosor MDF, que este servirá como aislante eléctrico ya que se manipulara con un voltaje de 220V. Lo que se muestra en Figura 3.2.

FIGURA 3.2: Estructura del modulo



Fuente: Grupos de Investigadores

3.8 UBICACIÓN DE LOS ELEMENTOS Y ACCESORIOS EN EL SISTEMA DIDÁCTICO DE MONITOREO DE MOTORES.

El sistema de monitoreo de motores, ha sido constituido por las siguientes partes, cuyas imágenes se verán a continuación.

3.8.1 Motor Weg (M2),3HP (Electrodinámometro).

En condiciones de operación normales, se aplica una corriente directa al devanado del estator y esto crea un campo magnético que pasa tanto por el estator, como el rotor. (Que está unido al motor mediante un sistema de acople mecánico), se induce un voltaje en las barras del rotor y las corrientes resultantes reaccionan con el campo magnético haciendo que el estator gire en el mismo sentido que el rotor. El contrapeso pone límite a la rotación del estator y una escala fija en la carcasa de éste indica la magnitud de su giro. Lo que muestra la figura 3.3. La potencia de salida de un motor depende de su velocidad y el par que desarrolla. Esta relación está dada por la siguiente ecuación:

FIGURA 3.3: Motor Weg (M2),3HP (Electrodinámometro).



Fuente: Grupo de Investigadores

Mediante la Ecuación (1. 45) se deduce que:

$$P = \frac{\left(\frac{r}{\text{min}}\right)(\text{lb} \cdot \text{pulg})(1.59)}{100000} \text{ hp}$$

3.8.1.1 Diseño y cálculos

A continuación se detalla los parámetros necesarios para la selección de un motor el cual funcionara como electrodinamómetro simulando carga para nuestro sistema de entrenamiento.

El motor de inducción que se va a utilizar para construir el electrodinamómetro se especifica como sigue:

| | | | |
|--------------------|------|-------------------|---------|
| 220V | 60Hz | 3Hp | 1725rpm |
| Codigo NEMA Tipo B | | Armazón Tipo 182T | |

Maquinas eléctricas Jimmy Cathey pag. 375

Según la tabla del Anexo A 1-7

$$P = Df = 7.05 \text{ pulg}$$

Por lo general se considera: Grosor Armazón = 0.5 pulg

El diametro exterior de apilamiento de laminaciones es:

$$D_o = D_f - 2t_f$$

$$D_o = 7,05 - 2(0.5)$$

$$D_o = 6.05 \text{ pulg}$$

Resp.3.1

El par nominal para el motor se determina como:

$$T_s = \frac{5250(P_1)}{n_m}$$

$$T_s = \frac{5250(3)}{1725}$$

$$T_s = 9.13 \text{ lb.ft}$$

Resp.3.2

Para el tipo abierto, los motores con diseño NEMA (National Electrical Manufacturers Association) Tipo B, potencia nominal de 10Hp o más, un valor razonable para la constante de volumen normalizado es de $V_T = 9 - 10 \frac{\text{pulg}^3}{\text{lb.ft}}$.

Para motores de menos de 10Hp, el aislamiento con respecto a tierra entre capas y la cuña de la ranura se convierten en un porcentaje mayor de la sección transversal de la ranura forzando a un aumento de la constante de volumen normalizado que deberá aumentar a un valor de

$$V_T = 9 - 10 \frac{\text{pulg}^3}{\text{lb. ft}}$$

Por lo tanto

$$D^2 l_a = V_T T_S = (9)(9,13)$$

$$\mathbf{82,17 \text{ pulg}^3}$$

Resp.3.3

Con el valor tentativo de D_o seleccionado, la especificación del diámetro interior del estator debe conciliar con el número de polos magnéticos. Para máquinas con una cantidad menor de polos, el camino circunferencial de flujo a lo largo del núcleo magnético del estator entre el fondo de la ranura del estator y el diámetro exterior de laminación del estator es más largo.

Para evitar un requerimiento excesivo de fmm de magnetización la densidad de flujo en el núcleo del estator para máquinas con un número menor de polos debe ser menor que para máquinas con números mayores de polos. Una formula empírica de la referencia para el dimensionamiento tentativo del diámetro interior del estator es:

$$D = \frac{D_o - 0,647}{1,175 + 1,03/p}$$

$$D = \frac{6,05 - 0,647}{1,175 + 1,03/4}$$

$$D = \frac{D_o - 0,647}{1,175 + 1,03/p}$$

$$\mathbf{D = 3,77 \text{ pulg}}$$

Resp.3.4

$$l_a = \frac{D^2 - l_a}{D^2}$$

$$l_a = \frac{82,17}{(3,77)^2}$$

$$l_a = 5,78 \cong 6 \text{ pulg}$$

Resp.3.5

Según tabla Anexo A 2-7:

$$S_1=36$$

Para determinar el número de ranuras por polo por fase se aplica:

$$N_{S1} = \frac{S_1}{pm}$$

$$N_{S1} = \frac{36}{(4)(3)}$$

$$N_{S1} = 3 \text{ Ranuras} * \text{Polo}$$

Resp.3.6

m: Factor de devanado Anexo A 3-7

Hay $S_1/p = 36/4$ ranuras * polo. Se elige un paso de 8 ranuras del estator:

$$\rho = \frac{8}{9}(180^\circ)$$

$$k_p = \text{sen}(\rho/2)$$

$$\gamma_1 = \frac{\rho 180^\circ}{S_1}$$

$$\rho = 160^\circ$$

$$k_p = \text{sen}(160^\circ/2)$$

$$\gamma_1 = \frac{4 * 180^\circ}{36}$$

$$k_p = 0,9848$$

$$\gamma_1 = 20^\circ$$

$$k_d = \frac{\text{Sen}(N_{S1}\gamma_1/2)}{N_{S1} \text{Sen}(\gamma_1/2)}$$

$$k_d = \frac{\text{Sen}(N_{S1}\gamma_1/2)}{N_{S1} \text{Sen}(\gamma_1/2)}$$

$$k_{W1} = k_p k_d$$

$$k_d = \frac{\text{Sen}(3*20^\circ/2)}{3 \text{Sen}(20^\circ/2)}$$

$$k_{W1} = (0,9848)(0,9598)$$

$$k_d = 0,9598$$

$$k_{W1} = 0,9452$$

Eligiendo un solo devanado de circuito se tiene que los conductores por ranura se determinan por la ecuación:

$$C_s = \frac{0,97 a V_1}{2,22 k_{W1} \rho N_{S1} f \theta_m}$$

$$C_s = \frac{0,97 * 1 * (220/\sqrt{3})}{2,22 (0,9452)(4)(3)(60)(0,0038)}$$

$$C_s = 21,5 \cong 22 \text{ conductores * ranura} \quad \text{Resp.3.7}$$

El valor real del flujo máximo por polo puede calcularse ahora a partir de la ecuación:

$$\theta_m = \frac{0,97 a V_1 * 10^8}{2,22 k_{W1} \rho N_{S1} f C_s}$$

$$\theta_m = \frac{0,97 * 1 * (220/\sqrt{3}) * 10^8}{2,22 (0,9452)(4)(3)(60)(22)}$$

$$\theta_m = 3,7 * 10^5 \text{ lineas} \quad \text{Resp.3.8}$$

La corriente a plena carga puede estimarse de la ecuación:

$$I_{(1)} = \frac{P_s * 746}{\sqrt{3} * V_L * 0,85 * n}$$

$$I_{(1)} = \frac{(3) * 746}{\sqrt{3} * 220 * 0,85 * 0,83}$$

$$I_{(1)} = 8,34 \text{ A} \quad \text{Resp.3.9}$$

De donde el factor de potencia se considera 0.85 con una eficiencia de 0.83

$$200 \leq \Delta_1 \leq 5160 \text{ A/in}^2$$

Los valores típicos de densidad permisible de corriente en el estator 1 están en el rango:

$$S_{a1} = \frac{I_s}{a * \Delta_1}$$

$$S_{a1} = \frac{8,32}{1 * 4000_1}$$

$$S_{a1} = 0,0021 \text{ pulg}^2 \quad \text{Resp.3.10}$$

Con el valor de S_{al} , calculamos el diámetro del conductor y seleccionamos el alambre para dicho diseño, Anexo A 4-7

3.8.1.2 Construcción

❖ Datos del Diseño

De acuerdo al diseño realizado se obtiene los siguientes datos:

$$T_s = 9,13 \text{ lb} \cdot \text{ft}$$

$$D = 3,77 \text{ pulg}$$

$$S = 36 \text{ ranuras}$$

$$S/p = 36/4 \cong 9 \text{ ranuras} \cdot \text{ polo}$$

$$C_s = 21,5 \cong 22 \text{ conductores} \cdot \text{ ranura}$$

$$\Phi_m = 3,7 \cdot 10^5 \text{ lineas}$$

$$I_{(l)} = 8,34 \text{ A}$$

$S_{al} = 0,0021 \text{ pulg}^2$ de área, con lo que elegimos el diámetro del alambre, que corresponde al calibre # 22

De acuerdo a estos valores se realiza el diagrama esquemático de conexión eléctrica en el estator. Ver Anexo A 5-7

3.8.1.3 Cálculo del contrapeso del electrodinamómetro

Se adapta un contrapeso al electrodinamómetro para lograr el torque necesario de frenado.

De la sección 3.8.1.1 (diseño y cálculos), se obtiene un Torque de $T = F \cdot d$, y la distancia del peso aplicado al electrodinamómetro, por lo tanto:

$$T = F \cdot d$$

$$F = P$$

$$P = \frac{9,3 \text{ lb} \cdot \text{ft}}{0,37 \text{ ft}}$$

$$P = 25,1 \text{ lb} \cong 25 \text{ lb}$$

Resp.3.11

3.8.1.4 Motor siemens (M1), 4HP, 220Vac.

El motor trifásico asincrónico fue seleccionado gracias a su gran aplicación dentro de la industria gracias a su robustez, liviano, escaso mantenimiento, precio, tipo de alimentación que la encontramos a través de la red de suministro eléctrico trifásico y acorde con los elementos ya mencionados, para así poder realizar las diferentes prácticas en las cuales pueda ser aprovechado este gran elemento.

El motor es idóneo para realizar las diferentes prácticas propuestas y de buena manera es acoplable con los diferentes elementos de programación y control que constan en el banco de pruebas

El motor entra en trabajo con un voltaje de 220VCA.

NOTA: los elementos fueron seleccionados a la misma capacidad de alimentación de 220VCA, ya que estos elementos están conectados a la misma red de alimentación lo cual va hacer más fácil al momento de realizar las diferentes prácticas.

3.8.1.5 Selección del Motor

De acuerdo a los datos obtenidos en el diseño y cálculos expuestos anteriormente, lo que se muestra en la figura 3.4; se selecciona el motor cuyas características son:

Datos de placa

Motor Weg, NBR 7094, 6R86582

60 Hz, 3hp, 1800 rpm

8.7/5.04/4.35A

220/380/440 V

Rendimiento 83%

Factor de potencia 0.8

Especificaciones técnicas que corresponden al modelo 90L del anexo A 6-7

FIGURA 3.4: Motor siemens (M1), 4HP, 220Vac.



Fuente: Grupo de Investigadores

3.8.1.6 Selección de chumaceras

El electrodinamómetro (Motor Weg) fue sometido a modificaciones de alargamiento en su eje tanto delantero como trasero con 2 pulg respectivamente a la misma medida de los diámetros originales, es así que basándonos en los diámetros de los ejes se selecciona las chumaceras para esta aplicación. Lo que se muestra en la figura 3.5.

- Eje delantero 24 mm de diámetro (Ver anexo A 7-7)

Chumacera NTN F-205T

- Eje trasero 16 mm de diámetro (Ver anexo A 7-7)

Chumacera NTN F-204T

FIGURA 3.5: Chumaceras NTN F-205T



Fuente: Grupo de Investigadores

3.8.1.7 Grupo motor- electrodinamómetro acoplado a un matrimonio flexible, montado sobre la estructura metálica.

El sistema mecánico que deseamos acoplar son dos motores de 3Hp, por lo cual debemos tener un acoplamiento el cual nos permita tener una transmisión que soporte unidades elásticas en los sentidos torsionales, angulares, longitudinales y transversales, Por las características técnicas y de construcción se selecciona como mejor opción *Junta tipo Oldham*:

Este tipo de junta amortigua ampliamente los golpes de arranque y los momentos de impulsos de momentos de rotación que se producen en el accionamiento y absorbe la energía vibratoria reduciendo así el peligro de resonancia, por lo que se hace necesario para este tipo de sistemas que están susceptibles a vibraciones. Estos elementos poseen una pieza cilíndrica intermedia con dos salientes prismáticos perpendiculares, como se muestra en la figura 3.6.

FIGURA 3.6: Junta tipo OLDHAM



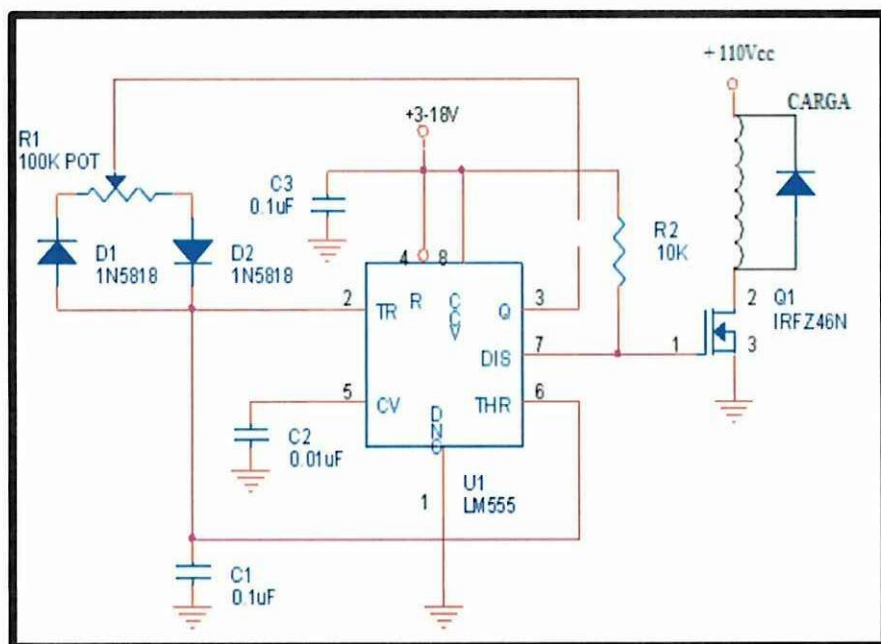
FUENTE: Grupo de Investigadores

Este tipo de acople permite una elevada desalineación angular cuyo valor puede llegar a 2° aproximadamente. Debido a la gran elasticidad de los casquillos de caucho, también permite grandes desalineaciones en sentido transversal cuyos valores están comprendidos entre 0.4 y 2.5 mm según los tamaños.

3.8.1.8 Tarjeta electrónica de control y potencia.

El sistema de control está diseñado para controlar un motor de hasta 3Hp, 30A, y se ha considerado como mejor opción utilizar un transistor MOSFET, ya que por sus características nos permite tener un mejor rango de control lo cual se muestra en la Figura 3.7.

FIGURA 3.7: DIAGRAMA DE CONTROL Y POTENCIA



FUENTE: Grupo de Investigadores

FIGURA 3.8: TARJETA ELECTRÓNICA DE CONTROL Y POTENCIA



FUENTE: Grupo de Investigadores

3.8.1.9 Variador de frecuencia.

Para la selección del variador se tomó principalmente en cuenta la frecuencia del motor que tenemos en el banco y así aprovechar su dimensionamiento para que este funcione correctamente y pueda ejercer su trabajo.

Como la frecuencia de alimentación que entrega la Empresa Eléctrica es constante, la velocidad de los motores asíncronos es inquebrantable.

El método más eficiente de controlar la velocidad de un motor eléctrico, es por medio de un variador electrónico de frecuencia. No se requieren motores especiales, son mucho más eficientes.

El variador regula la frecuencia del voltaje aplicado al motor, logrando modificar su velocidad. Sin embargo, simultáneamente con el cambio de frecuencia, debe variarse el voltaje aplicado al motor para evitar la saturación del flujo magnético con una elevación de la corriente que dañaría el motor. Lo que se muestra en la Figura 3.9

El variador funciona con un voltaje de 220VCA ya que está acorde al voltaje encontrado en la industria.

FIGURA 3.9: VARIADOR DE FRECUENCIA



Fuente: Autores

3.8.1.10 Multimedidor SENTRO digital para visualización.

El SENTRON PAC3200 dispone de una serie de útiles funciones de monitoreo, diagnóstico y servicio técnico, un contador de tarifa doble de energía activa y reactiva, un contador universal y un contador de horas de funcionamiento para monitorear el tiempo de servicio de consumidores conectados.

Para la comunicación se puede utilizar la interfaz Ethernet integrada o un módulo de interfaz opcional.

Puede realizar mediciones monofásicas, bifásicas y trifásicas, y puede utilizarse en redes (sistemas) en esquema TN, TT e IT de dos, tres o cuatro conductores. Gracias a su diseño compacto en formato 96 x 96 mm representa un sustituto ideal para los instrumentos analógicos convencionales.

Gracias a su amplio rango de tensión medida, el SENTRON PAC3200 con fuente de alimentación multirango puede conectarse directamente a cualquier red de baja tensión con una tensión nominal de hasta 690 V (máx. 600 V para UL).

Pueden medirse tensiones superiores si se usan transformadores de tensión. Para la medida de corrientes se pueden utilizar transformadores de corriente x/1 A o x/5 A. La gran pantalla gráfica de cristal líquido permite la lectura incluso a grandes distancias. El SENTRON PAC3200 dispone de una retroiluminación regulable para garantizar una lectura óptima incluso en condiciones lumínicas desfavorables. Lo que se muestra en la figura 3.10.

FIGURA 3.10: MULTIMEDIDOR SENTRON PAC 3200

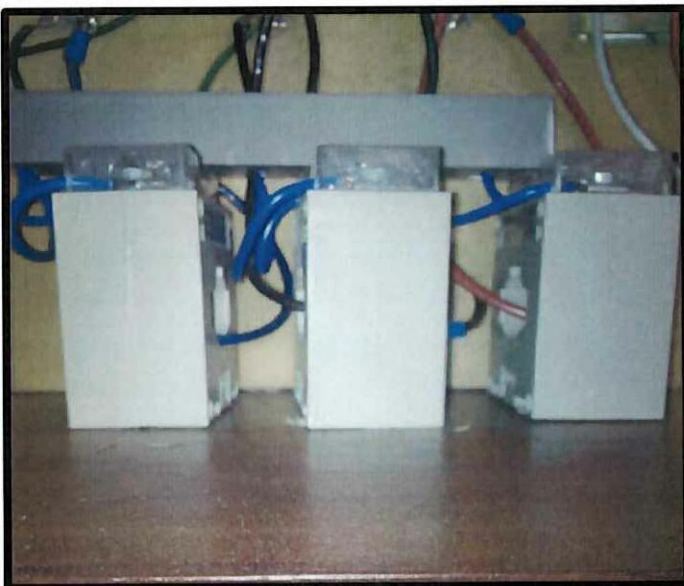


FUENTE: Grupo de Investigadores

3.8.1.11 Transformadores de corriente.

Para el Sistema de Monitoreo en Motores de inducción se utilizó un motor de 3hp, debido a sus características, a su circulación de corriente de 8 A y a la necesidad de elevar la corriente se utilizará un transformador de corriente de 5 A a 100 A, ya que fue el más confiable, más eficiente debido a su rango de Amperaje, lo que se muestra en figura 3.11.

FIGURA 3.11: TRANSFORMADORES DE CORRIENTE



FUENTE: Grupo de Investigadores

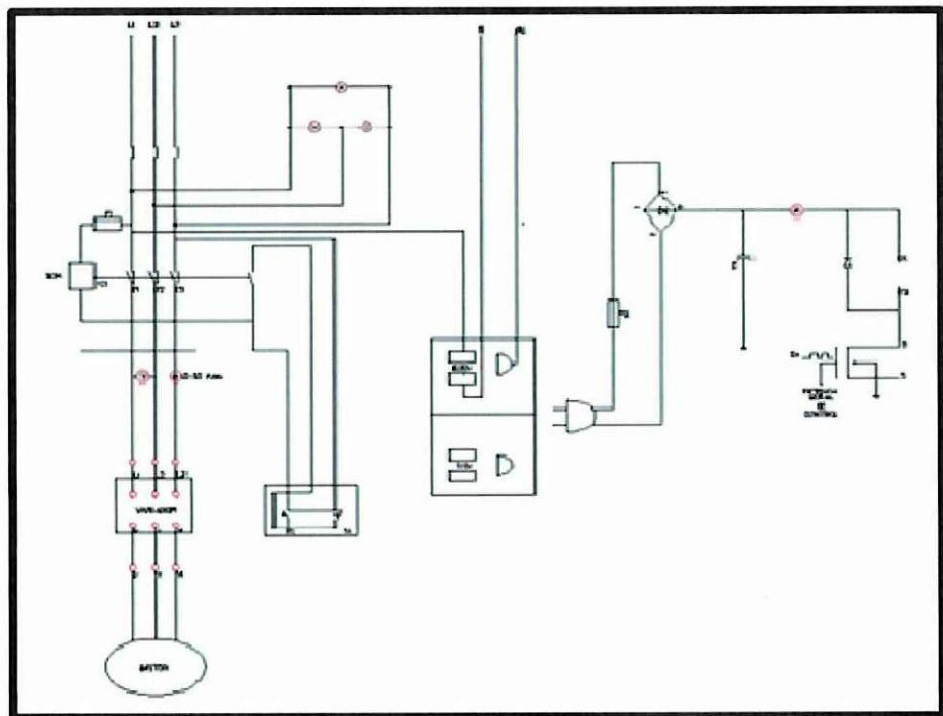
3.9 CONEXIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL BANCO DE PRUEBAS.

Realizamos la estructura metálica y base del banco con estructura de material resistente y liviano para que su traslado de un lugar a otro sea muy fácil.

Una vez instalado los elementos proseguimos a conectar sus entradas y salidas del Sistema eléctrico. A continuación detallaremos el Diagrama eléctrico que se

muestra en la siguiente figura 3.12; para realizar los trabajos ejercidos en la estructura del sistema didáctico de motores.

FIGURA 3.12: CIRCUITO ELECTRICO PARA EL SISTEMA DIDACTICO



FUENTE: Grupo de Investigadores

3.9.1 Conexión eléctrica de los elementos del banco de pruebas.

Para las conexiones del sistema didáctico de monitoreo y visualización de variables se utilizó la debida señalización (cableado, Líneas del motor, luces de paro y marcha, etc.); para realizar las prácticas manuales y automáticas en nuestro banco de pruebas, tomando en cuenta el suministro principal, terminales del motor, terminales del variador, terminales del campo electromagnético y terminales de la tarjeta electrónica correctamente conectados con el fin de no tener inconvenientes al momento de realizar las prácticas de laboratorio. Lo que se muestra en la figura 3.13.

Al tener todos los elementos ubicados, instalados y señalizados correctamente se procederá a realizar las diferentes practicas realizadas que ayudaran al estudiante a adquirir conocimientos en el campo de Maquinas Electricas.

FIGURA 3.13: CONEXIÓN ELÉCTRICA



FUENTE: Grupo de Investigadores

3.9.2 Programación de la comunicación PC= Entorno

Ethernet Conexión eléctrica

El SENTRON PAC3200 dispone de un conector RJ45 en la parte superior. El dispositivo puede ser conectado a Ethernet a través de un conector RJ45, del tipo T-568B.

Modbus TCP

Arranque el software LabVIEW en su ordenador. Conecte un cable Ethernet al puerto Ethernet en su computadora y conecte el otro extremo del cable Ethernet a su red.

Antes de poder transmitir datos útiles a través de Modbus TCP hay que establecer primero una conexión TCP/IP entre cliente y servidor. En el servidor, el número de puerto asignado para Modbus TCP.

Antes de cambiar a Modbus TCP indique los parámetros de red para DIRECCIÓN IP, máscara SUBNET y GATEWAY. Consultar los valores apropiados a su administrador de red. Para nuestra conexión utilizamos los siguientes datos.

IP SENTRON 169.10.10.10

TCP 169.10.10.9

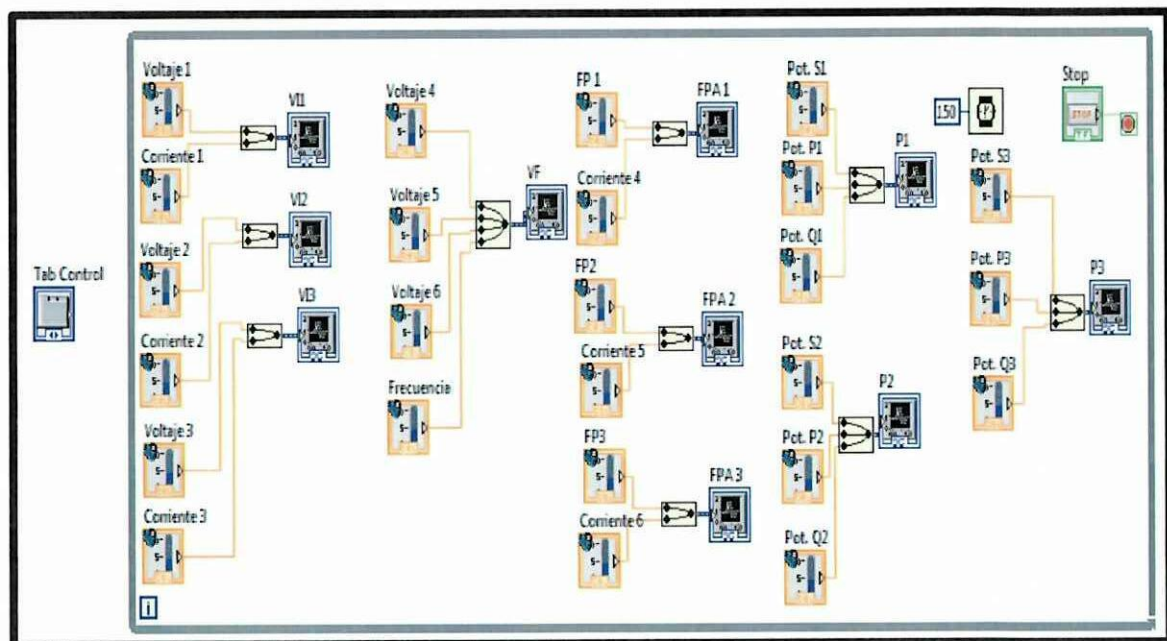
Después de llevar a cabo este procedimiento, la interfaz Ethernet ya está lista para empezar a funcionar.

3.9.3 Visualización en LabVIEW

El diseño del software, se basará en la programación en lenguaje gráfico que utiliza Labview, y que consiste en la agrupación de varios SubVIS en un VI principal los mismos que se ejecutarán en forma secuencial. A continuación se presenta los SubVIS relevantes junto con su panel frontal y diagrama de bloques.

En la figura 3.14 podemos apreciar y visualizar de una mejor manera los resultados de la prueba.

FIGURA 3.14: DIAGRAMAS DE BLOQUES EN LABVIEW



FUENTE: Grupo de Investigadores

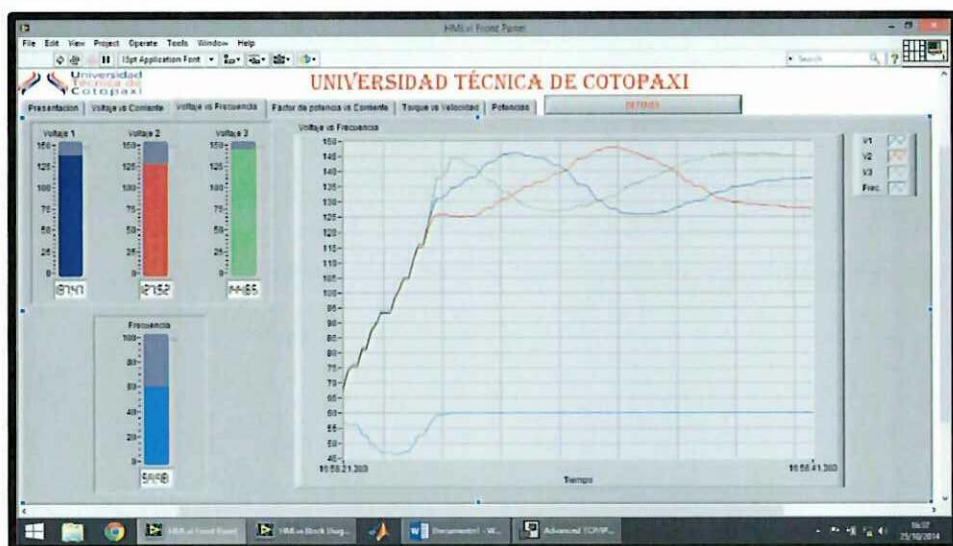
Graficación de las diferentes pruebas a efectuarse

Para la visualización de variables medidas en el motor de inducción se utilizó las gráficas Waveform chart ya que estas gráficas son de tipo especial, ya que son indicadores numéricos que muestra una o más gráficas, reteniendo en pantalla un cierto número de datos definido por nosotros mismos. Los nuevos datos se añaden al lado de los ya existentes, de forma que se puede comparar entre ellos.

Los gráficos Waveform muestran gráficos simples o múltiples. Se puede cambiar los valores min y max del eje x e y y otras propiedades.

Determinación de las curvas de operación de los motores.

FIGURA 3.17: PANEL FRONTAL PARA LA VISUALIZACIÓN DE LAS VARIABLES



FUENTE: Grupo de Investigadores.

- Se cumplió con los objetivos planteados para el desarrollo de éste proyecto, como es la implementación de un sistema de visualización de datos para determinar las características de operación en los motores de inducción para el Laboratorio de Máquinas Eléctricas.
- Con la implementación de éste nuevo método de realizar las pruebas para motores en el laboratorio se contribuirá a la manipulación de variables en los estudiantes, dándoles mayores facilidades para entender el comportamiento de las máquinas eléctricas cuando éstas son sometidas a carga y sobre todo permite estrechar la teoría con la práctica en una forma didáctica.
- La instrumentación virtual es un conjunto de herramientas de Software y Hardware, que permiten al ingeniero desarrollar dispositivos e instrumentos de medición (llamados VI), utilizando un computador y la adquisición de datos, para monitorear registrar variables, presentes en un evento.
- La creación de una archivo en cual se almacena los datos de la prueba de carga ayuda a que el usuario (estudiante) pueda procesar los datos en un programa diferente y compararlos con los resultados obtenidos en este trabajo.
- La opción de poder imprimir los resultados obtenidos ayuda a que el usuario pueda llevar impresos las curvas y datos medidos, para analizarlos luego, asegurando así que los resultados de la prueba realizada al motor no se pierdan.

- Antes de poner en operación el sistema didáctico de motores es necesario verificar la correcta instalación y el correcto valor de voltaje que se le va a colocar para que no exista ninguna complicación al momento de realizar las pruebas.
- Se recomienda tomar en cuenta las características de los motores utilizados para una correcta selección de elementos.
- Comprobación del alineamiento del grupo motor- electrodinamómetro acoplado a un matrimonio flexible, para no tener inconvenientes el momento de realizar las prácticas.
- Utilizar en labVIEW la barra de herramientas Slider y Gráficas Waveform Chart más confiables y precisas para que ayuden con la visualización de las variables medidas en el Motor.
- Al momento de realizar la conexión para la práctica manual seguir el manual de funcionamiento que se encuentra en los Anexos para no cometer errores en las pruebas.
- Al momento de realizar la conexión PC= Entorno verificar si los cables de comunicación estén debidamente conectados.

CITADA

- Antoni M, (2002) Instrumentación virtual, primera edición, Alfaomega, México DF.
- Barcelona Jimmy Cathey, (2002) Diseño de Máquinas Eléctricas, Tercera Edición.
- Bentley J. P, (1993) Sistemas de medición: principios y aplicaciones, segunda edición, Continental.
- Cathey J. Jimmie, (2001), Maquinas eléctricas y circuitos, primera edición.
- DAQ Quick Start Guide, (2004)National Instruments, USA,
- Duque Oscar, (2005), Maquinas Eléctricas, primera edición.
- Enriquez harper ,(2004) Gilberto El libro practico de generadores ,transformadores y motores eléctricos/ Gilberto Enriquez Harper/ Mexico: Limusa.
- Fitzgerald A. E,(1997) Máquinas eléctricas, quinta edición, McGraw-Hill, México.
- Gourishankar V, (2001), Conversión de energía electromagnética, primera edición.
- Irwin L. Kosow, (2002) Control de Máquinas Eléctricas, Ediciones Reverté.
- Joseph E. Shigley, (1998) Charles R. Mischke, Diseño de Ingeniería Mecánica, Sexta Edición.

- Lajara José, (2011), Labview, entorno gráfico de programación, Marcombo.
- LabViewTM7 Express, (2003) Measurements Manual, National Instruments, USA.
- LabViewTM7 Express, (2003) User Manual, National Instruments, USA.
- Manual de Funcionamiento, (2001), Power Flex 70, Allen-Bradley
- Molina José Miguel, (2010), Programación Gráfica para Ingenieros, Primera edición, Barcelona
- Muhammad Rashid,(2002) Electrónica de Potencia, Segunda Edición, Marcombo.
- Richardson D. V, (1997) Máquinas eléctricas y transformadores, cuarta edición, Prentice Hall Hispanoamérica, S.A, México.
- Stephen J, Chapman, Maquinas Eléctricas, Tercera Edición, Marcombo.
- V. M. Faires,(1990) Diseño de Elementos de Máquinas, Novena Edición

- Irwin L. Kosow, Control de Máquinas Eléctricas, Ediciones Reverté, Barcelona
- Jimmy Cathey, Diseño de Máquinas Eléctricas, Tercera Edición
- Muhammad Rashid, Electrónica de Potencia, Segunda Edición
- Joseph E. Shigley, Charles R. Mischke, Diseño de Ingeniería Mecánica, Sexta Edición.
- V. M. Faires, Diseño de Elementos de Máquinas, 1990, Novena Edición
- Manual de Funcionamiento, Power Flex 70, Allen-Bradley
- Manual de Funcionamiento ABB, ACS 300

- <http://www.automation.siemens.com/mcms/human-machineinterface/en/operator-interfaces/basic-panel/simatic-hmi-ktp600-basiccolor/pages/default.aspx>.
- <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=837&tip=1&xit=sistemas-de-interfaz-hombre-maquina-hmi-una-ventana-abierta-a-losprocesos>.
- 2013. ingeniatic. [En línea] 12 de Marzo de 2013. [Citado el: 22 de Abril de 2014.] <http://ingeniatic.euitt.upm.es/index.php/tecnologias/item/425-conversoranal%C3%B3gico-digital>
- www.rincondelvago.com/maquinas-electricas.html
- www.gummi.com.ar/Catalogo.asp?IdCategoria=110
- www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/electromagnet/induccion/foucault/foucault.htm
- www.weg.com.br
- www.siemens.com
- http://personales.unican.es/corcuerp/LabView/Slides/Intro_LabView.pdf
- <http://www.profesaulosuna.com/data/files/ELECTRONICA/INSTRUMENTACION/TUTORIAL%20LABVIEW/LabVIEW.pdf>

ANEXOS

ANEXO A: Tablas utilizadas en los cálculos de diseño.

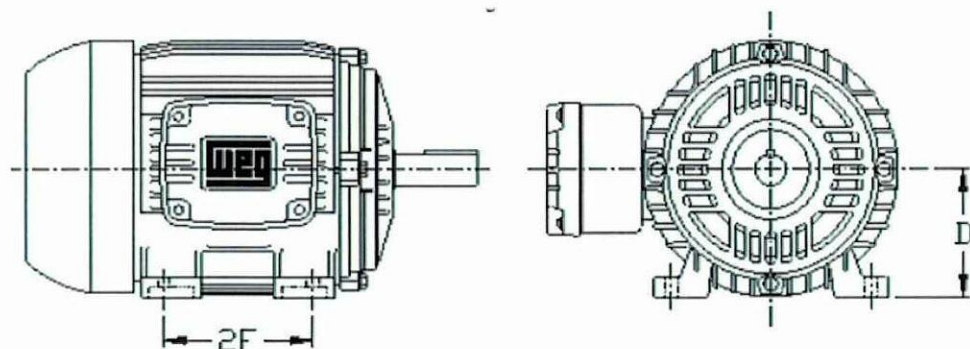
ANEXO B: Manual de funcionamiento y mantenimiento

ANEXO C: Programación Labview Pruebas

ANEXO D: Manual de Funcionamiento

ANEXO E: Factibilidad Técnica

| HP | Velocidad | | Armazón | Corriente (A) 460 | | | kVA/ HP | Eficiencia nominal % | | | Factor de potencia % | | | Par | | | Conexión |
|------|-----------|---------------------------|---------|-------------------|----------------|----------|------------|----------------------|------|----------------|----------------------|------|----------------|----------------|----------------|------|----------|
| | síncrona | asincr. plena carga | | en vacío | plena carga | arranque | | 1/2 | 3/4 | plena carga | 1/2 | 3/4 | plena carga | Nom. lb-pie | Rotor Bloq. | Max. | |
| 0.5 | 900 | 870 | 143T | 1.2 | 1.3 | 6.3 | M | 62 | 69 | 72.0 | 0.31 | 0.41 | 0.5 | 3.0 | 1.50 | 2.3 | Y |
| 0.75 | 1800 | 1750 | 143T | 0.8 | 1.1 | 10.0 | M | 77 | 81 | 82.5 | 0.55 | 0.67 | 0.75 | 2.3 | 3.30 | 4.3 | Y |
| | 1200 | 1150 | 145T | 0.7 | 1.2 | 6.5 | J | 78.8 | 80.7 | 80.0 | 0.54 | 0.67 | 0.75 | 3.4 | 1.80 | 3.0 | Y |
| | 900 | 860 | 145T | 1.5 | 2.1 | 9 | K | 67.0 | 71.2 | 72.0 | 0.39 | 0.51 | 0.61 | 4.5 | 1.80 | 2.5 | Y |
| | 3600 | 3520 | 143T | 0.8 | 1.4 | 14 | N | 75.5 | 79.0 | 80.0 | 0.63 | 0.74 | 0.81 | 1.5 | 2.40 | 4.6 | Y |
| 1 | 1800 | 1750 | 143T | 1 | 1.5 | 13 | M | 80.0 | 82.5 | 82.5 | 0.53 | 0.66 | 0.76 | 3.0 | 2.9 | 4.1 | Y |
| | 1200 | 1150 | 145T | 0.95 | 1.6 | 9 | J | 79.5 | 81.0 | 80.0 | 0.53 | 0.66 | 0.73 | 4.6 | 1.9 | 3.0 | Y |
| | 900 | 870 | 182T | 1.5 | 2.1 | 9 | J | 77.0 | 80.0 | 81.5 | 0.36 | 0.47 | 0.56 | 6.0 | 2.1 | 3.9 | Y |
| | 3600 | 3490 | 143T | 0.9 | 2 | 16 | L | 81.5 | 83.5 | 82.5 | 0.69 | 0.81 | 0.85 | 2.3 | 2.2 | 3.8 | Y |
| 15 | 1800 | 1750 | 145T | 1.4 | 2.2 | 20 | M | 82.0 | 84.0 | 84.0 | 0.55 | 0.69 | 0.76 | 4.5 | 3.4 | 4.2 | Y |
| | 1200 | 1170 | 182T | 1.4 | 2.4 | 15 | K | 84.0 | 85.5 | 85.5 | 0.52 | 0.64 | 0.68 | 6.7 | 2.2 | 4.2 | Y |
| | 900 | 865 | 184T | 2.3 | 3.0 | 17 | H | 78.5 | 82.0 | 82.5 | 0.35 | 0.47 | 0.56 | 9.1 | 2.2 | 3.8 | Y |
| | 3600 | 3495 | 145T | 1.2 | 2.6 | 23 | L | 82.5 | 84.5 | 84.0 | 0.66 | 0.78 | 0.85 | 3.0 | 2.3 | 4.0 | Y |
| 2 | 1800 | 1740 | 145T | 1.8 | 3.0 | 25 | L | 83.0 | 84.5 | 84.0 | 0.54 | 0.68 | 0.77 | 6.0 | 3.7 | 4.4 | Y |
| | 1200 | 1170 | 184T | 1.8 | 3.1 | 25 | K | 85.0 | 87.0 | 86.5 | 0.49 | 0.61 | 0.70 | 9.0 | 2.3 | 4.0 | Y |
| | 900 | 870 | 213T | 2 | 3.3 | 16 | H | 84.0 | 84.5 | 84.0 | 0.51 | 0.63 | 0.68 | 12.1 | 1.7 | 3.4 | Y |
| | 3600 | 3515 | 182T | 1.5 | 3.7 | 32 | K | 83.0 | 85.5 | 85.5 | 0.67 | 0.8 | 0.85 | 4.5 | 1.7 | 3.4 | Y |
| 3 | 1800 | 1750 | 182T | 2 | 4 | 32 | K | 86.5 | 88.0 | 87.5 | 0.59 | 0.72 | 0.78 | 9.0 | 2.1 | 3.7 | Y |
| | 1200 | 1170 | 213T | 2.2 | 4.2 | 32 | K | 86.5 | 87.5 | 87.5 | 0.57 | 0.70 | 0.76 | 13.5 | 2.2 | 3.6 | Y |
| | 900 | 870 | 215T | 3 | 4.8 | 25 | H | 85.5 | 86.5 | 85.5 | 0.45 | 0.59 | 0.68 | 18.1 | 2.0 | 3.1 | Y |
| | 3600 | 3505 | 184T | 2.3 | 6.2 | 46 | J | 87.0 | 88.0 | 87.5 | 0.72 | 0.82 | 0.85 | 7.5 | 1.9 | 4.0 | Y |
| 5 | 1800 | 1735 | 184T | 2.9 | 6.7 | 46 | J | 88.5 | 88.5 | 87.5 | 0.64 | 0.75 | 0.79 | 15.1 | 1.9 | 3.2 | Y |
| | 1200 | 1165 | 215T | 3.3 | 6.8 | 46 | J | 88.0 | 88.5 | 87.5 | 0.62 | 0.74 | 0.79 | 22.5 | 2.0 | 3.4 | Y |
| | 900 | 875 | 254T | 5.5 | 8.8 | 33 | F | 85.5 | 87.0 | 86.5 | 0.43 | 0.54 | 0.62 | 30.0 | 1.9 | 2.0 | Y |
| | 3600 | 3520 | 213T | 3.5 | 9 | 63 | H | 86.5 | 88.5 | 88.5 | 0.75 | 0.84 | 0.89 | 11.2 | 1.9 | 3.6 | Y |
| 7.5 | 1800 | 1750 | 213T | 4.1 | 9.5 | 63 | H | 89.5 | 90.0 | 89.5 | 0.66 | 0.77 | 0.82 | 22.5 | 2.0 | 3.4 | Y |
| | 1200 | 1175 | 254T | 5.5 | 10.5 | 63 | H | 88.5 | 90.0 | 89.5 | 0.55 | 0.68 | 0.78 | 33.5 | 1.6 | 2.8 | Y |
| | 900 | 875 | 256T | 7.9 | 13 | 50 | G | 87.0 | 88.0 | 87.5 | 0.44 | 0.55 | 0.62 | 45.0 | 1.9 | 2.0 | Y |
| | 3600 | 3515 | 215T | 4 | 11.5 | 81 | H | 90.0 | 90.5 | 89.5 | 0.79 | 0.86 | 0.89 | 14.9 | 1.9 | 3.8 | Y |
| 10 | 1800 | 1750 | 215T | 5.7 | 12.5 | 81 | H | 89.5 | 90.0 | 89.5 | 0.66 | 0.77 | 0.82 | 30.0 | 2.1 | 3.6 | Y |
| | 1200 | 1175 | 256T | 7 | 13.5 | 81 | H | 89.0 | 90.0 | 89.5 | 0.58 | 0.69 | 0.75 | 44.7 | 1.7 | 2.6 | Y |
| | 3600 | 3530 | 254T | 5.6 | 18 | 116 | G | 88.0 | 89.5 | 90.2 | 0.78 | 0.85 | 0.87 | 22.3 | 2.1 | 2.9 | Y |
| 15 | 1800 | 1760 | 254T | 8.8 | 19 | 116 | G | 90.0 | 91.0 | 91.0 | 0.64 | 0.75 | 0.81 | 44.8 | 2.3 | 2.6 | Y |
| | 3600 | 3515 | 256T | 6.5 | 23.5 | 145 | G | 88.5 | 90.0 | 90.2 | 0.81 | 0.87 | 0.88 | 29.9 | 2.1 | 2.7 | Y |
| | 1800 | 1755 | 256T | 11 | 25 | 145 | G | 91.5 | 91.5 | 91.0 | 0.66 | 0.77 | 0.79 | 59.8 | 2.2 | 2.5 | Y |



| Clase NEMA | Par de arranque (# de veces el nominal) | Corriente de Arranque | Regulación de Velocidad (%) | Nombre de clase Del motor |
|---------------|---|-----------------------------|-----------------------------------|---|
| A | 1.5-1.75 | 5-7 | 2-4 | Normal |
| B | 1.4-1.6 | 4.5-5 | 3.5 | De propósito general |
| C | 2-2.5 | 3.5-5 | 4-5 | De doble jaula alto par |
| D | 2.5-3.0 | 3-8 | 5-8 , 8-13 | De alto par alta resistencia |
| F | 1.25 | 2-4 | mayor de 5 | De doble jaula, bajo par y baja corriente de arranque |

| HP | RPM síncrona | RPM asíncrona | Amazón | Corriente (A) | | | Letra de código | Eficiencia nominal % | | | Factor de potencia % | | | Par | | | Conexión |
|-----|-----------------|------------------|--------|---------------|----------------|----------|-----------------------|----------------------|------|----------------|----------------------|-----|----------------|----------------|---------------------|-----------|----------|
| | | | | en vacío | plena carga | arranque | | 1/2 | 3/4 | plena carga | 1/2 | 3/4 | plena carga | Nom. lb-pie | Rotor Bloq. % | Máx. % | |
| 1 | 3600 | 3490 | 143T | 0.8 | 1.4 | 12 | K | 73.7 | 78.3 | 80.0 | 77 | 86 | 90 | 1.5 | 280 | 340 | Y |
| | 1800 | 1745 | 143T | 1.2 | 1.6 | 12 | K | 78.7 | 81.8 | 82.5 | 52 | 66 | 76 | 3.0 | 290 | 320 | Y |
| | 1200 | 1140 | 145T | 1.4 | 1.9 | 9 | J | 76.4 | 78.8 | 80.0 | 42 | 56 | 62 | 4.6 | 230 | 290 | Y |
| 1.5 | 3600 | 3490 | 143T | 1.3 | 2.0 | 8 | H | 76.6 | 78.9 | 78.5 | 42 | 54 | 63 | 6.1 | 220 | 260 | Y |
| | 1800 | 1740 | 145T | 1.5 | 2.3 | 18 | K | 80.7 | 83.5 | 84.0 | 54 | 67 | 76 | 4.5 | 290 | 320 | Y |
| | 1200 | 1160 | 182T | 1.6 | 2.4 | 17 | K | 81.6 | 84.2 | 85.5 | 50 | 63 | 71 | 6.8 | 280 | 320 | Y |
| 2 | 3600 | 3495 | 145T | 1.9 | 2.7 | 14 | H | 78.0 | 80.4 | 80.0 | 45 | 58 | 68 | 9.2 | 220 | 270 | Y |
| | 1800 | 1735 | 145T | 2.0 | 3.0 | 22 | K | 79.9 | 83.2 | 84.0 | 73 | 83 | 89 | 3.0 | 270 | 320 | Y |
| | 1200 | 1160 | 184T | 2.0 | 3.1 | 23 | K | 80.7 | 83.6 | 84.0 | 52 | 67 | 77 | 6.1 | 290 | 310 | Y |
| 3 | 3600 | 3495 | 145T | 2.3 | 3.5 | 18 | H | 84.5 | 86.0 | 86.5 | 50 | 63 | 72 | 9.1 | 220 | 300 | Y |
| | 1800 | 1735 | 145T | 2.3 | 3.5 | 18 | H | 80.0 | 82.0 | 82.5 | 46 | 60 | 69 | 1.2 | 200 | 290 | Y |
| | 1200 | 1160 | 184T | 2.3 | 3.5 | 18 | H | 83.8 | 86.2 | 86.5 | 75 | 84 | 90 | 4.5 | 230 | 320 | Y |
| 5 | 3600 | 3510 | 182T | 1.8 | 3.8 | 33 | K | 87.5 | 88.0 | 87.5 | 65 | 76 | 82 | 9.1 | 260 | 300 | Y |
| | 1800 | 1740 | 182T | 1.9 | 4.1 | 31 | K | 85.8 | 87.6 | 87.5 | 58 | 73 | 80 | 14 | 210 | 300 | Y |
| | 1200 | 1165 | 213T | 2.4 | 4.2 | 33 | K | 82.5 | 84.2 | 84.0 | 48 | 62 | 71 | 18 | 190 | 280 | Y |
| 7.5 | 3600 | 3490 | 184T | 3.2 | 4.9 | 27 | H | 86.5 | 87.8 | 87.5 | 82 | 89 | 92 | 7.5 | 260 | 320 | Y |
| | 1800 | 1730 | 184T | 3.3 | 6.8 | 48 | J | 86.0 | 87.0 | 86.5 | 53 | 66 | 72 | 30 | 180 | 260 | Y |
| | 1200 | 1160 | 215T | 3.5 | 7.1 | 48 | J | 87.0 | 88.0 | 88.5 | 77 | 86 | 90 | 11 | 190 | 280 | Y |
| 10 | 3600 | 3515 | 213T | 4.3 | 7.8 | 42 | H | 89.0 | 89.7 | 88.5 | 59 | 71 | 78 | 23 | 210 | 300 | Y |
| | 1800 | 1750 | 213T | 4.4 | 9.9 | 67 | H | 89.5 | 90.0 | 89.5 | 66 | 77 | 83 | 23 | 210 | 270 | Y |
| | 1200 | 1170 | 254T | 4.7 | 10 | 63 | H | 90.6 | 90.9 | 90.2 | 59 | 72 | 78 | 34 | 180 | 250 | Y |
| 15 | 3600 | 3505 | 215T | 6.9 | 13 | 67 | H | 87.0 | 88.0 | 87.5 | 49 | 61 | 69 | 46 | 190 | 260 | Y |
| | 1800 | 1750 | 215T | 4.2 | 13 | 85 | H | 89.0 | 89.8 | 89.5 | 80 | 89 | 87 | 15 | 190 | 260 | Y |
| | 1200 | 1165 | 256T | 5.6 | 14 | 85 | H | 89.5 | 90.0 | 89.5 | 68 | 79 | 84 | 30 | 210 | 270 | Y |
| 20 | 3600 | 3505 | 215T | 5.2 | 14 | 78 | G | 91.7 | 91.5 | 90.2 | 65 | 75 | 80 | 45 | 170 | 250 | Y |
| | 1800 | 1750 | 215T | 9.5 | 16 | 85 | H | 89.4 | 90.9 | 91.0 | 50 | 61 | 69 | 60 | 150 | 220 | D |
| | 1200 | 1175 | 284T | 9.5 | 16 | 85 | H | 88.5 | 90.0 | 90.2 | 84 | 98 | 92 | 22 | 190 | 260 | Y |
| 25 | 3600 | 3530 | 254T | 7.6 | 20 | 121 | G | 91.7 | 92.1 | 91.7 | 68 | 78 | 82 | 45 | 190 | 260 | Y |
| | 1800 | 1760 | 254T | 10 | 21 | 121 | G | 91.0 | 91.7 | 91.0 | 57 | 71 | 77 | 67 | 160 | 270 | D |
| | 1200 | 1175 | 284T | 15 | 24 | 121 | G | 90.1 | 91.4 | 91.0 | 50 | 60 | 67 | 90 | 150 | 220 | D |
| 30 | 3600 | 3525 | 256T | 7.7 | 24 | 152 | G | 88.3 | 89.9 | 90.2 | 82 | 86 | 90 | 30 | 180 | 260 | Y |
| | 1800 | 1755 | 256T | 9.5 | 27 | 152 | G | 92.1 | 92.4 | 91.7 | 67 | 76 | 80 | 60 | 190 | 270 | Y |
| | 1200 | 1175 | 286T | 13 | 27 | 152 | G | 92.1 | 92.4 | 91.7 | 62 | 73 | 79 | 89 | 160 | 250 | D |
| 35 | 3600 | 3525 | 284T | 19 | 32 | 152 | G | 90.0 | 91.2 | 91.0 | 50 | 61 | 67 | 119 | 140 | 200 | D |
| | 1800 | 1765 | 284T | 8.4 | 30 | 191 | G | 92.0 | 92.2 | 91.7 | 80 | 85 | 88 | 37 | 160 | 250 | D |
| | 1200 | 1180 | 324T | 14 | 30 | 191 | G | 93.3 | 93.6 | 93.0 | 72 | 82 | 87 | 74 | 220 | 280 | D |
| 40 | 3600 | 3525 | 286T | 26 | 35 | 191 | G | 92.2 | 92.7 | 92.4 | 57 | 69 | 77 | 111 | 170 | 240 | D |
| | 1800 | 1765 | 326T | 23 | 40 | 191 | G | 89.2 | 90.5 | 90.2 | 50 | 61 | 68 | 149 | 150 | 200 | D |
| | 1200 | 1180 | 326T | 20 | 41 | 228 | G | 92.6 | 92.9 | 92.4 | 58 | 70 | 78 | 134 | 170 | 240 | D |
| 45 | 3600 | 3525 | 364T | 27 | 49 | 228 | G | 89.9 | 91.3 | 91.0 | 50 | 62 | 66 | 178 | 150 | 200 | D |

Cargas axiales máximas admitidas

| 3600 rpm | | | | | |
|------------------|-----------------------------|------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
| Tamaño según IEC | Tipo 1LA3 1LA4, 1LA5 1LA6/7 | Montaje Vertical | | | |
| | | Peso del rotor N | Montaje horizontal N | Carga hacia abajo N | Carga hacia arriba N |
| 71 | 070 | 10.09 | 81.34 | 74.48 | 93.1 |
| | 073 | 12.74 | 62.72 | 53.9 | 74.48 |
| 80 | 080 | 20.28 | 125.4 | 107.8 | 147 |
| | 083 | 24.69 | 96.04 | 77.42 | 117.6 |
| 90 S | 090 | 30.38 | 163.66 | 137.2 | 196 |
| 90 L | 096 | 37.24 | 144.06 | 107.8 | 186.2 |
| 100 L | 106 | 63.7 | 211.68 | 166.6 | 264.6 |
| 112 M | 113 | 78.4 | 451.78 | 392 | 529.2 |
| 132 S | 130 | 117.6 | 577.22 | 480.2 | 695.8 |
| | 131 | 132.3 | 557.62 | 441 | 695.8 |
| 160 M | 163 | 196 | 769.3 | 597.8 | 970.2 |
| | 164 | 235.2 | 749.7 | 548.8 | 980 |
| 160 L | 166 | 284.2 | 721.28 | 176.4 | 999.6 |
| 180 M | 183 | 294 | 1078 | 901.6 | 1498.4 |
| 200 L | 206 | 343 | 1715 | 1450.4 | 2146.2 |
| | 207 | 392 | 1617 | 1352.4 | 2146.2 |
| 225 M | 223 | 647 | 1900 | 1400 | 2720 |
| 250 M | 253 | 901 | 2200 | 1500 | 3340 |
| 280 S | 280 | 1225 | 2200 | 1200 | 3700 |
| 280 M | 283 | 1372 | 2100 | 1000 | 3800 |

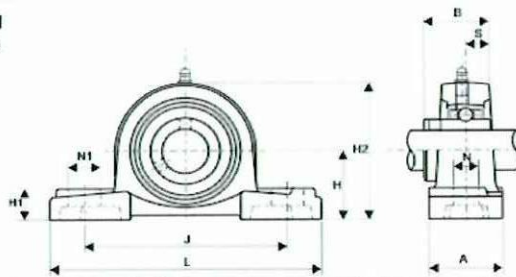
| 1800 rpm | | | | | |
|------------------|-----------------------------|------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
| Tamaño según IEC | Tipo 1LA3 1LA4, 1LA5 1LA6/7 | Montaje Vertical | | | |
| | | Peso del rotor N | Montaje horizontal N | Carga hacia abajo N | Carga hacia arriba N |
| 71 | 070 | 12.74 | 110.74 | 98 | 127.4 |
| | 073 | 16.66 | 100.94 | 88.2 | 117.6 |
| 80 | 080 | 25.28 | 129.36 | 107.8 | 156.8 |
| | 083 | 29.49 | 125.44 | 98 | 156.8 |
| 90 S | 090 | 38.22 | 240.1 | 215.6 | 274.4 |
| 90 L | 096 | 44.02 | 211.68 | 176.4 | 254.8 |
| 100 L | 106 | 63.7 | 336.14 | 284.2 | 392 |
| | 107 | 73.5 | 288.12 | 225.4 | 362.6 |
| 112 M | 113 | 98 | 577.22 | 499.8 | 676.2 |
| 132 S | 130 | 142.1 | 787.92 | 666.4 | 940.8 |
| 132 M | 133 | 176.4 | 749.7 | 597.8 | 931 |
| 160 M | 163 | 240.1 | 1107.4 | 891.8 | 136.2 |
| 160 L | 166 | 294 | 1009.4 | 735 | 1323 |
| 180 M | 183 | 343 | 1127 | 901.6 | 1597.4 |
| 180 L | 186 | 392 | 1078 | 744.8 | 1548.4 |
| | 207 | 490 | 1715 | 1303.4 | 2303 |
| 225 S | 220 | 823 | 2450 | 1820 | 3500 |
| 225 M | 223 | 931 | 2350 | 1600 | 3500 |
| 250 M | 253 | 1.176 | 2800 | 1850 | 4250 |
| 280 S | 280 | 1.617 | 5800 | 4500 | 7800 |
| 280 M | 283 | 1.813 | 5700 | 4200 | 7900 |

Características Técnicas

| Modelos | <u>R /20</u> | <u>R /60</u> | <u>R /100</u> | <u>TCW20</u> | <u>TCW40</u> |
|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Tensión a 1.000 rpm | 20 V* | 60 V* | 100 V* | 20 V* | 40 V* |
| Velocidad máxima | 8.000 rpm | 8.000 rpm | 6.000 rpm | 8.000 rpm | 4.000 rpm |
| Sentido de rotación | Reversible | Reversible | Reversible | Reversible | Reversible |
| Corriente máxima de consumo | 550 mA | 250 mA | 160 mA | 30 mA | 20 mA |
| Tensión máxima de consumo | 160 V | 480 V | 600 V | 165 V | 165 V |
| Resistencia de la armadura | 9 Ohm ±3% | 59 Ohm ±3% | 165 Ohm ±3% | 60 Ohm ±3% | 196 Ohm ±3% |
| Error máximo de linealidad | 0,50% | 0,50% | 0,50% | 0,50% | 0,50% |
| Error máximo de reversibilidad | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% |
| Ondulación ("ripple") | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% |
| Coefficiente de temperatura para variación porcentual de la tensión | 0,01% /°C | 0,01% /°C | 0,01% /°C | 0,01% /°C | 0,01% /°C |
| Resistencia de aislamiento a 600 V CC y régimen térmico de 120°C | 2 MOhm | 2 MOhm | 2 MOhm | 2 MOhm | 2 MOhm |
| Rigidez dieléctrica entre cada terminal y carcasa | 1.700 V/60 Hz para 30" | 1.700 V/60 Hz para 30" | 1.700 V/60 Hz para 30" | 1.700 V/60 Hz para 30" | 1.700 V/60 Hz para 30" |
| Humedad máxima relativa del ambiente | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% |
| Protección conforme IEC 34-5 y NBR 6146 | IP44 o IP55** | IP44 o IP55** | IP44 o IP55** | IP55 | IP55 |
| Clase de aislamiento | B | B | B | B | B |
| Fuerza radial máxima | 10 Kgf | 10 Kgf | 10 Kgf | - | - |
| Fuerza axial máxima | 10 Kgf | 10 Kgf | 10 Kgf | - | - |
| Número de polos | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 |
| Número de escobillas | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| GD ² | 8.450 g.cm ² | 8.450 g.cm ² | 8.450 g.cm ² | 5.370 g.cm ² | 5.370 g.cm ² |
| Temperatura ambiente | -15 hasta 60°C | -15 hasta 60°C | -15 hasta 60°C | -15 hasta 60°C | -15 hasta 60°C |
| Masa aproximada modelo sin caja de conexión | 2,20 Kg | 2,20 kg | 2,20 kg | - | - |
| Masa aproximada modelo con caja de conexión | 2,40 kg | 2,40 kg | 2,40 kg | - | - |
| Masa aproximada modelo TCW | - | - | - | 1,50 kg | 1,50 kg |

SOPORTE DE FUNDICION
RODAMIENTO DE ACERO

Tipo UCP 200



| Ø eje mm. | Referencia | Dimensiones mm. | | | | | | | | | | Tornillo | Rodamiento Ref. | Soporto Ref. | Peso Kg. |
|-----------|------------|-----------------|-----|-----|----|----|----|----|-----|------|------|----------|-----------------|--------------|----------|
| | | H | L | J | A | N | N1 | H1 | H2 | B | S | | | | |
| 12 | UCP 201 | 30.2 | 127 | 95 | 38 | 13 | 19 | 15 | 62 | 31 | 12.7 | M10 | UC 201 | P 203 | 0.65 |
| 15 | UCP 202 | 30.2 | 127 | 95 | 38 | 13 | 19 | 15 | 62 | 31 | 12.7 | M10 | UC 202 | P 203 | 0.63 |
| 17 | UCP 203 | 30.2 | 127 | 95 | 38 | 13 | 19 | 15 | 62 | 31 | 12.7 | M10 | UC 203 | P 203 | 0.62 |
| 20 | UCP 204 | 33.3 | 127 | 95 | 38 | 13 | 19 | 15 | 63 | 31 | 12.7 | M10 | UC 204 | P 204 | 0.65 |
| 25 | UCP 205 | 36.5 | 140 | 105 | 38 | 13 | 16 | 16 | 70 | 34 | 14.3 | M10 | UC 205 | P 205 | 0.79 |
| 30 | UCP 206 | 42.9 | 165 | 121 | 48 | 17 | 21 | 19 | 83 | 38.1 | 15.9 | M14 | UC 206 | P 206 | 1.3 |
| 35 | UCP 207 | 47.6 | 167 | 127 | 48 | 17 | 21 | 19 | 94 | 42.9 | 17.5 | M14 | UC 207 | P 207 | 1.6 |
| 40 | UCP 208 | 49.2 | 184 | 137 | 54 | 17 | 25 | 19 | 100 | 49.2 | 1.9 | M14 | UC 208 | P 208 | 1.9 |
| 45 | UCP 209 | 54 | 190 | 146 | 54 | 17 | 22 | 20 | 108 | 49.2 | 1.9 | M14 | UC 209 | P 209 | 2.2 |
| 50 | UCP 210 | 57.2 | 206 | 159 | 60 | 20 | 25 | 22 | 114 | 51.6 | 1.9 | M16 | UC 210 | P 210 | 2.6 |
| 55 | UCP 211 | 63.5 | 219 | 171 | 60 | 20 | 25 | 22 | 126 | 55.6 | 22.2 | M16 | UC 211 | P 211 | 3.3 |
| 60 | UCP 212 | 69.8 | 241 | 184 | 70 | 20 | 25 | 25 | 138 | 65.1 | 25.4 | M16 | UC 212 | P 212 | 4.7 |
| 65 | UCP 213 | 76.2 | 265 | 203 | 70 | 25 | 29 | 27 | 150 | 65.1 | 25.4 | M20 | UC 213 | P 213 | 5.6 |
| 70 | UCP 214 | 79.4 | 268 | 210 | 72 | 25 | 31 | 27 | 156 | 74.6 | 30.2 | M20 | UC 214 | P 214 | 7.3 |
| 75 | UCP 215 | 82.6 | 275 | 217 | 74 | 25 | 31 | 28 | 163 | 77.8 | 31.3 | M20 | UC 215 | P 215 | 7.9 |
| 80 | UCP 216 | 88.9 | 292 | 232 | 78 | 25 | 31 | 30 | 175 | 82.6 | 33.3 | M20 | UC 216 | P 216 | 10.0 |
| 85 | UCP 217 | 95.2 | 310 | 247 | 83 | 25 | 31 | 32 | 187 | 85.7 | 34.1 | M20 | UC 217 | P 217 | 12.2 |
| 90 | UCP 218 | 101.6 | 327 | 262 | 88 | 27 | 33 | 34 | 200 | 95 | 39.7 | M22 | UC 218 | P 218 | 14.7 |

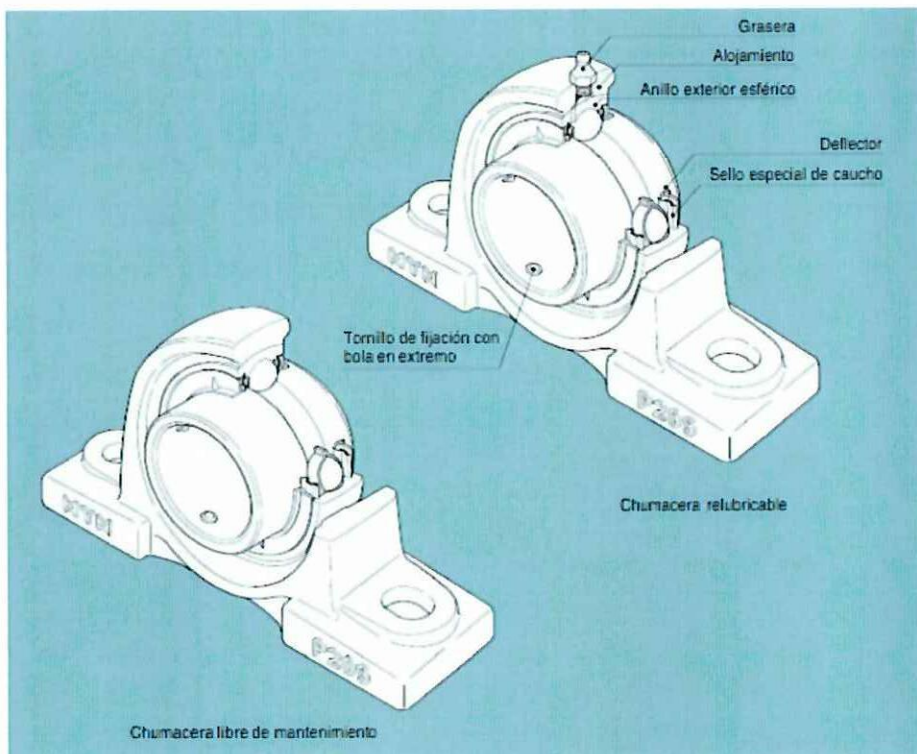


TABLA DE JI- CUADRADO

Percentiles de la distribución *ji-cuadrado* con *n* grados de libertad.

Los tres últimos valores del primer renglón están en notación abreviada. Por ejemplo, si $n = 1$, entonces

$\chi^2_{0.005} = 3.9271E-5$ significa $3.9271 \times 10^{-5} = 0.000039271$.

| <i>n</i> | $\chi^2_{0.995}$ | $\chi^2_{0.990}$ | $\chi^2_{0.975}$ | $\chi^2_{0.950}$ | $\chi^2_{0.900}$ | $\chi^2_{0.800}$ | $\chi^2_{0.700}$ | $\chi^2_{0.500}$ | $\chi^2_{0.300}$ | $\chi^2_{0.100}$ | $\chi^2_{0.050}$ | $\chi^2_{0.025}$ | $\chi^2_{0.010}$ | $\chi^2_{0.005}$ |
|----------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 1 | 7.879898E | 6.634891E | 5.023902E | 3.841455E | 2.705540E | 0.015790E | 0.003932E | 0.000000E | 0.000000E | 0.000000E | 0.000000E | 0.000000E | 0.000000E | 0.000000E |
| 2 | 10.596630E | 9.210351E | 7.377791E | 5.991476E | 4.605176E | 0.210720E | 0.102562E | 0.050635E | 0.020100E | 0.010024E | 0.005024E | 0.002536E | 0.001004E | 0.000247E |
| 3 | 12.838073E | 11.34488E | 9.348404E | 7.814724E | 6.251304E | 0.584375E | 0.351846E | 0.215794E | 0.114831E | 0.071235E | 0.041175E | 0.025368E | 0.014310E | 0.007723E |
| 4 | 14.860166E | 13.27669E | 11.14326E | 9.487728E | 7.779434E | 1.063624E | 0.710724E | 0.484419E | 0.297106E | 0.206983E | 0.141750E | 0.093484E | 0.054129E | 0.031758E |
| 5 | 16.749648E | 15.08631E | 12.83249E | 11.07048E | 9.236349E | 1.610309E | 1.145477E | 0.631208E | 0.354296E | 0.241750E | 0.171508E | 0.117508E | 0.075793E | 0.047533E |
| 6 | 18.547513E | 16.81187E | 14.44855E | 12.59157E | 10.64463E | 2.204130E | 1.635380E | 1.237341E | 0.872083E | 0.675793E | 0.475793E | 0.317508E | 0.201004E | 0.125914E |
| 7 | 20.277738E | 18.47532E | 16.01277E | 14.06712E | 12.01703E | 2.833105E | 2.167349E | 1.689664E | 1.239031E | 0.989250E | 0.77235E | 0.517508E | 0.331750E | 0.201004E |
| 8 | 21.95486E | 20.09015E | 17.53454E | 15.50791E | 13.36156E | 3.489537E | 2.732632E | 2.179724E | 1.646506E | 1.344402E | 1.017508E | 0.77235E | 0.517508E | 0.331750E |
| 9 | 23.58917E | 21.66604E | 19.02277E | 16.91896E | 14.68366E | 4.168155E | 3.325151E | 2.700388E | 2.087886E | 1.734911E | 1.331750E | 0.989250E | 0.675793E | 0.475793E |
| 10 | 25.18855E | 23.20928E | 20.48320E | 18.30702E | 15.98717E | 4.865176E | 3.940265E | 3.246685E | 2.558198E | 2.335845E | 1.734911E | 1.331750E | 0.989250E | 0.675793E |
| 11 | 26.75686E | 24.72502E | 21.92002E | 19.67513E | 17.27500E | 5.577286E | 4.574809E | 3.615742E | 3.053495E | 2.603201E | 2.01004E | 1.331750E | 0.989250E | 0.675793E |
| 12 | 28.29968E | 26.21696E | 23.33666E | 21.02605E | 18.54934E | 6.303795E | 5.226027E | 4.403777E | 3.570513E | 3.073785E | 2.331750E | 1.331750E | 0.989250E | 0.675793E |
| 13 | 29.81931E | 27.68818E | 24.73558E | 22.36202E | 19.81193E | 7.041497E | 5.891860E | 5.008737E | 4.106899E | 3.565042E | 2.603201E | 1.331750E | 0.989250E | 0.675793E |
| 14 | 31.31942E | 29.14163E | 26.11893E | 23.68478E | 21.06414E | 7.789537E | 6.570631E | 5.628723E | 4.660415E | 4.074658E | 2.873508E | 1.331750E | 0.989250E | 0.675793E |
| 15 | 32.80149E | 30.57785E | 27.48836E | 24.99579E | 22.30712E | 8.546753E | 7.260934E | 6.262123E | 5.203559E | 4.600874E | 3.17508E | 1.331750E | 0.989250E | 0.675793E |
| 16 | 34.26705E | 31.99981E | 28.84532E | 26.29622E | 23.54182E | 9.312233E | 7.961698E | 6.907664E | 5.812196E | 5.142163E | 3.517508E | 1.331750E | 0.989250E | 0.675793E |
| 17 | 35.71837E | 33.40871E | 30.19096E | 27.58710E | 24.76926E | 10.06518E | 8.671753E | 7.564178E | 6.407742E | 5.667273E | 3.917508E | 1.331750E | 0.989250E | 0.675793E |
| 18 | 37.15638E | 34.80523E | 31.52641E | 28.86932E | 25.98941E | 10.86493E | 9.390447E | 8.230732E | 7.014903E | 6.264769E | 4.317508E | 1.331750E | 0.989250E | 0.675793E |
| 19 | 38.58212E | 36.19075E | 32.85233E | 30.14350E | 27.20358E | 11.65091E | 10.11700E | 8.906514E | 7.632697E | 6.843923E | 4.717508E | 1.331750E | 0.989250E | 0.675793E |
| 20 | 39.99685E | 37.56627E | 34.16956E | 31.41042E | 28.41197E | 12.44260E | 10.85079E | 9.590772E | 8.260364E | 7.433811E | 5.117508E | 1.331750E | 0.989250E | 0.675793E |
| 21 | 41.40094E | 38.93223E | 35.47835E | 32.67055E | 29.61508E | 13.28959E | 11.59131E | 10.28290E | 8.897173E | 8.033602E | 5.517508E | 1.331750E | 0.989250E | 0.675793E |
| 22 | 42.79566E | 40.28944E | 36.78067E | 33.92448E | 30.81328E | 14.04149E | 12.33800E | 10.98233E | 9.542494E | 8.642680E | 5.917508E | 1.331750E | 0.989250E | 0.675793E |
| 23 | 44.18138E | 41.63833E | 38.07560E | 35.17246E | 32.00689E | 14.84795E | 13.09050E | 11.68852E | 10.19568E | 9.260381E | 6.317508E | 1.331750E | 0.989250E | 0.675793E |
| 24 | 45.55833E | 42.97978E | 39.36406E | 36.41502E | 33.19623E | 15.65879E | 13.84842E | 12.40114E | 10.85634E | 9.866198E | 6.717508E | 1.331750E | 0.989250E | 0.675793E |
| 25 | 46.92796E | 44.31404E | 40.64648E | 37.65248E | 34.38158E | 16.47340E | 14.61339E | 13.11970E | 11.52395E | 10.51964E | 7.117508E | 1.331750E | 0.989250E | 0.675793E |
| 26 | 48.28977E | 45.64136E | 41.92138E | 38.88513E | 35.56314E | 17.29186E | 15.37916E | 13.84388E | 12.19817E | 11.16021E | 7.517508E | 1.331750E | 0.989250E | 0.675793E |
| 27 | 49.64503E | 46.96283E | 43.19452E | 40.11326E | 36.74122E | 18.11386E | 16.15139E | 14.57337E | 12.87846E | 11.80765E | 7.917508E | 1.331750E | 0.989250E | 0.675793E |
| 28 | 50.99359E | 48.27816E | 44.46079E | 41.33715E | 37.91390E | 18.93923E | 16.92787E | 15.30785E | 13.56466E | 12.46126E | 8.317508E | 1.331750E | 0.989250E | 0.675793E |
| 29 | 52.33549E | 49.58729E | 45.72227E | 42.55694E | 39.08747E | 19.76774E | 17.70338E | 16.04705E | 14.25640E | 13.12106E | 8.717508E | 1.331750E | 0.989250E | 0.675793E |
| 30 | 53.67186E | 50.89218E | 46.97921E | 43.77265E | 40.25601E | 20.59924E | 18.48267E | 16.79075E | 14.95346E | 13.78668E | 9.117508E | 1.331750E | 0.989250E | 0.675793E |
| 40 | 66.76604E | 63.69077E | 59.34167E | 55.75848E | 51.80304E | 29.05016E | 26.50929E | 24.43396E | 22.16420E | 20.70657E | 15.017508E | 1.331750E | 0.989250E | 0.675793E |
| 50 | 79.48963E | 76.15380E | 71.42019E | 67.50480E | 63.16711E | 37.68863E | 34.76426E | 32.35355E | 29.70672E | 27.99025E | 20.017508E | 1.331750E | 0.989250E | 0.675793E |
| 60 | 91.95180E | 88.37943E | 83.29706E | 79.08195E | 74.39699E | 46.45886E | 43.18796E | 40.48170E | 37.48476E | 35.33439E | 24.017508E | 1.331750E | 0.989250E | 0.675793E |
| 70 | 104.2147E | 100.4250E | 95.02314E | 90.53126E | 85.52703E | 55.32894E | 51.73926E | 48.75753E | 45.44170E | 43.27590E | 28.017508E | 1.331750E | 0.989250E | 0.675793E |
| 80 | 116.3209E | 112.3287E | 106.6285E | 101.8794E | 96.57619E | 64.27784E | 60.39145E | 57.15315E | 53.59963E | 51.17193E | 32.017508E | 1.331750E | 0.989250E | 0.675793E |
| 90 | 128.2968E | 124.1162E | 118.1359E | 113.1452E | 107.5650E | 73.29107E | 69.12601E | 65.64659E | 61.75401E | 59.19632E | 36.017508E | 1.331750E | 0.989250E | 0.675793E |
| 100 | 140.1697E | 135.8068E | 129.5612E | 124.3421E | 118.4980E | 82.35812E | 77.92944E | 74.22188E | 70.06495E | 67.32753E | 40.017508E | 1.331750E | 0.989250E | 0.675793E |
| 120 | 163.6484E | 158.9500E | 152.2133E | 148.5673E | 140.2325E | 100.6236E | 95.70461E | 91.57260E | 86.92311E | 83.85171E | 48.017508E | 1.331750E | 0.989250E | 0.675793E |
| 150 | 198.3598E | 193.2075E | 185.8003E | 179.5806E | 172.8611E | 126.2750E | 122.6917E | 117.9845E | 112.6675E | 109.1423E | 56.017508E | 1.331750E | 0.989250E | 0.675793E |
| 200 | 255.2638E | 249.4451E | 241.0576E | 233.9942E | 226.0210E | 174.8327E | 168.2785E | 162.7280E | 156.4321E | 152.3408E | 74.017508E | 1.331750E | 0.989250E | 0.675793E |
| 500 | 585.2039E | 578.4934E | 563.8513E | 553.1268E | 540.9302E | 459.9269E | 449.1467E | 439.9360E | 429.3879E | 422.3034E | 188.017508E | 1.331750E | 0.989250E | 0.675793E |
| 600 | 692.9809E | 683.5154E | 669.7690E | 658.0935E | 644.8004E | 556.0560E | 544.1809E | 534.0185E | 522.3659E | 514.5265E | 226.017508E | 1.331750E | 0.989250E | 0.675793E |
| 700 | 800.1307E | 789.9735E | 775.2104E | 762.6607E | 748.3390E | 652.4973E | 639.6190E | 628.5770E | 615.9073E | 607.3793E | 264.017508E | 1.331750E | 0.989250E | 0.675793E |
| 800 | 906.7863E | 895.9640E | 880.2753E | 866.9113E | 851.6711E | 749.1852E | 735.3629E | 723.5125E | 709.8969E | 700.7254E | 302.017508E | 1.331750E | 0.989250E | 0.675793E |

Autotransformador



Marca:CEA

Embalaje:in Carton

Origen:China

Código del HS:8504311000

Capacidad de Producción:10000PCS/Month

Descripción de Producto

Applicaton:

Los transformadores corrientes de la serie de MSQ se pueden demandar para probar control, para visualizar y para registrar el funcionamiento del equipo eléctrico y para proteger el equipo contra el daño, en el circuito de la CA con valor clasificado del voltaje debajo de 660V y la frecuencia de 50-60Hz. El producto se puede también utilizar para formar un conjunto completo del transformador de la mina.



MSQ-30



MSQ-40

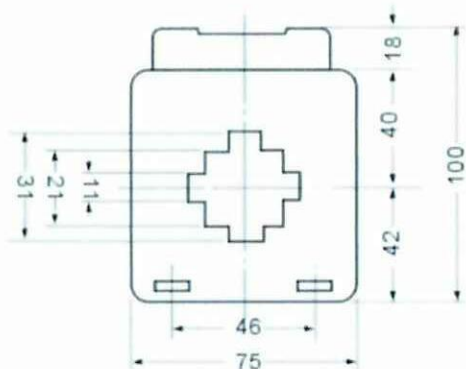


MSQ-60

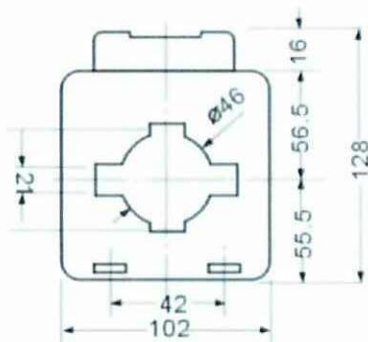


MSQ-100

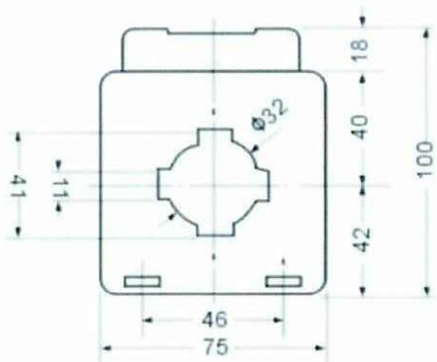
◆ Dimensions



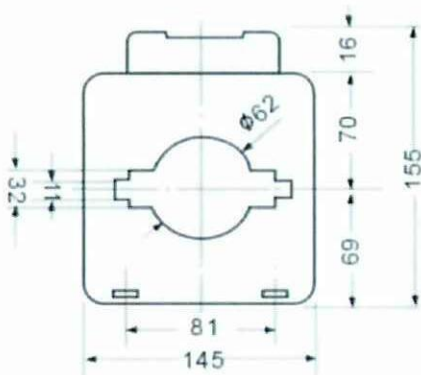
30/5A-300/5A



400/5A-1200/5A



200/5A-600/5A



1000/5A-3000/5A

CONTACTOR



| Cat No. | Model No. | Descripción | Rating: AC3 415V | | Auxillary Contacts |
|---------------|------------------|-------------|------------------|------|-----------------------|
| | | | Amps | kW | |
| <u>324710</u> | MC-9B 240VAC | Contactador | 9 | 4 | 1 NO & 1 NC |
| <u>324711</u> | MC-12B 240VAC | Contactador | 12 | 5.5 | 1 NO & 1 NC |
| <u>324712</u> | MC-18B 240VAC | Contactador | 18 | 7.5 | 1 NO & 1 NC |
| <u>324713</u> | MC-22B 240VAC | Contactador | 22 | 11 | 1 NO & 1 NC |
| <u>324714</u> | MC-32A 240VAC | Contactador | 32 | 15 | 1 NO & 1 NC |
| <u>324715</u> | MC-40A 240VAC | Contactador | 40 | 18.5 | 2 NO & 2 NC |
| <u>324716</u> | MC-50A 240VAC | Contactador | 50 | 22 | 2 NO & 2 NC |
| <u>324717</u> | MC-65A 240VAC | Contactador | 65 | 30 | 2 NO & 2 NC |

Variadores de Frecuencia

Precauciones importantes

Desembalaje e inspección

□ □ Inspeccione el variador para comprobar si sufrió algún daño durante el transporte. Para verificar que la unidad sea la correcta para la aplicación deseada compruebe el tipo de variador, el régimen de salida en la placa de identificación y que el variador esté intacto.

| SV008iG5A-2 | |
|---|-------------------------------------|
| INPUT | 200-230V 3 Phase 6.6A 50/60Hz |
| OUTPUT | 0-Input V 3 Phase 5.0A 0.1-400Hz |
| 1.9KVA (D) | |
|  | |
| 05050300557 | |
|  Industrial Systems Made in KOREA | |

- ←..... Modelo de variador
- ←..... Potencia nominal de entrada
- ←..... Potencia nominal de salida
- ←..... Corriente nominal de salida, frecuencia
- ←..... Capacidad del variador (kVA)
- ←..... Código de barras y número de serie

| SV | 075 | IG5A | - | 2 | (N) | |
|-------------|----------------------------|----------|------|--------------------|--------------------------|---------|
| Variador LS | Potencia nominal del motor | | IG5A | Tensión de entrada | | Teclado |
| | 004 | 0,4[kW] | | 1 | Monofásico 200~230[V] | |
| | 008 | 0,75[kW] | | | | |
| | 015 | 1,5[kW] | | | | |
| | 022 | 2,2[kW] | | | | |
| | 037 | 3,7[kW] | | | | |
| | 040 | 4,0[kW] | | 2 | Trifásico 200~230[V] | |
| | 055 | 5,5[kW] | | | | |
| | 075 | 7,5[kW] | | | | |
| | 110 | 11,0[kW] | | | | |
| | 150 | 15,0[kW] | | 4 | Trifásico 380~480[V] | |
| | 185 | 18,5[kW] | | | | |
| 220 | 22,0[kW] | | | | | |

Preparación de instrumentos y piezas para la operación

Los instrumentos y las piezas a preparar dependen del modo en que se operará el variador. Prepare el equipo y las piezas según resulte necesario.

Instalación Para operar el variador con elevado desempeño durante mucho tiempo instálelo en un lugar apropiado, en la dirección correcta y con el despeje adecuado.

Conexión Conecte la fuente de alimentación, el motor y las señales de operación (señales de control) a la bornera. Tenga en cuenta que una conexión incorrecta puede dañar el variador y los dispositivos periféricos.

Características del SENTRON PAC3200

Funciones de monitoreo

- Monitoreo de 6 valores límite. Se pueden vincular lógicamente los valores límite mediante operadores lógicos Y / O. Un operador O permite generar un aviso agrupado que indicará la violación de al menos un límite.
- Monitoreo del sentido de giro.
- Monitoreo del estado de la entrada digital.
- Monitoreo del estado de servicio del SENTRON PAC3200.

Visualización y manejo

- Gran pantalla gráfica retroiluminada de cristal líquido para una lectura óptima incluso a grandes distancias.
- Parametrización y manejo a través de menús en pantalla en texto claro.
- Selección de idioma para la visualización de menús y textos en pantalla.
- Identificadores de fases seleccionables (L1, L2, L3 \Leftrightarrow a, b, c).

Alimentación

- Fuente de alimentación multirrango AC/DC:

Alimentación con 95 a 240 V AC $\pm 10\%$ / 50 / 60 Hz ó

110 a 340 V DC $\pm 10\%$.

- Fuente de alimentación DC de muy baja tensión:

Alimentación con 24 V, 48 V y 60 V DC $\pm 10\%$ ó

22 a 65 V DC $\pm 10\%$.

Formato de instalación

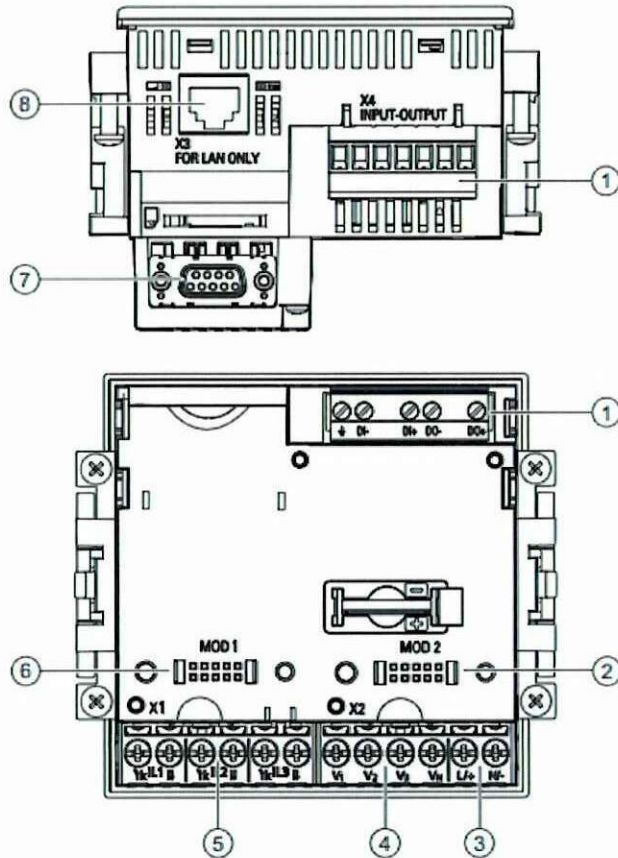
- Formato de instalación en cuadro/tablero 96 x 96 mm.
- Tan sólo 51 mm de profundidad sin módulo de ampliación; 73 mm de profundidad con módulo de alimentación. El conector de interfaz se enchufa lateralmente en el módulo de ampliación, por lo que no incrementa la profundidad de montaje.

Interfaz

- Interfaz Ethernet integrada.
- Ampliable con módulo opcional (p. ej. módulo de ampliación PAC PROFIBUS DP).
- Ampliable con módulo opcional (p. ej. módulo de ampliación PAC RS485).

Conexiones

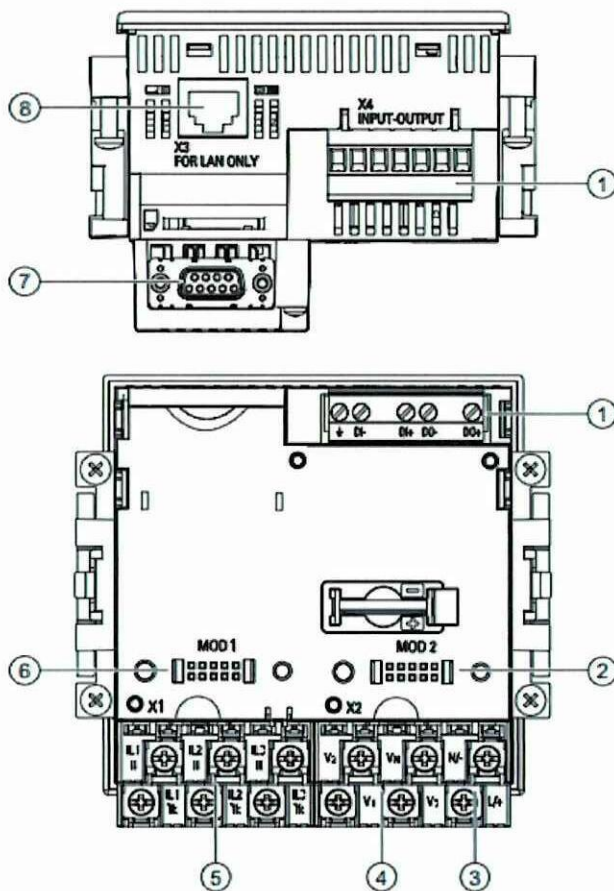
Designación de las conexiones, modelo con bornes de tornillo



Designación de conexiones, vista superior y posterior del modelo con bornes de tornillo

- (1) Entradas y salidas digitales, tierra funcional
- (2) Conexión ciega. ¡No utilizable como ranura!
- (3) Entrada de alimentación L/+, N/-
- (4) Entradas de medida tensión V1, V2, V3, VN
- (5) Entradas de medida corriente IL1, IL2, IL3
- (6) Ranura para módulos de ampliación opcionales
- (7) Módulo de ampliación opcional, no incluido en el volumen de suministro
- (8) Conexión Ethernet, RJ45

Designación de las conexiones, modelo con conexiones para terminales de ojal



Designación de conexiones, vista superior y posterior del modelo con conexiones para terminales de ojal

- (1) Entradas y salidas digitales, tierra funcional
- (2) Conexión ciega. ¡No utilizable como ranura!
- (3) Entrada de alimentación L/+, N/-
- (4) Entradas de medida tensión V1, V2, V3, VN
- (5) Entradas de medida corriente IL1, IL2, IL3
- (6) Ranura para módulos de ampliación opcionales
- (7) Módulo de ampliación opcional, no incluido en el volumen de suministro
- (8) Conexión Ethernet, RJ45



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

PRACTICA N° 1

TEMA: IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES DEL SISTEMA DIDACTICO DE MOTORES PARA VARIADORES DE FRECUENCIA DE 3HP

1.-OBJETIVOS

- Familiarizarse e identificar los componentes del Sistema Didáctico de Motores para Variadores de frecuencia de 3hp.
- Analizar los componentes del sistema de Fuerza y de Control del módulo.

2.- LISTA DE MATERIALES

Se muestra en el ANEXO E factibilidad técnica.

3.-MARCO TEÓRICO

- Este módulo de prueba está constituido de cuatro partes fundamentales: Sistema de fuerza
- Sistema de control.
- Sistema de protección (variadores).
- Sistema mecánico.

Sistema de fuerza.- Para el sistema de fuerza está constituido por una alimentación trifásica de 220v, para lo cual se empleó: un breaker trifásico 40A, como protección de cortocircuitos, al igual que un contactor el cual nos ayudará a obtener un voltaje disponible de 220Vac, 3 Φ , como se indica en la Figura N° 1

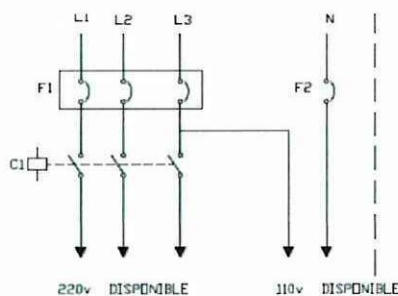


Figura N° 1: Sistema de Fuerza

Sistema de control: Este módulo posee dos tarjetas electrónicas, la de fuerza y la de control, la de fuerza está constituido por un convertor AC/DC a 110Vdc , y por medio de un Mosfet de control se logrará variar la señal de salida de 0 – 120Vdc, con un potenciómetro de 250KΩ, además posee un sistema de control para la activación y conmutación del Mosfet a 9Vdc el cual se logra a través de un convertor AC/DC, como se indica en la Figura N°2:

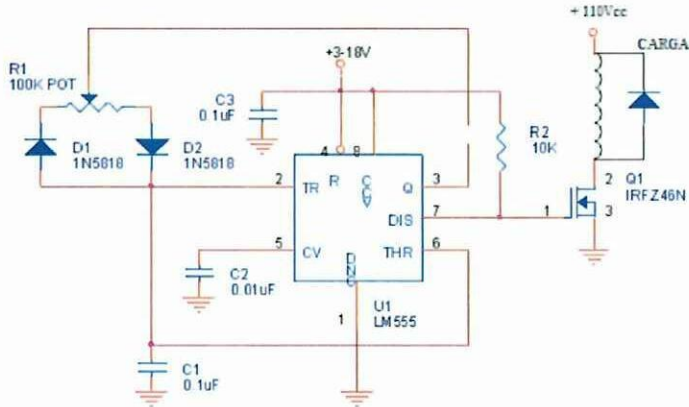
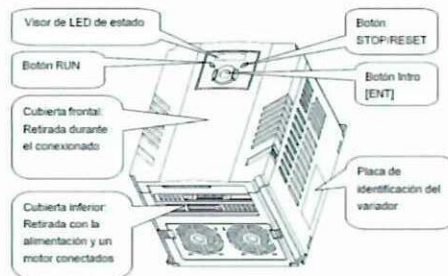


Figura N° 2: Sistema de control

Sistema de Protección (Variadores).- Se utilizara dos tipos de variadores individualmente, los cuales nos servirán de protección para el motor:

VARIADOR LS 5HP

Conexión Típica:



| | |
|--------------------|-------------------|
| SV008iG5A-2 | |
| INPUT | 200-230V 3 Phase |
| | 6.6A 50/60Hz |
| OUTPUT | 0-Input V 3 Phase |
| | 5.0A 0.1-400Hz |
| | 1.9KVA (D) |
| | |
| 05050300557 | |
| | |
| Made in KOREA | |

- ←..... Modelo de variador
- ←..... Potencia nominal de entrada
- ←..... Potencia nominal de salida
- ←..... Corriente nominal de salida, frecuencia
- ←..... Capacidad del variador (KVA)
- ←..... Código de barras y número de serie

Sistema Mecánico.- Este módulo dispone de dos motores en el cual uno de ellos nos servirá como freno (electrodinómetro) para el motor a prueba (motor Siemens), los cuales están acoplados mediante un sistema mecánico llamado Oldham.

4.- IMPLEMENTOS Y EQUIPOS

Módulo de Circuito de fuerza AC/DC y DC/DC

Módulo de Alimentación al variador 220Vac - 3~ - 60Hz

Módulo de Mando de Freno

Módulo de suministro principal de energía 220Vac - 3~ - 60Hz

5.- PROCEDIMIENTO

1. Identifique visualmente el módulo y el área de trabajo.
2. Observar y verificar que los elementos de protección principal se encuentren en óptimas condiciones para el correcto funcionamiento del módulo.
3. Conectar el cable de alimentación principal del módulo, a la fuente de voltaje trifásica.
4. Observe que se prendan las luces piloto.
5. Compruebe los voltajes disponibles de salida del módulo de suministro principal de energía y suministro monofásico:

Voltaje Trifásico:

L1 y L2 _____ Vac L1

L1 y L3 _____ Vac

L2 y L3 _____ Vac

y

Voltaje Monofásico

N _____ Vac

6. Comprobar que los motores estén fijos a la base (pernos, chumaceras, acople mecánico).
7. Identificar las características técnicas del motor Siemens (datos de placa) y del electrodinómetro (datos de diseño).

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Analice si coinciden los valores medidos con los requeridos para el buen funcionamiento del módulo.

En caso de encontrar alguna anomalía tanto el sistema eléctrico como en el sistema mecánico realizar un cuadro de fallas.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

PRACTICA N° 2

TEMA: PRUEBAS DE CARGA CON EL VARIADOR DE FRECUENCIA ABB

1.- OBJETIVOS

Programar el variador de frecuencia LS para controlar un motor de 4Hp.
Simular carga en un motor Siemens de 4Hp.
Realizar pruebas de protección al motor Siemens.

2.-LISTA DE MATERIALES

- Módulo de entrenamiento para variadores de frecuencia de 4Hp.
- Manual de funcionamiento del variador LS.
- Variador de frecuencia LS.
- Cables de conexión.
- Multímetro.
- Potenciómetro.
- Tarjeta de control de señales digitales.
- Multimedidor Sentron.

3.- MARCO TEÓRICO

El variador LS SV008iG5A-2 que por la tecnología que posee hace referencia a las diferentes opciones de mando que se basa la unidad básica.

Este variador tiene capacidad de ser utilizado para diversas aplicaciones y así servir como un elemento de control y protección, por lo que su control puede ser de manera local o remota, las características y especificaciones técnicas varían de acuerdo al trabajo que va a realizar, tomando en cuenta que la corriente mínima de protección es de 5.3Aac.

Este dispositivo puede ser alimentado con un voltaje de 220Vac, y de la misma manera debe ser conectado a las tres fases del motor que va hacer controlado.

En nuestro caso la función principal del variador de velocidad será la de controlar la velocidad del motor a prueba y al mismo tiempo nos servirá como un elemento de protección contra sobrecargas, ya que este va estar expuesto a diferentes tipos de esfuerzos que se le aplicará por medio del electrodinamómetro.

4. PROCEDIMIENTO

1. Estudiar el manual de funcionamiento del variador LS, en sus detalles de conexión y programación.
2. Conecte el variador al módulo de entrenamiento y el motor Siemens tal como se indica en la figura N° 1.

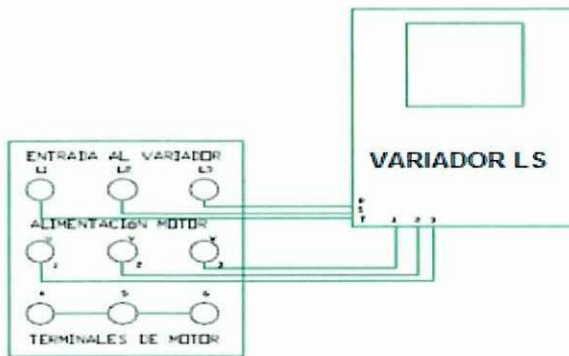


Figura N° 1: Sistema de Fuerza

3. Alimentar con 220Vac - 3~ - 60Hz al módulo de entrenamiento y dar pulso de ON y observar que se active la luz piloto interna del variador, y que el Display de pantalla líquida se encienda normalmente.
4. Ingrese datos de programación según las indicaciones del manual de funcionamiento. Los parámetros requeridos del motor Siemens se encuentran en la placa de datos.

Potencia: 3HP.

Voltaje: 220V-3~

Corriente: 8.4 Amp.

Velocidad: 1800 rpm.

Frecuencia: 60 Hz

5. Programar parámetros de protección, los cuales deben cumplir con las siguientes características.

Control local del variador

6. Programar el variador para control local.
7. Conectar el sistema de entrenamiento tal como se indica en las figuras N° 2 y 3.

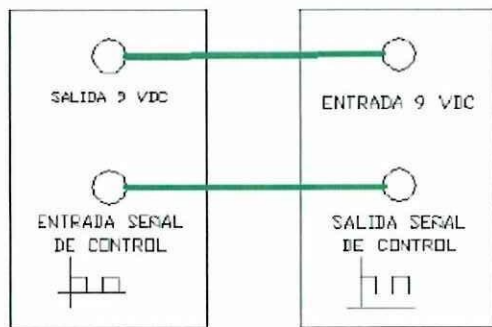


Figura N° 2

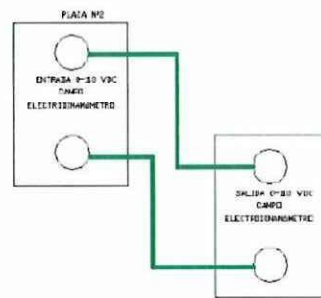


Figura N° 3

8. Dar arranque al motor desde el display del variador y simular carga variando.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

PRACTICA N°3

**TEMA: PRUEBAS DE VOLTAJE, CORRIENTE, TORQUE Y VELOCIDAD
APLICANDO UNA FRECUENCIA DE 60HZ**

1.- OBJETIVOS

Simular carga en un motor Siemens de 4Hp

Realizar pruebas al motor Siemens.

Visualizar mediante LabVIEW Pruebas

2.-LISTA DE MATERIALES

- Módulo de entrenamiento para variadores de frecuencia de 4Hp
- Variador de frecuencia LS
- Cables de conexión.
- Multímetro
- Potenciómetro
- Tarjeta de control de señales digitales
- Multimetro Sentron
- PC
- Programa LabVIEW Pruebas

3.- MARCO TEÓRICO

El Sentron Pac 3200 es un multimetro inteligente que permite visualizar de los parámetros eléctricos más comunes , capta más de 50 tipos de datos eléctricos como tensión, corriente potencia valores de la energía eléctrica frecuencia factor de potencia etc.

El variador LS SV008iG5A-2 que por la tecnología que posee hace referencia a las diferentes opciones de mando que se basa la unidad básica.

Este variador tiene capacidad de ser utilizado para diversas aplicaciones y así servir como un elemento de control y protección, por lo que su control puede ser de manera local o remota, las características y especificaciones técnicas varían de acuerdo al trabajo que va a realizar, tomando en cuenta que la corriente mínima de protección es de 5.3Aac.

4. PROCEDIMIENTO

Para las pruebas de las variables del electrodinamómetro se procede a conectar didácticamente de la siguiente manera.

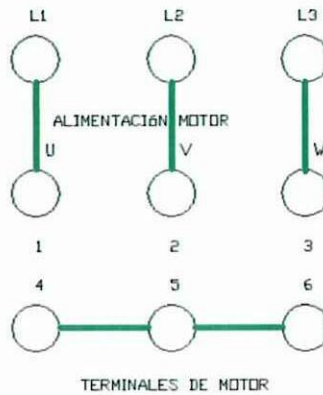


Figura N° 1

Se visualiza la capacidad de energía de la máquina en el tablero de control.



Figura N° 2

Pruebas con variador de frecuencia LS

El variador de frecuencia Ls en sus múltiples aplicaciones nos permite un control manual

La programación del variador se puede realizar directamente en el display del variador ya que se puede realizar cambios o modificaciones de parámetros.

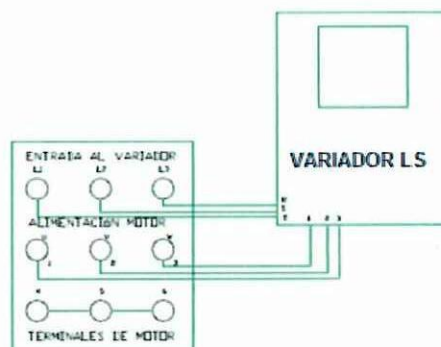


Figura N° 3

- Se energiza el módulo de entrenamiento y se verifica si el display del variador se enciende y no indica ninguna alarma de falla. Si no existe alarma presente el led del display se enciende de color verde, caso contrario si existe falla se pone de color amarillo.
- Se realiza la programación del variador de frecuencia Ls, tomando en cuenta los datos de placa del motor Siemens.

Pruebas de la visualización de en LabVIEW Pruebas.

De igual forma mediante el Protocolo MODBUS TCP/ IP puede implementarse sobre cualquier línea de comunicación serie y permite la comunicación por medio de tramas binarias y conectan los programas de host a los servicios de nivel de transporte para utilizarlos en la red.

La Simulación de los diferentes parámetros establecidos que se puede visualizar gráficamente y porcentaje dando mayor credibilidad el buen funcionamiento de un motor de inducción.

CURVA DE VOLTAJE EN CADA LINEA VS FRECUENCIA A 60HZ

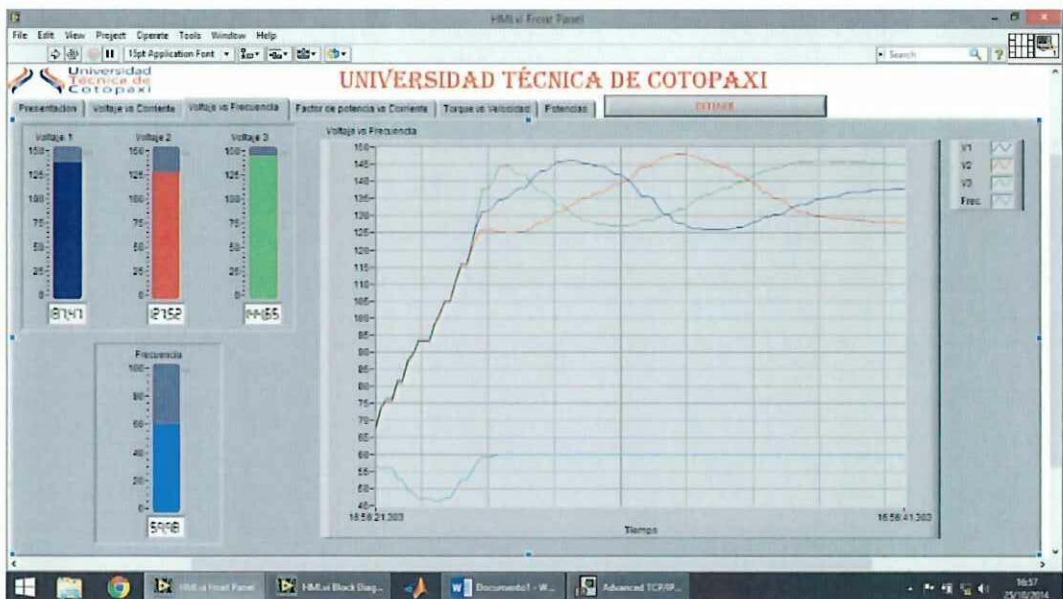


Figura N° 4

Como se puede observar en la ventana la potencia activa y reactiva varía de acuerdo a la frecuencia de 60hz.

Curva Potencias(activa Reactiva y Aparente

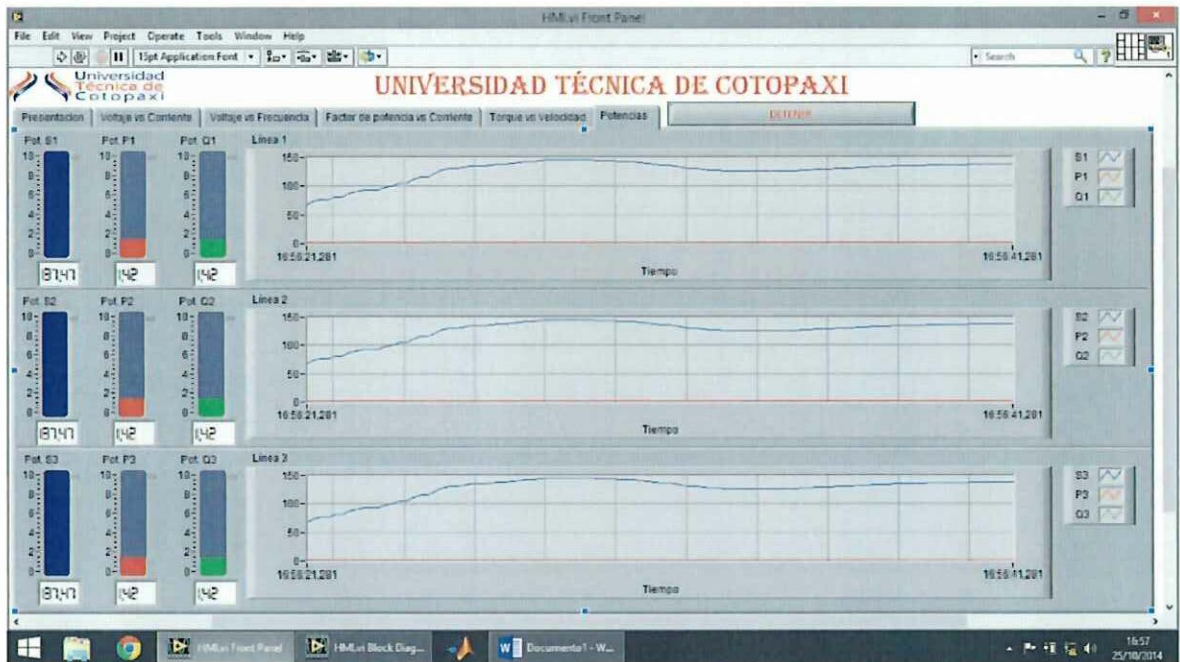


Figura N° 5



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECÁNICA

PRACTICA N°4

TEMA: PRUEBAS DE VOLTAJE, CORRIENTE, TORQUE Y VELOCIDAD APLICANDO UNA FRECUENCIA DE 30HZ.

1.- OBJETIVOS

Simular carga en un motor Siemens de 4Hp
Realizar pruebas al motor Siemens.
Visualizar mediante LabVIEW Pruebas

2.-LISTA DE MATERIALES

- Módulo de entrenamiento para variadores de frecuencia de 4Hp
- Variador de frecuencia LS
- Cables de conexión.
- Multímetro
- Potenciómetro
- Tarjeta de control de señales digitales
- Multimedidor Sentron
- PC
- Programa LabVIEW Pruebas

3.- MARCO TEÓRICO

El Sentron Pac 3200 es un multimedidor inteligente que permite visualizar de los parámetros eléctricos más comunes , capta más de 50 tipos de datos eléctricos como tensión, corriente potencia valores de la energía eléctrica frecuencia factor de potencia etc.

El variador LS SV008iG5A-2 que por la tecnología que posee hace referencia a las diferentes opciones de mando que se basa la unidad básica.

Este variador tiene capacidad de ser utilizado para diversas aplicaciones y así servir como un elemento de control y protección, por lo que su control puede ser de manera local o remota, las características y especificaciones técnicas varían de acuerdo al trabajo que va a realizar, tomando en cuenta que la corriente mínima de protección es de 5.3Aac.

4. PROCEDIMIENTO

Para las pruebas de las variables del electrodinamómetro se procede a conectar didácticamente de la siguiente manera.

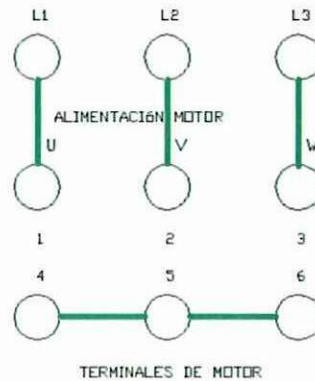


Figura N° 1

Pruebas con variador de frecuencia LS

El variador de frecuencia Ls en sus múltiples aplicaciones nos permite un control manual

La programación del variador se puede realizar directamente en el display del variador ya que se puede realizar cambios o modificaciones de parámetros.

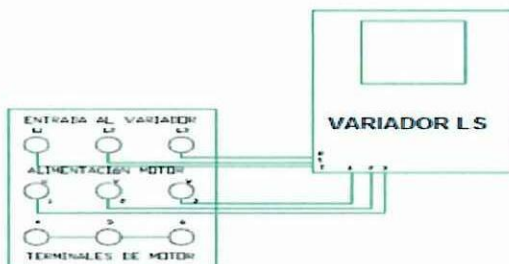


Figura N° 2

- Se energiza el módulo de entrenamiento y se verifica si el display del variador se enciende y no indica ninguna alarma de falla. Si no existe alarma presente el led del display se enciende de color verde, caso contrario si existe falla se pone de color amarillo.
- Se realiza la programación del variador de frecuencia Ls, tomando en cuenta los datos de placa del motor Siemens.

Pruebas de la visualización de en LabVIEW Pruebas.

Por lo cual para comunicarnos entre el multimetro Sentron y el pc utilizamos un cable de datos conectando entre cada puerto del pc y del Sentron. Luego corremos el programa de bloques realizado en LabVIEW Pruebas

A continuación se puede visualizar la simulación de los diferentes parámetros establecidos que se puede visualizar gráficamente y porcentaje dando mayor credibilidad el buen funcionamiento de un motor de inducción.

CURVA DE VOLTAJE EN CADA LINEA VS FRECUENCIA A 30 HZ

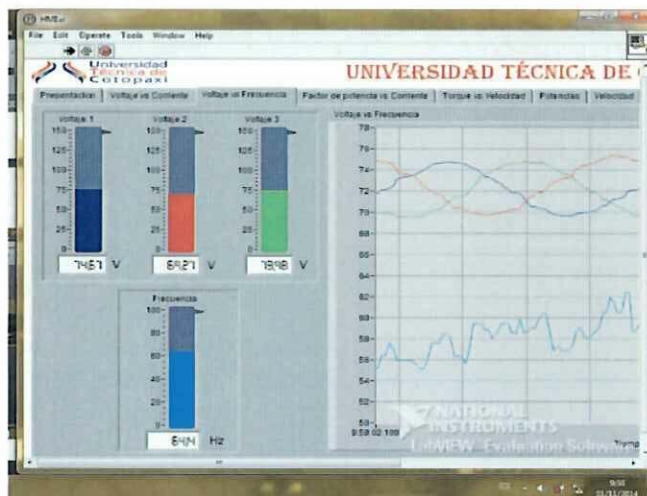


Figura N° 3

Curva Potencias (activa Reactiva y Aparente)

Como se puede observar en la Figura N° 4 la potencia activa y reactiva varia deacuerdo a la frecuencia de 30hz

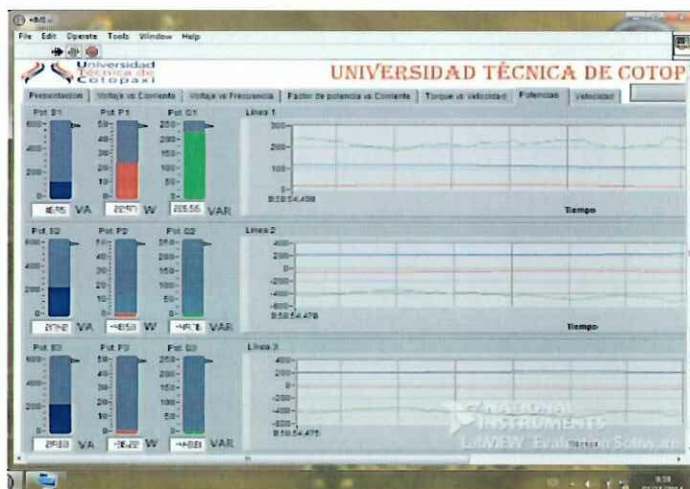


Figura N° 4

Curva Velocidad vs Torque

Se puede apreciar que cuando se disminuye la frecuencia la velocidad disminuye y el torque aumenta por que se se muestra en Figura N° 5

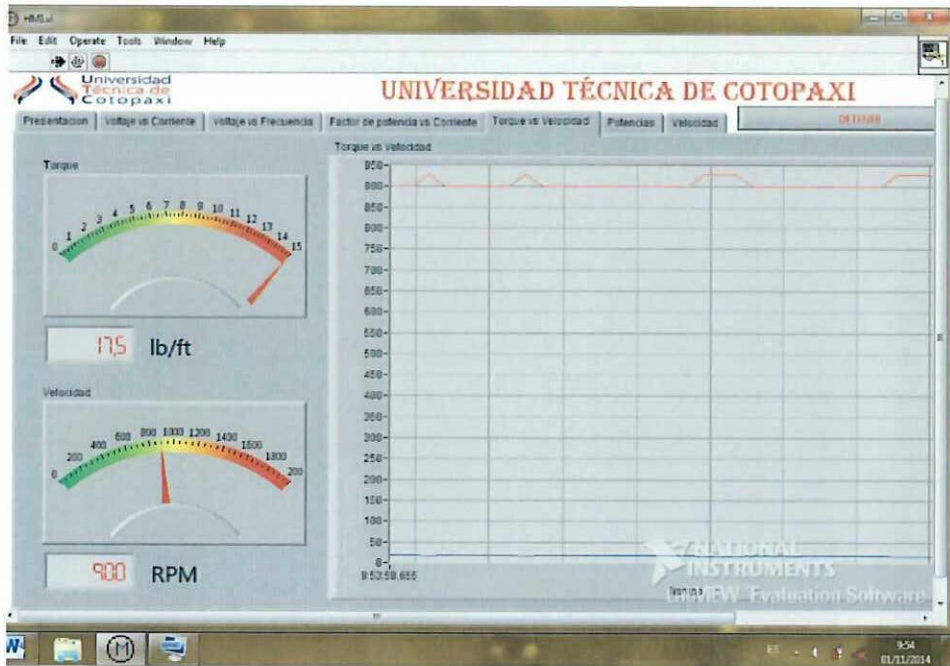


Figura N° 5



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

PRACTICA N°5

**TEMA: PRUEBAS DE VOLTAJE, CORRIENTE, TORQUE Y VELOCIDAD
APLICANDO UNA FRECUENCIA DE 50HZ**

1.- OBJETIVOS

Simular carga en un motor Siemens de 4Hp
Realizar pruebas al motor Siemens.
Visualizar mediante LabVIEW Pruebas

2.-LISTA DE MATERIALES

- Módulo de entrenamiento para variadores de frecuencia de 4Hp
- Variador de frecuencia LS
- Cables de conexión.
- Multímetro
- Potenciómetro
- Tarjeta de control de señales digitales
- Multimetro Sentron
- PC
- Programa LabVIEW Pruebas

3.- MARCO TEÓRICO

El Sentron Pac 3200 es un multimetro inteligente que permite visualizar de los parámetros eléctricos más comunes, capta más de 50 tipos de datos eléctricos como tensión, corriente potencia valores de la energía eléctrica frecuencia factor de potencia etc.

El variador LS SV008iG5A-2 que por la tecnología que posee hace referencia a las diferentes opciones de mando que se basa la unidad básica.

Este variador tiene capacidad de ser utilizado para diversas aplicaciones y así servir como un elemento de control y protección, por lo que su control puede ser de manera local o remota, las características y especificaciones técnicas varían de acuerdo al trabajo que va a realizar, tomando en cuenta que la corriente mínima de protección es de 5.3Aac.

4. PROCEDIMIENTO

Para las pruebas de las variables del electrodinamómetro se procede a conectar didácticamente de la siguiente manera.

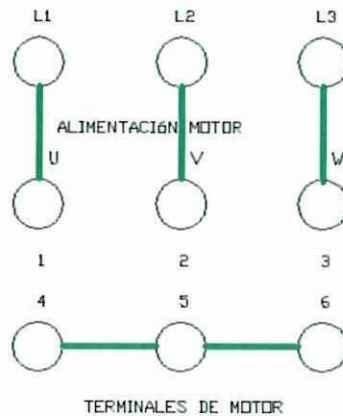


Figura N° 1

Pruebas con variador de frecuencia LS

El variador de frecuencia LS en sus múltiples aplicaciones nos permite un control manual

La programación del variador se puede realizar directamente en el display del variador ya que se puede realizar cambios o modificaciones de parámetros.

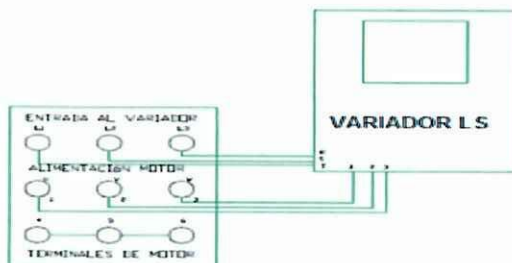


Figura N° 2

- Se energiza el módulo de entrenamiento y se verifica si el display del variador se enciende y no indica ninguna alarma de falla. Si no existe alarma presente el led del display se enciende de color verde, caso contrario si existe falla se pone de color amarillo.
- Se realiza la programación del variador de frecuencia LS, tomando en cuenta los datos de placa del motor Siemens.

Pruebas de la visualización de en LabVIEW Pruebas.

Por lo cual para comunicarnos entre el multimetro Sentron y el pc utilizamos un cable de datos conectando entre cada puerto del pc y del Sentron.

Luego corremos el programa de bloques realizado en LabVIEW Pruebas.

A continuación se puede visualizar la simulación de los diferentes parámetros establecidos que se puede visualizar gráficamente y porcentaje dando mayor credibilidad el buen funcionamiento de un motor de inducción.

CURVA DE VOLTAJE EN CADA LÍNEA VS FRECUENCIA A 50 HZ

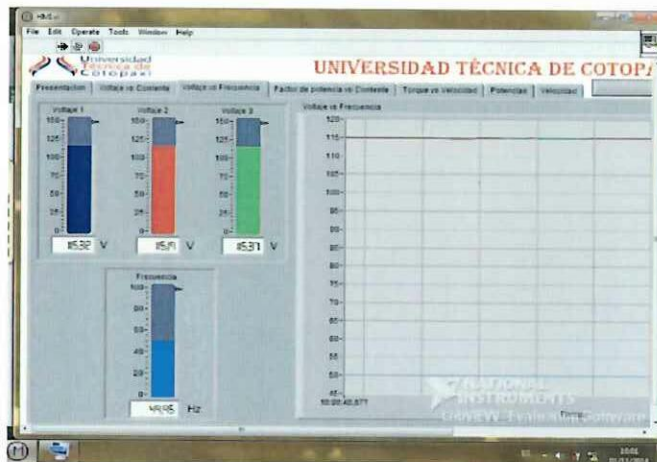


Figura N° 3

Curva Potencias (activa Reactiva y Aparente)

Como se puede observar en Figura N° 4 la potencia activa y reactiva varía de acuerdo a la frecuencia de 50 hz.

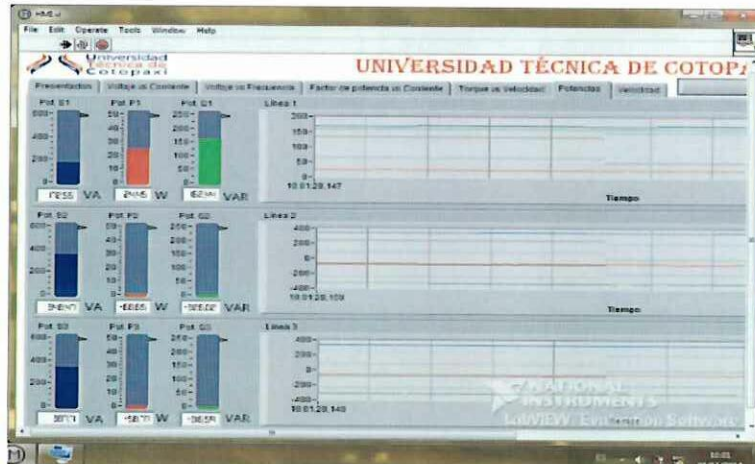


Figura N° 4

Curva Velocidad vs Torque

Se puede apreciar que cuando se disminuye la frecuencia la velocidad disminuye y el torque aumenta por que se muestra en Figura N° 5

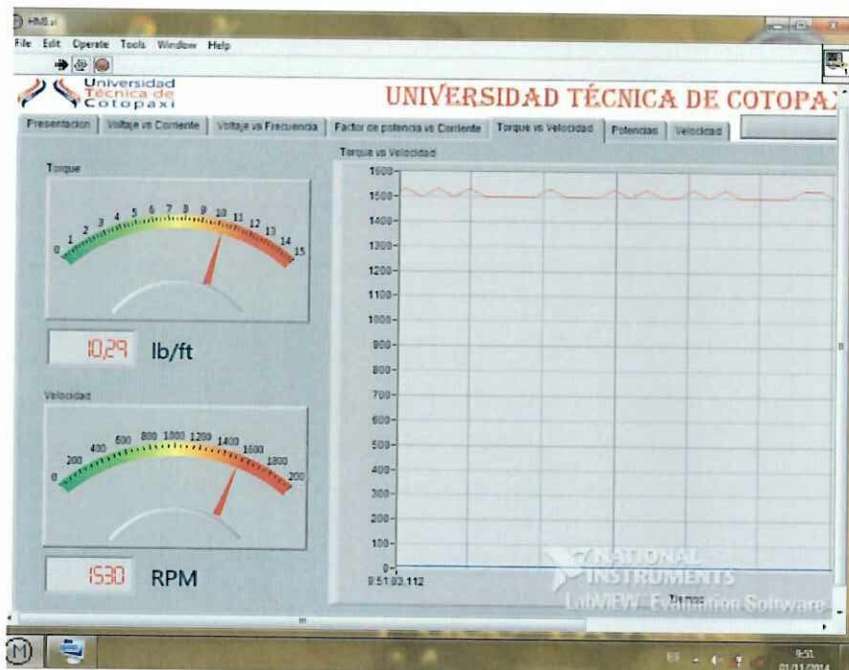


Figura N° 5

MANUAL DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DIDACTICO DE MOTORES

1. Operación del Sistema.

Para operar el sistema se debe tener en cuenta el siguiente procedimiento.

Tratando de cumplir cada uno de los pasos mencionados, para tener un desarrollo con normalidad del sistema didáctico de motores

Para operar el sistema se debe tener en cuenta el siguiente procedimiento

- Realizar el montaje del electrodinamómetro al sistema didáctico
- Observar que no exista cabeceo de los ejes, haciéndolos girar manualmente.
- Asegurarse que el motor Siemens se encuentre anclado correctamente a la base.
- Cerciorarse el apropiado alineamiento entre chumaceras y el ajuste de los pernos de anclaje y acople flexible matrimonio
- Conectar el tablero de control a la fuente de alimentación de 110V, 220 trifásico.
- Asegurarse que el variador de frecuencia al momento de energizarle no registre ninguna falla técnica
- Realizar el correcto cableado
- Verificar la existencia del terminal de conexión Ethernet del puerto multimedidor Sentron
- Verificar el emparejamiento entre el puerto de Ethernet del multimedidor Sentron y la PC.
- Energizar el modulo y dar arranque al motor Siemens a través del mando ON/OFF de la placa , y así mismo energizar las tarjetas electrónicas con voltaje monofásico.

- Energizar el multimedidor Sentron con un voltaje monofásico.
- Ejecutar la aplicación desarrollada en LabVIEW Pruebas.
- Visualizar los datos.
- Al terminar las pruebas del motor en el software se tiene la opción de imprimirlas y guardarlos datos obtenidos.

Si sigue cada uno de los pasos mencionado la guía indicada estará garantizando el buen funcionamiento del sistema y con ello se alargara la vida útil del banco de pruebas de motores. Además de lo mencionado los datos adquiridos serán de gran confiabilidad y con un grado mayor de exactitud.

2. MANTENIMIENTO DE LOS MOTORES DE INDUCCIO, CHUMACERAS Y ACOPLER FLEXIBLE.

El mantenimiento de motores chumaceras electrodinamómetro, se refiere a la conservación, observación y cuidado requeridos para evitar fallos no programados, y efectuar su reparación de la manera más ágil posible.

Al llevar a cabo un adecuado mantenimiento en el didáctico de motores, se evita la pérdida de tiempo y dinero, causado por un paro prolongado del banco de pruebas al reparar o adquirir repuestos costosos, mejorando de esta manera la funcionalidad y fiabilidad de la misma.

Para el didáctico de motores considera necesario realizar un mantenimiento preventivo, para satisfacer las condiciones planteadas.

TABLA DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

| ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DE LOS ELEMENTOS FUNDAMENTALES DE SISTEMA | | | |
|--|---|--------------------------------|-------------|
| EQUIPO | ACTIVIDAD | FRECUENCIA | RESPONSABLE |
| motores | Limpieza | Mensual | Técnico |
| | Revizar su ajuste a la base | Anul | Técnico |
| Chumaceras | Engrasar chumaceras WD- 40 | Anual | Técnico |
| | cambio de chumaceras | Cada vez que realice practicas | Técnico |
| | Revizar su ajuste a la base | Anual | Técnico |
| Pernos | revisar ajustar hacia las chumaceras , base de los motores y modulo | Anula | Técnico |
| Acople flexible matrimonial | Revisar y ajustar a los ejes del motor | Cada vez que realice practicas | Técnico |
| | Revizar su alineación entre los ejes de los motores | Cada 3 meses | Técnico |

FUENTE: Grupo de Investigadores

3. Mantenimiento del sistema eléctrico y electrónico.

El sistema eléctrico y electrónico del sistema didáctico de motores, posee dispositivos frágiles que puede estar expuestos a sobrecargas, golpes y mala manipulación por parte del operador, por ello es recomendable seguir el siguiente plan de mantenimiento:

| ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA ELECTRICO Y ELECTRONICO | | | |
|--|---|----------------------------|-------------|
| EQUIPO | ACTIVIDAD | FRECUENCIA | RESPONSABLE |
| Conexiones | Verificación de brecker contactor transformadores de corriente | Anual | Técnico |
| | verificación que los conductores no este pelados | Anual | Técnico |
| Fuente de voltaje | Revizar los voltajes desde la acometida y entrada al sistema si existe un voltaje no deseado no realizar la pruebas - | Antes de cada simulación | Técnico |
| | Revizar posible sobrecalentamiento en los transformadores | después de cada simulación | Técnico |
| Circuito de control | revisar sobrecalentamiento en transistores , capacitadores | Antes de cada simulación | Técnico |

FUENTE: Grupo de Investigadores

3.1. Precauciones de montaje del sistema eléctrico y electrónico.

Durante el montaje del sistema eléctrico y electrónico se debe tener las siguientes precauciones.

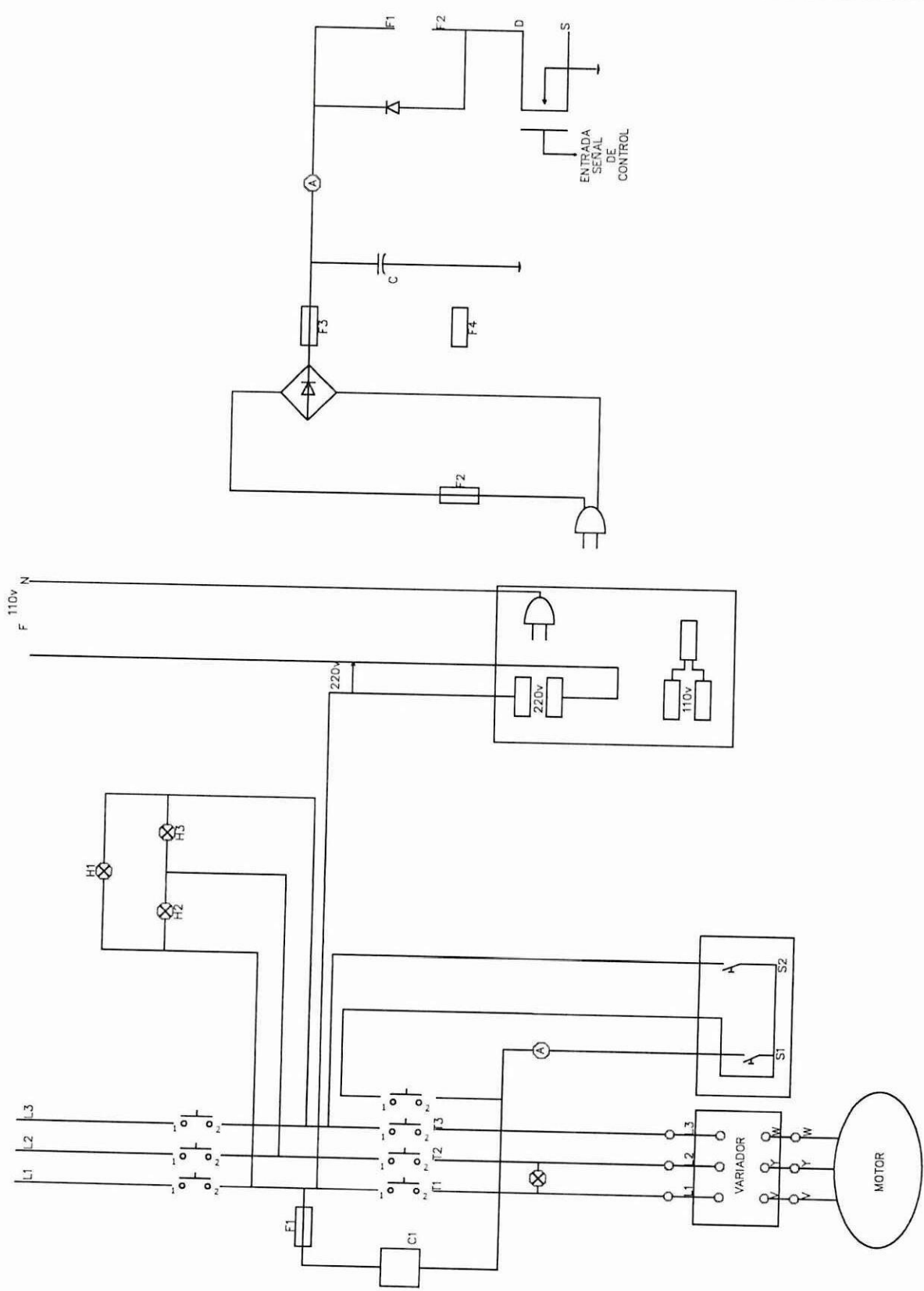
Las soldaduras con estaño en los circuitos deben estar bien hechas de modo que no produzcan cortocircuitos. O funcionamiento erróneo del circuito.

A la hora de hacer las conexiones se debe tener en cuenta los colores de cable asignados a cada dispositivo eléctrico y electrónico utilizado

Una vez realizado todas las conexiones se debe verificar la continuidad en cada uno de los cables.

| ITEM | MATERIALES | CANT |
|-------------------------------------|-------------------------------------|------|
| SISTEMA MECANICO | | |
| 1 | Motor siemens (M1), 4HP,220Vac | 1 |
| 2 | Motor Weg (M2),3HP | 1 |
| 3 | Chumacera F204 NTN | 1 |
| 4 | Chumacera F205 NTN | 1 |
| 5 | Acople Lovejoy | 1 |
| 6 | Construcción base metálica | 1 |
| 7 | Alineación de ejes | 1 |
| 8 | Alargamiento de ejes | 2 |
| SISTEMA ELÉCTRICO FUERZA | | |
| 1 | Contactador 220Vac. 40° | 1 |
| 2 | Breaker 220Vac, 40A, 3Ø | 1 |
| 3 | Breaker 110Vac, 20A | 1 |
| 4 | Cable #12 Flexible | 5 |
| 5 | Enchufle trifásico 250Vac | 1 |
| 6 | Enchufle bifásico polarizado 220Vac | 1 |
| 7 | Tomacorrientes 110 Vac | 1 |
| 8 | Luces pilotos 220 Vac | 1 |
| 9 | Luz piloto 110 Vac | 1 |
| 10 | Pulsador ON/OFF | 1 |
| 11 | Cable de conexión #16 flexible | 6 |
| SISTEMA ELÉCTRICO DE CONTROL | | |
| 1 | Tarjeta de control potencia | 1 |
| 2 | Transformador 110Vac/9Vac | 1 |
| 3 | Cable de señal de control | 2 |
| 4 | Cajas para tarjetas | 1 |
| 5 | Multimedidor SENTRON | 1 |
| MODULO | | |
| 1 | Estructura del modulo | 1 |
| 2 | Placas maderas | 1 |
| 3 | Gigantografía (pliegos) | 1 |
| 4 | Cauchos (pliegos) | 1 |

FUENTE: Grupo de Investigadores



| MATERIALES | | | TIPO | ESPESOR | Tolerancias | (Peso) | CIRCUITO ELECTRICO | |
|--------------|-------|--------|---------------------------------|---------|----------------|------------------|---|--|
| | | | | | | | ESQUEMA ELECTRICI DE UN ARRANQUE DE MOTOR Escala 3.1 | |
| | | | | | Fecha | Nombre | | |
| | | | | | Dib. 06/11/14 | GUANOTASIG TIPAN | | |
| | | | | | Rev. 06/11/14 | Ing. Mullo A | | |
| | | | | | Apro. 09/12/14 | Ing. Mullo A | Fig. 2 - A (Sustituye a:) | |
| Modificación | Fecha | Nombre | Universidad Técnica de Cotopaxi | | | | | |

