



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA: INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA

Tesis previa a la obtención del Título “Ingeniero Electrónico”

TEMA:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBA PARA CONTROL Y MONITOREO DE MOTOR TRIFÁSICO CON SISTEMA DE FRENO UTILIZANDO LA TARJETA SINGLE BOARD RIO ”

AUTORES:

-RONALD SÁNCHEZ MACÍAS

-DAVID ISRAEL BALDEÓN BARRIOS

DIRECTOR DE TESIS:

ING. MÓNICA MIRANDA

Guayaquil – Ecuador

Abril del 2015

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Ronald Sánchez Macías portador de cédula de ciudadanía N° 0923154751 y David Baldeón Barrios portador de cédula de ciudadanía N°. 0919772822; estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana declaramos que la responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, nos corresponde exclusivamente y que hemos consultado y referenciado la bibliografía utilizada para desarrollar el mismo.

Guayaquil, Abril 2015

Ronald Sánchez Macías

CI: 0923154751

David Baldeón Barrios

CI: 0919772822

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado en primer lugar a Dios, por darme las fuerzas, la sabiduría, por levantarme el ánimo, por brindarme su amor.

A mi adorada madre, por toda esa muestra de amor, apoyo y comprensión. Ayudándome con sus oraciones, a insistir para que triunfe, a no perder la fe.

A mi valiente padre, por toda esa preocupación, por todo el cariño y brindar grandes consejos para terminar mi objetivo con éxito.

A mis profesores de la UPS, por el sacrificio de ellos que hicieron todo lo posible por darnos una excelente educación.

A mi hermano y familiares por estar pendiente siempre de mi.

A mis compañeros por ayudarme con la realización del proyecto, por brindarme un poquito de su valioso tiempo.

Ronald Sánchez Macías

DEDICATORIA

Siempre me he sentido maravillado por la linda familia que tengo, se han preocupado de mí desde el momento en que llegué a este mundo, me han formado para saber cómo luchar y salir victorioso ante las diversas adversidades de la vida. Muchos años después, sus enseñanzas no cesan, y aquí estoy, con un nuevo logro exitosamente conseguido, mi proyecto de tesis.

David Baldeón Barrios

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios, que nos ha dado las fuerzas para realizar este proyecto. Su presencia ha estado en todo momento con nosotros a pesar de las dificultades que se presentaron, en los momentos difíciles de la vida y nunca dejamos de creer en él. Hemos concluido este proyecto en el tiempo indicado por Dios.

A nuestros padres por su comprensión y ayuda, también a los profesores que supieron dar apoyo, buenas enseñanzas y en especial a nuestra tutora Ing. Mónica Miranda que siempre estuvo pendiente de nosotros.

Ronald Sánchez Macías
David Baldeón Barrios

ÍNDICE	PÁGINAS
Carátula.....	I
Declaratoria de Responsabilidad	II
Dedicatoria.....	III
Dedicatoria.....	IV
Agradecimiento	V
Índice	VI
Índice de figuras	IX
Índice de tablas	XI
Resumen	XII
Abstract.....	XIII
Introducción.....	1
Capítulo I. El problema	2
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Delimitación del problema	2
1.3. Objetivos.....	2
1.3.1. Objetivo general	2
1.3.2. Objetivos específicos.....	2
1.4. Justificación	3
1.5. Hipótesis	3
1.6. Variables e indicadores.....	3
1.7. Metodología.....	4
1.7.1. Métodos	4
1.7.2. Técnicas	4
1.8. Población y muestra.....	5
1.9. Descripción de la propuesta.....	5
1.9.1. Beneficiarios.....	6
1.9.2. Impacto	7
Capítulo II. Marco teórico	7
2.1. Guarda-motor.....	8
2.2. El motor de inducción.....	9
2.3. Motor asincrónico tipo jaula de ardilla.....	9
2.3.1. Deslizamiento	10

2.3.2. Par motor	10
2.3.3. Par de giro.....	11
2.4. Característica de funcionamiento del motor de inducción	11
2.5. Arranque de un motor trifásico de inducción	11
2.5.1 métodos de arranque.....	12
2.6. Tarjeta de adquisición ni sbrio 9631.....	12
2.6.1. Características de la tarjeta single-board rio (sbrio-9631).....	13
2.7. Fpga	14
2.7.1. Beneficios de utilizar fpga.....	14
2.8. Encoder.....	15
2.9. Control pid.....	15
2.9.1. Control proporcional.....	15
2.9.2. Control derivativo.....	16
2.9.3. Control integral.....	17
2.10. Control pid (proporcional integral derivativo)	17
2.11. Manejo del software de programación labview 8.6.....	18
2.11.1. Panel frontal de un instrumento virtual.	19
2.11.2. Diagrama de bloques de un instrumento virtual.....	20
2.11.3. Funcionamiento del freno hidráulico.....	21
2.12. Variador sinamic G110.....	24
2.12.1. Características principales del variador	25
2.12.2. Funciones variador G110.....	25
2.12.3. Diagrama de flujo para puesta en servicio rápida.....	27
2.13. Arrancadores suaves Sirius 3rw30 y 3rw40.	28
2.13.1. Arranque suave/parada suave.	29
2.13.2. Modo de bypass.	30
2.14. Sensor de corriente.	31
Capítulo III: Implementación del proyecto.	32
3.1. Descripción del sistema.....	32
3.2: Implementación del circuito de control	33
3.3: Diseño e implementación de interfaz para conectar con tarjeta sbrio9631.....	34
3.4: Sistema de control comunicación con sbrio9631.	35
3.5: Diseño del banco de prueba.....	38

3.6: Adquisición de datos	40
3.6.1: Adquisición de datos voltaje	40
3.6.2: Adquisición datos corriente	40
3.6.3: Circuito de acoplamiento encoder	41
3.6.4: Procesamiento de datos	42
3.7: Descripción del panel indicador	42
3.8: Conexión del motor trifásico.	43
3.9: Conexión variador g110	44
3.10: Conexión arrancador electrónico.....	45
3.11: Implementación del programa.....	45
3.12: Creación del vi para comunicar las entradas y salidas de la fpga.	47
3.13. Pasos para realizar pruebas en el banco para pruebas de motor trifásico.....	49
3.13.1. Práctica 1 : puesta en marcha	52
3.13.2. Práctica 2 -3 : puesta en marcha	53
3.13.3. Práctica 4 : puesta en marcha	54
3.13.4. Práctica 5 : puesta en marcha	56
3.13.5. Práctica 6 : puesta en marcha	57
3.13.7. Práctica 7 : puesta en marcha	59
3.13.8. Producto terminado.....	60
Capítulo IV: Formato de prácticas.....	61
4.1 : Formato de prácticas.....	61
Conclusiones.....	74
Recomendaciones	75
Cronograma	76
Presupuesto.....	77
Referencias	78
Anexos	79

ÍNDICE DE FIGURAS

PÁGINAS

Figura 1: Guarda motor.	8
Figura 2 : Motor Trifásico de inducción.....	9
Figura 3: Rotor Jaula de Ardilla	10
Figura 4: Tarjeta Sbrio 96 31.....	13
Figura 5: Fpga.....	14
Figura 6: Encoder	15
Figura 7: Control Proporcional.....	16
Figura 8: Control Deritativo	17
Figura 9: Diagrama bloques Pid	18
Figura 10: Diagrama bloques Pid	18
Figura 11: Pantalla labview nuevo Blank Vi panel control y diagrama de bloques.....	19
Figura 12: Paleta de funciones labview	20
Figura 13: Demostración de fuerza esquema hidráulico	21
Figura 14: Pedal de freno aplicación hidráulica	21
Figura 15: Freno aplicación hidráulica.....	22
Figura 16: Bomba hidráulica freno aplicación hidráulica	22
Figura 17: Freno tambor aplicación hidráulica.....	23
Figura 18: Freno de disco aplicación hidráulica.....	23
Figura 19: Variador sinamics G110.....	24
Figura 21: Variante analógica G110.....	26
Figura 22: Sirius 3rw30	28
Figura 23: Curva Corriente Vs Velocidad.....	29
Figura 24: Curva Par Vs Velocidad.....	29
Figura 25: Funcionamiento Arrancador Suave.....	30
Figura 26: Sensor de corriente Efecto Hall	31
Figura 27: Diagrama de bloques banco de prueba	32
Figura 28: Tarjeta adquisición Sbrio 9631	33
Figura 29: Conector P5,3.3v Digital I/O	34
Figura 30: Conector J7, Analógica I/O.....	34
Figura 31: Esquema Interfaz para control	35
Figura 32: Montaje interfaz para comunicar con tarjeta control	35
Figura 33: Integrado Cd4050bc	36
Figura 34: Diagrama tarjeta de control.....	36
Figura 35: Esquema tarjeta control.....	37
Figura 36: Montaje tarjeta de control	37
Figura 37: Conexión tarjetas Sbrio - Control mediante cable Scsi 50 Pines.....	38
Figura 38: Conexión de contactores	38
Figura 39: Diagrama/dimensiones banco de prueba.....	39
Figura 40: Terminales de prueba del banco.....	39
Figura 41: Esquema de transformadores para toma de datos	40

Figura 42: Transductores de corriente	40
Figura 43: Diagrama tarjeta encoder	41
Figura 44: Diagrama conexión encoder-motor.....	41
Figura 45: Circuito control luces piloto.....	42
Figura 46: Diagrama panel indicador	42
Figura 47: Conexión del motor trifásico.....	43
Figura 48: Motor trifásico.....	44
Figura 49: Entrada analógica +10v variador G110	44
Figura 50: Arrancador electrónico.....	45
Figura 51: Nuevo proyecto en Labview	46
Figura 52: Configuración Ip Sbrío.....	46
Figura 53: Creación Vi en Labview-Fpga	47
Figura 54: Conexión control booleano con Fpga I/O Node	47
Figura 55: Entrada analógica Fpga I/O Node	48
Figura 56: Diagrama bloques rpm encoder	48
Figura 57: Panel frontal del VI de la Fpga	49
Figura 58: Ingreso para prácticas proyecto banco	49
Figura 59: Ingreso al menu prácticas proyecto banco	50
Figura 60: Pantalla panel frontal Labview	50
Figura 61: Pantalla diagrama de bloques menú práctica 1 Labview	51
Figura 62: Pantalla panel frontal práctica 1 Labview.....	51
Figura 63: Pantalla diagrama de bloques práctica 1 Labview	52
Figura 64: Panel frontal práctica 1 arranque directo	52
Figura 65: Pantalla diagrama de bloques menú práctica 2 Labview	53
Figura 66: Pantalla panel frontal práctica 2 Labview	54
Figura 67: Pantalla diagrama de bloques menú práctica 4 Labview	55
Figura 68: Pantalla panel frontal práctica 4 Labview	55
Figura 69: Pantalla diagrama de bloques menú práctica 4 Labview	56
Figura 70: Pantalla panel frontal práctica 4 Labview	57
Figura 71: Pantalla diagrama de bloques menú práctica 5 Labview	58
Figura 72: Pantalla panel frontal práctica 5 Labview	58
Figura 73: Pantalla diagrama de bloques menú práctica 6 Labview	59
Figura 74: Pantalla panel frontal práctica 6 Labview	59
Figura 75: Gráfica control PID práctica 7.....	61
Figura 75: Vista externa Banco de pruebas.....	61

ÍNDICE DE TABLAS

PÁGINAS

Tabla 1 Descripción luces piloto.	43
Tabla 2 Característica motor Trifásico.	44
Tabla 3 Tabla de valores Teórico - Práctico conexión directa	53
Tabla 4 Tabla de valores Teórico - Práctico conexión estrella-delta	54
Tabla 5 Tabla de valores Teórico - Práctico conexión con resistencia en el estator	56
Tabla 6 Tabla de valores Teórico - Práctico conexión con arranque electrónico.....	57
Tabla 7 Tabla de valores Teórico - Práctico conexión inversión de giro	58
Tabla 8 Presupuesto.....	77

RESUMEN

AÑO	ALUMNO/S	DIRECTOR DE TESIS	TEMA TESIS
2015	-RONALD SÁNCHEZ MACIAS -DAVID BALDEON BARRIOS	ING. MÓNICA MIRANDA	“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA CONTROL Y MONITOREO DE MOTOR TRIFÁSICO CON SISTEMA DE FRENO UTILIZANDO LA TARJETA SINGLE BOARD RIO”

La presente tesis: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA CONTROL Y MONITOREO DE MOTOR TRIFÁSICO CON SISTEMA DE FRENO UTILIZANDO LA TARJETA SINGLE BOARD RIO”**, se basa en aplicaciones específicas de control y monitoreo de los parámetros eléctricos del motor trifásico con carga.

El objetivo es Diseñar e implementar un banco de pruebas para motor trifásico con sistema de freno mecánico, la implementación del freno mecánico ayudará a simular la carga aplicada en el eje del motor y la cual se verá reflejada en el consumo de corriente del mismo, con la cual se ayudará al estudiante en mejorar el aprendizaje ya adquirido en la parte teórica de la materia Maquinarias Eléctricas y podrá realizar nuevas prácticas para el laboratorio de Instalaciones Eléctricas Industriales, además el estudiante aprenderá a manejar los nuevos equipos para control de motores trifásicos; tales como; Arrancador electrónico SIRIUS, Variador de frecuencia Sinamics G110, transformadores de corriente.

Este banco de pruebas se desarrollará utilizando la tarjeta de Adquisición de datos SBRIO 9631 (Single Board RIO) de la National Instrument que se comunica a través del software didáctico Labview.

PALABRAS CLAVES

Diseño, SBRIO, Freno, Control, Monitoreo, Arrancador Electrónico , Variador de frecuencia, Motor Trifásico, Labview.

ABSTRACT

YEAR	STUDENT	DIRECTOR OF THESIS	THESIS TOPIC
2015	-RONALD SÁNCHEZ MACIAS -DAVID BALDEON BARRIOS	ING. MÓNICA MIRANDA	"DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A TEST BENCH FOR CONTROL AND MONITORING OF PHASE MOTOR WITH BRAKE SYSTEM USING SINGLE CARD BOARD RIO"

The present thesis: "**DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A TEST BENCH FOR CONTROL AND MONITORING OF PHASE MOTOR WITH BRAKE SYSTEM USING SINGLE CARD BOARD RIO**" is based on specific applications of monitoring and control of the electrical parameters of a three phase motor with load.

The goal is to design and implement a test bench for an Three phase motor with a mechanical brake system, the implementation of the mechanical brake will help to simulate the applied load in the motor shaft this load will be reflected on the current of the motor, this test will help the student to improve the learning already acquired in the theoretical part of the subject Electrical Machinery and can develop new practices for the Laboratory of Industrial and Electrical Installations, also the student will learn to handle new equipment for a three phase motor control; such as; Electronic Starter SIRIUS, Frequency Inverter Sinamics G110, current transformer.

This test was developed using the data acquisition card SBRIO 9631 (Single Board RIO) of national Instrument, communicating through educational software Labview.

KEYWORDS

Design, sbRIO, Brake, Control, Monitoring, Electronic Starter, Inverter, Three Phase Motor, Labview.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto se detalla en la construcción de un banco de pruebas de motor trifásico con sistema de freno lo cual ayudará al estudiante de la Universidad Politécnica Salesiana en la carrera de Electrónica a mejorar en el aprendizaje de la materia Maquinarias Eléctricas en realizar nuevas prácticas para el laboratorio de Instalaciones Eléctricas Industriales.

Este banco de pruebas se desarrolla utilizando la tarjeta de Adquisición de datos SBRIO 9631 (Single Board RIO) de la National Instrument que se comunica a través del software didáctico Labview.

Como complemento se presenta adjunto un manual de prácticas propuestas, que se pueden realizar en este banco.

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La implementación de este proyecto de tesis se ha tomado en consideración para fortalecer la teoría y práctica de motores trifásicos para los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana.

Actualmente en nuestra sede no hay un banco de prueba de motores trifásicos con sistema de freno hidráulico, este banco de pruebas servirá para que los estudiantes realicen prácticas actualizadas reforzando los conocimientos que se adquieran en las materias de Maquinarias Eléctricas y Electrónica de Potencia.

1.2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Espacial.- Este proyecto de tesis se llevó a cabo en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil.

Temporal.- Para desarrollar este trabajo de fin de carrera se tomaron 6 meses a partir de su aprobación.

Académica.- Para ejecutar este proyecto se puso en práctica los conocimientos adquiridos en Maquinarias Eléctricas, Instalaciones Industriales, Electrónica digital y Potencia, Control Automático, durante el periodo de estudiantes en la Universidad Politécnica Salesiana.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un banco de pruebas para control y monitoreo de motor trifásico con sistema de freno hidráulico utilizando la tarjeta SBRIO 9631 para realizar prácticas orientadas al control de motores trifásicos.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Programar la herramienta gráfica Labview para analizar y tratar los parámetros eléctricos de los motores trifásicos.

Diseñar las prácticas que permita analizar y controlar el funcionamiento de los motores trifásicos.

Implementar las prácticas con su respectivo manual donde se muestren el análisis de los parámetros eléctricos de los motores trifásicos.

Diseñar e implementar las interfaces de comunicación entre circuito de mando y de fuerza.

Diseñar e implementar los circuitos de adquisición de datos (voltaje, Corriente, velocidad).

Mostrar las curvas de Intensidad/Velocidad, Velocidad/Torque en cada tipo de arranque motor trifásico.

Diseñar un manual de mantenimiento y seguridad.

1.4. JUSTIFICACIÓN

Al implementar este tema de tesis, los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana –Guayaquil han obtenido una mejor formación teórica-práctica, pueden analizar y comparar en tiempo real con mejores resultados el funcionamiento de los motores trifásicos con sistema de freno hidráulico. Con este proyecto los estudiantes podrán reforzar y aplicar los conocimientos adquiridos en las materias de Maquinarias Eléctricas y Electrónica de Potencia, se realizarán prácticas actualizadas de acuerdo a la tecnología existente, el cual formará parte activa durante la preparación de los futuros profesionales.

1.5. HIPÓTESIS

Mediante el diseño y la implementación del banco de pruebas se fortalecerá los conocimientos adquiridos por los estudiantes de la materia de Maquinarias Eléctricas en la carrera de Ingeniería Electrónica.

1.6. VARIABLES E INDICADORES

En este proyecto se ha identificado las siguientes variables e indicadores:

Variable independiente: Elaboración de las prácticas para pruebas de control y monitoreo de motor trifásico.

Variable dependiente: Mejora en el aprendizaje de los estudiantes de la materia de Maquinarias Eléctricas de la carrera Ingeniería en Electrónica.

1.7. METODOLOGÍA

1.7.1. MÉTODOS

La experimentación científica consiste en el estudio de un fenómeno, reproducido generalmente en un laboratorio, en las condiciones particulares de estudio que interesan, eliminando o introduciendo aquellas variables que puedan influir en él.

1.7.2. TÉCNICAS

Se aplicarán las siguientes técnicas:

Observación.- Se observa el comportamiento real de los motores trifásicos con sistema de freno hidráulico.

Medición.- Se realiza mediciones de dimensiones, voltajes, corrientes y cualquier variable que permita tener una mejor información del comportamiento de los motores.

Investigación.- Se obtuvo información en libros, apuntes de las clases recibidas en la Universidad, internet y toda fuente de información que nos permita estar más familiarizados con el tema.

Diseño.- En primer lugar se realiza el diseño del banco de pruebas. Se utiliza el software Labview para realizar las prácticas, se diseñan las interfaces de comunicación entre circuito de mando y de fuerza, se calibra los sensores correspondientes para enviar las señales a la tarjeta de adquisición de SBRIO 9631.

Cálculos.- Se realiza cálculos matemáticos en base a las leyes físicas que nos permite obtener valores precisos de las pruebas de los motores.

Experimentación.- Se realizaron pruebas de comunicación entre circuito de mando y fuerza a través de la tarjeta de adquisición con los motores trifásicos sin carga, se calibraron los sensores de voltaje, corriente. Por último se realiza las pruebas de los motores trifásicos con carga y se monitorean sus señales a través de la web con la aplicación de la SBRIO 9631.

1.8. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población para este caso serán los estudiantes de la Carrera Ingeniería en Electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.

La muestra será los estudiantes que estén cursando la materia de Maquinarias Eléctricas y Electrónica de Potencia.

1.9. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

El trabajo consiste en el diseño de un banco basado en Equipos Industriales para el control y monitoreo en tiempo real de los parámetros eléctricos de motores trifásicos con sistema de freno hidráulico, con el fin de realizar prácticas actualizadas de acuerdo a la tecnología existente, con la que los estudiantes tengan nociones del manejo de estos equipos que encontrarán en su ambiente profesional.

El proyecto incluye un banco para motores trifásicos donde se realiza diferentes prácticas mediante la utilización de la tarjeta SBRIO 9631 desde una PC, el monitoreo y control del banco se lo podrá realizar mediante el software didáctico Labview.

Se diseña una tarjeta para la interfaz entre el circuito de control y mando, la obtención y procesamiento de las variables de sistema (velocidad, voltaje, corriente) son efectuadas por el software Labview utilizando la tarjeta SBRIO 9631 en lazo cerrado.

Se implementa pruebas de los motores trifásicos con su respectivo manual donde se muestra el análisis y control de los parámetros eléctricos en cada práctica propuesta.

Se diseñó una interfaz que comunica con el computador para realizar el respectivo control y monitoreo de los parámetros necesarios en tiempo real y se podrá analizar el comportamiento de un motor trifásico con sistema de freno hidráulico.

Prácticas del Banco de prueba:

Práctica 1 : Conexión directa motor trifásico con sistema de freno hidráulico.

Consiste en conectar en forma directa a la red el motor trifásico a través de un interruptor, contactor. Con este sistema el motor absorbe una corriente de arranque que oscila de 3 a 7 veces la intensidad nominal.

Práctica 2-3 : Conexión estrella-delta de motor trifásico con sistema de freno hidráulico.

El arranque estrella – delta es el procedimiento más utilizado para el arranque a tensión reducida debido a que su construcción es simple. Los bobinados inicialmente se conectan en estrella o sea que reciben la tensión de fase de 127v, y luego se conectan en delta a la tensión de línea 220v, es decir que la tensión durante el arranque se reduce 1.73 veces. Realizar mediciones de la corriente de arranque y voltajes.

Práctica 4 : Conexión con resistencias en el estator de motor trifásico con sistema de freno hidráulico.

Este tipo de arranque consiste en intercalar entre la línea y el motor unas resistencias que se irán eliminando progresivamente, a medida que el motor vaya adquiriendo velocidad. Realizar mediciones de la corriente de arranque y voltajes.

Práctica 5 : Arranque electrónico motor trifásico con sistema de freno hidráulico.

Este tipo de arranque consiste en conectar el motor con un arrancador electrónico siemens y de esa manera verificar el comportamiento de las señales. Realizar mediciones de la corriente de arranque y voltajes.

Práctica 6 : Inversión Giro de motor trifásico.

Este tipo de conexión se puede realizar utilizando contactores de potencia, auxiliares y temporizadores. Realizar mediciones de corriente y voltajes.

Práctica 7 : Control PID motor trifásico con sistema de freno hidráulico.

Esta práctica consiste en realizar control PID utilizando un variador de frecuencia siemens G110. Realizar mediciones de las rpm, corriente y voltajes.

1.9.1. BENEFICIARIOS

Con la implementación del banco de prueba para prácticas de control y monitoreo de motor trifásico, se fomenta el aprendizaje del estudiante en la materia de maquinarias eléctricas, impartida en la Universidad Politécnica Salesiana. El estudiante realizará prácticas con equipos industriales que están actualmente en uso y que encontrarán en su entorno profesional.

1.9.2. IMPACTO

En la época de estudiantes de la Universidad, se recibió la materia de Maquinarias Eléctricas en forma teórica, pero ahora el estudiante tiene la posibilidad de experimentar en forma practica el comportamiento del motor trifásico con distintas conexiones.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

La utilización de este banco de pruebas permite al estudiante reforzar de forma práctica sus conocimientos adquiridos en la materia de maquinarias eléctricas sobre las distintas conexiones y aplicaciones de motores trifásicos.

Para el control de varios componentes se ha realizado un estudio para lograr comunicación entre varios equipos con la tarjeta de Adquisición SBRIO 9631.

2.1. GUARDA-MOTOR

Para la protección del motor se instaló un guarda-motor que es un disyuntor magneto térmico, especialmente diseñado para la protección de motores eléctricos.

El disparo magnético es equivalente al de otros interruptores automáticos pero el disparo térmico se produce con una intensidad y tiempo mayores. Su curva característica se denomina D o K. (Boix Aragonès, 2010).

La característica del guarda-motor, al igual que de otros interruptores automáticos, son la capacidad de ruptura, la corriente nominal y la curva de disparo. (Boix Aragonès, 2010).

Suministra protección frente a sobrecargas del motor y cortocircuitos. Figura 1.



Figura 1: Guarda motor. Equipo utilizado para protección del motor.

(Boix Aragonés,2010). Recuperado de <http://upcommons.upc.edu/video/handle/2099.2>

Características:

- 1.- Protección contra sobrecargas.
- 2.- Protección contra cortocircuitos.

2.2. EL MOTOR DE INDUCCIÓN

Este motor de corriente alterna es el más utilizado, debido a su fortaleza y construcción, presenta buen rendimiento y un bajo costo, así como a la ausencia de colector y al hecho de que sus características de funcionamiento se adaptan bien a una marcha de velocidad constante. (Lawrie, 2007)

Este motor de inducción no necesita escobillas ni colector. Su armadura es de placas de metal magnetizable. Ver Figura 2.

El sentido alterno de circulación, de la corriente en las espiras del estator genera un campo magnético giratorio que arrastra las placas de metal magnetizable y las hace girar. (Lawrie, 2007)



Figura 2 : Motor trifásico de inducción. Motor trifásico utilizado para prácticas.

Dependiendo del tipo de rotor tenemos dos tipos de motores asincrónicos trifásicos:

- Motor asincrónico de rotor bobinado
- Motor asincrónico tipo jaula de ardilla

2.3. MOTOR ASINCRÓNICO TIPO JAULA DE ARDILLA

Este Motor está formado por un grupo de barras de aluminio o de cobre en forma similar al de una jaula de ardilla.

La mayor parte de los motores, que funcionan con corriente alterna (AC) de una sola

fase, tienen el rotor de tipo jaula de ardilla. Figura 3.

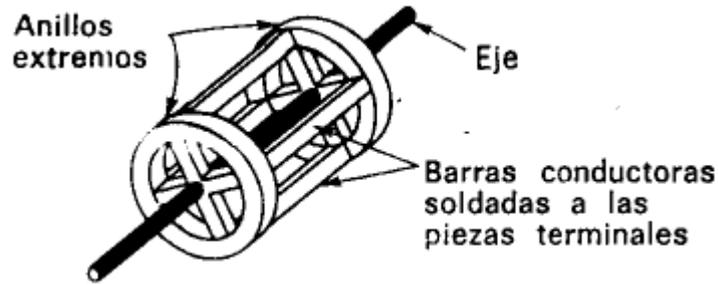


Figura 3: Rotor jaula de ardilla. Esquema interno del motor jaula de ardilla.

Los rotores de jaula de ardilla reales son mucho más compactos y tienen un núcleo de hierro laminado.

2.3.1. DESLIZAMIENTO

La velocidad de giro del rotor debe ser menor que la velocidad del flujo magnético, puesto que si tuvieran la misma velocidad, las barras del rotor no cortarían las líneas de flujo y, por tanto, no se engendraría en ellas la fuerza electromotriz, resultando que la intensidad en el rotor sería nula.

Debido a la resistencia con el aire y al rozamiento, el rotor no llega a alcanzar la misma velocidad que el flujo. Y a esa diferencia se le denomina deslizamiento.

$$S = \frac{ns - n}{ns}$$

Dónde: ns = velocidad sincrónica, n = velocidad diferente a la sincrónica.

2.3.2. PAR MOTOR

Cuando las líneas del campo magnético cortan las barras del rotor, se produce en ellas una fuerza electromotriz que da lugar a corrientes que circulan en los sentidos opuestos, es decir que se producen esas corrientes en hilo separado 180° . Estos hilos se ven sometidos a unas fuerzas que tienden a moverlos en dirección vertical al campo magnético y produciendo con ello el llamado par motor.

2.3.3. PAR DE GIRO

El valor del par de giro del motor viene dado por:

$$M = K \cdot \delta \cdot I_r$$

Siendo: $K =$ Constante.

$\delta =$ Flujo magnético del campo giratorio.

$I_r =$ Intensidad de corriente del rotor.

2.4. CARACTERÍSTICA DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DE INDUCCIÓN

Este Motor se basa en las propiedades electromagnéticas de la corriente eléctrica y la posibilidad de crear un campo magnético giratorio que induce un movimiento de rotación.

Si un motor de inducción tipo jaula de ardilla se hace arrancar con el voltaje nominal en las terminales de línea de su estator desarrollará un par de arranque que hará que aumente su velocidad. Al aumentar su velocidad a partir desde el paro, disminuye su deslizamiento y su par disminuye hasta el valor en el que se desarrolle el par máximo. (Lawrie, 2007)

Los pares desarrollados al arranque y al valor del deslizamiento que produce el par máximo ambos exceden al par aplicado a la carga. Por lo tanto la velocidad del motor aumentará, hasta que el valor del deslizamiento sea tan pequeño que el par que se desarrolla se reduzca a un valor igual al par aplicado por la carga. El motor continuará trabajando a esta velocidad y valor de equilibrio del deslizamiento hasta que aumente o disminuya el par aplicado. (Lawrie, 2007).

2.5. ARRANQUE DE UN MOTOR TRIFÁSICO DE INDUCCIÓN

Para el arranque de este motor se eleva la velocidad del mismo desde el estado de motor detenido hasta el de motor girando a la velocidad constante. (Lawrie, 2007).

Son necesarios los arrancadores para limitar la corriente de armadura que fluye cuando el motor se conecta, pues en el momento de arranque la corriente que circula en el motor conectado directamente es de 4 a 8 veces la corriente del mismo a plena carga, y aunque este tiempo es corto, produciría sobrecargas en la línea y consecuentemente caídas de voltaje de mucha incidencia en la red. (Lawrie, 2007).

2.5.1 MÉTODOS DE ARRANQUE.

Arranque directo de la red	{	Sólo válido en motores pequeños
Arranque con resistencias en el estator	{	Procedimiento poco empleado caso de urgencia
Arranque estrella – triángulo	{	El método más barato utilizado cuando se dispone de 6 terminales en el motor
Arranque Estáticos	{	Mediante un equipo electrónico muy usado en la actualidad

2.6. TARJETA DE ADQUISICIÓN NI SBRIO 9631

Dispositivo Embebido con entradas AI, AO, DIO, FPGA(Field Programmable Gate Array) de 1M de Compuertas. (Corporation, 2015)

El dispositivo embebido de control y adquisición NI sbRIO-9631 integra un procesador en tiempo real, un arreglo de compuertas programable en campo (FPGA) reconfigurable por el usuario y E/S (entradas/salidas) en una sola tarjeta de circuito impreso (PCB). Tiene un procesador industrial de 266 MHz, un FPGA Xilinx Spartan de 1M de Compuertas, líneas de E/S digital de 110 3.3 V (tolerancia de 5 V / compatible con TTL), 32 canales de entrada analógica de una sola terminal y 16 diferenciales de 16 bits a 250 kS/s y cuatro canales de salida analógica de 16 bits a 100 kS/s. También tiene tres conectores para E/S de expansión usando módulos de E/S de la Serie C a nivel de tarjeta. El sbRIO-9631 ofrece rango de temperatura de operación de -20 a 55 °C junto con un rango de entrada de suministro de potencia de 19 a 30 VDC. Brinda 64 MB de DRAM para operación embebida y 128 MB de memoria no volátil para almacenamiento de programas y registro de datos. (Corporation N. I., 2015)

Este dispositivo tiene un puerto de Ethernet de 10/100 Mbits/s que usted puede usar para llevar a cabo comunicación programática en la red y Web integrada (HTTP) y servidores de archivos (FTP). Usted puede usar el puerto serial RS232 para controlar dispositivos periféricos. (Corporation N. I., 2015)

El sbRIO-9631 está diseñado para ser fácilmente embebido en aplicaciones de alto volumen que requieren flexibilidad, fiabilidad y alto rendimiento. RIO de una sola tarjeta se vende únicamente en cantidades OEM. Los sistemas NI CompactRIO son ideales para aplicaciones de volumen bajo y medio y rápida generación de prototipos. Figura 4.

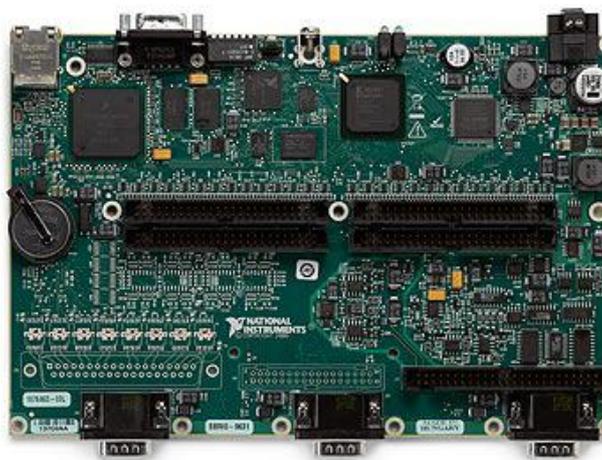


Figura 4: Tarjeta SBRIO 9631. Tarjeta adquisición SBRIO 9631.

(Corporation N. I., 2015). Recuperado: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/205894>.

2.6.1. CARACTERÍSTICAS DE LA TARJETA SINGLE-BOARD RIO (SBRIO-9631)

Procesador de 128 MHz, 256 MB de almacenamiento no volátil, 64 MB DRAM para control y análisis.

FPGA de 1M de compuertas con tecnología de E/S reconfigurable (RIO) para temporización personalizada, procesamiento en línea y control.

110 líneas DIO de 3.3 V (tolerancia de 5 V/TTL), 32 entradas analógicas de 16 bits, cuatro salidas analógicas de 16 bits.

Puerto Ethernet 10/100BASE-T y puerto serial RS232, entrada de suministro de 19 a 30 VDC.

Rango de temperatura de operación de -20 a 55 °C

2.7. FPGA

Los arreglos de compuertas programables en campo (FPGAs) son chips de silicio reprogramables. A diferencia de los procesadores que encuentra en su PC, al programar un FPGA el chip se vuelve a cablear para implementar su funcionalidad en lugar de ejecutar una aplicación de software. Ross Freeman, el cofundador de Xilinx, inventó el FPGA en 1985. (Corporation N. i., 2015) NI se ha asociado con Xilinx para ofrecer tecnología FPGA de vanguardia en una variedad de plataformas de hardware. Figura 5.

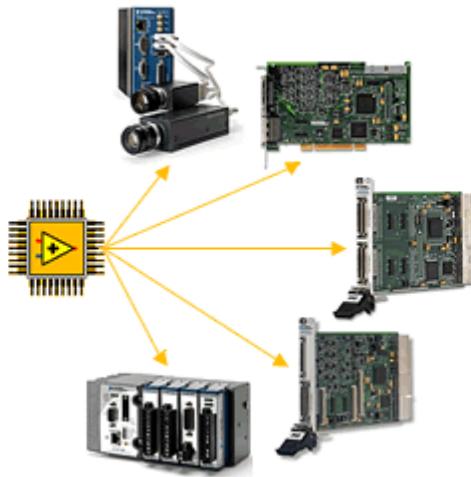


Figura 5: FPGA. Diagrama FPGA.

(Corporation N. i., 2015), Recuperado: <http://www.ni.com/compactrio/about.htm>.

2.7.1. BENEFICIOS DE UTILIZAR FPGA

Los beneficios son los siguientes:

- Tiempos más rápidos de respuesta de E/S y funcionalidad especializada.
- Exceder la potencia de cómputo de procesadores de señales digitales.
- Rápida generación de prototipos y verificación sin el proceso de fabricación del diseño personalizado de ASIC.
- Implementar funcionalidad personalizada con la fiabilidad de hardware determinístico dedicado.
- Se puede actualizar en campo, eliminando los gastos por rediseño personalizado de ASIC y mantenimiento.

2.8. ENCODER

Los encoders para este caso incremental son los más comunes en utilizarlos en la industria, por la gran variedad de aplicaciones que posee. (Corporation O. , 2007)

Cada encoder incremental tiene en su interior un disco marcado con una serie de líneas uniformes a través de una pista alrededor de su contorno, las líneas aisladas a la luz de igual medida a los huecos transparentes, trabajando con una unidad emisora de luz y una unidad de captación de la misma, al girar el disco se genera varias señales que debidamente tratadas generan la salida de un encoder incremental. Figura 6.



Figura 6: Encoder incremental. Encoder utilizado para obtener rpm del motor.

Las señales de salida de un encoder pueden ser un tren de impulsos, forma señal cuadrada, donde el número de impulsos que se generarán en una vuelta será el mismo con el número de impulsos del disco en el interior del encoder.

2.9. CONTROL PID

2.9.1. CONTROL PROPORCIONAL

Este sistema permite establecer una relación lineal continua entre el valor de la variable y la posición del elemento de control. Ver Figura 7.

Para algunos sistemas, la acción proporcional es ajustada por medio de tal ajuste de ganancia.

Esta salida del controlador es proporcional al error, es decir:

$$u(t) = K_P \cdot e(t)$$

donde función transferencia es:

$$C_p(s) = K_p$$

donde K_p es una ganancia proporcional ajustable.

Ventajas de control Proporcional

- La rapidez de aplicación
- La facilidad de comprobar los resultados

Desventajas de control Proporcional

- Presenta ruido
- Presenta error



Figura 7: Control proporcional. Control Proporcional relación lineal continua.

(Sapiensman) 2014. Recuperado: http://sapiensman.com/control_automatico/control_automatico3.htm

2.9.2. CONTROL DERIVATIVO

Esta acción se manifiesta cuando hay un cambio en el valor absoluto del error. El error es la desviación existente entre el punto de medida y el valor Set Point o de referencia.

La función de la acción derivativa es mantener el error al mínimo, y para evita que el error se incremente este lo corrige a cada instante. (Cobo, 2008)

Se deriva con respecto al tiempo y luego se multiplica por la constante D, una vez realizada esta operación se suma a las señales anteriores (P+I).

La fórmula del derivativo está dada por:

$$D_{\text{sal}} = K_d \frac{de}{dt}$$

Cuando el tiempo de acción derivada es grande, hay inestabilidad en el proceso. Cuando el tiempo de acción derivada es pequeño la variable oscila demasiado con relación al punto de consigna. Ver **Figura 8**.

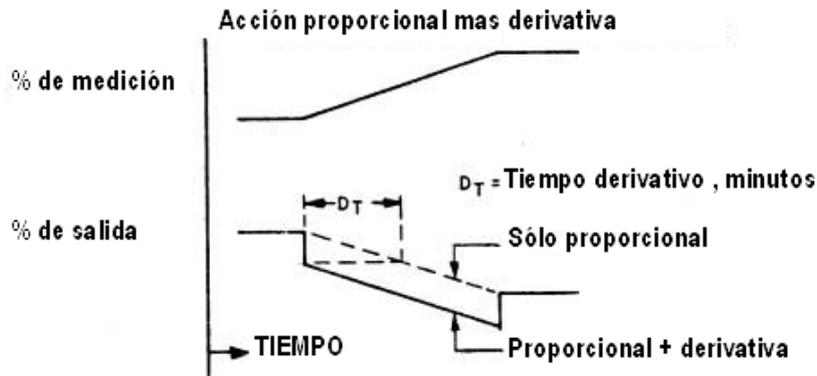


Figura 8: Control Derivativo. Etapa donde se visualiza el error. (Sapiensman) 2014.

Recuperado: http://www.sapiensman.com/control_automatico/control_automatico5.htm

2.9.3. CONTROL INTEGRAL

En esta etapa de control tiene como propósito disminuir y eliminar el error en estado estacionario. El control integral actúa cuando si existe una desviación entre la variable y el punto de referencia. El error es integrado y tiene la función de promediarlo por un período determinado, luego se multiplica por la constante I.

La ganancia total del lazo de control debe ser menor a 1, y así inducir una atenuación en la salida del controlador para conducir el proceso a estabilidad del mismo. (Cobo, 2008)

La fórmula del integral está dada por:

$$U(t) = Ki \int_0^t e(\tau) d\tau$$

2.10. CONTROL PID (PROPORCIONAL INTEGRAL DERIVATIVO)

Un PID es un mecanismo de control por realimentación que se utiliza en sistemas de control industriales. Un controlador PID corrige el error entre un valor medido y el valor que se quiere obtener calculándolo. El control PID se da en tres parámetros distintos: el proporcional, el integral, y el derivativo. (Cobo, 2008)

El valor Proporcional determina la reacción del error actual. El Integral genera una corrección proporcional a la integral del error. El Derivativo determina la reacción del tiempo en el que el error se produce. La suma de estos tres parámetros es usada para ajustar al proceso por ejemplo de mantener regulada la velocidad de un motor.

$$u(t) = Kp e(t) + \frac{Kp}{Ti} \int_0^t e(\tau) d\tau + KpTd \frac{de(t)}{dt}$$

Algunas aplicaciones industriales pueden solo requerir de uno o dos parámetros del sistema de control. Ver **Figura 9**.

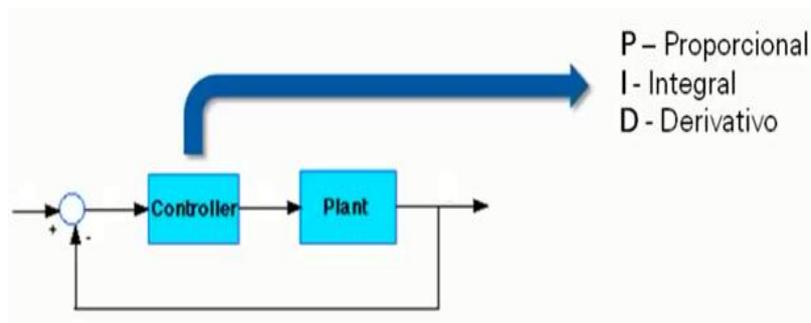


Figura 9: Diagrama Bloques PID. Diagrama de bloques control PID. (NI México) 2014, Recuperado : <https://www.youtube.com/watch?v=51Y2ZnWbPFs>.

2.11. MANEJO DEL SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN LABVIEW 8.6

Labview es un lenguaje de programación gráfica cuyos programas están compuestos por dos partes: el panel frontal y el diagrama de bloques.

La interfaz para el usuario es conocida como Panel Frontal, mientras que el Diagrama de Bloques es el código que rige el funcionamiento del programa. Este programa es conocido como Instrumento Virtual (VI). Ver Figura 10.



Figura 10: Labview 8.6. Diagrama inicio Labview.(NI),2010.

Para crear un nuevo Instrumento Virtual en la ventana de inicio de Labview seleccionamos Blank VI luego de esto se abrirán dos ventanas: el Panel Frontal con fondo gris y el Diagrama de bloque con, los cuales vamos a elaborar el programa para controlar el banco de prueba. Ver Figura 11.

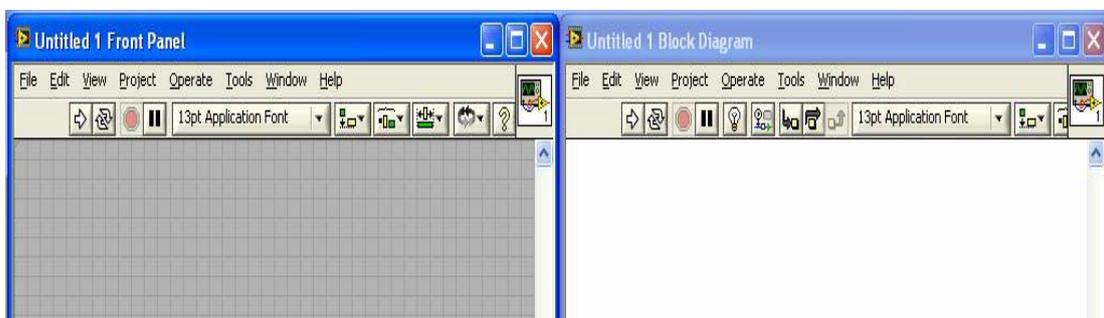


Figura 11: Pantalla Labview nuevo Blank VI Panel control y Diagrama de bloques.

Pantallas didácticas para realizar programación grafica en Labview.

En ambas ventanas encontramos la barra de herramientas que contiene los siguientes íconos, con los que vamos a trabajar para la programación.



El botón Run, sirve para ejecutar el programa.



El botón Run Continuously, realiza una ejecución continua, la que puede detenerse volviéndolo a presionar cuando está de color negro.



El botón Abort Execution, aparece activo cuando el VI está corriendo y al presionarlo se detiene el programa de manera instantánea.



El botón Pause detiene la ejecución del programa, para continuar se vuelve a presionar el mismo botón.

2.11.1. PANEL FRONTAL DE UN INSTRUMENTO VIRTUAL.

El panel frontal tenemos los controles e indicadores. Los controles son los dispositivos de entrada que se encuentran como perillas, selectores e interruptores. Los indicadores muestran los datos procesados en el diagrama de bloques mediante luces, barras, gráficos de onda dependiendo del tipo de dato que se requiera.

Los controles e indicadores se encuentran en la paleta de control en el menú View seleccionamos Controls Palette. Ver Figura 12.

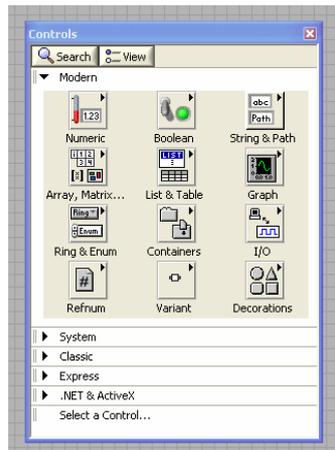


Figura 12: Paleta de funciones Labview.

Menú paleta de funciones, donde se encuentra los gráficos para el diseño.

Para insertar un control o indicador seleccionamos el que vamos a usar haciendo clic el ícono deseado, luego lo colocamos sobre el Panel Frontal haciendo nuevamente clic sobre el área gris en el lugar donde lo queremos colocar, también podemos cambiar de dimensiones el control o indicador.

Dentro de esta paleta encontramos luces, potenciómetros, , tablas, gráficos, decoraciones y demás, necesarios para la creación de un instrumento virtual.

2.11.2. DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN INSTRUMENTO VIRTUAL

El diagrama de bloques es un programa similar a un diagrama de flujo, está conformado por objetos que se conectan entre sí que cumplen funciones específicas.

Los componentes de un diagrama de bloques se pueden clasificar como:

- Nodos, procesamiento de los datos.
- Terminales, puertos por donde los datos ingresan o salen entre el diagrama de bloques y el panel frontal.

2.11.3. FUNCIONAMIENTO DEL FRENO HIDRÁULICO

El sistema de frenos hidráulico es básicamente un amplificador de la fuerza que el conductor aplica sobre el pedal del freno, transmitiéndola a las balatas para detener el motor. (Fritec, 2013).

El primer amplificador que se encuentra, es el pedal del freno y dependiendo de su mayor o menor longitud de la palanca será la amplificación de la fuerza. Ver Figura 13.

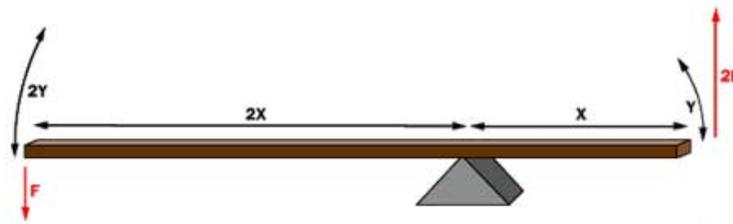


Figura 13: Demostración de Fuerza esquema Hidráulico. Esquema de fuerza de un sistema hidráulico (Fritec), Recuperado: <http://tusfrenos.mx/principios-basicos-funcionamiento-del-freno-hidraulico/>

El segundo elemento amplificador es el booster, el cual ayudado por el motor crea una diferencia de presiones, vacío en un lado y presión atmosférica al otro; al accionar el freno colabora con el esfuerzo del conductor. Entre mayor sea el diámetro mayor será la amplificación. Ver Figura 14.

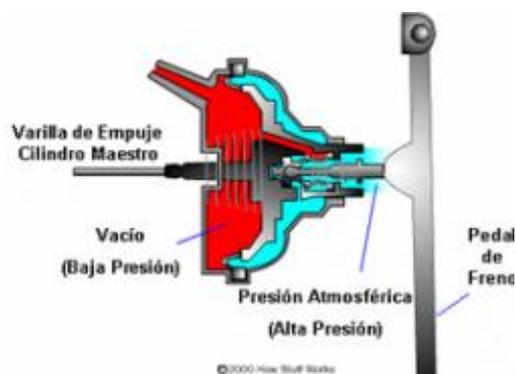


Figura 14: Pedal de Freno aplicación Hidráulica. (Fritec, 2013),

Recuperado: <http://tusfrenos.mx/principios-basicos-funcionamiento-del-freno-hidraulico/>

Como tercera ayuda está el sistema hidráulico comprendido entre el cilindro maestro (Bomba) y los cilindros de rueda y calipers, a mayor diferencia entre las áreas de los pistones del cilindro maestro y de los pistones del cilindro de rueda y calipers, mayor amplificación se obtendrá. Ver Figura 15.

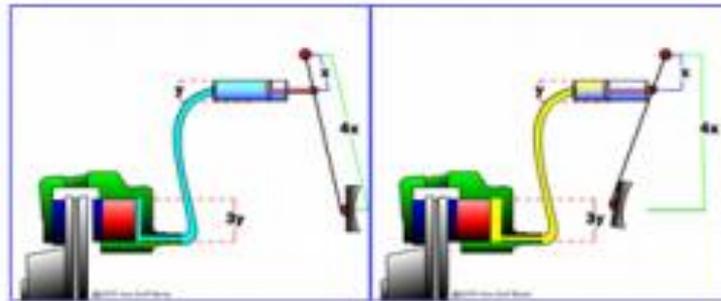


Figura 15: Freno aplicación Hidráulica. (Fritec, 2013), Recuperado:

<http://tusfrenos.mx/principios-basicos-funcionamiento-del-freno-hidraulico/>

Entre más grande sea el diámetro de los cilindros en las ruedas y más pequeño el de la bomba, ver Figura 16, la amplificación de la fuerza de frenado es mayor.

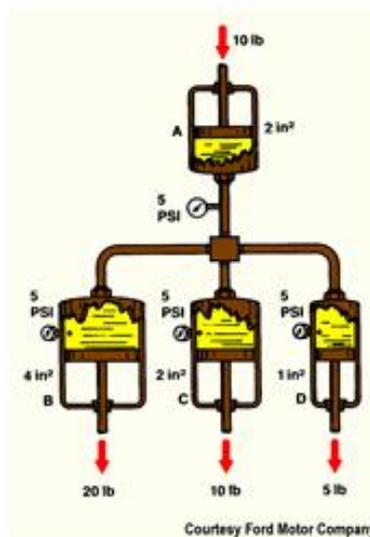


Figura 16: Bomba Hidráulica Freno aplicación Hidráulica. (Fritec, 2013), Recuperado:

<http://tusfrenos.mx/principios-basicos-funcionamiento-del-freno-hidraulico/>

Al llegar al final del sistema encontramos que las zapatas son otro amplificador que actúan como una palanca mecánica y su efecto es directamente proporcional a la longitud, entre el punto de apoyo y el punto en que se aplica la fuerza.

El elemento que se encuentra en movimiento es el tambor, ver Figura 17, en conjunto con la rueda y sobre él actuarán las zapatas para detener el movimiento. A mayor diámetro de tambor mayor potencia.

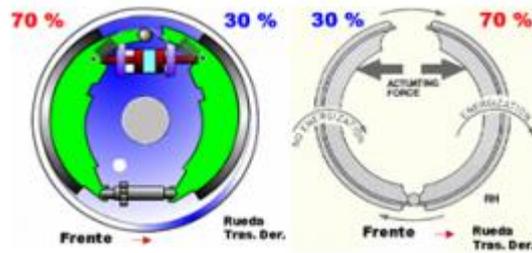


Figura 17: Freno tambor aplicación Hidráulica. (Fritec, 2013),

Recuperado: <http://tusfrenos.mx/principios-basicos-funcionamiento-del-freno-hidraulico/>

En el freno de disco, el elemento que gira es el rotor y contra el se apoyarán las pastillas para inmovilizarlo. Con este sistema se va a trabajar para las pruebas de frenado del motor trifásico. Ver Figura 18.

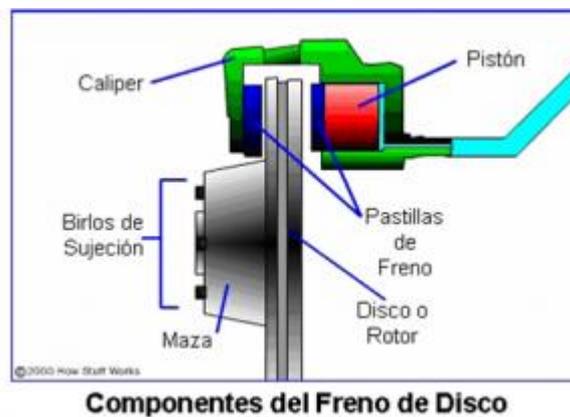


Figura 18: Freno de Disco aplicación Hidráulica. (Fritec, 2013),

Recuperado: <http://tusfrenos.mx/principios-basicos-funcionamiento-del-freno-hidraulico/>

2.12. VARIADOR SINAMIC G110

Los variadores SINAMICS G110 son convertidores de frecuencia para regular la velocidad en motores trifásicos. Los diferentes modelos que se suministran la marca SIEMENS son de potencia de 120 W a 3,0 Kw en redes monofásicas. Ver Figura 19.



Figura 19: Variador Sinamics G110. Variador de frecuencia de 0 a 60 hz.

Los convertidores están controlados por microprocesador y utilizan tecnología IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) de última generación. Esto los hace fiables y versátiles.

Un método especial de modulación por ancho de impulsos con frecuencia de pulsación seleccionable permite un funcionamiento silencioso del motor. Extensas funciones de seguridad ofrecen una protección excelente tanto del convertidor como del motor. (Siemens, 2009).

Con sus ajustes por defecto realizados en fábrica, SINAMICS G110 es ideal para una gran gama de aplicaciones sencillas de control de motores V/f, también puede utilizarse tanto en aplicaciones donde se encuentre aislado como integrado en sistemas de automatización. (Siemens, Variadores de Velocidad SINAMICS G110, 2009).

Haciendo uso del gran número de parámetros de ajuste de que dispone, también puede utilizarse SINAMICS G110 en aplicaciones más avanzadas para control de accionamientos.

Los valores de parámetros para el SINAMICS G110 se pueden modificar con el panel básico de operaciones BOP (Basic Operator Panel) o bien mediante la interface en serie universal (USS).

SINAMICS G110 existe en dos variantes:

- Variante USS Interface
- Variante analógica

2.12.1. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL VARIADOR

- Fácil de instalar
- Puesta en marcha sencilla
- puesta en servicio rápida
- función "reposición a valores de fábrica" (reajusta los parámetros a sus valores por defecto)
- Diseño robusto en cuanto a EMC
- Puede funcionar en redes de alimentación IT (modelos sin filtro)
- 1 entrada digital con separación galvánica
- 3 entradas digitales sin separación galvánica
- 1 entrada analógica AIN: 0 – 10 V (solo en la variante analógica) se puede utilizar como cuarta entrada digital.
- BOP opcional con funcionalidad de copia de parámetros para juegos de los mismos

2.12.2. FUNCIONES VARIADOR G110

- Tiempo de respuesta a señales de mando rápido
- Limitación rápida de corriente (fast current limit FCL) para funcionamiento seguro sin desconexiones por fallo Freno combinado
- Freno por inyección de corriente continua integrado

- Frecuencias fijas
- Rearranque automático después de cortes de red

El control de velocidad del motor se lleva a cabo a través de las entradas analógicas en la variante analógica. Ver Figura 20.

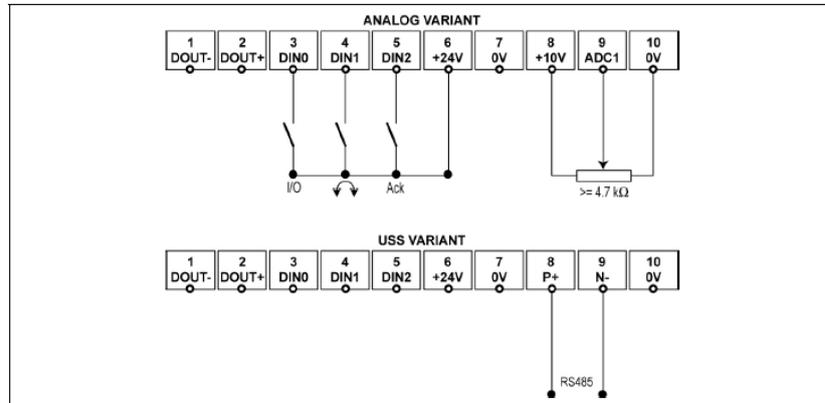


Figura 20: Variante Analógica G110. (Siemens, Variadores de Velocidad SINAMICS G110, 2009), Recuperado:

<http://industria.siemens.com.mx/Motores/variadoresdevelocidadg110.html>

2.12.3. DIAGRAMA DE FLUJO PARA PUESTA EN SERVICIO RÁPIDA.

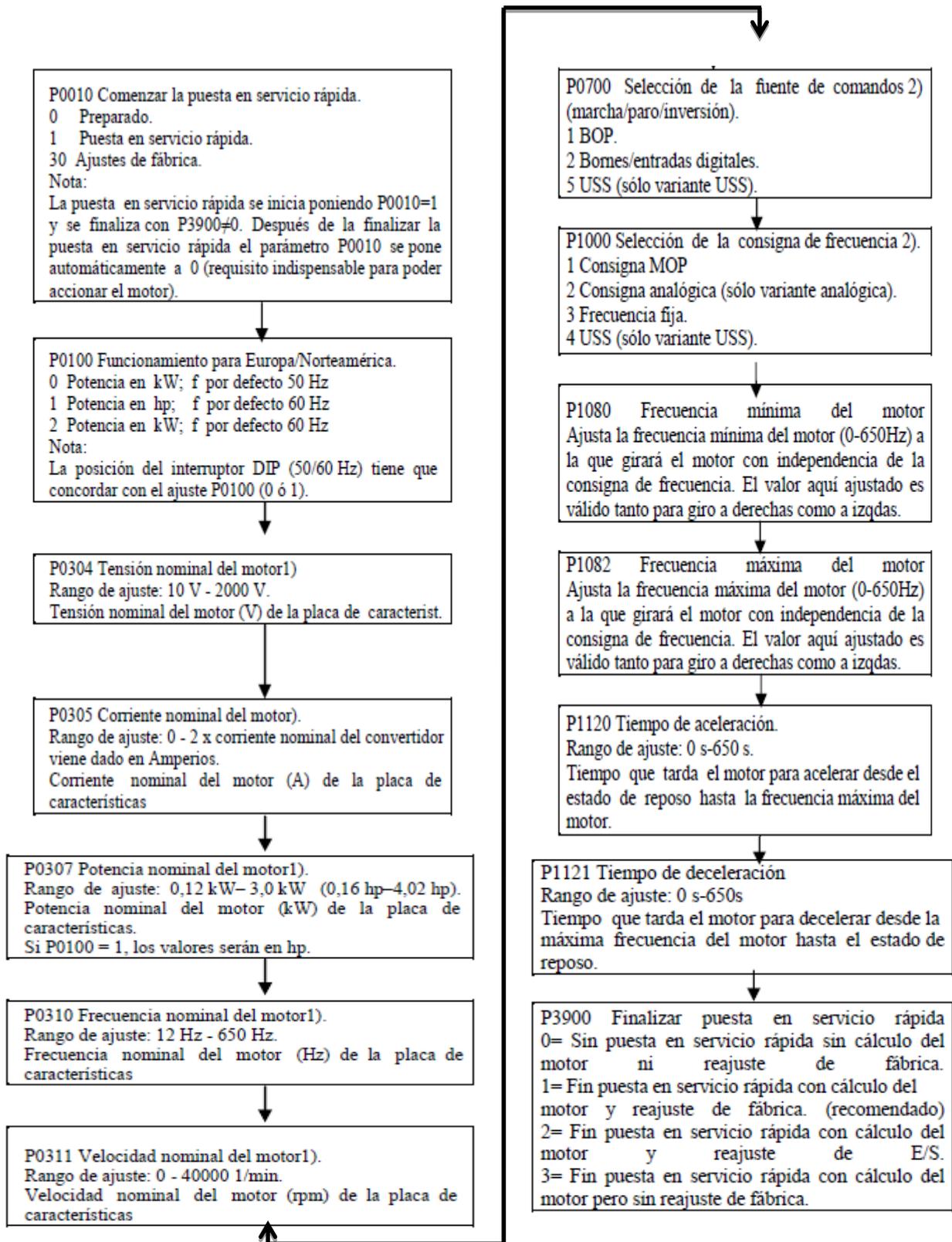


Figura 21: Diagrama de Flujo puesta en servicio rápida. (Siemens, Variadores de Velocidad SINAMICS G110, 2009), Recuperado:

<http://industria.siemens.com.mx/Motores/variadoresdevelocidadg110.html>

2.13. ARRANCADORES SUAVES SIRIUS 3RW30 Y 3RW40.

Los arrancadores suaves SIRIUS 3RW30 y 3RW40, ver Figura 21 disponen de dos tiristores conectados en antiparalelo en dos de las tres fases. Se trata en cada caso de dos tiristores en antiparalelo (ver figura "Control por recorte de fase y esquema de un arrancador suave con control bifásico y contactos de bypass integrados"). La corriente en la tercera fase no controlada es una suma de las corrientes de las fases controladas. (Siemens, Arrancadores suaves, 2009).

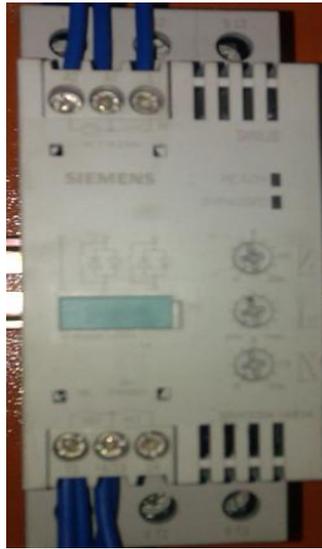


Figura 22: SIRIUS 3RW30. Arrancador Electrónico o Suave para reducir corriente de arranque.

Variando el recorte de fase, el valor eficaz de la tensión del motor aumenta dentro de un tiempo de arranque seleccionable desde una tensión de arranque ajustable hasta la tensión asignada del motor. (Siemens, Arrancadores suaves, 2009).

La intensidad del motor tiene un comportamiento proporcional a la tensión aplicada al motor. De este modo, la corriente de arranque se reduce en el mismo factor que la tensión aplicada al motor. El par tiene un comportamiento cuadrático respecto a la tensión aplicada al motor. Así, el par de arranque se reduce de forma cuadrática con la tensión aplicada al motor. (Siemens, Arrancadores suaves, 2009).

Los siguientes gráficos muestran la evolución de la corriente y del par de arranque de un motor de inducción en combinación con un arrancador suave. Ver Figura 22.

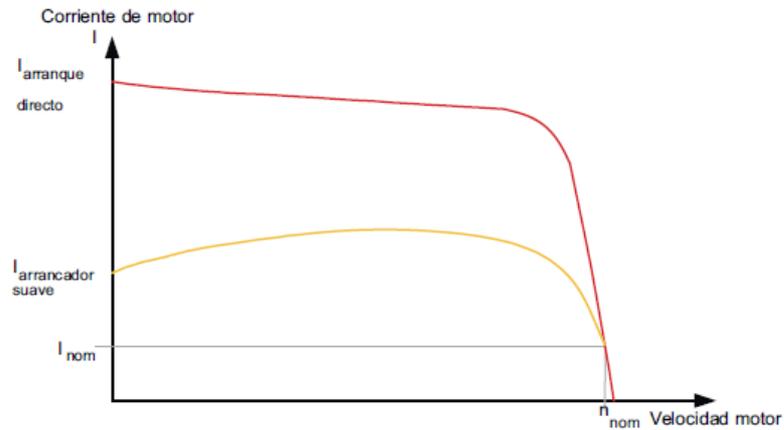


Figura 23: Curva corriente vs velocidad. (Siemens, Arrancadores suaves, 2009),
fuente: http://media.automation24.com/manual/es/38752095_Manual_SIRIUS_softstarter.pdf

Evolución de la corriente reducida del motor de inducción durante el arranque con el arrancador suave SIRIUS 3RW30. Ver Figura 23.

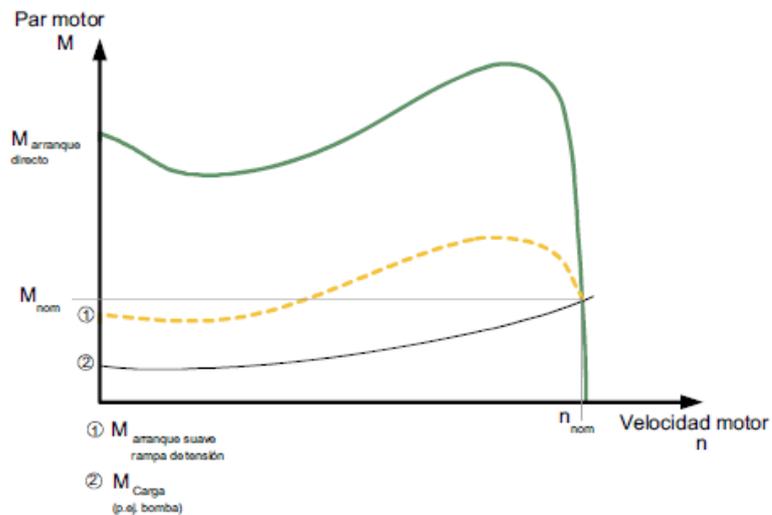


Figura 24: Curva par vs velocidad. (Siemens, Arrancadores suaves, 2009),
fuente: http://media.automation24.com/manual/es/38752095_Manual_SIRIUS_softstarter.pdf

2.13.1. ARRANQUE SUAVE/PARADA SUAVE.

Esto significa que, gracias al control que ejerce el arrancador suave electrónico sobre la tensión del motor, también se regulan la corriente de arranque consumida y el par de arranque generado en el motor durante el proceso de arranque.

Durante el proceso de parada se aplica el mismo principio. Esto permite que el par generado en el motor se reduzca lentamente, con lo que se puede conseguir una parada más suave de la aplicación.

A diferencia del arranque y la parada regulados por frecuencia de un convertidor de frecuencia, la frecuencia permanece constante durante este proceso y corresponde a la de red. (Siemens, Arrancadores suaves, 2009).

2.13.2. MODO DE BYPASS.

Tras un correcto arranque del motor, los tiristores quedan funcionando con ángulo de disparo 0, con lo que en los bornes del motor está aplicada la tensión completa de red.

Puesto que durante el funcionamiento no es necesario regular la tensión del motor, los tiristores se puentean mediante contactos de bypass integrados en el interior y dimensionados para corriente AC1. Con ello se reduce el calor de escape generado durante el modo continuo debido a las pérdidas del tiristor. (Siemens, Arrancadores suaves, 2009).

Los contactos de bypass se protegen durante el funcionamiento con un sistema electrónico de extinción de arco integrado. Esto impide daños por la apertura de los contactos de puenteo si se producen fallas derivadas, p. ej., de una interrupción breve de la tensión de control, sacudidas mecánicas o piezas defectuosas por agotamiento de su vida útil en el mecanismo de bobina o el resorte de contacto principal.

La siguiente Figura 24 muestra el modo de funcionamiento de los arrancadores suaves SIRIUS 3RW30.

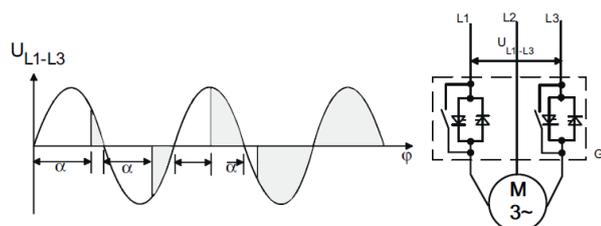


Figura 25: Funcionamiento arrancador suave. (Siemens, Arrancadores suaves, 2009),
fuente: http://media.automation24.com/manual/es/38752095_Manual_SIRIUS_softstarter.pdf

2.14. SENSOR DE CORRIENTE.

Para esta tesis se eligió sensor con efecto Hall, Ver Figura 25. Cuando una placa metálica transmite una corriente eléctrica y se halla situada en un campo magnético perpendicular a la dirección de corriente, se desarrolla por encima de la placa un campo eléctrico transversal, es decir, perpendicular al sentido de la corriente. Este campo, denominado campo de Hall, es la resultante de fuerzas ejercidas por el campo magnético sobre las partículas de la corriente eléctrica, sean positivas o negativas, o positivas en un sentido y negativas, o positivas en un sentido y negativas en el otro. (Entreprise.Co, 2011)



Figura 26: Sensor de corriente efecto Hal. (Entreprise.Co, 2011),
fuente: <http://www.metermovement-shunt.com/es/current-transformer.html>

Este fenómeno tiene dos consecuencias principales. La primera es que la acumulación de cargas en un lado de la placa, en el campo así creado, implica que el otro lado tiene una carga positiva posee un potencial superior al de la carga negativa. La medida del potencial permite, por tanto, determinar si se trata de un campo positivo o negativo.

Para la adquisición de la magnitud de corriente que circula en casa una de las líneas que alimenta al motor, se empleara el uso de sensores de corriente que basan su funcionamiento en el principio físico del efecto Hall, cuya propiedad física propicia la medición tanto en corriente alterna así como en corriente continua.

CAPÍTULO III: IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.

3.1: DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Este banco de prueba contará con motores trifásicos de 1hp con freno acoplado, variador de velocidad, arrancador electrónico, transductores de corriente y voltaje, sensor de rpm y dispositivo de control y adquisición de datos.

En el banco de prueba para motores trifásicos se realizarán diferentes prácticas mediante la utilización de la tarjeta SBRIO desde una PC, el monitoreo y control del banco se lo podrá realizar mediante el software Labview. En la Figura 26 observamos diagrama de bloques del banco de pruebas.

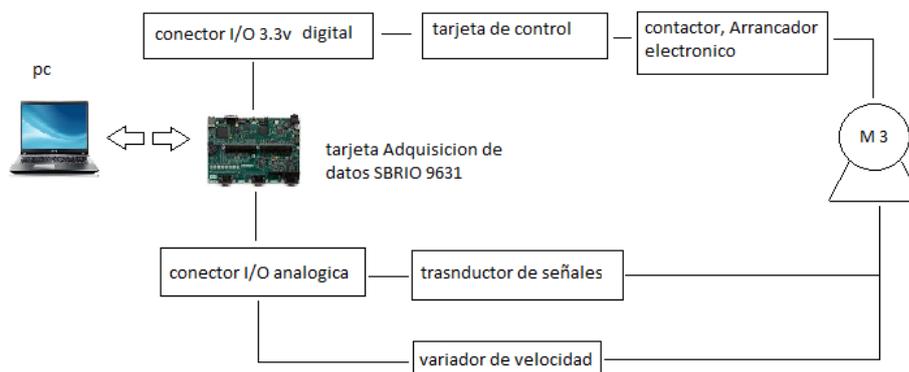


Figura 27: Diagrama de Bloques banco de prueba.

Para la implementación de este banco de pruebas se utilizará la tarjeta adquisición de datos de la National Instrument SBRIO-9631, la cual contiene un Procesador de 128MHZ, 110 líneas DIO de 3.3v, 32 entradas analógicas de 16bits y 4 salidas analógicas 16bits.

Este dispositivo también contiene un puerto de Ethernet de 10/100 Mbits/s el cual puede usar para llevar a cabo comunicación programática en la red y Web integrada (HTTP) y servidores de archivos (FTP).

Se diseñará una tarjeta para la interfaz entre el circuito de control y mando, la obtención y procesamiento de las variables de sistema (velocidad, voltaje, corriente y torque) son efectuadas por el software Labview utilizando la tarjeta SBRIO en lazo cerrado.

3.2: IMPLEMENTACIÓN DEL CIRCUITO DE CONTROL

Para la implementación del circuito de control se escogió la tarjeta de Sbrío 9631 debido a las ventajas que posee este equipo Figura 27. Adicionalmente el estudiante no solo podrá comprobar las prácticas si no que también podrá realizar cambios de la misma.



Figura 28: Tarjeta Adquisición SBRIO 9631.

Características de la tarjeta SBRIO:

Procesador de 128 MHz, 256 MB de almacenamiento, 64 MB DRAM para control y análisis.

FPGA de 1M de compuertas con tecnología de E/S reconfigurable (RIO) para temporización personalizada, procesamiento en línea y control.

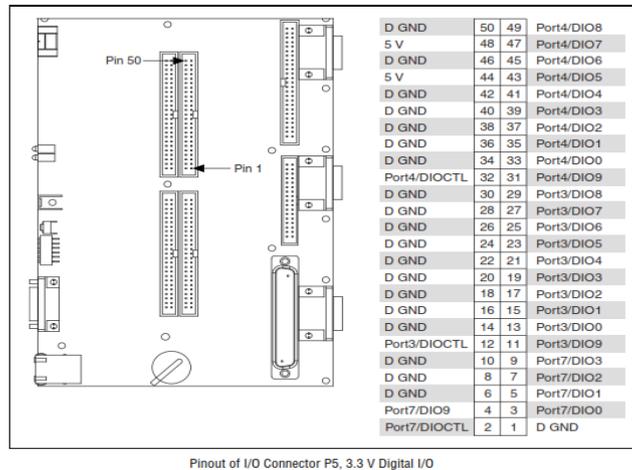
110 líneas DIO de 3.3 (V) , 32 entradas analógicas de 16 bits, cuatro salidas analógicas de 16 bits.

Puerto Ethernet 10/100BASE-T y puerto serial RS232.

Para esta tesis utilizaremos el software Labview ya que este actualmente es uno de los programas más didácticos que existe en el mercado por lo que el estudiante podrá reconocer los comandos empleados con mayor facilidad.

3.3: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE INTERFAZ PARA CONECTAR CON TARJETA SBRIO9631.

En la Figura 28, encontramos como se encuentran distribuidas las entradas/salidas digitales conector P5 de 3.3 (v) que serán utilizadas para comunicación entre la tarjeta SBRIO9631 y la tarjeta de control.

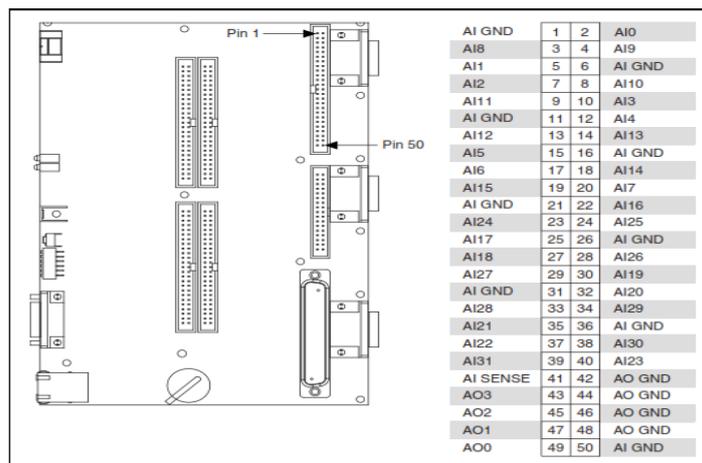


Pinout of I/O Connector P5, 3.3 V Digital I/O

Figura 29: Conector P5,3.3v Digital I/O. (Corporation N. I., 2015),

fuelle: www.ni.com National Instruments.

En la Figura 29, encontramos la distribución de las entradas/salidas conector J7 analógicas.



Pinout of I/O Connector J7, Analog I/O

Figura 30: Conector J7, Analógica I/O. (Corporation N. I., 2015),

fuelle: www.ni.com National Instruments.

En la Figura 30, tenemos el diseño esquemático de la interfaz implementada por los autores de esta tesis que se utilizará para comunicar tarjeta SBRIO9631 con la de control.

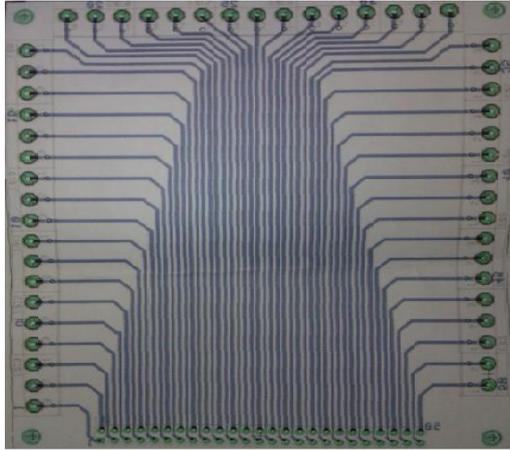


Figura 31: Esquema interfaz para control.

así mismo tenemos en la Figura 31. la implementación de la interfaz.



Figura 32: Montaje interfaz para comunicar con tarjeta control.

3.4: SISTEMA DE CONTROL COMUNICACIÓN CON SBRIO9631.

Para esta etapa de control se utilizará integrados CD4050, que contienen buffers no inversores Figura 32, Utiliza voltaje de referencia (VDD) para todos los buffers, las señales de entrada en nivel alto (VIH) puede exceder el voltaje de referencia (VDD) cuando se está utilizando como convertidor de niveles lógicos. (fairchildsem, 1999).

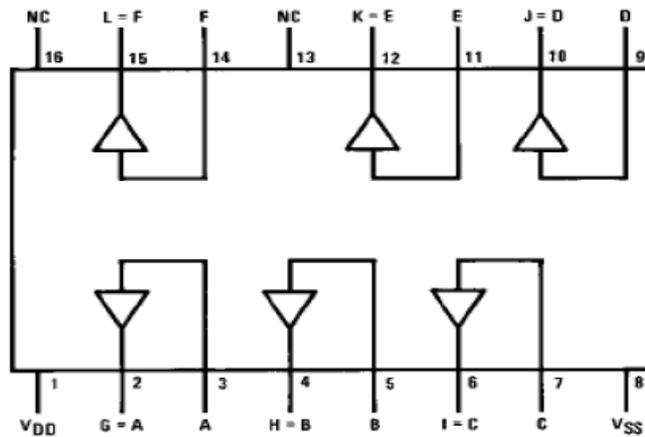


Figura 33: Integrado CD4050BC. (fairchildsem, 1999),
 fuente: www.fairchildsemi.com/datasheets/CD/CD4049UBC.pdf

Se alimenta voltaje VDD con +5vcd y cuando la entrada de un buffer recibe un voltaje lógico en alto de +3.3vcd proveniente de la SBRIO 9631, se tendrá a la salida como máximo un voltaje lógico en alto de 5vcd; permitiendo activar un relé que a su vez alimentara con 110 v al contactor. De esta forma las salidas de la SBRIO9611 pueden ser conectados a otros circuitos que requieran un mayor voltaje de alimentación.

Como se observa en la Figura 33, este circuito consiste en un buffer que eleva el voltaje de la salida de la tarjeta SBRIO de +3.3v a +5v para asegurar la conducción del transistor 2N3904 y led que indicia su activación. El voltaje de la resistencia de 10k (R1) en la base del transistor permite conectar el relé a la fuente de +5v. Se utiliza un diodo de protección en paralelo con al relé para prevenir corrientes que puedan dañar al transistor. Al alimentar la bobina, el relé conmuta y dejar pasar los 110v necesarios para activar el contactor el cual se quedará en enclavamiento y a su vez encenderá el motor.

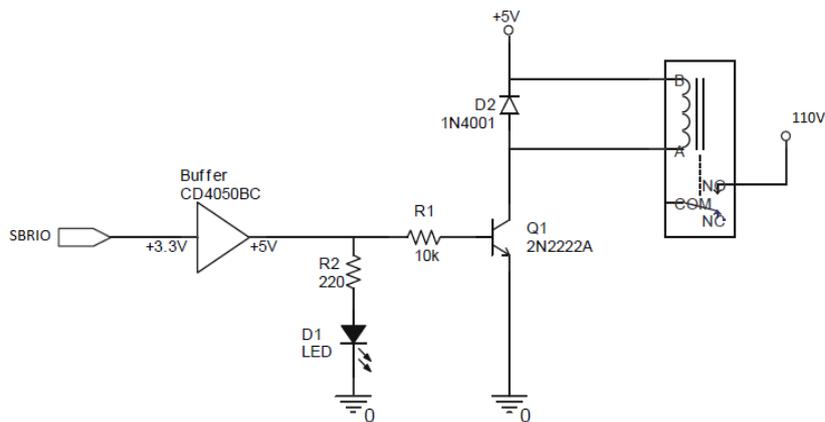


Figura 34: Diagrama tarjeta de control. Activación y desactivación de contactores.

La Figura 34, tenemos el diagrama esquemático de la tarjeta de control.

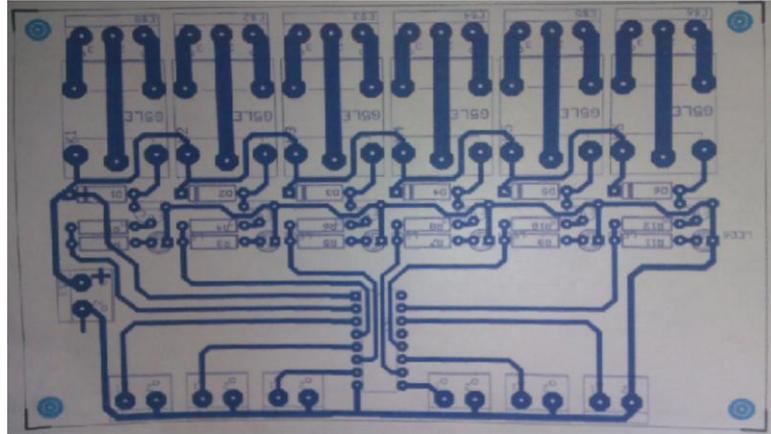


Figura 35: Esquema Tarjeta Control. Diseño de pista de tarjeta control

En la Figura 35, muestra la tarjeta implementada como interfaz física de control donde se juntarán todas las señales de entrada y salida para facilitar su conexión con la tarjeta SBRIO9611.

Estas señales serán enviadas a través de buffers a los diferentes circuitos de medición y control del banco de prueba.



Figura 36: Montaje Tarjeta de Control.

En la siguiente Figura 36, podemos observar cómo está conectado la tarjeta SBRIO con la tarjeta de control para activar/desactivar los contactores utilizados en el banco de prueba.

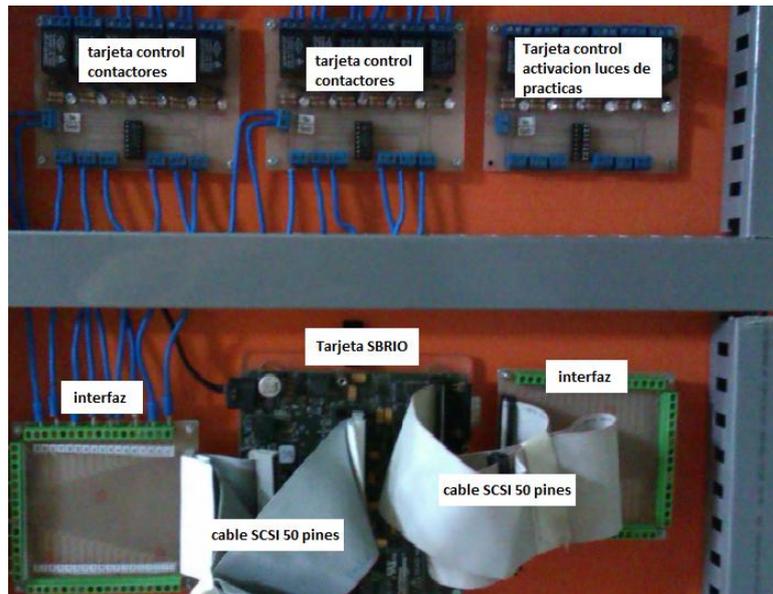


Figura 37: Conexión tarjetas SBrio - control. Mediante cable SCsi 50 pines

En la siguiente figura observamos la instalación de contactores para la activación del motor trifásico. Figura 37.



Figura 38: Conexión de Contactores. Utilizados para activación de motor trifásico.

3.5: DISEÑO DEL BANCO DE PRUEBA.

El banco de pruebas consta de un armario confeccionado en hierro con un cajón en la parte delantera para guardar herramientas, equipos de medición, etc. En la parte de atrás del armario tenemos una puerta con contra base para la colocación de los equipos eléctricos y electrónicos. Ver Figura 38.

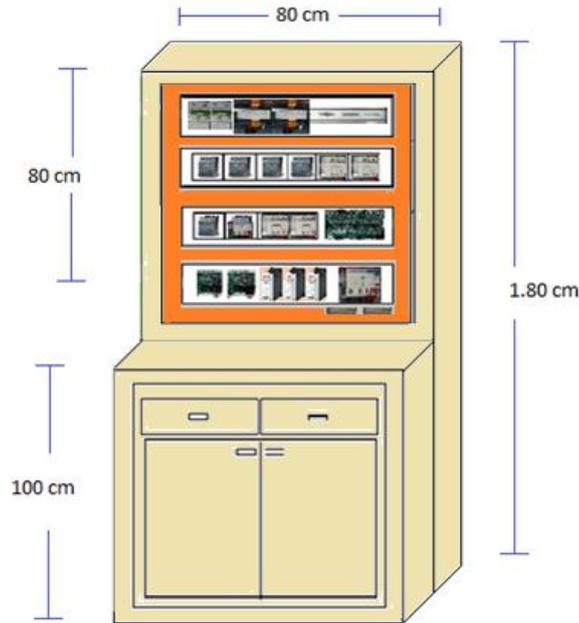


Figura 39: Diagrama/dimensiones banco de prueba.

En la parte delantera del banco tenemos una plancha de acrílico, en donde colocaremos los plugs para conectar los motores de las pruebas correspondientes en cada práctica. También en este panel tendremos luces indicadores de cada prueba y elementos de protección tales como pulsante de paro y selector de encendido como se muestra en la Figura 39.



Figura 40: Terminales de prueba del banco.

3.6: ADQUISICIÓN DE DATOS

3.6.1: ADQUISICIÓN DE DATOS VOLTAJE

Para la medición del voltaje en el motor trifásico utilizamos un divisor de tensión hasta obtener el voltaje deseado con el cual se pueda trabajar con la tarjeta de adquisición.

Para esta etapa hemos adquirido transformadores de 120vac a 6vac, ver Figura 40, con este voltaje podemos manejarlos con la tarjeta SBRIO 9631, ya que permite señales analógicas de $\pm 10\text{v}$.

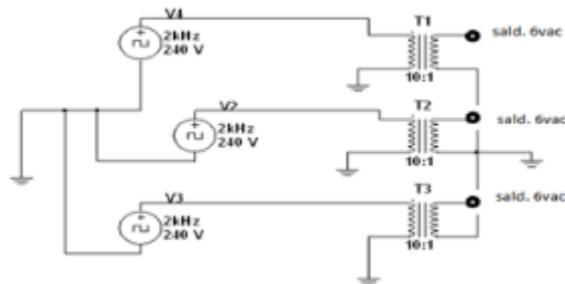


Figura 41: Esquema de transformadores para toma de datos.
Conexión de transformadores para obtener voltaje de entrada.

3.6.2: ADQUISICIÓN DATOS CORRIENTE

Para la medición de corriente en el motor trifásico utilizamos transductores de corriente como se puede apreciar en la Figura 41, estos transformadores tienen una relación de corriente de 30/5 amp. Se conecta directo a las entradas analógicas de la tarjeta de adquisición SBRIO.

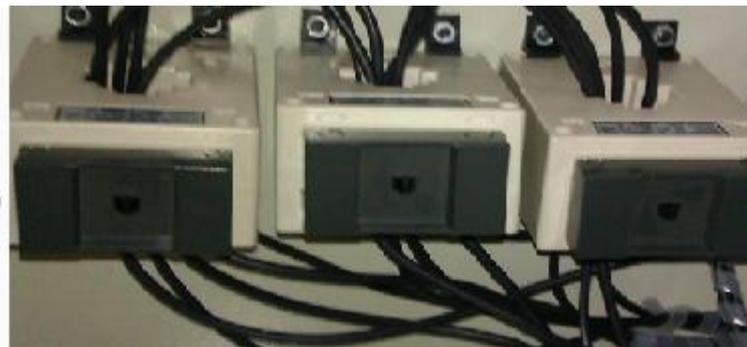


Figura 42: Transductores de Corriente. Utilizados para obtener corriente del motor.

3.6.3: CIRCUITO DE ACOPLAMIENTO ENCODER

Para obtener las RPM del motor utilizaremos un encoder. Las señales del encoder X, Y, Z presentan ruido, por este motivo se debe aplicar una etapa de filtrado.

Esta etapa es un circuito sencillo, que consiste en un transistor para cada canal. Ver Figura 42.

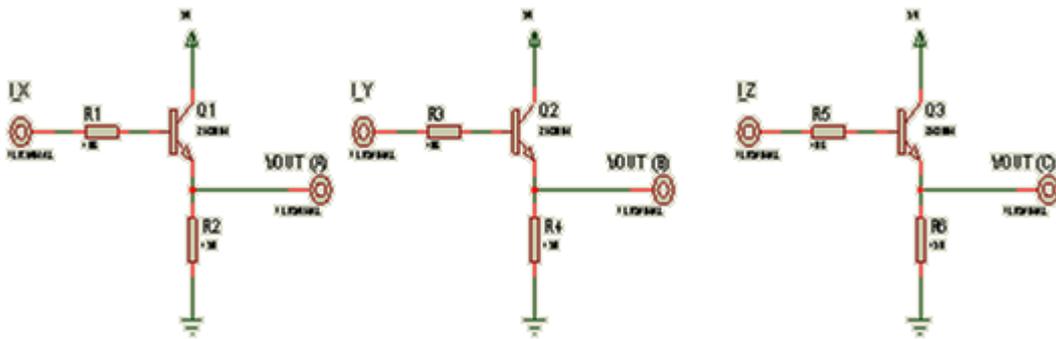


Figura 43: Diagrama tarjeta encoder.

Etapa de filtrado para eliminar señales no deseadas del encoder.

El encoder se utilizará para obtener las rpm del motor trifásico y también para el control en lazo cerrado, como se muestra en la siguiente Figura 43 donde el motor está acoplado con el encoder.

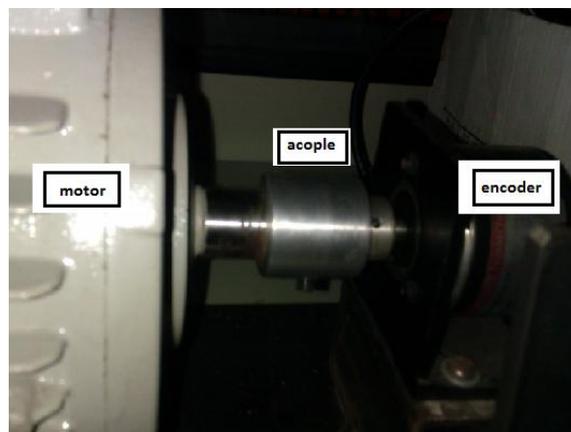


Figura 44: Diagrama conexión encoder-motor. (Corporation O. , 2007),
fuente: www.autonics.com/encoders.

3.6.4: PROCESAMIENTO DE DATOS

Los datos obtenidos de voltaje, corriente y velocidad serán visualizados en la Pc y de esta manera se realizarán los cálculos respectivos para obtener otros valores deseados. Todo este procedimiento se realizará con el programa Labview.

3.7: DESCRIPCIÓN DEL PANEL INDICADOR

Se eligieron luces pilotos con el objetivo de que el estudiante pueda visualizar las en que práctica se encuentra trabajando. Es decir que al momento de seleccionar una práctica se activará el indicador correspondiente así mismo si el motor se encuentra en marcha o paro.

Para las activaciones de las luces pilotos utilizamos el mismo circuito para controlar los contactores, Figura 44.



Figura 45: Circuito control luces piloto. Control luces piloto para visualización de prácticas.

En la siguiente Figura 45, se visualiza el diagrama del panel indicar del banco de prueba.

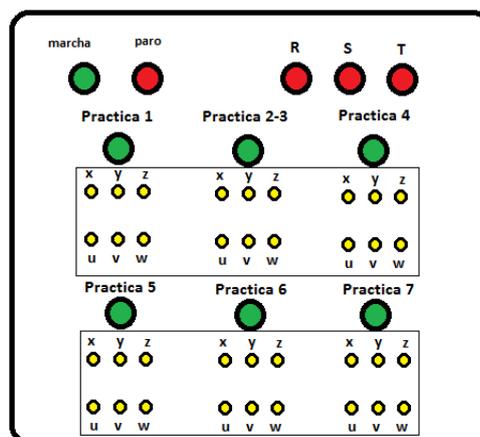


Figura 46: Diagrama panel indicador. Ubicación de luces piloto y terminales para conexión de motor.

En la Tabla 1 siguiente se hace una descripción de las luces pilotos del banco de prueba.

Tabla 1 Descripción luces piloto.

Nombre	descripción
luces piloto verde y rojo	Marcha y Paro
luz piloto verde	Activación Práctica 1
luz piloto verde	Activación Práctica 2-3
luz piloto verde	Activación Práctica 4
luz piloto verde	Activación Práctica 5
luz piloto verde	Activación Práctica 6
luz piloto verde	Activación Práctica 7
luces piloto rojo	Alimentación trifásica

Nota: En esta tabla se explica las luces indicadoras que serán utilizadas para visualizar las prácticas del banco de prueba.

3.8: CONEXIÓN DEL MOTOR TRIFÁSICO.

Para alimentar el motor trifásico utilizamos para cada práctica borneras para conexión tipo banana, cada práctica tiene sus borneras asignadas y etiquetada para que el estudiante realice las pruebas tal como se muestra en la Figura 46.



Figura 47: Conexión del motor Trifásico.

Terminales para conectar motor trifásico.

El motor trifásico que se va a utilizar Figura 47,



Figura 48: Motor Trifásico.

presenta las siguientes características descritas en la siguiente Tabla 2.

Tabla 2 Característica motor Trifásico.

motor trifásico	hp	rpm	# polos	In a 220v	Fs	KW
	1	1660	4	3,5	1,15	0,75

Nota: descripción de los parámetros eléctricos que el motor requiere para su funcionamiento.

3.9: CONEXIÓN VARIADOR G110

Para controlar el variador los hacemos por medio de sus entradas analógicas, ya que este equipo permite ser controlado de 0 a 10 v que en valores de frecuencias van de 0 a 60 Hz.

La SBRIO 9631 tiene 4 salidas analógicas de +-10v , lo cual utilizamos una salida para comandar desde el programa Labview la velocidad del motor. Ver Figura 48.



Figura 49: Entrada analógica +10v. Variador G110.

3.10: CONEXIÓN ARRANCADOR ELECTRÓNICO

Este equipo se lo controla por medio de pulsadores, los cuales por una tarjeta de control utiliza relé para activar o desactivar el arrancador suave.

Este equipo se calibra sus parámetros de forma manual, se puede modificar el tiempo de arranque y el tiempo de paro. Ver Figura 49.



Figura 50: Arrancador Electrónico.

Equipo Electrónico para etapa de arranque motor trifásico.

3.11: IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA

Para este proyecto de tesis se utilizó el software Labview, ya que posee un medio y lenguaje de programación grafica. La tarjeta SBRIO de la National Instrument tiene la capacidad de comunicar por medio de este sistema.

Este dispositivo incluye un hardware basado en la RIO NI single-Board(E/s reconfigurable), presenta una arquitectura de hardware que se encuentra en otros dispositivos los cuales consisten en un procesador de tiempo real que se puede programar con el modulo Labview Real Time y una FpGa que se puede programar con el módulo Labview FpGa.

Del panel frontal es para crear la interfaz de usuario, para aplicaciones integradas como las aplicaciones de FpGa o para creaciones de subVis donde se utilizan los controles e indicadores para pasar los datos dentro de la aplicación que se utiliza.

Diagrama de bloques es donde se programa aplicaciones de Labview utilizando combinación de notas graficas y textuales. Función paleta contiene elementos para la creación de FpGa, con los cuales se puede programar de manera fácil.

Para crear un proyecto damos click Empty Project, para la apertura de un proyecto se abre un proyecto en blanco y asegurar que tenga una conexión al dispositivo Rio.

Abra "\ 2 -. Crear FPGA Personalidad \ nuevo proyecto .lvproj."

se abre una ventana y hacemos clic New/Targets and Devices, como se muestra en la Figura 50.

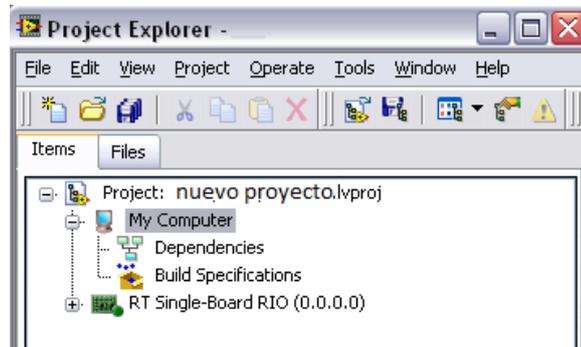


Figura 51: Nuevo proyecto en Labview.

Cambiamos la dirección IP de la Rio Single -Board en la venta del explorador del proyecto para que sea la misma de la dirección IP de la placa de Evaluación en este caso la del SbRIO9631.

a) Haga Clic en el elemento RIO RT Single-Board en la ventana del Explorador de proyectos y seleccione propiedades en el menú para mostrar la página de propiedades generales.

b) En el cuadro de texto escriba la dirección IP/DNS, y luego click en aceptar. Figura 51.

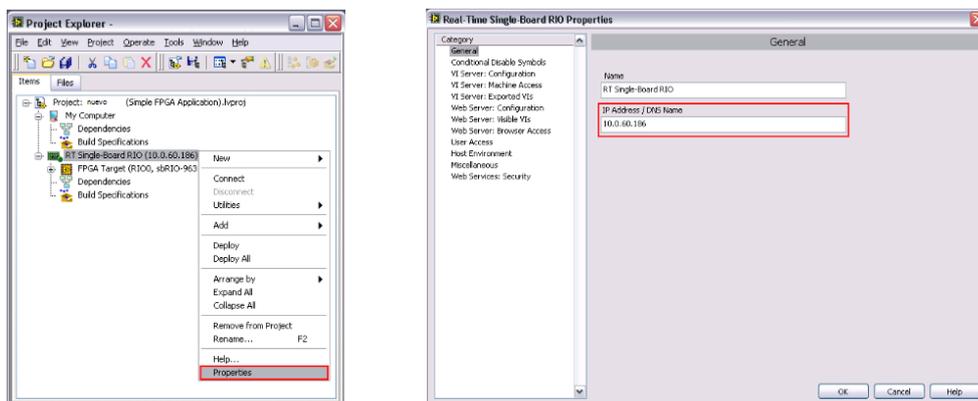


Figura 52: Configuración IP SBRIO.

Una vez realizado estos pasos ya podemos visualizar la comunicación con la tarjeta SBRIO, damos clic derecho en FPGA target y creamos nuestros VI para las prácticas correspondientes. Figura 52.

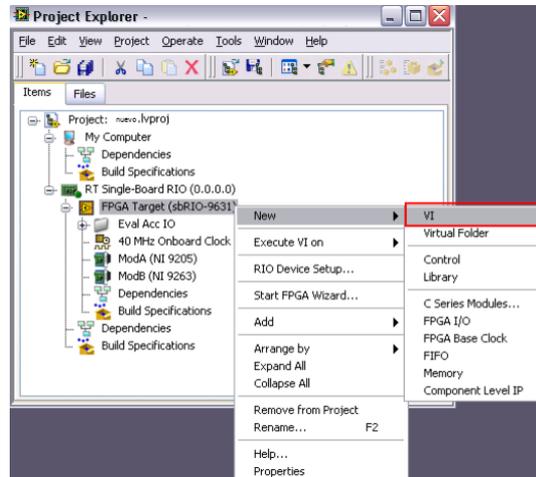


Figura 53: Creación VI en Labview-FPGA.

3.12: CREACIÓN DEL VI PARA COMUNICAR LAS ENTRADAS Y SALIDAS DE LA FPGA.

Crear el VI en la sección FPGA, debe dirigirse al diagrama de bloques para la activación/desactivación del motor, utilizando el icono FPGA I/O Node tal como se muestra en la figura 53, que funciona en este caso con control Booleano Marcha P1 que envía un T(true) o False(F) dependiendo de la configuración. Si recibe un True(T) a la entrada del FPGA I/O Node obtenemos en la SBRIO una salida digital en alto de 3.3 v para activar los relés.



Figura 54: Conexión control Booleano con FPGA I/o Node.

Así de esta manera se activa el motor con las prácticas restantes.

Con la siguiente Figura 54, observamos la conexión de las señales de entrada analógicas con la FPGA I/O Node. Este Vi será utilizado para todas las prácticas ya que en cada práctica vamos a visualizar las corrientes y voltaje.

Para este caso está el ingreso de las corrientes de entrada AI 26...31 el cual recibe en la tarjeta SBRIO un voltaje entre 0 y 5 vac.

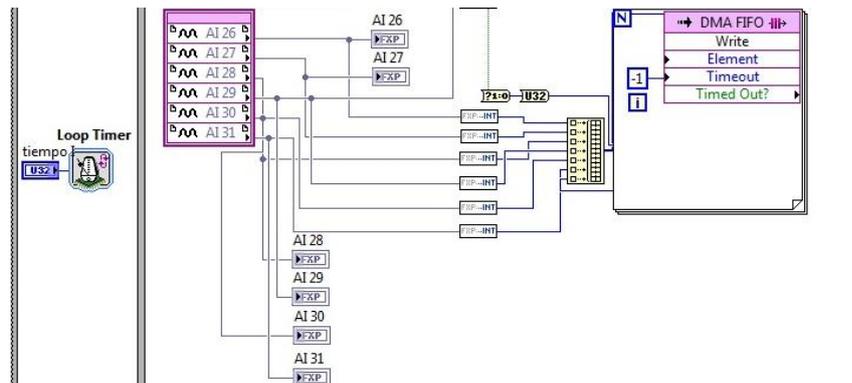


Figura 55: Entrada analógica FPGA I/o Node.

En el mismo diagrama de bloques se realiza otro Vi para las rpm del motor, es decir obtenemos las señales enviadas por el encoder y calculamos las revoluciones del motor.

También será utilizado en todas las prácticas. Figura 55.

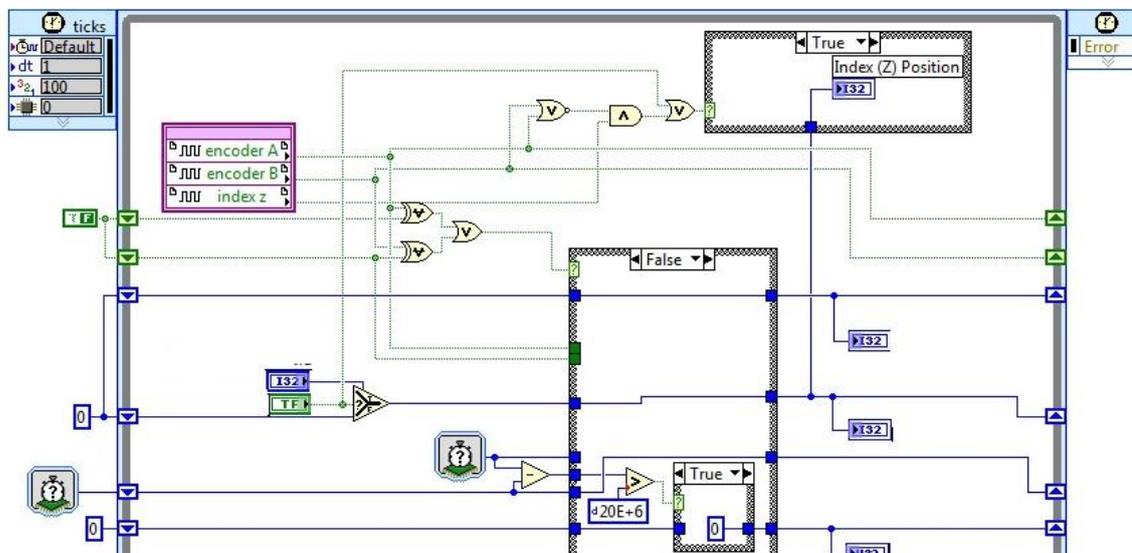


Figura 56: Diagrama bloques RPM encoder.

En el panel Frontal del VI mostrada en la Figura 56, tenemos todos los botones de control e indicadores ingresados y guardados en FPGA. En cada práctica se conectará directamente el VI y se obtendrá las señales deseadas para cada conexión.

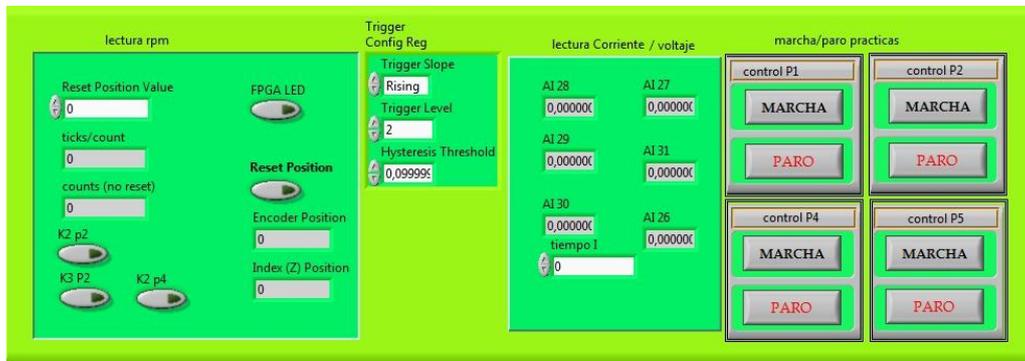


Figura 57: Panel frontal del VI de la FPGA

3.13. PASOS PARA REALIZAR PRUEBAS EN EL BANCO PARA PRUEBAS DE MOTOR TRIFÁSICO.

Antes de empezar el estudiante deberá verificar que esté conectado correctamente el banco de prueba, a continuación debe conectar la PC o laptop con el banco por medio del cable de datos RJ45.

Para abrir las prácticas debe seguir los siguientes pasos:

abrir el archivo de la carpeta proyecto tesis/proyecto banco 1, Ver Figura 57.

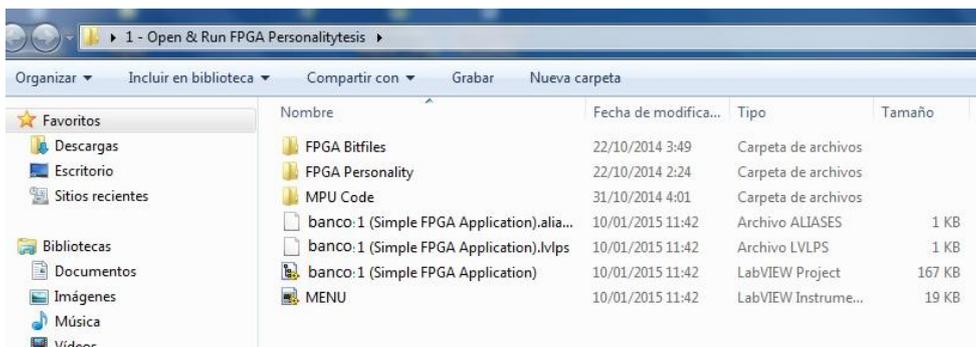


Figura 58: Ingreso para prácticas proyecto banco.

Luego tenemos la siguiente pantalla Figura 58, donde se observan todas las prácticas realizadas, se da doble clic en el Vi MENU.

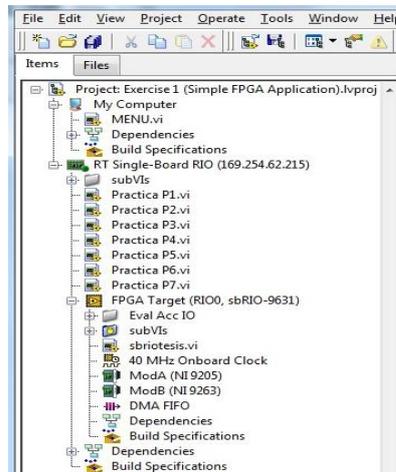


Figura 59: Ingreso al MENU prácticas proyecto banco.

A continuación se observan las pantallas diseñadas de Panel frontal y diagrama de bloques.

En la figura 59, se visualiza el panel Frontal donde se presenta todas las botoneras de acceso para las prácticas del banco.



Figura 60: Pantalla panel frontal Labview.

En la Figura 60, se puede observar el diagrama de Bloques, en esta pantalla se ha diseñado para que desde la pantalla principal Menú se pueda acceder a cualquier práctica, adicionalmente como seguridad al momento de seleccionar la práctica antes de cargar la misma aparece un mensaje indicando que se debe revisar la conexión del motor y cuando este seguro de que el motor esté conectado correctamente clic en aceptar para continuar.

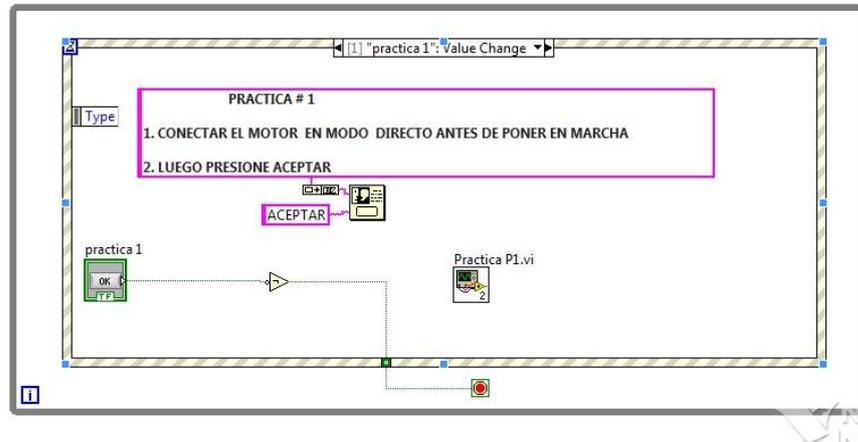


Figura 61: Pantalla diagrama de bloques menú Práctica 1 Labview.

Como todas las prácticas están cargadas, se selecciona el pulsador de la práctica 1 y directamente se direcciona al panel Frontal de esa prueba Figura 61, donde encontramos circuito de mando de la conexión elegida, gráficos de las curvas deseadas, indicadores de voltaje, de corriente y de las rpm del motor.

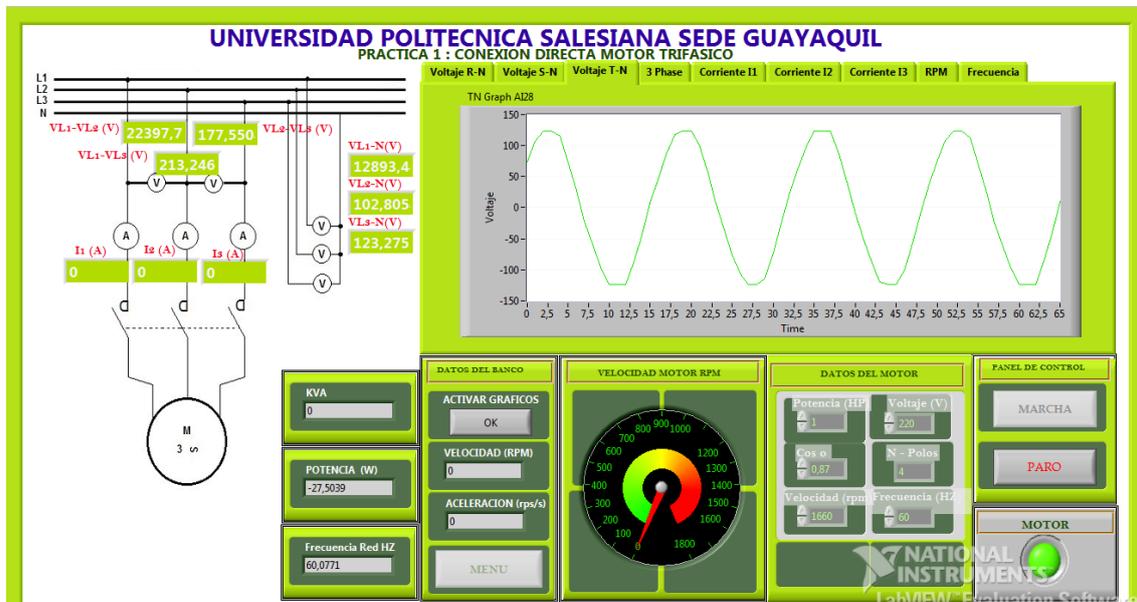


Figura 62: Pantalla panel frontal Práctica 1 Labview.

En la figura 62, observamos el diagrama de bloques de la práctica 1, como vemos en esta pantalla nos muestra como se debe conectar el VI creado en la sección FPGA para obtener las señales de entrada/salida analógica y las señales de control de los contactores del banco de prueba.

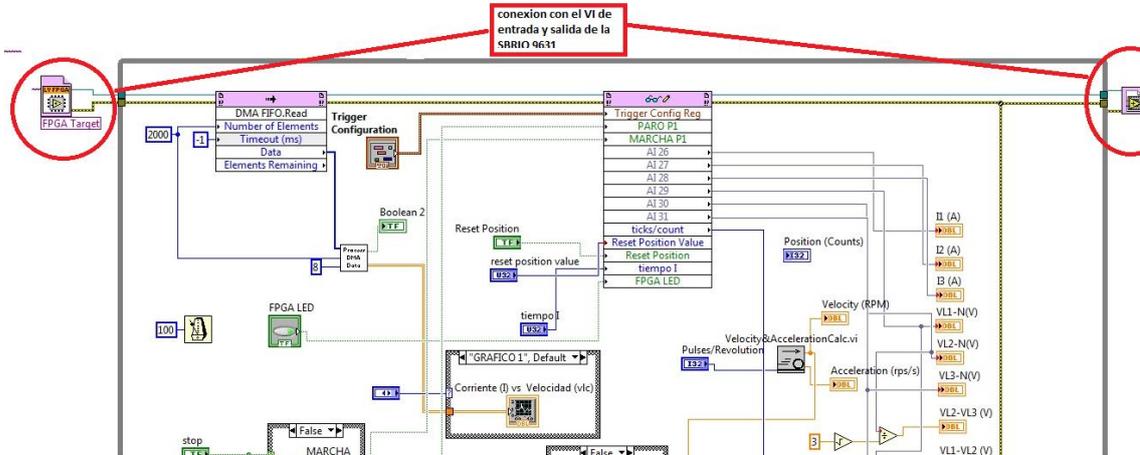


Figura 63: Pantalla diagrama de bloques Práctica 1 Labview.

3.13.1. PRÁCTICA 1 : PUESTA EN MARCHA

Para la primera práctica el motor trifásico se conectará directamente, todo será controlado desde la PC, se pulsa el botón Marcha que se indica en la pantalla y el motor trifásico empieza a funcionar en conexión estrella, Figura 63.



Figura 64: Panel frontal práctica 1 Arranque directo.

Al momento de pulsar marcha la tarjeta de control y adquisición envía una señal de 3.3 (v) al puerto seleccionado, este voltaje a través de la tarjeta de control implementada alimenta un relé, que por intermedio de su contacto cerrado activa al contactor K1 y se queda

retroalimentado, así mismo para detener la marcha pulsamos el botón Paro y se envía 3.3 (v) a la tarjeta de control y este activa un relé que por intermedio del contacto cerrado desactiva el contactor K1. En el sistema se podrá observar los valores de voltaje-corriente tanto como de línea , de fase y las revoluciones del motor. También se observa un cuadro de gráficos donde se encuentran las curvas desde el momento de arranque del motor.

En esta práctica se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 3 Tabla de valores Teórico - Práctico conexión directa

Presión PSI	Voltaje línea (v)	Corriente(amp)	RPM
0	120V	1.8A	1600
5	120V	2A	1590
10	120V	2.3A	1560
15	120V	3.2A	1520

Nota: En esta tabla se observa los valores obtenidos de la prueba del motor trifásico con sistema de freno.

3.13.2. PRÁCTICA 2 -3 : PUESTA EN MARCHA

Al activar Práctica 2-3, aparece un mensaje indicando que se debe revisar la conexión del motor y cuando este seguro se pulsa aceptar para continuar y se observa en la Figura 64.

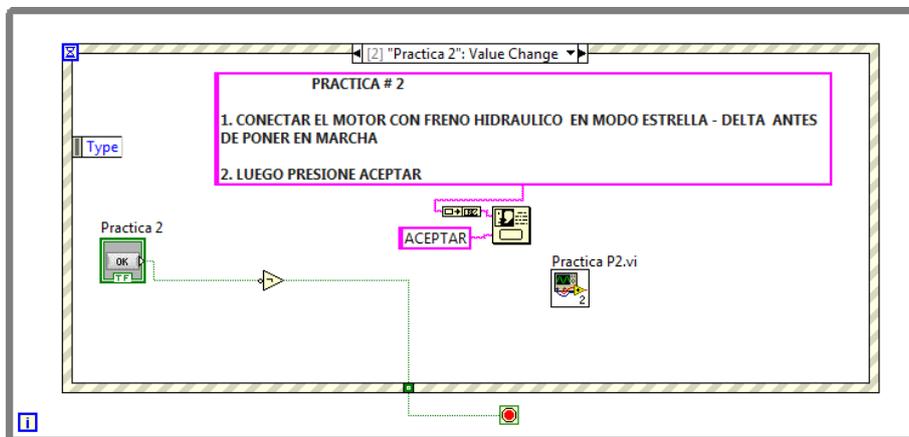


Figura 65: Pantalla diagrama de bloques menú Práctica 2 -3 Labview.

Una vez verificado el estado de la conexión del motor para la Práctica 2 se tiene habilitado el panel frontal para controlar el motor y obtener los parámetros eléctricos. Así mismo se tiene un botón de marcha que al pulsar, activa los contactores K2 y K3 y el motor empieza

a funcionar en modo estrella, luego de un tiempo determinado se desconecta K3 y se activa K4 y el motor se coloca en modo delta.

Para detener el motor pulsamos el botón de Paro. Figura 65.

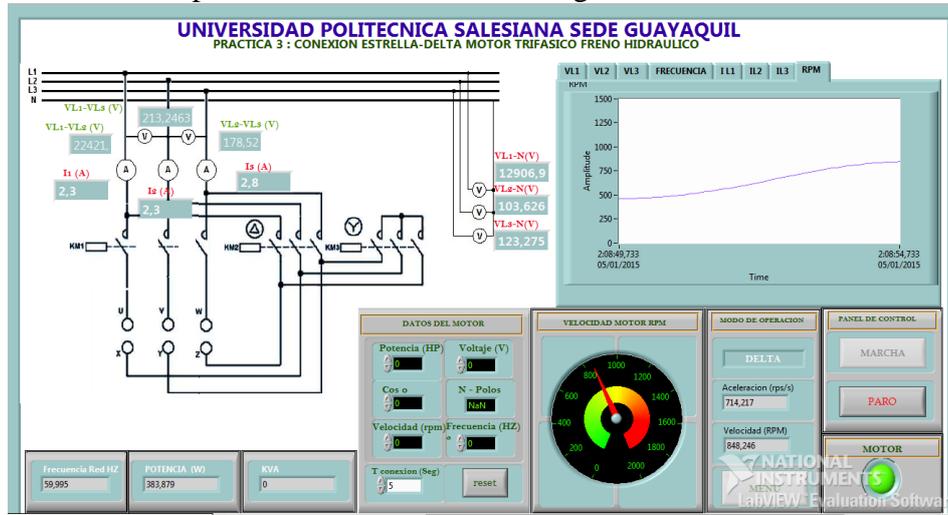


Figura 66: Pantalla panel frontal Práctica 2-3 Labview.

En esta práctica se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 4 Tabla de valores Teórico - Práctico conexión estrella-delta

Presión PSI	Voltaje	Corriente	RPM
0	120V	2A	1600
5	120V	2A	1590
10	120V	2.32A	1560
15	120V	3.17A	1520

Nota: En esta tabla se observa los valores obtenidos de la prueba del motor trifásico con sistema de freno.

3.13.3. PRÁCTICA 4 : PUESTA EN MARCHA

Al activar Práctica 4, aparece un mensaje indicando que se debe revisar la conexión del motor y cuando esté seguro que el motor esté bien conectado se pulsa aceptar para continuar.

Se observa en la Figura 66.



Figura 67: Pantalla diagrama de bloques menú Práctica 4 Labview.

En esta práctica 4 al dar Marcha se activa el contactor K5 que alimenta al motor trifásico conectado en serie a un grupo de resistencia tal como se muestra en la Figura 67. Luego de un tiempo determinado se activa contactor K6 que envía directamente la tensión al motor y elimina el paso de corriente por las resistencias.

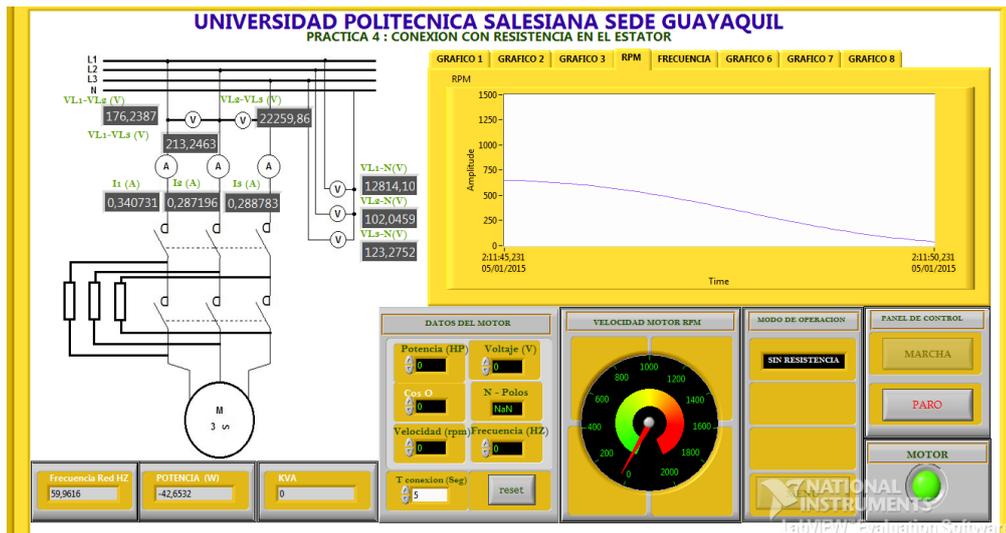


Figura 68: Pantalla panel frontal Práctica 4 Labview.

En esta práctica se obtuvieron los siguientes datos:

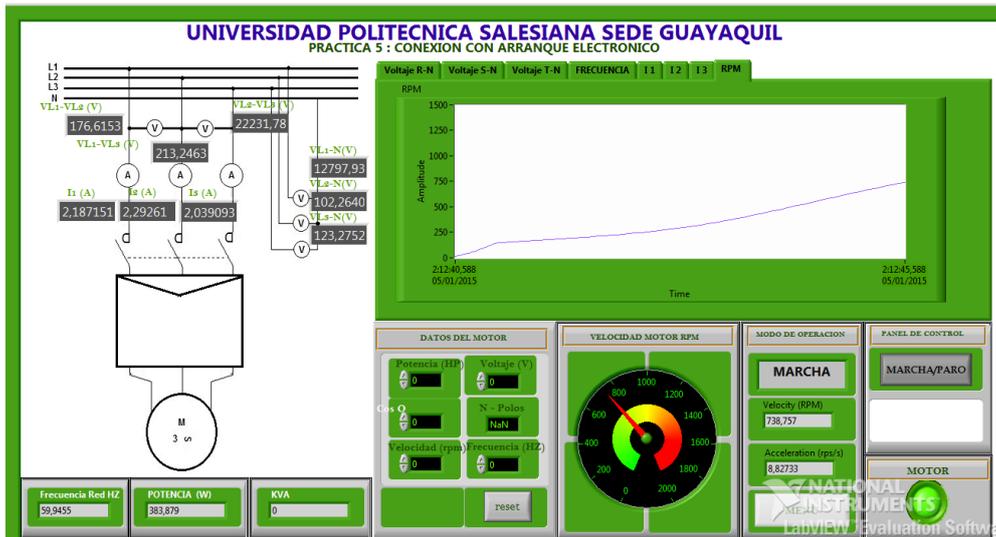


Figura 70: Pantalla panel frontal Práctica 5 Labview.

En esta práctica se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 6 Tabla de valores Teórico - Práctico conexión con arranque electrónico.

Presión PSI	Voltaje	Corriente	RPM
0	120	2	1600
5	120	2.2	1560
10	120	2.32	1520

Nota: En esta tabla se observa los valores obtenidos de la prueba del motor trifásico con sistema de freno.

3.13.5. PRÁCTICA 6 : PUESTA EN MARCHA

Al activar Práctica 6, aparece un mensaje indicando que se debe revisar la conexión del motor y cuando esté seguro de que el motor esté bien conectado se pulsa aceptar para continuar.

Se observa en la Figura 70.

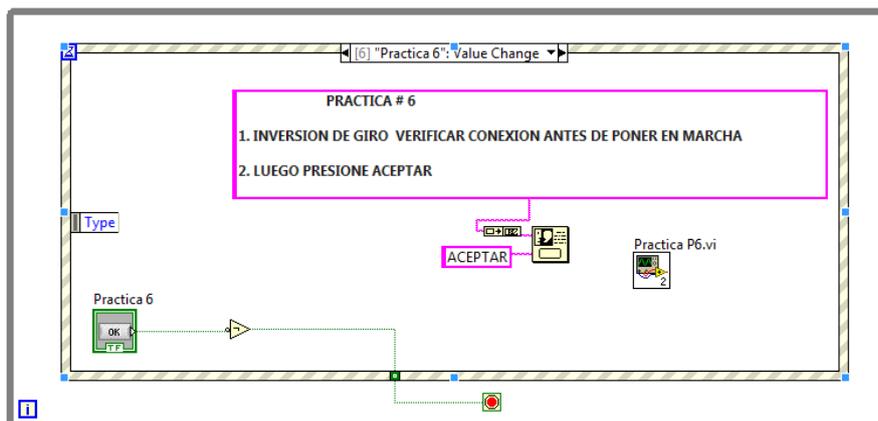


Figura 71: Pantalla diagrama de bloques menú Práctica 6 Labview.

En esta práctica utilizamos dos contactores, al pulsar Marcha se activa K7 y el motor gira para un sentido, después de cierto tiempo se desactiva K7 y se activa K8 que activa el motor para el sentido contrario. Figura 71.



Figura 72: Pantalla panel frontal Práctica 6 Labview.

En esta práctica se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 7 Tabla de valores Teórico - Práctico conexión inversión de giro

Voltaje	Corriente	RPM
220V	2.3	1650 /derecha
220V	2.27	1650/izquierda

Nota: En esta tabla se observa los valores obtenidos de la prueba del motor trifásico con sistema de freno.

3.13.7. PRÁCTICA 7 : PUESTA EN MARCHA

Al activar Práctica 6, aparece un mensaje indicando que se debe revisar la conexión del motor y cuando esté seguro de que el motor esté bien conectado se pulsa en aceptar para continuar. Se observa en la Figura 72.

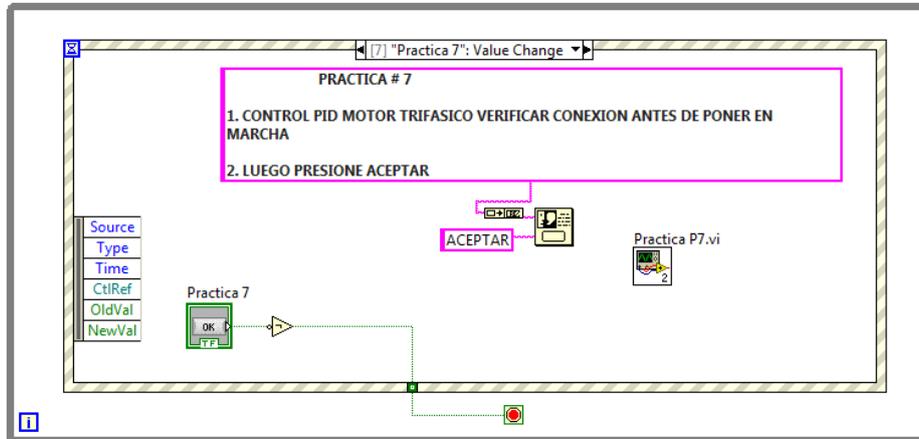


Figura 73: Pantalla diagrama de bloques menú Práctica 7 Labview.

En esta práctica tenemos el control PID del motor trifásico, es decir del control en lazo cerrado del motor. Al dar Marcha el motor empieza con una frecuencia determinada (set point) por medio del variador Siemens G110, al momento de aplicar carga al motor las rpm del motor empiezan a disminuir y el sistema empieza a estabilizar hasta volver a la frecuencia ingresada como set point. Ver Figura 73.

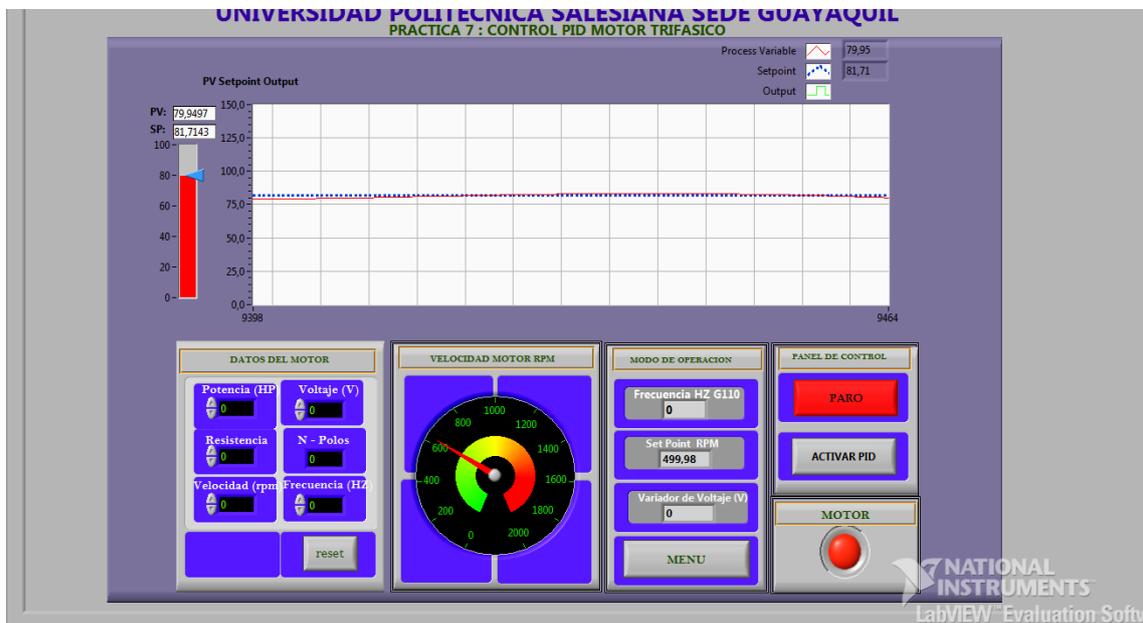


Figura 74: Pantalla panel frontal Práctica 7 Labview.

En la Figura 74, se visualiza la señal de set point que de 24 Hz y la señal de respuesta obtenida a una entrada paso con control PID.

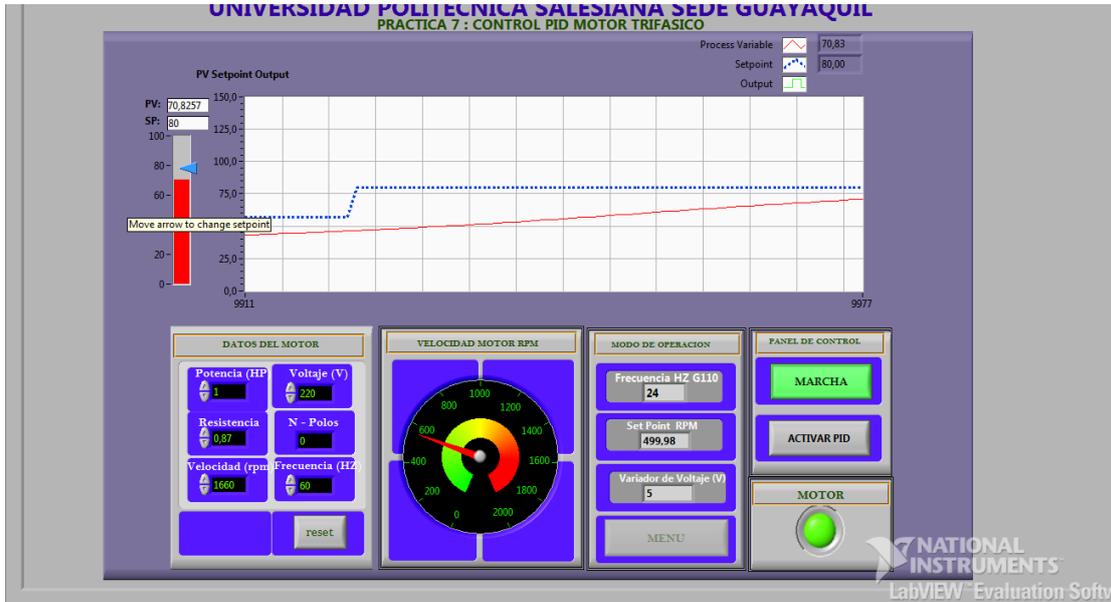


Figura 75: Gráfica control PID práctica 7

3.13.8. PRODUCTO TERMINADO

El banco de prueba tiene 7 tipos de prácticas como se observa en la figura 75, cada práctica tiene su respectivo Led indicador.



Figura 76: Vista externa del banco de pruebas

CAPÍTULO IV: FORMATO DE PRÁCTICAS.

4.1 : FORMATO DE PRÁCTICAS



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

MATERIA MAQUINARIAS ELÉCTRICAS

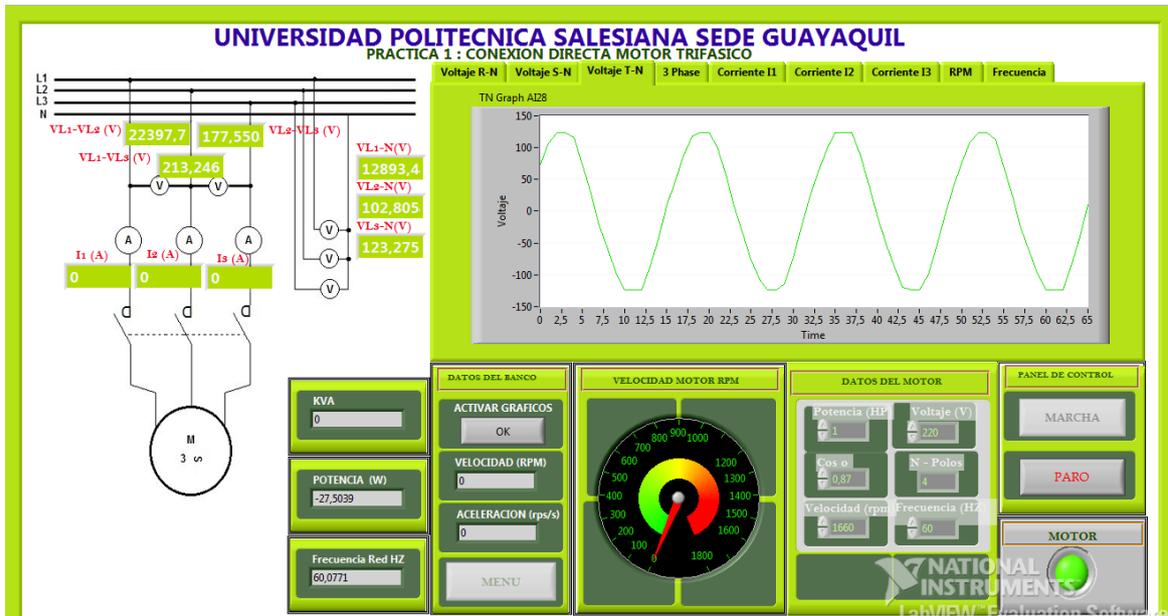
NOMBRE: _____

FECHA: _____

DOCENTE: _____

PRÁCTICA # 1

TEMA : CONEXIÓN DIRECTA MOTOR TRIFÁSICO



OBJETIVO:

- Comprobar el funcionamiento del motor a vacío en conexión directa.
- Comprobar el funcionamiento del motor con sistema de freno hidráulico en conexión directa.
- Obtener los valores de voltaje, corriente y las rpm del motor.

- Elaborar tabla de resultados y porcentajes del motor con carga y sin carga.
- Elaborar tabla de resultados y porcentaje al momento de aplicar el sistema de freno.

INSTRUCCIONES:

Para esta práctica el motor trifásico se conectará directamente, todo será controlado desde la PC, se pulsa el botón Marcha que se indica en la pantalla y el motor trifásico empieza a funcionar en conexión estrella. Para detener el motor se pulsa el botón Paro.

Por seguridad existe botón de paro de emergencia.

DESARROLLO:



1. Obtener los valores de voltaje, corriente y rpm.

Presión(PSI)	Voltaje (VAC)	Corriente(AMP)	RPM
0	220v		
5	220v		
10	220v		
15	220v		

2. Graficar los valores de voltaje, corriente y rpm.



3. Verificar y comprobar las señales obtenidas en la PC



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

MATERIA MAQUINARIAS ELÉCTRICAS

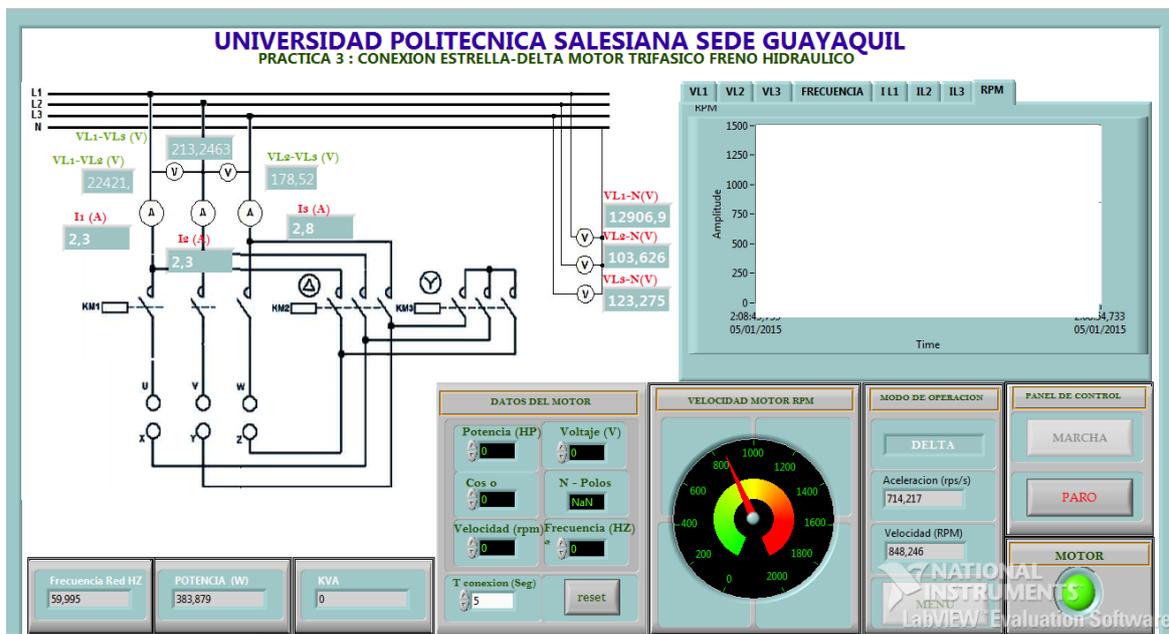
NOMBRE: _____

FECHA: _____

DOCENTE: _____

PRÁCTICA # 2-3

TEMA : CONEXIÓN ESTRELLA - DELTA MOTOR TRIFÁSICO



OBJETIVO:

- Comprobar el funcionamiento del motor sin carga en estrella - delta
- Obtener los valores de voltaje, corriente del motor.
- Elaborar tabla de resultados y porcentajes del motor sin carga.
- Elaborar tabla de resultados.

INSTRUCCIONES:

Para esta práctica el motor trifásico se conectará en estrella-delta, todo será controlado desde la PC, antes de poner en marcha verificar que las conexiones del motor estén correctas, luego se pulsa el botón Marcha que se indica en la pantalla y el motor trifásico empieza a funcionar en conexión estrella. Para detener el motor se pulsa el botón "Paro".

Por seguridad existe botón de "Paro" de emergencia.

DESARROLLO:

1. Obtener los valores de voltaje, corriente y rpm.

Voltaje (VAC)	Corriente(AMP)	RPM
220v		
220v		

2. Graficar los valores de voltaje, corriente y rpm.

3. Verificar y comprobar las señales obtenidas en la PC



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

MATERIA MAQUINARIAS ELÉCTRICAS

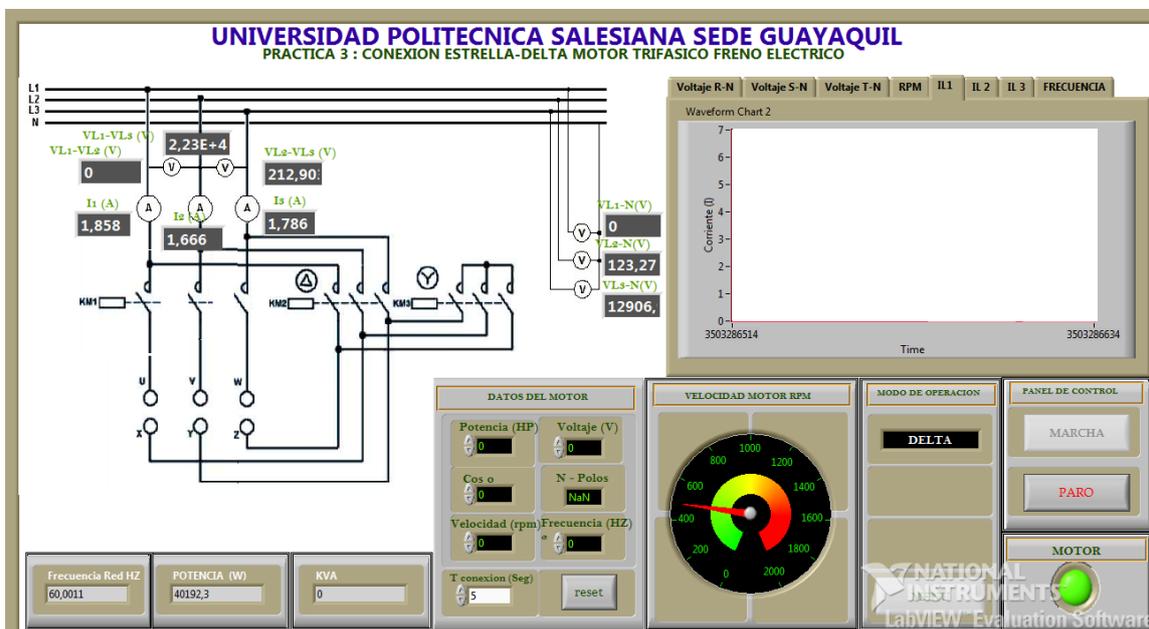
NOMBRE: _____

FECHA: _____

DOCENTE: _____

PRÁCTICA # 4

TEMA : CONEXIÓN MOTOR TRIFÁSICO CON RESISTENCIA EN EL ESTATOR



OBJETIVO:

- Comprobar el funcionamiento del motor del motor con resistencia en el estator.
- Comprobar el funcionamiento del motor con sistema de freno hidráulico en con resistencia en estator.
- Obtener los valores de voltaje, corriente y las rpm del motor.
- Elaborar tabla de resultados y porcentajes del motor con carga y sin carga.

- Elaborar tabla de resultados y porcentaje al momento de aplicar el sistema de freno.

INSTRUCCIONES:

Para esta práctica el motor trifásico se conectará con resistencia en el estator, todo será controlado desde la PC, se pulsa el botón Marcha que se indica en la pantalla y el motor trifásico empieza a funcionar en conexión estrella. Para detener el motor se pulsa el botón Paro.

Por seguridad existe botón de paro de emergencia.

DESARROLLO:

1. Obtener los valores de voltaje, corriente y rpm.

Presión(psi)	Voltaje (VAC)	Corriente(AMP)	RPM
0	220v		
5	220v		
10	220v		
15	220v		

2. Graficar los valores de voltaje, corriente y rpm.
3. Verificar y comprobar las señales obtenidas en la PC



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

MATERIA MAQUINARIAS ELÉCTRICAS

NOMBRE: _____

FECHA: _____

DOCENTE: _____

PRÁCTICA # 5

TEMA : CONEXIÓN ARRANQUE ELECTRÓNICO



OBJETIVO:

- Comprobar el funcionamiento del motor del motor conexión arranque electrónico.
- Comprobar el funcionamiento del motor con sistema de freno hidráulico en con equipo arranque electrónico.
- Obtener los valores de voltaje, corriente y las rpm del motor.
- Elaborar tabla de resultados y porcentajes del motor con carga y sin carga.

- Elaborar tabla de resultados y porcentaje al momento de aplicar el sistema de freno.

INSTRUCCIONES:

Para esta práctica el motor trifásico se conectará con el equipo arrancador electrónico, todo será controlado desde la PC, se pulsa el botón Marcha que se indica en la pantalla y el motor trifásico empieza a funcionar en conexión estrella. Para detener el motor se pulsa el botón Paro.

Por seguridad existe botón de paro de emergencia.

DESARROLLO:

1. Obtener los valores de voltaje, corriente y rpm.

Presión(psi)	Voltaje (VAC)	Corriente(AMP)	RPM
0	220v		
5	220v		
10	220v		
15	220v		

2. Graficar los valores de voltaje, corriente y rpm.
3. Verificar y comprobar las señales obtenidas en la PC



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

MATERIA MAQUINARIAS ELÉCTRICAS

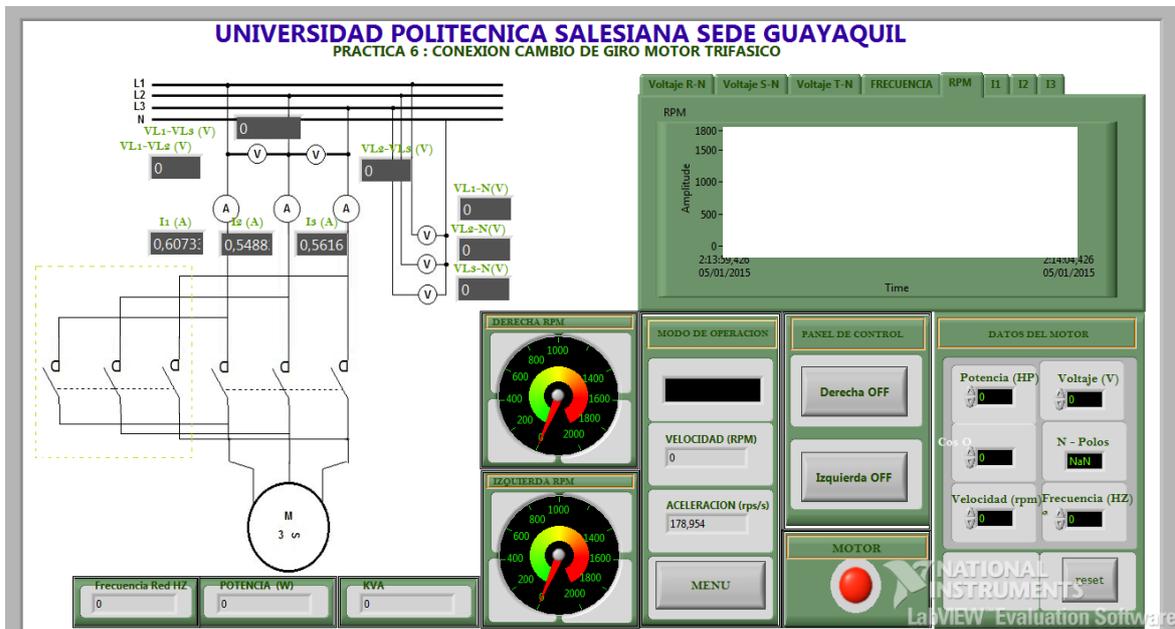
NOMBRE: _____

FECHA: _____

DOCENTE: _____

PRÁCTICA # 6

TEMA : INVERSIÓN DE GIRO MOTOR TRIFÁSICO



OBJETIVO:

- Comprobar el funcionamiento del motor del motor conexión inversión de giro.
- Comprobar el funcionamiento del motor con sistema de freno hidráulico en conexión inversión de giro.
- Obtener los valores de voltaje, corriente y las rpm del motor.
- Elaborar tabla de resultados y porcentajes del motor con carga y sin carga.
- Elaborar tabla de resultados y porcentaje al momento de aplicar el sistema de freno.

INSTRUCCIONES:

Para esta práctica el motor trifásico se conectará en conexión inversión de giro, todo será controlado desde la PC, se pulsa el botón Marcha que se indica en la pantalla y el motor trifásico empieza a funcionar en conexión estrella. Para detener el motor se pulsa el botón Paro.

Por seguridad existe botón de paro de emergencia.

DESARROLLO:

1. Obtener los valores de voltaje, corriente y rpm.

Voltaje (VAC)	Corriente(AMP)	RPM
220v		
220v		

2. Graficar los valores de voltaje, corriente y rpm.

3. Verificar y comprobar las señales obtenidas en la PC



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

MATERIA MAQUINARIAS ELÉCTRICAS

OMBRE: _____

FECHA: _____

DOCENTE: _____

PRÁCTICA # 7

TEMA : CONTROL PID MOTOR TRIFÁSICO



OBJETIVO:

- Comprobar el funcionamiento del motor con sistema de freno hidráulico con control PID..
- Obtener los valores de voltaje, corriente y las rpm del motor.
- Elaborar tabla de resultados y porcentaje al momento de aplicar el sistema de freno.

INSTRUCCIONES:

Para esta práctica se debe poner de referencia o set point el valor de frecuencia 30 hz con el cual el variador G110 empezará a funcionar, todo será controlado desde la PC, se pulsa

el botón Marcha que se indica en la pantalla y el motor trifásico empieza a funcionar a 30 Hz, se aplica carga y se obtiene los valores correspondiente del control. Para detener el motor se pulsa el botón Paro.

Por seguridad existe botón de paro de emergencia.

DESARROLLO:

1. Obtener los valores de voltaje, corriente y rpm.

Frecuencia variador/ set point	Presión(psi)	Voltaje (VAC)	RPM
30 hz	0	220v	
30 hz	5	220v	
30 hz	10	220v	
30 hz	15	220v	

2. Graficar los valores de voltaje, corriente y rpm.

3. Verificar y comprobar las señales obtenidas en la PC

CONCLUSIONES

Después de haber terminado el banco de pruebas para motor trifásico con sistema de freno con la tarjeta de adquisición SBRIO 9631:

1. Los valores adquiridos con la tarjeta de SBRIO son en tiempo real, esto permite visualizar de manera optima las señales de voltaje, corriente y velocidad.
2. La gran cantidad de entradas y salidas analógica y digital que posee esta tarjeta permite controlar el banco desde la PC sin ningún problema.
3. El software que se utiliza es didáctico y el estudiante podrá configurar de manera más factible la SBRIO para obtener las señales deseadas.
4. La implementación del freno hidráulico que permite visualizar el comportamiento con carga del motor trifásico.
5. El manejo de control PID de motor trifásico con variables de frecuencia y velocidad que podrán utilizar a futuro en industrias.

Gracias a este proyecto los estudiantes tendrán modelo de cómo utilizar los componentes para pruebas de motor trifásico, obtendrán bases solidas y conocimientos de diferentes tipos de control que se encuentran en la industria.

RECOMENDACIONES

La implementación de la presente tesis tuvo como objetivo el aprendizaje del comportamiento de los motores trifásicos con freno mecánico que ayudara a simular la carga aplicada al eje del motor, la visión es que sea utilizado en el desarrollo de los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana.

Dentro de las recomendaciones se puede establecer:

1. El banco de pruebas de motor trifásico con sistema de freno debe estar conectado a tierra en perfectas condiciones para la protección de los equipos y el perfecto funcionamiento de los mismos.
2. Leer el manual de prácticas detenidamente antes de utilizar el banco de pruebas.
3. Utilizar con mucho cuidado el sistema de frenado para evitar problemas en el motor.
4. Manejar con cuidado el encoder ya que por mal movimiento se puede alterar su posición y esto no permitiría tener una lectura correcta de las rpm del motor.
5. Este banco de pruebas solo está diseñado para conectar motores hasta 1 hp de potencia.

CRONOGRAMA

ACTIVIDADES	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
	Sep- 2014	oct- 2014	nov- 2014	dic- 2014	ene- 2015	feb- 2015
Diseño de prácticas en Labview						
Diseño e implementación de tarjeta electrónica de acondicionamiento de señales						
Diseño de interfaz electrónica entre circuito de mando y fuerza						
Prueba de los sensores						
Simulación y prueba en labview con los motores trifásicos						
Construcción del banco de prácticas						
Montaje de la circuitería y accesorios en el banco						
Pruebas de funcionamiento						
Diseño de manual de prácticas y manual de protección						
Desarrollo de la monografía						

PRESUPUESTO

A continuación se detalla mediante la Tabla los gastos generados en la implementación del proyecto de tesis.

Tabla 8 Presupuesto.

No.	Equipo1	Cantidad	Valor c/u \$	Total \$
1	Tarjeta NI SBRIO -	1	1,500.00	1,500.00
2	Arrancador Electrónico - 22A200 480V	1	250.00	250.00
3	Borneras	10	0.70	7.00
5	Canaleta Ranurada 2mts	3	7.27	21.81
6	Contactador Térmico de Protección 12.5 ^a	1	39.60	39.60
7	Contactores siemens 12A trifásicos	10	26.00	260.00
8	Contactos Auxiliares Siemens	10	9.00	90.00
9	Elaboración del tablero	1	750.00	750.00
10	Encoder Instrumental Autonic 600P/R	2	180.00	360.00
12	Gastos varios	1	200.00	200.00
13	Motor trifásico 1 HP 1644RPM marca siemens 220v	1	168.00	168.00
15	Relé siemens con base riel din 4 polos	5	18.00	90.00
16	Riel din 2mts	3	3.00	9.00
17	Sistema de freno hidráulico	1	423.00	423.00
18	Sensores Voltaje, Corriente, torque	3	50.00	150.00
			Total	\$ 4,333.41

Nota: Valores aportado para la implementación del banco de prueba.

REFERENCIAS

- Boix Aragonès, O. V. (12 de marzo de 2010). *Guarda Motor*. Obtenido de Videoteca UPC:
<http://upcommons.upc.edu/video/handle/2099.2/1602?locale=es>
- Cobo, R. (2008 de octubre de 2008). *control PID*. Obtenido de ABC de la automatizacion:
<http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/pid.pdf>
- Corporation, N. i. (12 de febrero de 2015). *FPGA*. Obtenido de National Instrument:
<http://www.ni.com/fpga/esa/>
- Corporation, N. I. (12 de febrero de 2015). *NI sbRIO-9631*. Obtenido de National Instrument: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/205894>
- Corporation, O. (15 de enero de 2007). *Rotary Encoders*. Obtenido de Omron:
<https://www.ia.omron.com/products/category/sensors/rotary-encoders/>
- Entreprise.Co, H. L. (2011). *transformador de corriente*. Obtenido de
<http://www.metermovement-shunt.com/es/current-transformer.html>
- fairchildsem. (enerp de 1999). *CD4050BC*. Obtenido de
www.fairchildsemi.com/datasheets/CD/CD4049UBC.pdf
- Fritec. (2013). *Principios Básicos: FUNCIONAMIENTO DEL FRENO HIDRAULICO*. Obtenido de Fritec: <http://tusfrenos.mx/principios-basicos-funcionamiento-del-freno-hidraulico/>
- Lawrie, R. J. (2007). *Biblioteca práctica de motores electricos*. Barcelona: Grupo Editorial Océano.
- Siemens. (2009). *Arrancadores suaves*. Obtenido de
http://media.automation24.com/manual/es/38752095_Manual_SIRIUS_softstarter.pdf
- Siemens. (2009). *Variadores de Velocidad SINAMICS G110*. Obtenido de Siemens:
<http://industria.siemens.com.mx/Motores/variadoresdevelocidadg110.html>

ANEXOS

Diagrama de Mando Banco de pruebas.

CONTROL DE MANDO BANCO DE PRUEBAS MOTOR TRIFASICO

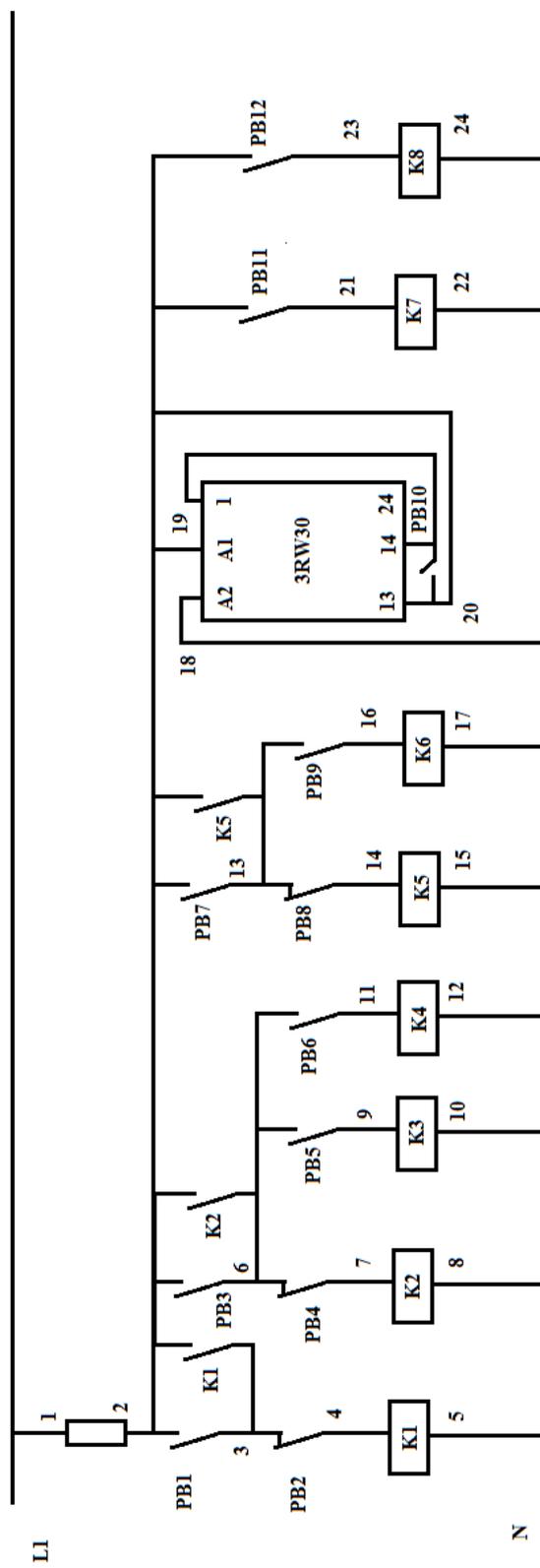
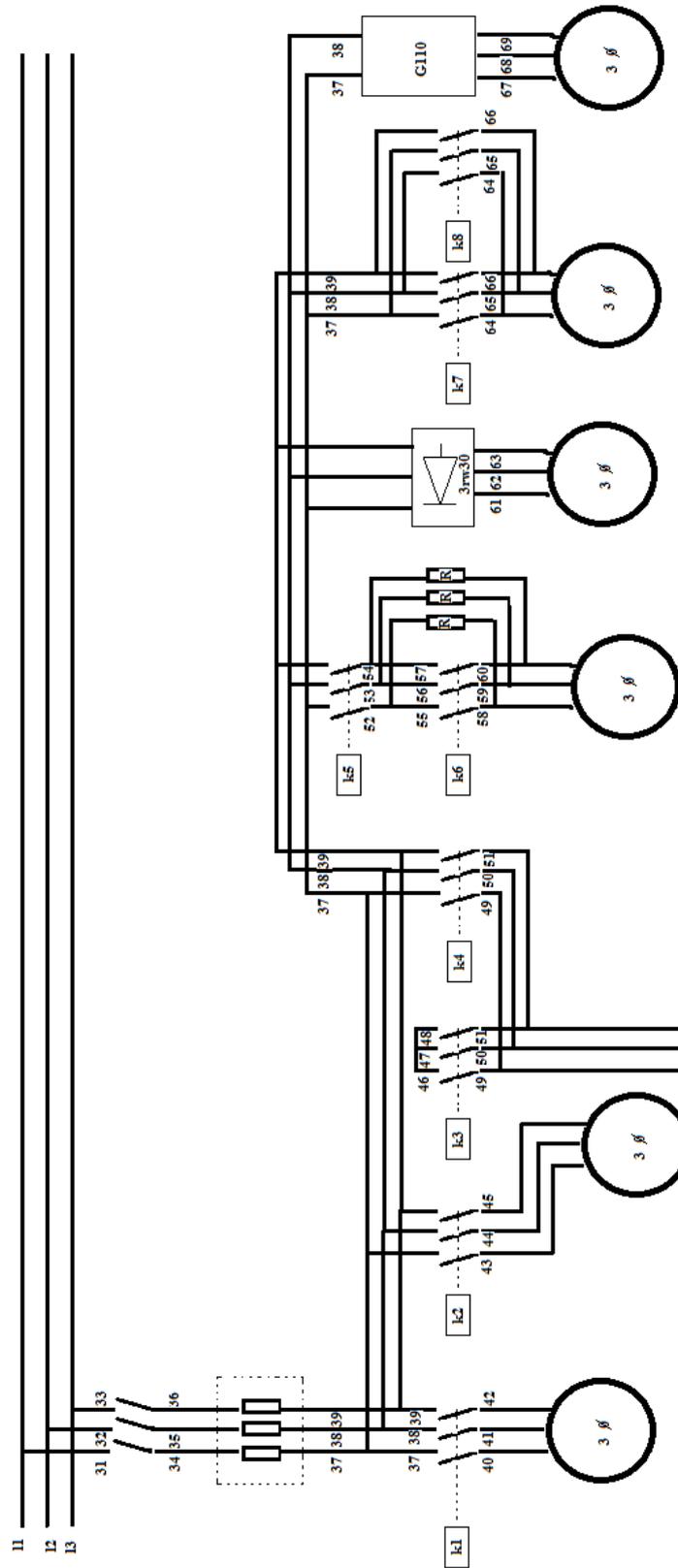
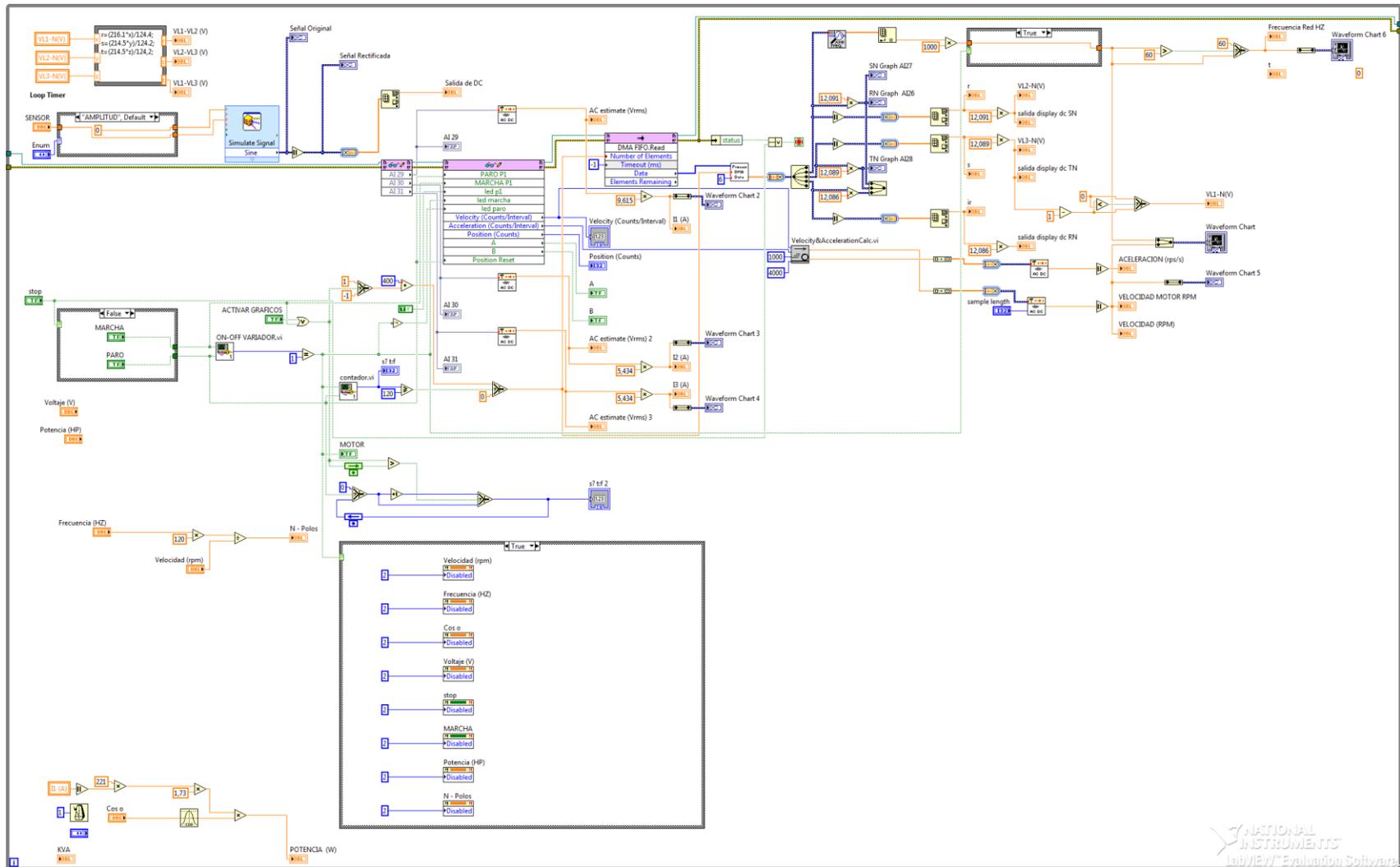


Diagrama de Fuerza Banco de pruebas.

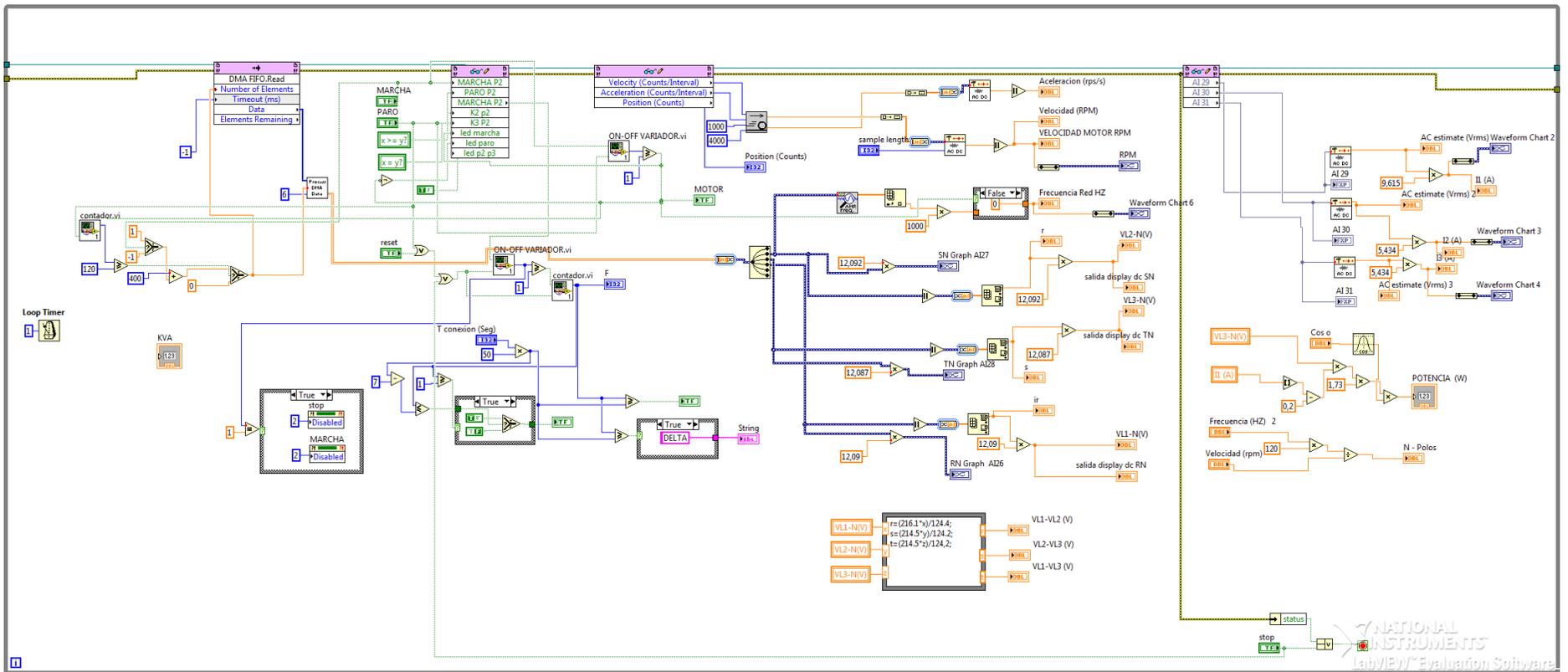
DIAGRAMA DE FUERZA BANCO DE PRUEBAS



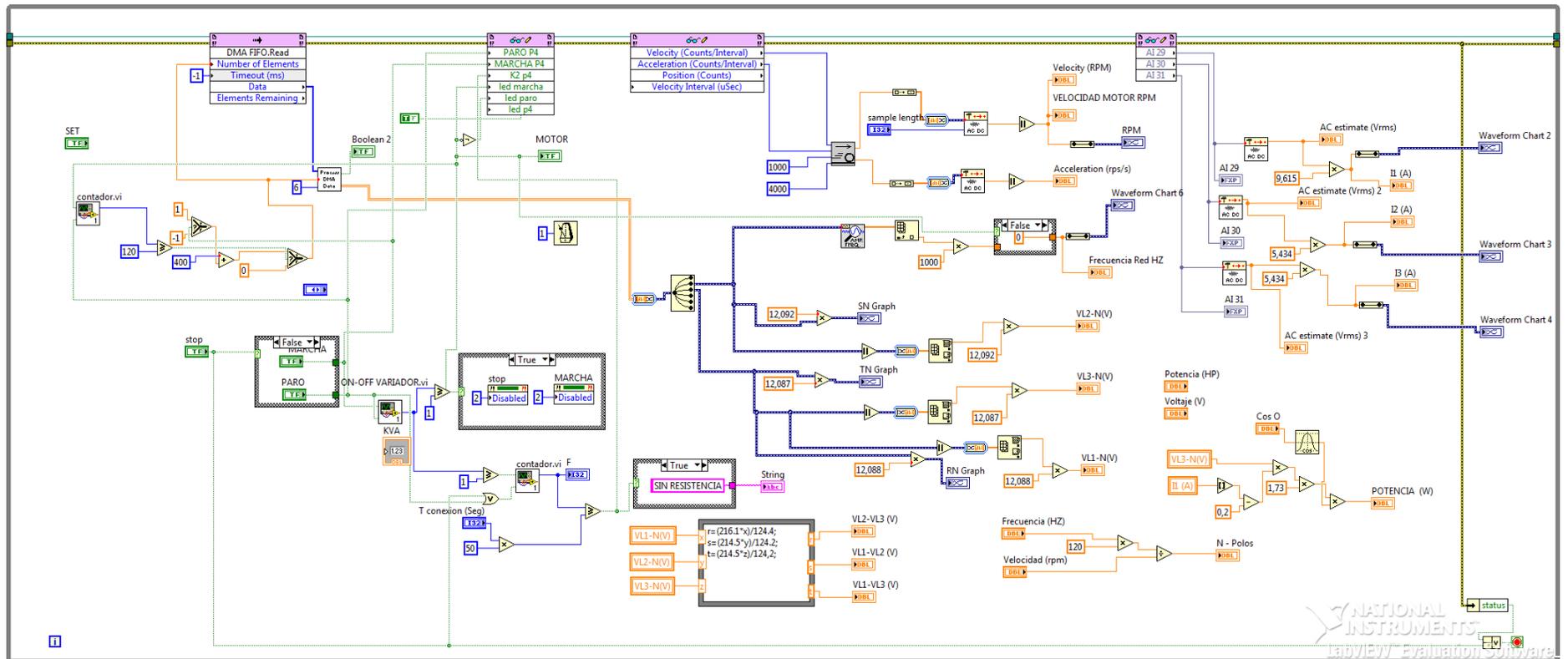
Práctica - 1



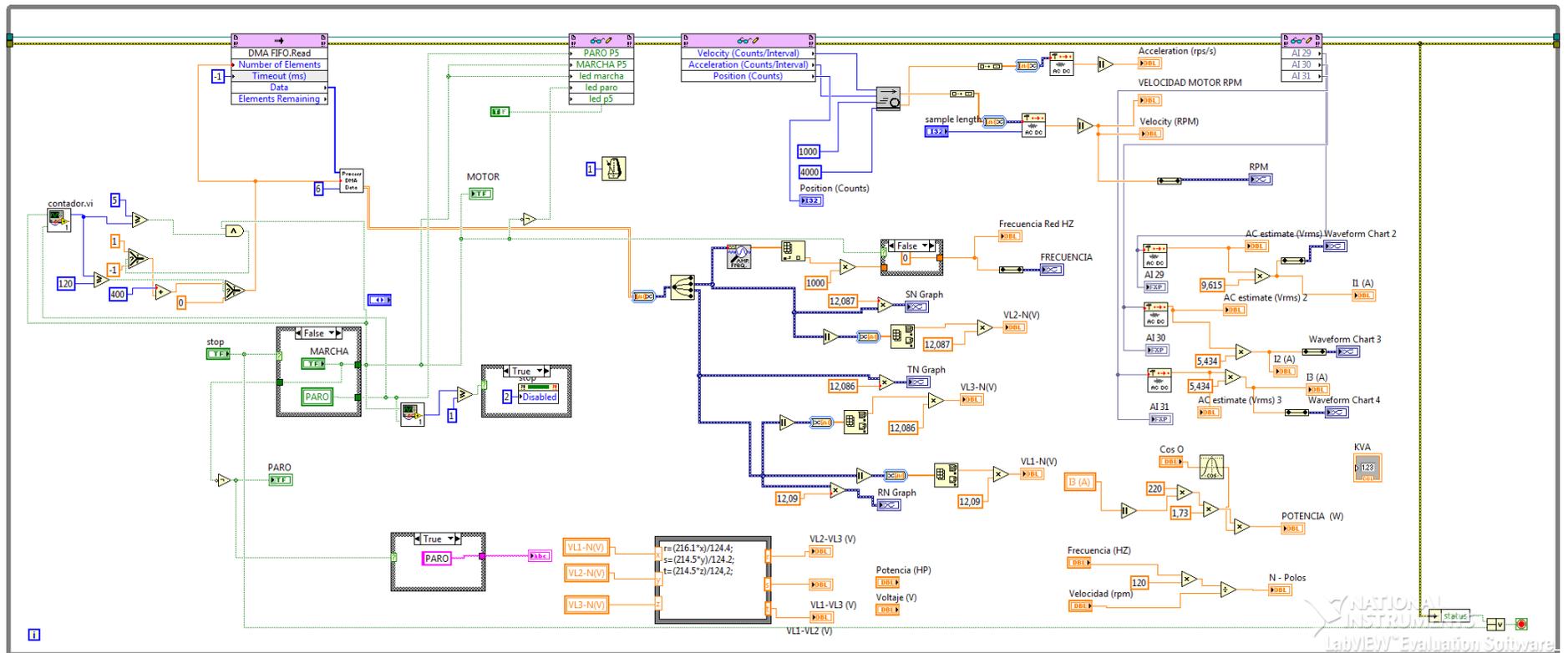
Práctica 2 - 3



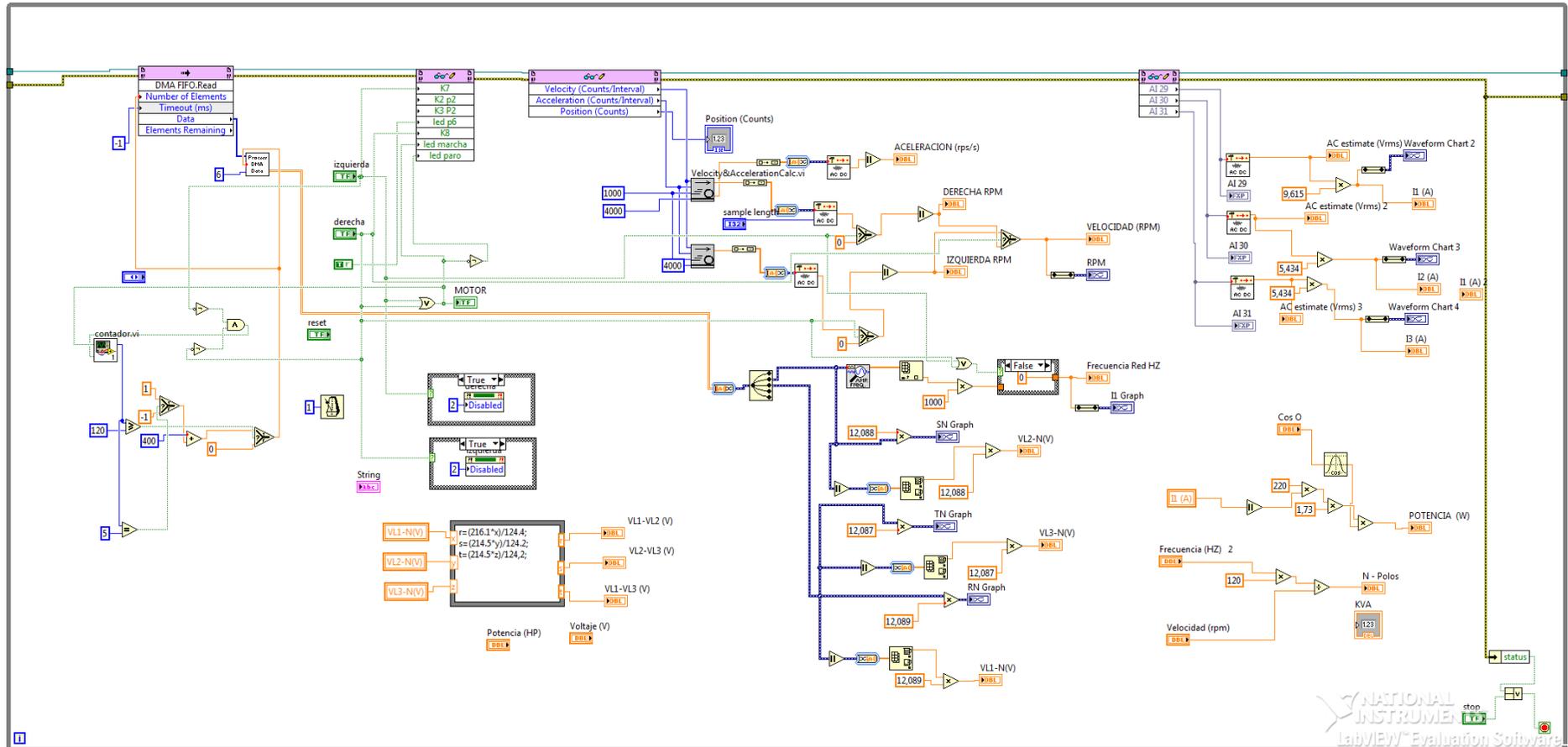
Práctica - 4



Práctica - 5



Práctica - 6



Práctica - 7

