

# **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**FACULTAD DE INGENIERIAS**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO  
ENTRENADOR PARA SISTEMA DE CONTROL, INVERSIÓN  
DE GIRO, REGULACIÓN DE VELOCIDAD Y FRENADO PARA  
MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA”**

**TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
ELÉCTRICO**

**AUTORES:**

Wilson Vera Alejandro

Guido Conza Iñiguez

**DIRECTOR: ING. NINO VEGA**

**GUAYAQUIL, JUNIO DEL 2012**

## DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Wilson Vera Alejandro y Guido Conza Iñiguez declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual por su reglamento y por su normatividad institucional vigente

---

Wilson Vera Alejandro

Ced. 0908216567

---

Guido Conza Iñiguez

Ced. 0918720673

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Wilson Vera Alejandro y Guido Conza Iñiguez, bajo mi supervisión

---

Ing. Nino Vega

**DIRECTOR DE PROYECTO**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a nuestros padres que nos han guiado por el camino del bien y por brindarnos la oportunidad de superarnos.

A todas las personas que colaboraron para que este proyecto sea una realidad.

Agradecemos profundamente a las autoridades y maestros de nuestra querida Universidad, que mediante su dedicación, disciplina y conocimientos, lograron formarnos como profesionales.

Agradecemos a nuestro asesor, que con su experiencia y sabiduría nos guio durante el desarrollo del proyecto.

Wilson Vera Alejandro

Guido Conza Iñiguez

## **DEDICATORIA.**

A mi madre, la Sra. Petra Alejandro Anastasio, a mi esposa. la Lcda. Francisca Contreras y especialmente para mi hijo Danny Vera, le dedico este proyecto como una pequeña muestra de amor y cariño, por su apoyo incondicional en una nueva faceta de mi vida y por ser un ejemplo de perseverancia

GRACIAS.

Wilson Vera Alejandro

En primer lugar agradezco a Dios por haberme guiado por el camino de la felicidad hasta ahora; en segundo lugar a cada uno de los que son parte de mi familia, mi padre, el Sr. Polibio Conza, mi madre, la Sra. Martha Iñiguez, mi Esposa y a mi hijo, por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional que me han ayudado y llevado hasta donde estoy ahora.

Guido Conza Iñiguez.

## CONTENIDO

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD.....	I
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
DEDICATORIA.....	IV
CONTENIDO.....	V
ÍNDICE GENERAL.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII

## ÍNDICE

### CAPITULO I

<b>INTRODUCCION</b> .....	1
1.1 Tema del proyecto.....	2
1.2 Objetivos .....	2
1.2.1 Objetivo General .....	2
1.2.2 Objetivos Específicos.....	3

### CAPÍTULO II

<b>FUNDAMENTACIÓN TEÒRICA</b> .....	4
2.1 Introducción.....	4
2.2. Sistema de control para motores de cc .....	4
2.3 Motores de corriente continua .....	5
2.4 Encoder 500 pulsos.....	11
2.5 Variador de velocidad para motor de cc.....	12
2.6 Router wireless.....	13
2.7 Software de implementación.....	17
2.8 N Sb-Rio.....	19

### CAPÍTULO III:

<b>DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO ENTRENADOR</b>	25
3.1 Componentes del sistema .....	25
3.2 Descripción del sistema .....	26
3.2.1 Adquisición de datos .....	27
3.2.2 Procesamiento de datos.....	29
3.2.3 Acciones y conexiones.....	29

3.3 Implementación .....	31
3.4 Diseño y estandarización del módulo entrenador .....	31
3.4.1 Diseño de distribución de alimentación.....	34
3.4.2 Diseño de las resistencias limitadoras.....	35
3.4.3 Selección de la fuente de alimentación DC.....	36
3.4.4 Selección de los pulsantes.....	37
3.4.5 Selección del driver DC .....	38
3.5 Diseño de tarjeta amplificadora.....	38
3.6 Diseño de transductores.....	43
3.6.1 Diseño de transductor de voltaje DC.....	43
3.6.2 Diseño de transductor de corriente DC.....	45
3.6.3 Diseño de transductor de encoder.....	46
3.6.4 Diseño de transductor de voltaje AC.....	47
3.6.5 Diseño de transductor de corriente AC.....	48
3.6.6 Diseño de transductor de voltaje y corriente generado .....	49
3.7 Conexión de motores.....	53
3.8 Distribución de señales con respecto a los rack.....	57
3.9 Planos eléctricos.....	61
3.10 Implementación del programa.....	67
3.11. Implementación del software en módulo entrenador.....	80
3.12 Pasos para el uso diario del equipo.....	80
3.12.1 Puesta en marcha de la Práctica 1.....	86
3.12.2 Puesta en marcha de la Práctica 2.....	88
3.12.3 Puesta en marcha de la Práctica 3.....	92
3.12.4 Puesta en marcha de la Práctica 4.....	94

3.12.5 Puesta en marcha de la Práctica 5.....	96
3.13 Análisis de costo del módulo entrenador.....	101
 <b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>103</b>
 4.1 Conclusiones.....	 103
4.2 Formato de prácticas.....	104
4.3 Bibliografía.....	118

## ÍNDICE FIGURAS

Figura 2.1 ley de Lorentz.....	5
Figura 2.2 Regla de la mano izquierda.....	6
Figura 2.3 Diagrama de funcionamiento de motor DC.....	6
Figura 2.4 Diagrama del efecto FEM.....	7
Figura 2.5 Rotor.....	8
Figura 2.6 Estator con bobina independiente.....	9
Figura 2.7 Estator imán permanente .....	10
Figura 2.8 Diseño de polos.....	10
Figura 2.9 Encoder.....	11
Figura 2.10 Router TH-R300N.....	14
Figura 2.11 Alcance Router TL-WR741ND .....	15
Figura 2.12 Tipos de señales Router TL-WR741ND.....	16
Figura 2.13 Comunicación Router TL-WR741ND.....	17
Figura 2.14 Ancho de banda Router TL-WR741ND.....	17
Figura 2.15 Configuración Router TL-WR741ND.....	18
Figura 2.16 NI Single-Board RIO.....	20
Figura 2.17 Diagrama localizador de partes .....	21
Figura 2.18. Administrar y escribir todo el código para el procesador...	22
Figura 3.1 Diagrama de implementación.....	27

Figura 3.2 Protección contra remanencia.....	29
Figura 3.3 Diagrama esquemático del proyecto.....	31
Figura 3.4a Dimensiones lateral del armario.....	32
Figura3.4b Dimensiones frontal del armario .....	32
Figura3.4c Selector y pulsante.....	33
Figura3.5 Armario.....	33
Figura3.6 Ingreso de energía .....	34
Figura3.7 Fusibles de protección.....	35
Figura3.8 Resistencias de frenado.....	36
Figura3.9 Fuente de 24v.....	36
Figura3.10 Botoneras .....	37
Figura3.11 Driver.....	38
Figura 3.12 Diagrama de salida.....	39
Figura 3.13 Tarjeta amplificadora.....	39
Figura 3.14 Diseño de la tarjeta interfaz frontal.....	40
Figura 3.15 Diseño de la tarjeta interfaz posterior.....	41
Figura 3.16 Circuito equivalente del integrado MCT6.....	41
Figura 3.17 Transistor 2N3904.....	42
Figura 3.18 Instalación de relés.....	42
Figura 3.19 Instalación de contactores.....	43
Figura 3.20 Circuito de transductor de voltaje.....	43

Figura 3.21 Circuito de transductor de corriente.....	45
Figura 3.22 Resistencia Shunt.....	46
Figura 3.23 Circuito de salida del encoder.....	47
Figura 3.24 Circuito de voltaje AC.....	48
Figura 3.25 Instalación del sensor de corriente.....	48
Figura 3.26 Transductores del motor usado como generador.....	49
Figura 3.27 Resistencia de carga del generador.....	50
Figura 3.28 Tarjeta transductora.....	51
Figura 3.29 Diseño de la tarjeta de transductores frontal.....	52
Figura 3.30 Diseño de la tarjeta de transductores posterior.....	53
Figura 3.31 Conector de motores.....	54
Figura 3.32 Configuración del motor DC.....	54
Figura 3.33 Motor DC.....	55
Figura 3.34 Motor Universal .....	56
Figura 3.35. Motor AC.....	57
Figura 3.36 Tarjeta SB-Rio.....	57
Figura 3.37 Conector P3 3.3v I/O Digitales .....	58
Figura 3.38. Rack 3 entradas y salidas digitales.....	58
Figura 3.39 Conector J7 I/O análogas.....	60
Figura 3.40. Rack 2 entradas y salidas análogas.....	60
Figura 3.41a Entradas digitales.....	62
Figura 3.41b Tarjeta de salidas digitales.....	63

Figura 3.42 Conexión tarjeta-rele-contactor .....	64
Figura 3.43 Diagrama de fuerza.....	65
Figura 3.44 Tarjeta de Transductores.....	66
Figura 3.45 Nuevo Proyecto.....	67
Figura 3.46 Selección de la Sb Rio.....	68
Figura 3.47 Árbol de la Sb Rio.....	69
Figura 3.48 Creación de entradas y salidas.....	70
Figura 3.49 Selección de entradas y salidas .....	70
Figura 3.50 Fotograma.....	71
Figura 3.51 Apagado de salidas.....	71
Figura 3.52 Espera del paro del motor.....	72
Figura 3.53 Pulsación de la práctica .....	72
Figura 3.54 Segunda secuencia del programa.....	73
Figura 3.55 Espera de la marcha.....	73
Figura 3.56 Visualización de pulsante y selector.....	74
Figura 3.57 Activación de salidas.....	74
Figura 3.58 Pulsación del paro del sistema.....	75
Figura 3.59 Generador de onda cuadrada.....	75
Figura 3.60 Slider de control de voltaje.....	76
Figura 3.61 Valor del control de voltaje.....	76
Figura 3.62 Slider de control de voltaje.....	76
Figura 3.63 Apagado de salidas.....	77

Figura 3.64 Activación de salidas 4.....	77
Figura 3.65 Apagado de salidas generales.....	77
Figura 3.66 Visualización se señales análogas.....	78
Figura 3.67 Visualizadores de voltaje, corriente y potencia.....	78
Figura 3.68 Pantalla principal.....	79
Figura 3.69 Activación de salidas 4 .....	79
Figura 3.70 Ingreso a práctica 1 (a) .....	80
Figura 3.71 Ingreso a práctica 1 (b).....	81
Figura 3.72 Ingreso a práctica 1 (c).....	81
Figura 3.73 Ingreso a práctica 1 (d).....	82
Figura 3.74 Ingreso a práctica 1 (e).....	82
Figura 3.75 Ingreso a práctica 1 (f).....	83
Figura 3.76 Ingreso a práctica 1 (g).....	84
Figura 3.77 Ingreso a práctica 1 (h).....	84
Figura 3.78 Ingreso a práctica 1 (i).....	85
Figura 3.79 Ingreso a práctica 1 (j).....	85
Figura 3.80 Ingreso a práctica 1 (k).....	86
Figura 3.81 Conexión serie del motor.....	86
Figura 3.82 Ingreso a práctica 1.....	88
Figura 3.83 Conexión motor giro derecha.....	89
Figura 3.84 Ingreso a práctica 2 .....	90
Figura 3.85 Conexión motor giro izquierda .....	91

Figura 3.86 Ingreso a práctica 2 .....	91
Figura 3.87 Conexión motor como generador.....	92
Figura 3.88 Ingreso a práctica 3.....	93
Figura 3.89 Conexión serie motor.....	94
Figura 3.90 Ingreso a práctica 4.....	95
Figura 3.91 Conexión paralelo motor.....	96
Figura 3.92 Conexión Motor universal en DC.....	97
Figura 3.93 Ingreso a práctica 5 señal de voltaje DC.....	98
Figura 3.94 Ingreso a práctica 5 señal de corriente DC.....	98
Figura 3.95 Conexión Motor universal en AC.....	99
Figura 3.96 Ingreso a práctica 5 señal de voltaje AC.....	100
Figura 3.97 Ingreso a práctica 5 señal de corriente DC.....	100
Figura 4.1 Conexión del motor DC.....	105
Figura 4.2 Simulación de Práctica 1 (a).....	105
Figura 4.3 Simulación de Práctica 1 (b).....	106
Figura 4.4 Simulación de Práctica 1 (c).....	107
Figura 4.5 Simulación de Práctica 1 (d).....	107
Figura 4.6 Simulación de Práctica 2 (a).....	109
Figura 4.7 Simulación de Práctica 3.....	109
Figura 4.8 Simulación de Práctica 4 (a).....	110
Figura 4.9 Simulación de Práctica 4 (b).....	112
Figura 4.10 Simulación de Práctica 5 .....	112

Figura 4.11 Simulación de Práctica 4 (a).....	114
Figura 4.12 Simulación de Práctica 4 (b).....	115
Figura 4.13 Simulación de Práctica 5.....	117

### ÍNDICE TABLAS

Tabla 3.1: Entradas Digitales.....	59
Tabla 3.2: Salidas Digitales .....	59
Tabla 3.3 : Entradas y salidas análogas.....	61
Tabla 3.4 : Presupuesto.....	102

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 TEMA DEL PROYECTO:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO ENTRENADOR PARA SISTEMA DE CONTROL, INVERSIÓN DE GIRO, REGULACIÓN DE VELOCIDAD Y FRENADO PARA MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA”**

Esta Tesis tiene la finalidad de implementar un nuevo sistema de prácticas para el área de Laboratorio de Instalaciones Eléctricas Industriales. Este módulo entrenador utilizará nuevos dispositivos electrónicos que permitan una mejor visualización y control de las prácticas a realizar como son las pruebas de inversión de giro y regulación de velocidad de motores DC. La construcción de este módulo ayudará a la Universidad a realizar una renovación de los equipos que se encuentran actualmente en este Laboratorio.

El banco didáctico contará con drivers, variadores de velocidad DC, motores de 1/2 HP de corriente continua, transductores de voltaje y corriente. (Tarjeta de adquisición de datos), sensores de RPM, software que permitirá visualizar las variables y una tarjeta amplificadora de señal.

Todos estos equipos estarán instalados en una maqueta en la cual las variables son voltaje, corriente y rpm (revoluciones por minuto). Estas señales ingresarán por medio de los transductores a la tarjeta de adquisición de datos y esta a su vez se conectará con el software LabView para ser visualizadas en un PC. Se desarrollaran

varias pantallas que presentarán un menú de opciones para el accionamiento del sistema.

Toda esta información podrá ser visualizada en los computadores del laboratorio mediante una red interna.

Las prácticas son aplicables únicamente para motores de corriente continua, teniendo presente que dichas simulaciones deben ser revisadas por el catedrático antes de ser aplicadas.

Con la Implementación de este módulo entrenador en el laboratorio de instalaciones eléctricas industriales, se podrán realizar las siguientes pruebas:

- ✓ Arranque automático con resistencias limitadoras. Frenado dinámico.
- ✓ Arranque e inversión del sentido de giro de un motor de corriente continua.
- ✓ Ensayo de un generador serie.
- ✓ Ensayo de motor shunt y serie,
- ✓ Ensayo de un motor universal.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo General**

Diseñar e implementar un módulo entrenador funcional utilizando Single-Board RIO de National Instruments, un equipo de fácil manejo y amplio espectro de aplicaciones para el Laboratorio de Instalaciones Eléctricas Industriales, teniendo en cuenta las necesidades y especificaciones de las máquinas y equipos existentes. El Módulo Entrenador a diseñar e implementar, servirá únicamente para realizar prácticas orientadas al control de motores de corriente continua.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

El módulo entrenador constará con una tarjeta Single-Board RIO de National Instruments la cual posee su respectivo Software.

El módulo entrenador se basará en los siguientes objetivos específicos:

- Diseño, implementación y comprobación de un banco de pruebas para Motores de Corriente Continua
- Desarrollar prácticas con su respectiva guía para la utilización del Módulo Entrenador.
- Realizar el Software de control de cada una de las prácticas a desarrollar.
- Establecer una comunicación Hardware – Software para poder visualizar las variables eléctricas en cada una de las prácticas a desarrollar.
- Diseñar y construir un tablero donde se ubiquen cada uno de los elementos y equipos utilizados al momento de realizar las prácticas.
- Elaborar y entregar adecuadamente los planos y especificaciones de los equipos utilizados.
- Diseñar e implementar tarjetas electrónicas que permitan la adquisición de las variables eléctricas.

## CAPÍTULO II

### FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 2.1 Introducción

La utilización de este módulo entrenador permitirá al estudiante consolidar de forma práctica sus conocimientos teóricos sobre las distintas conexiones para motores de corriente continua analizados durante el curso de Electrónica de Potencia.

Adicionalmente conocerá algunas de las aplicaciones sobre la adquisición de datos, los cuales son utilizados en el control y supervisión de procesos industriales y con un mayor auge en las máquinas eléctricas, logrando así la formación básica para un desempeño profesional satisfactorio en esta área de alta demanda en la industria de manufactura Nacional.

#### 2.2. Sistema de control para motores de corriente continua.

Para un motor de corriente continua se pueden realizar los siguientes sistemas de control:

- ✓ Control de marcha y paro en un solo sentido.
- ✓ Control de sentido de giro.
- ✓ Control de velocidad del motor.

### 2.3 Motores de corriente continua.

El funcionamiento de todo motor se basa en la fuerza de Lorentz

Cuando una carga eléctrica en movimiento, se desplaza en una zona donde existe un campo magnético, además de los efectos regidos por la ley de Coulomb, se ve sometida a la acción de una fuerza.

Supongamos que una carga  $Q$ , se desplaza a una velocidad  $v$ , en el interior de un campo magnético  $B$ . Este campo genera que aparezca una fuerza  $F$ , que actúa sobre la carga  $Q$ , de manera que podemos evaluar dicha fuerza por la expresión:

$$\vec{F} = Q \vec{v} \times \vec{B}$$

Como la fuerza es el resultado de un producto vectorial, será perpendicular a los factores, es decir, a la velocidad y al campo magnético. Al ser perpendicular a la velocidad de la carga, también lo es a su trayectoria, por lo cual dicha fuerza no realiza trabajo sobre la carga, lo que supone que no hay cambio de energía cinética, o lo que es lo mismo, no cambia el módulo de la velocidad. La única acción que se origina, cuando la partícula entra en el campo magnético, es una variación de la dirección de la velocidad, manteniéndose constante el módulo.

Este cambio de dirección es debido a que la fuerza que aparece va a actuar como fuerza centrípeta, originando un movimiento de rotación de la partícula en el interior del campo magnético. En la figura 2.1, observamos la fuerza producida, que es la que originará ese cambio de dirección.  $B$  representa al campo, cuyo sentido es hacia el interior de la página.  $F$  es la fuerza, que posee dirección radial, es decir, actúa como fuerza central y,  $v$  es la velocidad de la carga.

En la siguiente imagen, se observa el fenómeno en su totalidad. Vemos distintas cargas, positivas y negativas, que se introducen en el interior de un campo magnético y, automáticamente, adquieren un movimiento circular por la acción de la fuerza



Figura 2.1 ley de Lorentz

Fuente: <http://usuarios.multimania.es/pefeco/lorentz/fuerzalorentz.htm>

Existe una regla muy sencilla para obtener la dirección, obvia por ser el resultado de un producto vectorial, y el sentido de la fuerza que actúa sobre la carga. Se conoce con el nombre de la "Regla de la mano izquierda". Tal y como vemos en la figura, si colocamos los dedos de la mano izquierda pulgar, índice y medio, abiertos y perpendiculares entre sí, cada uno de ellos señala uno de los vectores:

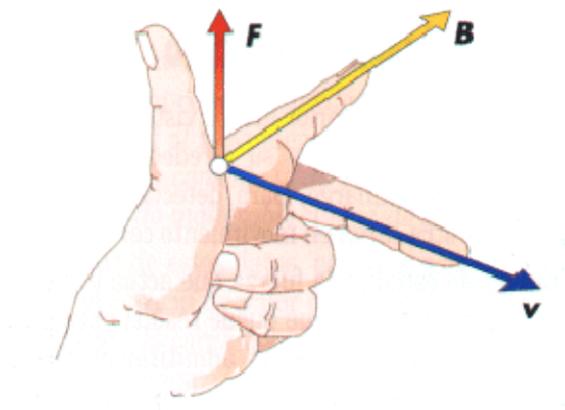


Figura 2.2 Regla de la mano izquierda

Fuente: <http://usuarios.multimania.es/pefeco/lorentz/fuerzalorentz.htm>

A continuación se explica la utilización de la ley en los motores de corriente continua.

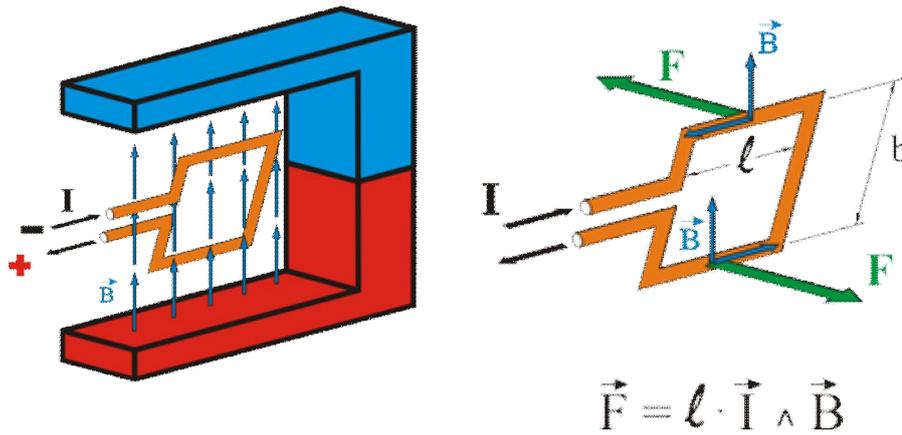


Figura 2.3 Diagrama de funcionamiento de motor DC

Fuente: [http://cerezo.pntic.mec.es/rlopez33/bach/tecind2/Tema\\_4/motorcc.html](http://cerezo.pntic.mec.es/rlopez33/bach/tecind2/Tema_4/motorcc.html)

Para tener el momento de giro siempre en el mismo sentido, la corriente que se introduce a la espira debe entrar siempre por el mismo extremo. Esto se consigue de forma idéntica a como se hacía con la dínamo, es decir, mediante un colector formado por delgas según figura 2.4

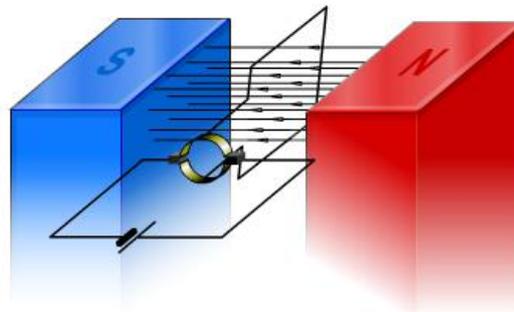


Figura 2.4 Diagrama del efecto FEM

Fuente: [http://cerezo.pntic.mec.es/rlopez33/bach/tecind2/Tema\\_4/motorcc.html](http://cerezo.pntic.mec.es/rlopez33/bach/tecind2/Tema_4/motorcc.html)

A esta parte giratoria se le denomina **rotor** o **inducido** (figura 2.5)

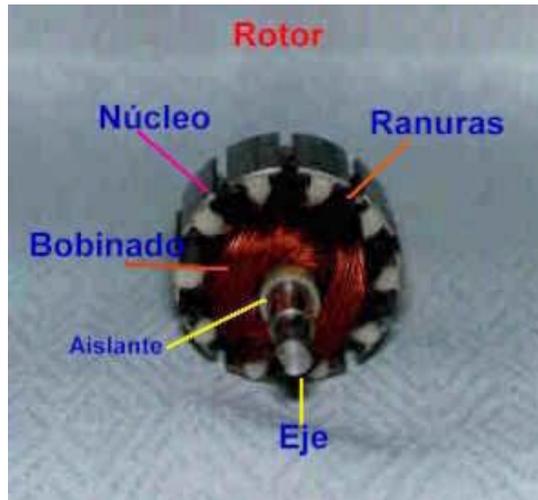


Figura 2.5. Rotor

Fuente: [www.todorobot.com.ar/documentos/dc-motor.pdf](http://www.todorobot.com.ar/documentos/dc-motor.pdf)

Constituye la parte móvil del motor, proporciona el torque para mover a la carga.

Está formado por:

- **Eje:** Formado por una barra de acero fresada. Imparte la rotación al núcleo, devanado y al colector.

- **Núcleo:** Se localiza sobre el eje. Fabricado con capas laminadas de acero, su función es proporcionar un trayecto magnético entre los polos para que el flujo magnético del devanado circule.

Las laminaciones tienen por objeto reducir las corrientes parásitas en el núcleo. El acero del núcleo debe ser capaz de mantener bajas las pérdidas por histéresis. Este núcleo laminado contiene ranuras a lo largo de su superficie para albergar al devanado de la armadura (bobinado).

- **Devanado:** Consta de bobinas aisladas entre sí y entre el núcleo de la armadura. Estas bobinas están alojadas en las ranuras, y están conectadas eléctricamente con el colector, el cual debido a su movimiento rotatorio, proporciona un camino de conducción conmutado.

- **Colector:** Denominado también conmutador, está constituido de láminas de material conductor (delgas), separadas entre sí y del centro del eje por un material

aislante, para evitar cortocircuito con dichos elementos. El colector se encuentra sobre uno de los extremos del eje del rotor, de modo que gira con éste y está en contacto con las escobillas. La función del colector es recoger la tensión producida por el devanado inducido, transmitiéndola al circuito por medio de las escobillas (llamadas también cepillos)

La segunda variación es eliminar los imanes permanentes, que sólo se usan en motores de potencia mínima, e instalar electroimanes. A esta parte fija se le denomina **estator, inductor o excitación (figura 2.6)**.



Figura 2.6 Estator con bobina independiente

Fuente: [http://cerezo.pntic.mec.es/rlopez33/bach/tecind2/Tema\\_4/motorcc.html](http://cerezo.pntic.mec.es/rlopez33/bach/tecind2/Tema_4/motorcc.html)

Constituye la parte fija de la máquina. Su función es suministrar el flujo magnético que será usado por el bobinado del rotor para realizar su movimiento giratorio.

Está formado por:

- **Armazón:** Denominado también yugo, tiene dos funciones primordiales: servir como soporte y proporcionar una trayectoria de retorno al flujo magnético del rotor y del imán permanente, para completar el circuito magnético.



Figura 2.7 Estator imán permanente

Fuente: [www.todorobot.com.ar/documentos/dc-motor.pdf](http://www.todorobot.com.ar/documentos/dc-motor.pdf)

• **Imán permanente:** Compuesto de material ferromagnético altamente remanente, se encuentra fijado al armazón o carcaza del estator (figura 2.7). Su función es proporcionar un campo magnético uniforme al devanado del rotor o armadura, de modo que interactúe con el campo formado por el bobinado, y se origine el movimiento del rotor como resultado de la interacción de estos campos (figura 2.8).

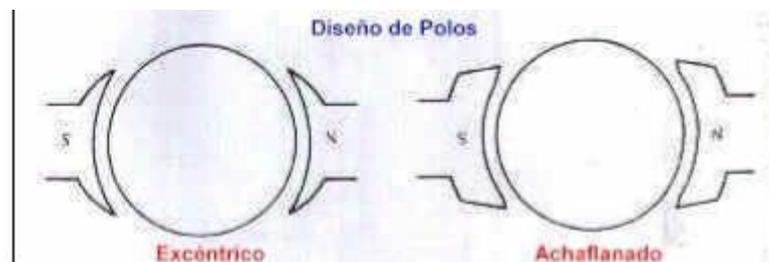


Figura 2.8. Diseño de polos

Fuente: [www.todorobot.com.ar/documentos/dc-motor.pdf](http://www.todorobot.com.ar/documentos/dc-motor.pdf)

• **Escobillas:** Las escobillas están fabricadas de carbón, y poseen una dureza menor que la del colector, para evitar que éste se desgaste rápidamente. Se encuentran albergadas por los porta escobillas. Ambos, escobillas y porta escobillas, se encuentran en una de las tapas del estator.

La función de las escobillas es transmitir la tensión y corriente de la fuente de alimentación hacia el colector y, por consiguiente, al bobinado del rotor. La función del porta escobillas es mantener a las escobillas en su posición de contacto firme con los segmentos del colector. Esta función la realiza por medio de resortes, los cuales hacen una presión moderada sobre las escobillas contra el colector. Esta presión debe mantenerse en un nivel intermedio pues, de ser excesiva, la fricción desgastaría tanto a las escobillas como al colector; por otro lado, de ser mínima esta presión, se produciría lo que se denomina "chisporroteo", que es cuando aparecen chispas entre las superficies del colector y las escobillas, debido a que no existe un buen contacto.

#### **2.4 Encoder 500 pulsos**



Figura 2.9 Encoder

Fuente: Los autores

El encoder es un transductor rotativo que transforma un movimiento angular en una serie de pulsos digitales (figura 2.9). Estos impulsos generados pueden ser utilizados para controlar los desplazamientos de tipo angular o lineal, si se asocian a cremalleras o a husillos. Las señales eléctricas de rotación pueden ser elaboradas mediante controles numéricos (CNC), contadores lógicos programables (PLC), sistema de control, etc. Las aplicaciones principales de estos transductores se encuentran en las maquinas herramientas o de elaboración de materiales, en los Robots, en los sistemas de motores, y en los aparatos de medición y control.

El encoder que se utilizará será uno de tipo incremental, el cual proporciona normalmente dos formas de ondas cuadradas y desfasadas entre sí en 90° eléctricos,

los cuales por lo general son “canal a” y “canal b”. Con la lectura de un solo canal se dispone de la información correspondiente a la velocidad de rotación, mientras que si se capta la otra señal es posible determinar el sentido de rotación en base a la secuencia de datos que producen ambas señales. Está disponible otra señal llamada canal z o cero, que proporciona la posición absoluta de cero del eje del encoder. Esta señal se presenta bajo la forma de impulso cuadrado con fase y amplitud centrada en el canal a.

El voltaje de alimentación para este encoder es de 24V y su salida genera una onda cuadrada con el mismo valor.

Los datos del encoder a utilizar son:

- Modelo: NOC-S500-2MC-8-100-23A
- Resolución: 500 P/R
- Conector:

Rojo 24V

Negro COM 0V

Azul Señal a

Blanco Señal b

## **2.5. Variador de velocidad para motor de corriente continua.**

Los semiconductores de potencia constituyen un puente de Graëtz, monofásico o trifásico. El puente puede ser mixto (diodos/tiristores) o completo (sólo tiristores). Esta última solución es la más frecuente porque permite un mejor factor de forma de la corriente suministrada.

La utilización de este tipo de variadores de velocidad se adaptan correctamente a todas las aplicaciones. Los únicos límites vienen impuestos por el propio motor de corriente continua, en especial por la dificultad de conseguir velocidades elevadas y la necesidad de mantenimiento (sustitución de las escobillas).

El variador a utilizar en este proyecto tiene las siguientes características:

- ✓ Marca: Minpark V\*S drive ( Relaiance)
- ✓ Modelo:11c57s
- ✓ Voltaje entrada: 110vac.
- ✓ Potencia: 1.5 hp.
- ✓ Corriente: 11.2 Amp.
- ✓ Frecuencia: 60hz
- ✓ Voltaje salida armadura: 90vdc.
- ✓ Corriente de armadura: 9 Amp. dc.
- ✓ Voltaje campo: 90v dc.
- ✓ Corriente campo: 2 Amp. dc max.

Este controlara la velocidad variando el voltaje suministrado al motor.

## **2.6. Router wireless**

Aunque en la realidad tecnológica actual en la que vivimos se trata de un término muy utilizado por muchos usuarios, conocer qué es un router (figura 2.10) puede resultar relativamente útil, ya que no solo se puede identificar, sino adquirir aquél que se adapte más a nuestras necesidades.



Figura 2.10 Router TL-WR741ND

Fuente: <http://www.tp-link.com/es/products/details/?model=TL-WR741ND>

Se trata de un aparato que se utiliza cada vez que nos conectamos a Internet, a pesar de que de alguna u otra forma no nos percatemos su existencia o ésta sea irrelevante para nosotros.

- ✓ Velocidad inalámbrica de datos de 150 Mbps ideal para la transmisión de vídeo, juegos en línea y llamadas por Internet
- ✓ Encriptación inalámbrica de seguridad sólo al presionar el botón QSS
- ✓ Control de ancho de banda basado en IP permite a los administradores determinar la cantidad de ancho de banda asignado a cada PC
- ✓ Puente WDS inalámbrico ofrece una interconexión para ampliar su red inalámbrica

¿Qué es un router y para qué sirve?

Un router (o enrutador), es un dispositivo de hardware que permite la interconexión de red entre ordenadores que operan en la capa tres.

Dicho de otra forma más sencilla, un router o enrutador es un dispositivo que asegura el direccionamiento de paquetes entre redes, o bien determinar la ruta exacta que debería tomar el paquete de datos que intercambiamos.

Por este motivo, los denominados protocolos de enrutamiento son aquellos que utilizan los routers para comunicarse entre sí, y para permitir el intercambio de la información, tomando la decisión de cuál es la ruta más adecuada en cada momento para enviar un paquete.

Además, debe saberse que los router operan en dos planos bien diferentes: plano de control, y plano de reenvío o plano de datos.

Qué hace este producto

El TL-WR741ND es un dispositivo combinado de conexión de red de cable / inalámbrico integrado de un router para compartir internet y un switch de 4 puertos. El router inalámbrico N es compatible con 802.11b & g basado en la tecnología 802.11n, y tiene un rendimiento de 802.11n hasta 150 Mbps a un precio aún más asequible. Al límite de 11N y superando la velocidad de 11g permite que las aplicaciones consuman un ancho de banda alto como para que la difusión de vídeo sea más fluida. Se puede disfrutar de una experiencia de alta calidad en la difusión del vídeo, VoIP o juegos en línea sin cables.

El TL-WR741ND de TP-LINK es una solución de alta velocidad compatible con los estándares IEEE 802.11b/g/n. Basado en la tecnología N, TL-W741ND que provee un rendimiento de 802.11n hasta 150, 9 veces la velocidad y 4 veces el alcance de los productos tradicionales de 11g.



Figura 2.11 Alcance Router TL-WR741ND

Fuente: <http://www.tp-link.com/es/products/details/?model=TL-WR741ND>

Tecnología CCA - señales inalámbricas estables

Clear Channel Assessment (CCA) evita automáticamente los conflictos de canal con la función de selección de canal claro y plenamente consciente de las ventajas del enlace de canal, mucho mayor el rendimiento inalámbrico.

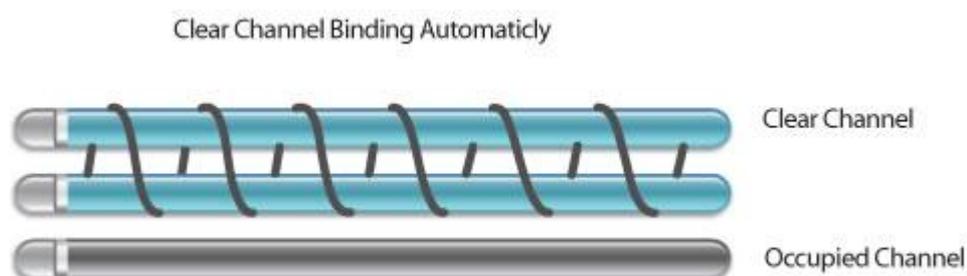


Figura 2.12 Tipos de señales Router TL-WR741ND

Fuente: <http://www.tp-link.com/es/products/details/?model=TL-WR741ND>

Encriptado WPA/WPA2 - Seguridad Avanzada

En cuanto a la seguridad de la conexión WI-FI, el encriptado WEP ha dejado de ser el más fuerte y más seguro como protección de las amenazas externas. TL-WR841ND ofrece encriptación WPA/WPA2 (personal y empresas) que son creados por el grupo de la industria Wi-Fi Alliance, la promoción de interpretaciones y la seguridad de WLAN.

Botón QSS- Configuración rápida de seguridad.

Compatible con Wi-Fi Protected Setup™ (WPS), características de configuración rápida de seguridad del TL-WR741ND permiten a los usuarios configurar casi al instante su seguridad, simplemente presionando el botón "QSS" estableciendo automáticamente una conexión WPA2 segura, la que es una mejor opción en comparación con el encriptado WEP (figura 2.13). Esto no sólo es más rápido que las configuraciones normales de seguridad, sino más conveniente ya que no se precisa recordar una contraseña.



Figura 2.13 Comunicación Router TL-WR741ND

Fuente: <http://www.tp-link.com/es/products/details/?model=TL-WR741ND>

IP QoS - Control razonable de ancho de banda.

En la red inalámbrica, indiscriminada navegación por Internet y alto consumo de ancho de banda, las descargas de los usuarios internos a menudo dejan la red de la casa o pequeña oficina con insuficiente ancho de banda. TL-WR741ND IP Es compatible con la función QoS, permitiendo la utilización óptima del ancho de banda y ofrece un control de ancho de banda por la congestión, la prevención del uso indebido de ancho de banda. De esta manera, los usuarios de una pequeña red reciben un ancho de banda comprometido y específico, evitando que las aplicaciones no críticas degraden el rendimiento de la red.

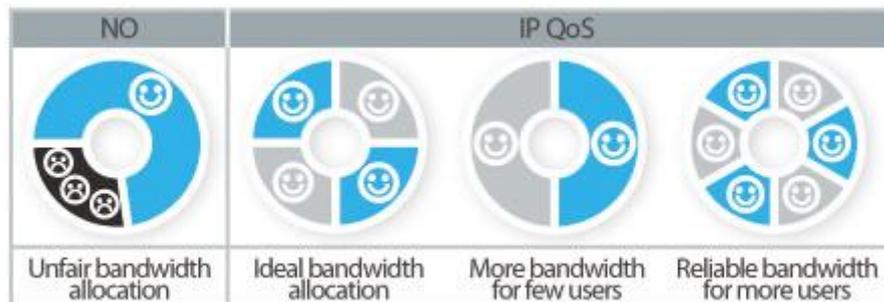


Figura 2.14 Ancho de banda Router TL-WR741ND

Fuente: <http://www.tp-link.com/es/products/details/?model=TL-WR741ND>

Fácil de configurar

Permite que incluso los usuarios principiantes configuren los productos sin sacrificar cualquiera de las funciones clave, basta con utilizar el CD de instalación para configurar su red rápidamente y sin complicaciones (figura 2.15).



Figura 2.15 Configuración Router TL-WR741ND

Fuente: <http://www.tp-link.com/es/products/details/?model=TL-WR741ND>

## 2.7 Software de implementación.

LabVIEW es una herramienta gráfica para pruebas, control y diseño mediante la programación. El lenguaje que usa es denominado lenguaje G, donde la G simboliza que es un lenguaje Gráfico.

Este programa fue creado por National Instruments (1976) para la plataforma de ordenadores Apple, salió al mercado por primera vez en 1986. Ahora está disponible para las plataformas Windows, UNIX, MAC y GNU/Linux.

Los programas desarrollados con LabVIEW se denominan Instrumentos Virtuales, o VIs, y su origen proviene del control de instrumentos, aunque hoy en día se ha expandido ampliamente no sólo al control de todo tipo de electrónica (Instrumentación electrónica) sino también a su programación embebida. Un lema tradicional de LabVIEW es: "*La potencia está en el Software*", que con la aparición de los sistemas multinúcleo se ha hecho aún más patente. Entre sus objetivos están el reducir el tiempo de desarrollo de aplicaciones de todo tipo (no sólo en ámbitos de Pruebas, Control y Diseño) y el permitir la entrada a la informática a profesionales de cualquier otro campo. LabVIEW consigue combinarse con todo tipo de software y hardware, tanto del propio fabricante -tarjetas de adquisición de datos, PAC, Visión, instrumentos y otro Hardware- como de otros fabricantes.

## 2.8 N SB-Rio.

Los productos RIO de una sola tarjeta son soluciones embebidas de despliegue de bajo costo basados en NI CompactRIO. Integran un procesador en tiempo real, arreglo de compuerta programable en campo (FPGA) reconfigurable y E/S analógica y digital en una sola tarjeta y son energizados por tecnologías NI LabVIEW Real-Time y LabVIEW FPGA. La E/S analógica y digital integrada puede ser expandida usando módulos de la Serie C.

NI Single-Board RIO embebido (figura 2.16), amplía la familia de opciones de despliegue de NI RIO de bajo costo a nivel de hardware integrado. Una vez más, utilizando el estándar de arquitectura de NI RIO y LabVIEW, usted puede modular rápidamente prototipos de sistemas embebidos, flexible CompactRIO y desplegar rápidamente a NI la nueva placa de bajo costo a nivel de una sola tarjeta de hardware RIO embebido. Debido a que es posible reutilizar el mismo código de LabVIEW desde prototipos hasta la implementación, puede acortar el tiempo de comercialización y aumentar dispositivos integrados y fiabilidad de la máquina. El nuevo NI Single-Board RIO ofrece las siguientes características:

- ✓ Una placa de control embebido y adquisición de datos.
- ✓ Programación gráfica de LabVIEW y las herramientas middleware controlador para un rápido desarrollo.
- ✓ Procesador en tiempo real para un funcionamiento fiable, independiente y procesamiento de señales.
- ✓ FPGA chip personalizado, I/O de tiempo y procesamiento.
- ✓ E/S Analógica y digital.
- ✓ Sistema de bajo costo para la tarjeta RIO nivel de diseño embebido.

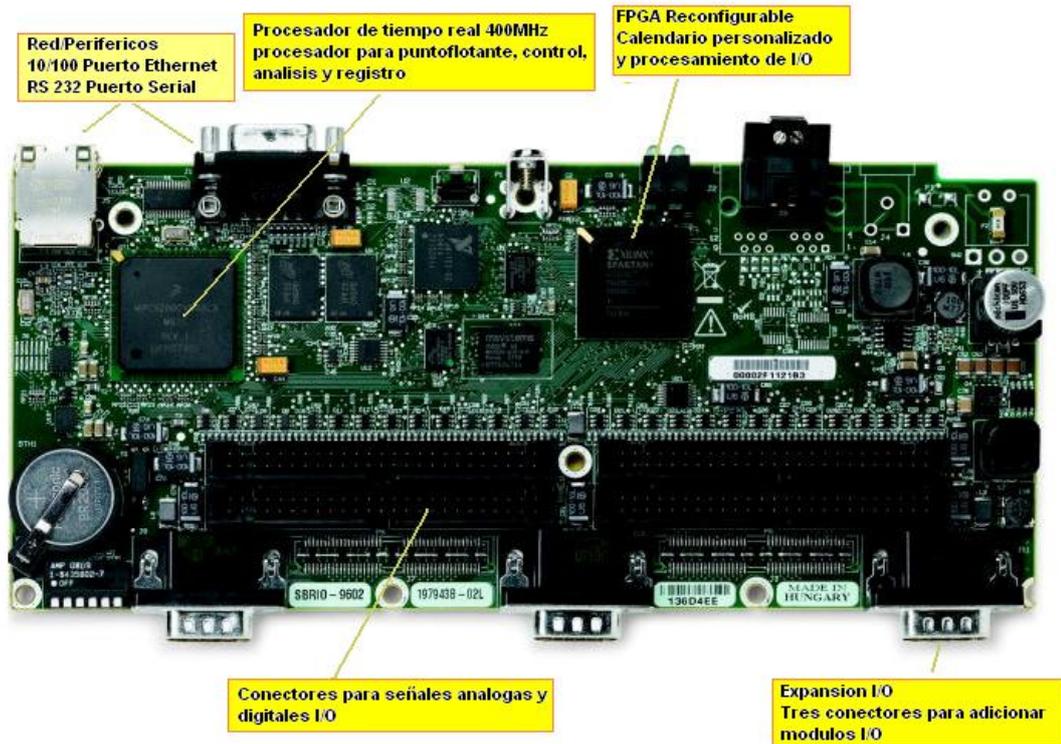


Figura 2.16. NI Single-Board RIO

Fuente: <http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/6265>

Cada dispositivo NI Single-Board RIO integra un procesador embebido en tiempo real, un FPGA de alto rendimiento, señales analógica y digital I/O en una sola tarjeta. Como el resto de hardware RIO de NI, las E/S se conecta directamente a la FPGA, proporcionando personalización de bajo nivel de sincronización y de E/S de procesamiento de señales. La FPGA está conectada al procesador embebido en tiempo real a través de un bus PCI de alta velocidad. LabVIEW contiene integrado en los mecanismos de transferencia de datos para pasar datos de la E/S para la FPGA y de la FPGA al procesador embebido para el análisis en tiempo real, procesamiento, registro de datos, o la comunicación a un ordenador en red (figura 2.17).

## I/O and Other Connectors on the NI sbRIO Device

Figure 4 shows the locations of parts on the NI sbRIO device.

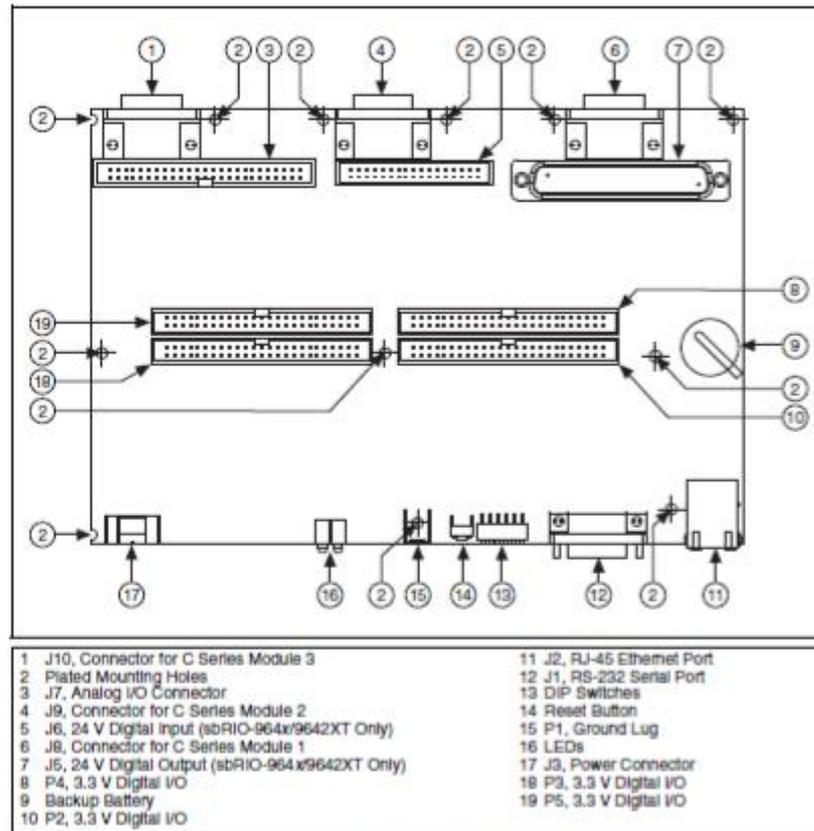


Figure 4. NI sbRIO Device Parts Locator Diagram

Figura 2.17 Diagrama localizador de partes

Fuente: NI sbRIO-961x/9612XT/963x/9632XT/964x/9642XT ni.com

### Especificaciones y periféricos.

### Implementación de Sistemas Embebidos más rápido con LabVIEW.

Con el entorno de desarrollo gráfico LabVIEW (figura 2.18), es posible programar el procesador en tiempo real, FPGA reconfigurable y E / S de los sistemas RIO integrado para control, monitoreo, procesamiento y aplicaciones de registro con el mismo Proyecto de LabVIEW. Con LabVIEW módulos de especialidad, se puede programar el procesador en tiempo real (LabVIEW Real-Time) y la FPGA (Módulo LabVIEW FPGA). LabVIEW también tiene un amplio conjunto de controladores de middleware que posibilitan la integración de todos los componentes de hardware de

su sistema embebido RIO (analógico y digital I / O periféricos, FPGA, el procesador y la memoria) un proceso transparente.

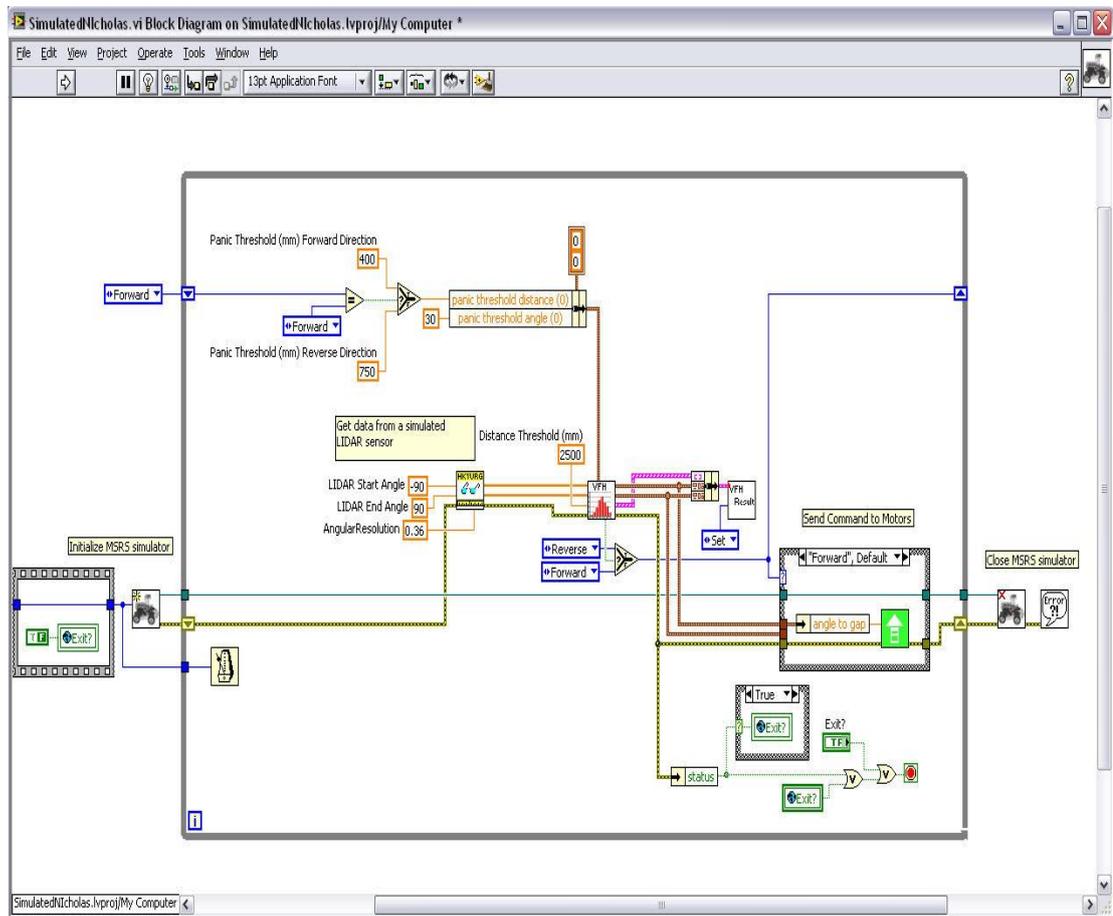


Figura 2.18. Administrar y escribir todo el código para el procesador

Fuente: <http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/6265>

### LabVIEW módulo en tiempo real.

El procesador embebido en tiempo real dentro de los sistemas está programado con el LabVIEW Modulo Tiempo-Real, que incluye una característica de bloques de función para el control de punto flotante, el procesamiento, análisis, registro de datos y la comunicación. El LabVIEW Tiempo-Real incluye características tales como:

- ✓ LabVIEW tecnología compartida variable para la creación de redes de fácil distribución de sistemas embebidos en tiempo real
- ✓ Determina el software con una resolución de microsegundos

- ✓ Más de 600 punto de control flotante avanzado y de procesamiento de señales
- ✓ Integración de los actuales código C / C + +
- ✓ Las herramientas del sistema de replicación para desplegar rápidamente y duplicar los sistemas existentes.

### **Módulo LabVIEW FPGA**

Puede personalizar rápidamente el programa de la FPGA reconfigurable en sistemas de hardware RIO con el Módulo LabVIEW FPGA para el control personalizado y de alta velocidad, I/O de tiempo, y procesamiento de señales. El Módulo LabVIEW FPGA viene con las siguientes características:

- ✓ A nivel de componentes IP (CLIP) Nodo, de fácil integración existentes código HDL.
- ✓ Asistente de FPGA de forma rápida en tiempo real y el código de FPGA.
- ✓ FPGA Project Wizard para que el comienzo sea fácil.
- ✓ Módulo LabVIEW Statechart para implementar el control basado en FPGA, máquinas de estado, y más.
- ✓ Características FPGA de simulación para facilitar el desarrollo y la depuración.
- ✓ Bloques de función FPGA IP de punto fijo.
- ✓ Transformada rápida de Fourier (FFT).
- ✓ Multicanal PID.
- ✓ Generadores de señales.
- ✓ Filtro de muesca.
- ✓ Ver todas las funciones de pre-compilados de LabVIEW FPGA y el período en el ipnet.

### **Middleware Herramientas del conductor.**

Uno de los mayores retos en el diseño embebido es el esfuerzo necesario para crear, depurar y validar las pilas de nivel de controlador de software para integrar todos los componentes hardware del sistema embebido. Tradicionalmente, este proceso de integración se deja para el usuario, lo que complica y alarga el proceso de diseño de sistemas embebidos.

Los drivers de middleware van más allá que los controladores básicos tradicionales de una placa y de otros proveedores de sistemas integrados ya que ofrecen una mayor productividad, rendimiento y corto tiempo al mercado. Software del controlador y el software de configuración adicional de servicios se incluyen con cada dispositivo RIO-apoyo. Las herramientas integradas de los controladores middleware contienen las siguientes funciones:

- ✓ Las funciones integradas para la conexión entre lo analógico, digitales, de movimiento y comunicación de E/S y la FPGA
- ✓ Transferencia de funciones para la comunicación de datos entre la FPGA y el procesador.
- ✓ Métodos para la interconexión de la FPGA / procesador para la memoria.
- ✓ Funciones para la interfaz del procesador a los periféricos (RS232, Ethernet)
- ✓ Controladores de multiproceso de alto rendimiento.

## CAPÍTULO III

### DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO ENTRENADOR.

#### 3.1. Componentes del sistema.

Para la implementación del Proyecto se escogió la Tarjeta SB-Rio debido a que la Universidad está desarrollando un laboratorio con la nueva tecnología de National Instruments, con la cual se demostrará el uso de la misma tanto en la parte eléctrica como en la parte de instrumentación ya que además de aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de nuestra carrera con respecto a motores DC también se aplicará los conocimientos de electrónica básica para la medición de las señales. Adicional a esto el estudiante no sólo podrá hacer las prácticas si no que también tendrá la oportunidad de mejorar el programa o ampliarlo.

Las ventajas de trabajar con esta tarjeta, como se menciona anteriormente son:

- ✓ Una placa de control embebido y adquisición de datos
- ✓ Programación gráfica de LabVIEW y las herramientas middleware controlador para un rápido desarrollo
- ✓ Procesador en tiempo real para un funcionamiento fiable, independiente y procesamiento de señales
- ✓ FPGA chip personalizado, I/O de tiempo y procesamiento
- ✓ E/S Analógica y digital
- ✓ Sistema de bajo costo para la tarjeta RIO nivel de diseño embebido

El software utilizado para esta aplicación, LabView, es didáctico, por lo que el estudiante será capaz de reconocer los comandos aplicados con facilidad, así mismo en internet se puede encontrar una vasta cantidad de información que ayuda al estudiante a tener un auto aprendizaje.

### 3.2 Descripción del sistema

Este sistema contará con drivers, variadores de velocidad DC, motores de ½ HP de corriente continua, sensores de RPM, transductores de voltaje, transductores de corriente, visualizadores de variables y tarjeta de adquisición de datos.

Todos estos equipos estarán instalados en una maqueta, las variables ingresaran a la tarjeta de adquisición de datos por la cual se podrán visualizar a través del programa LabView en una PC.

Toda esta información podrá ser visualizada en todos los computadores del laboratorio mediante una red interna.

Un sistema de control es una aplicación técnica que se caracteriza por la presencia de una serie de elementos que influyen en el funcionamiento del sistema. La finalidad de un sistema de control es conseguir, mediante la manipulación de las variables de control, un dominio sobre las variables de salida, de modo que estas alcancen los valores predeterminados (consigna).

Un sistema de control ideal debe ser capaz de conseguir su objetivo cumpliendo los siguientes requisitos:

1. Garantizar la estabilidad y, particularmente, ser robusto frente a perturbaciones y errores en los modelos.
2. Ser tan eficiente como sea posible, según un criterio preestablecido.
3. Ser fácilmente implementable y cómodo de operar en tiempo real con ayuda de un ordenador.

Los elementos básicos que forman parte de un sistema de control y permiten su manipulación son los siguientes:

- Sensores. Permiten conocer los valores de las variables medidas del sistema.

- Controlador. Utilizando los valores determinados por los sensores y la consigna impuesta, calcula la acción que debe aplicarse para modificar las variables de control en base a cierta estrategia.

- Actuador. Es el mecanismo que ejecuta la acción calculada por el controlador y que modifica las variables de control.

Cada una de las prácticas son aplicables únicamente para motores de corriente continua.

Este proyecto consta de 4 etapas las cuales son:

1. Adquisición de datos.
2. Procesamiento de datos.
3. Acciones y conexiones.
4. Resultados gráficos.

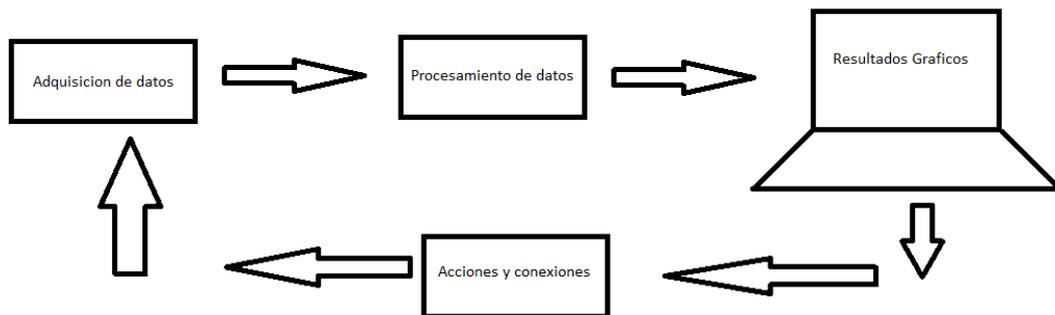


Figura 3.1 Diagrama de implementación

Fuente: Los autores

### **3.2.1 Adquisición de datos**

#### **Adquisición de datos (voltaje DC).**

Para la medición del voltaje entregado al motor, se utilizará un transductor para que las señales proporcionadas por el driver sean leídas por la tarjeta, esto se lo hará mediante un divisor de tensión y un opto acoplador ya que mediante pruebas se ha detectado la necesidad de independizar las conexiones a tierras. La descripción del diseño de este transductor la encontrará en el capítulo # 3.

#### **Adquisición de datos (corriente DC).**

Así mismo para enviar la señal de corriente consumida por el motor se realizara un sistema de resistencia SHUNT para convertir la señal de corriente en voltaje y ésta a su vez enviarlo a la tarjeta mediante un opto acoplador. La descripción de este transductor la encontrará en el capítulo # 3 de implementación figura 3.21 pag.44.

#### **Adquisición de datos (RPM).**

Para la señal de revoluciones del motor se utilizará un encoder el cual medirá su velocidad. Este elemento trabaja a 24VDC y por tal motivo su señal de salida es del mismo rango, esta señal de voltaje es superior al que la tarjeta soporta (5VDC), por tal motivo se realizó un circuito que sea capaz de conmutar rápidamente a los voltajes de referencias permitidos (5VDC). La descripción de este transductor la encontrará en el capítulo # 3 de implementación figura 3.22 pag.46.

#### **Adquisición de datos (voltaje AC).**

Para la medición del voltaje AC se ha conectado un transformador de relación 15:1 es decir que ingresará 120VAC para obtener a la salida 8VAC, luego de esto se implementó un divisor de voltaje con la finalidad de que el valor varíe de 0V a 5VAC valor máximo que puede recibir la tarjeta SB-Rio. La descripción de este transductor la encontrará en el capítulo # 3 de implementación figura 3.23 pag.48.

### Adquisición de datos (corriente AC).

Para medir la corriente AC se utilizará un transformador de corriente el cual enviará los datos en voltaje a la tarjeta para que puedan ser interpretados. La descripción de éste transductor la encontrará en el capítulo # 3 de implementación figura 3.24 pág. 48.

### 3.2.2 Procesamiento de datos.

Los datos obtenidos por medio de los transductores de voltaje y corriente serán procesados y visualizados en la pantalla del computador, con éstos datos se realizará los cálculos de potencia. Esto se realizará vía software mediante las conversiones de voltaje y corriente.

### 3.2.3. Acciones y conexiones.

Se han escogido botoneras con luces pilotos incorporadas con la finalidad de indicar al estudiante en que practica se está trabajando. Así el botón marcha, paro, práctica 1, práctica 2, práctica 3, práctica 4 y práctica 5 indicara el inicio sea en modo manual o en modo automático.

Todas estas señales digitales se reproducirán a un nivel de 5v y tendrán protecciones contra remanencia por medio de resistencias pull down y diodos según figura 3.2.

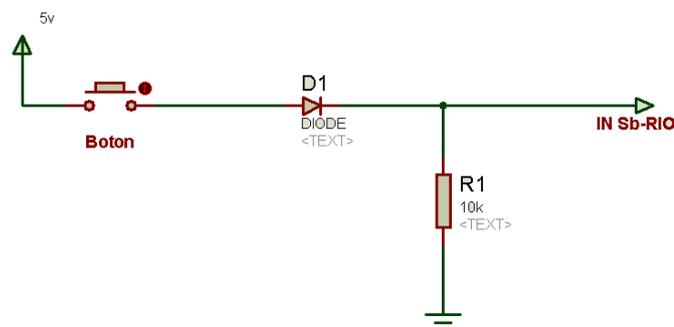


Figura 3.2 Protección contra remanencia

Fuente: Los autores

La señal es enviada a través del diodo evitando que otras corrientes perturben al pulsante, luego, por medio de la resistencia pull down se asegura que cuando no este pulsado el botón, esta señal siempre este en bajo, es decir 0V.

Las señales de salidas enviadas por la tarjeta, pasarán por un circuito amplificador (figura 3.11) con opto acopladores (figura 3.14) el cual elevará su señal de 3.3vdc a 24vdc con la finalidad de activar relés. Estos a su vez activarán los contactores (figura 3.17) de 110VAC, los cuales ejecutarán la parte del control de fuerza del sistema.

### 3.3 Implementación

El desarrollo de este proyecto implicó la utilización de diferentes componentes tal como lo muestra la figura 3.3

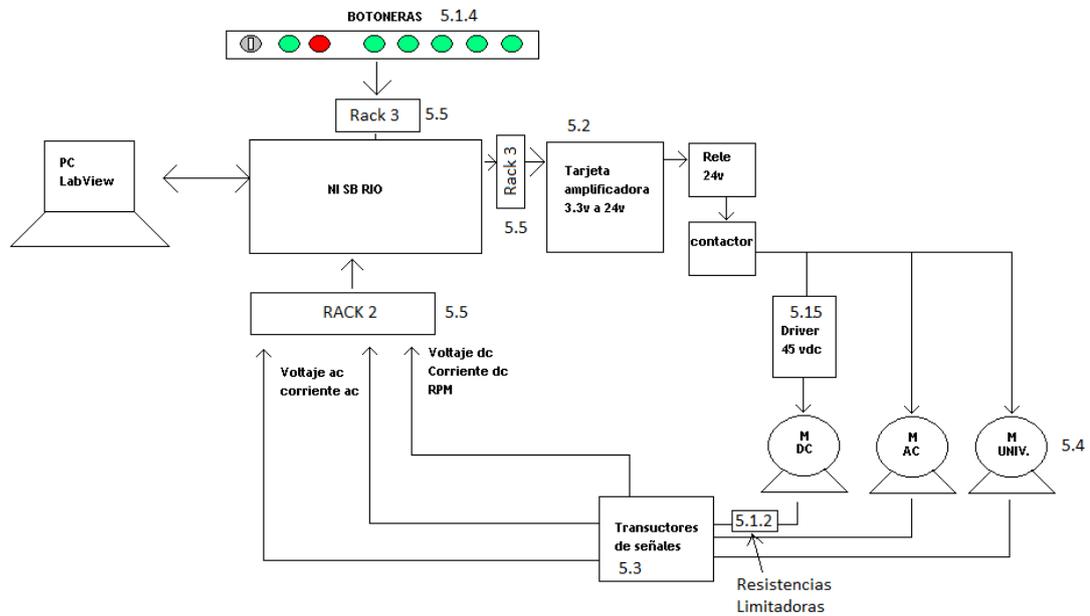


Figura 3.3 Diagrama esquemático del proyecto

Fuente: Autores

### 3.4. Diseño y estandarización del módulo entrenador.

El modulo consta de un armario fabricado en hierro negro pintado al horno con un cajón en la parte delantera y puerta para guardar herramientas, cables etc. Por la parte trasera tenemos una puerta con contra-base para la colocación de los componentes eléctricos y electrónicos (fig. 3.4. a y fig. 3.4.b).

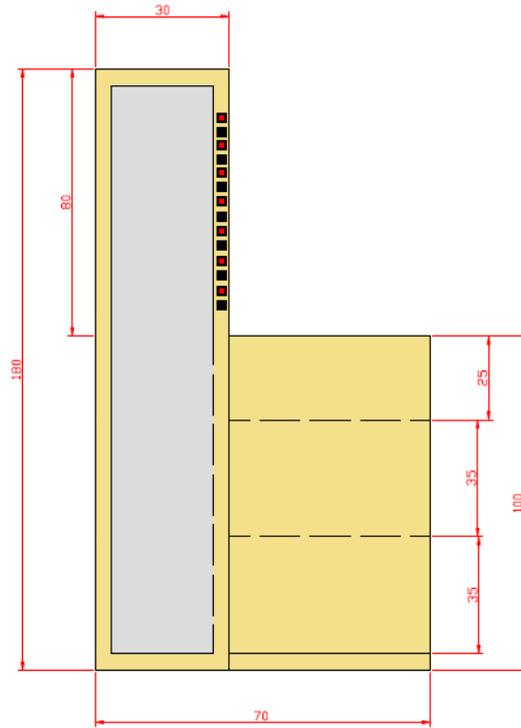


Figura3.4.a Dimensiones lateral del armario

Fuente: Los autores

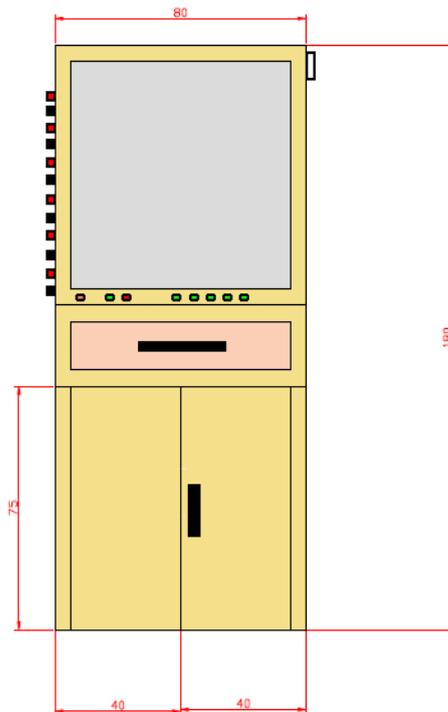


Figura3.4.b Dimensiones frontal del armario

Fuente: Los autores



Figura 3.4.c Pulsantes

Fuente: Los autores

Los motores estarán instalados mediante pernos al soporte principal.

En la parte frontal del tablero, figura 3.4c se aprecia un selector mediante el cual se escogerá el modo en el que desea trabajar ya sea automático o manual. Luego dos pulsantes. El pulsante de marcha (verde) que es con el cual comenzará el sistema a trabajar según la práctica escogida y el pulsante de paro (rojo) con el cual se detiene todo el sistema. Así mismo cinco pulsantes (verde) los cuales seleccionarán la práctica que se va a realizar. Todos estos pulsantes poseen indicadores LED integrado, y al ser accionados envían estas señales a la tarjeta, la cual activa los LED indicadores dependiendo de la práctica en la que se escoja.

La figura 3.5 muestra el tablero con los motores.



Figura 3.5. Armario

Fuente: Los autores

Este sistema consta de un conector principal por donde ingresarán los 120VAC, para la alimentación. Posee un interruptor de encendido y apagado (selector) como muestra la figura 3.6



Figura3.6 Ingreso de energía

Fuente: Los autores

### 3.4.1 Distribución de alimentación al módulo.

Como protección eléctrica el modulo posee fusibles, y los cables pasan por canaletas y/o serpentina plástica. Las señales de entrada tanto digitales como analógicas son transportadas por cable UTP #5 con el fin de eliminar el ruido de las líneas a su alrededor. En la figura 3.7 se puede observar los fusibles utilizados.



Figura3.7 Fusibles de protección

Fuente: Los autores

### 3.4.2 Diseño de las resistencias limitadoras

Para el cálculo de las resistencias de frenado se tomaron los siguientes datos:

Voltaje máximo suministrado 50VDC

Corriente máxima de consumo 2 Amp. DC

Resistencia a utilizar 50Ω 200w

$$R = v/i$$

$$R = 50 / 2$$

$$R = 25\Omega$$

$$P = V^2/R$$

$$P = (50)^2/25$$

$$P = 100w$$

Se incrementaron los valores de las resistencias al doble para que no disipe demasiado calor.

Estas resistencias fueron fabricadas debido a que no existen en el mercado.

(figura 3.8)

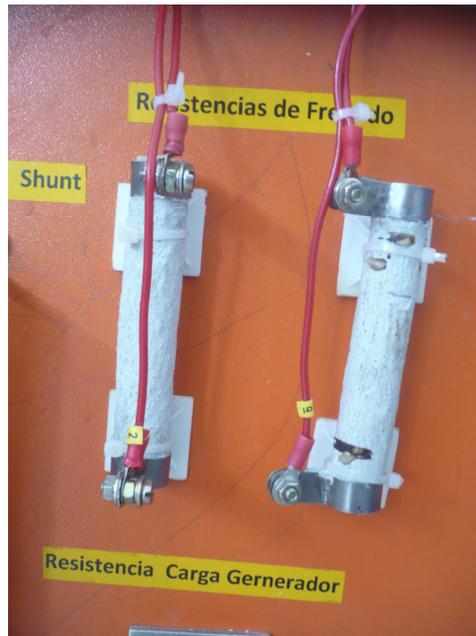


Figura 3.8 Resistencias de frenado

Fuente: Los autores

### 3.4.3 Selección de la fuente de alimentación DC.

Para la alimentación de la tarjeta y demás componentes, se implementó una fuente fija de 24VDC 60W. Se escogió ésta fuente (figura 3.9) debido a que se utilizan relés de 24VDC, estos consumen 0.96W (0.04 Amp DC) al existir 8 relés estos consumen 7.68W en total, por lo tanto se sobredimensionó la fuente para posibles cargas extras si fuere necesario.



Figura 3.9 Fuente de 24VDC

Fuente: Los autores

### 3.4.4 Selección de los pulsantes.

Para la implementación de este banco de trabajo se ha utilizado botoneras las cuales tienen la función de indicar al sistema que práctica se simulará, por ello tenemos 7 pulsantes y 1 selector el cual servirá para conmutar el ciclo en se desea trabajar ya sea manual o automático.

La figura 3.10 muestra los pulsantes instalados en la parte frontal del tablero.

Los pulsantes se describen de izquierda a derecha de la siguiente manera:

- ✓ Marcha: Da inicio al proceso.
- ✓ Paro: Detiene la ejecución al instante.
- ✓ Práctica 1: Indica que se ha seleccionado la práctica 1
- ✓ Práctica 2: Indica que se ha seleccionado la práctica 2
- ✓ Práctica 3: Indica que se ha seleccionado la práctica 3
- ✓ Práctica 4: Indica que se ha seleccionado la práctica 4
- ✓ Práctica 5: Indica que se ha seleccionado la práctica 5



Figura 3.10 Botoneras

Fuente: Los autores

### 3.4.5 Selección del driver DC

Para la rectificación se escogió el driver de marca Minpark V\*S drive (Relaiance) Modelo: 11C57S figura 3.11, el cual transforma los 110VAC a 90VDC. Este driver proporciona dos voltajes de salida, uno de 90VDC continuos y otro de 50VDC variable. Este será controlado por el software labView el cual al variar una señal de 0V a 10VDC provocara un cambio en la salida del driver de 0V a 42VDC que es el voltaje con el cual se realizarán todas las prácticas.



Figura 3.11 Driver

Fuente: Los autores

### 3.5 Diseño de la tarjeta amplificadora.

Debido a que la tarjeta SB-Rio devuelve niveles de voltaje de hasta 3.3VDC máximo se diseñó una tarjeta de interfaz (fig.3.12) la cual eleva el voltaje de 3.3VDC a 24VDC por medio de un circuito de colector abierto por opto acopladores .

En la figura 3.13 muestra el diseño opto acoplador para una salida.

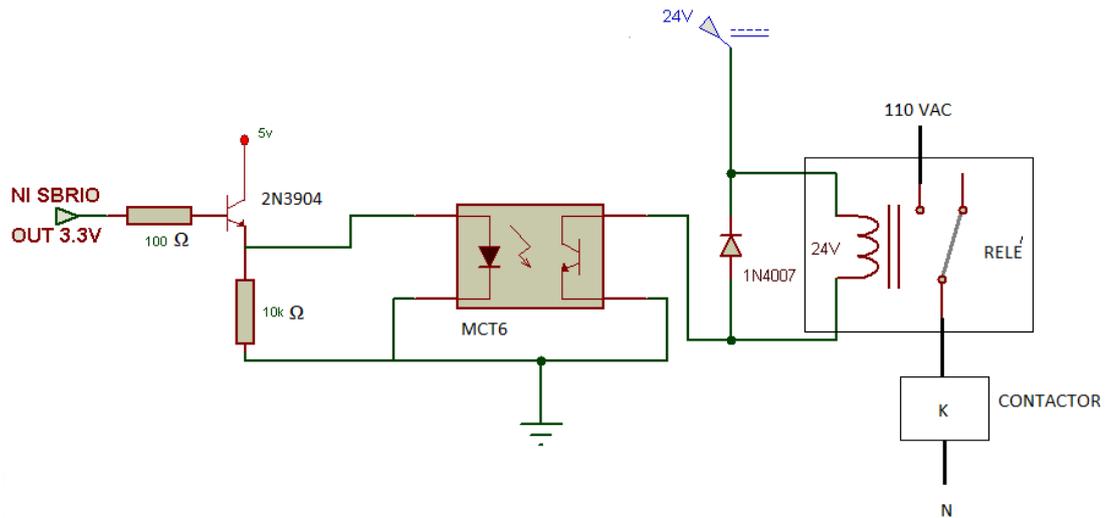


Figura 3.12 Diagrama de salida

Fuente: Los autores

La señal proveniente de las salidas de la tarjeta SB-Rio que están ubicadas en el rack 2 (Fig.3.34) es de 3.3VDC, esta señal excita la base del transistor (Fig. 3.16) por medio de una resistencia de  $100\Omega$  y activa el transistor colocándolo en saturación enviando así 5v a la resistencia de  $10k$  y por consiguiente al led del opto acoplador, éste a su vez hace que se active el relé cuyos contactos accionarán los contactores. El diodo que se encuentra entre los terminales de la bobina del relé asegura que no exista sobre voltaje en los cambios bruscos de corriente en la bobina del mismo.



Figura 3.13 Tarjeta amplificadora

Fuente: Los autores

En la figura 3.14 se muestra el diseño final de esta tarjeta, como se observa se ubicaron 8 circuitos amplificadores en una sola tarjeta que fueron los necesarios para alcanzar los objetivos de este proyecto.

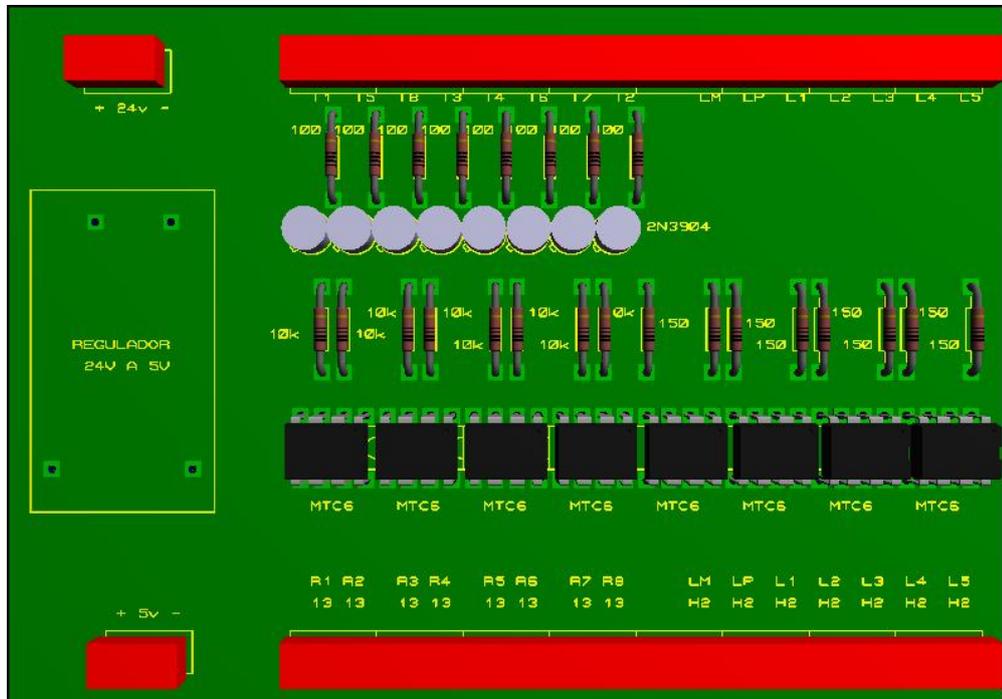


Figura 3.14 Diseño de la tarjeta amplificadora vista frontal

Fuente: Los autores

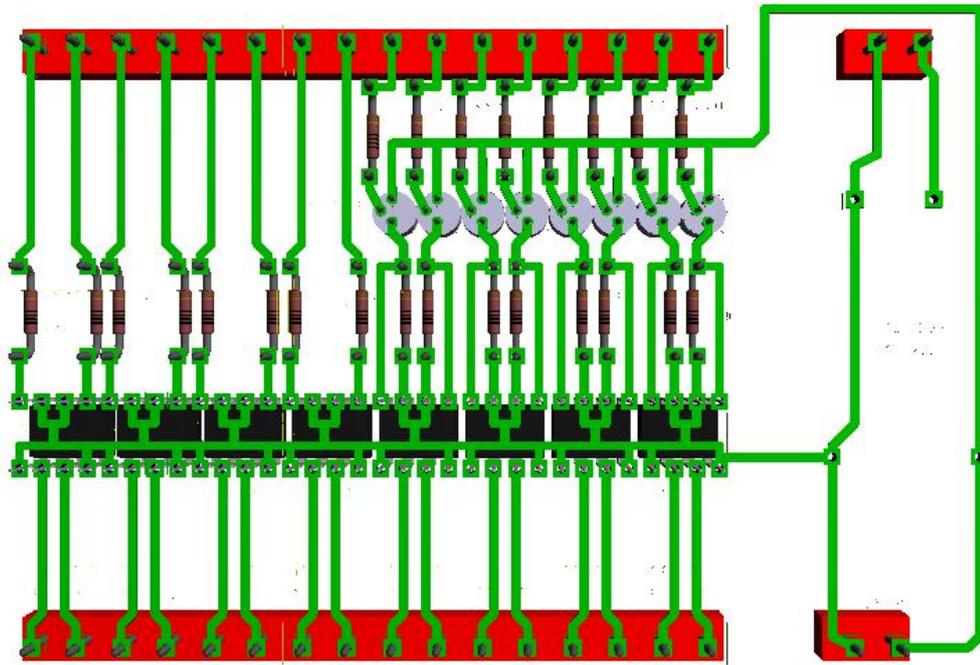


Figura 3.15 Diseño de la tarjeta amplificadora vista posterior

Fuente: Los autores

Los opto acopladores utilizados son un total de 8 en el modelo MCT6 (fig.3.15), estos contienen 2 opto acopladores en un solo integrado, de esta manera ayuda a que el espacio físico utilizado sea menor, las resistencias son de 1/4W debido a que no se requiere de un paso de corriente muy elevado, pues que solo activarán el led del opto acoplador.

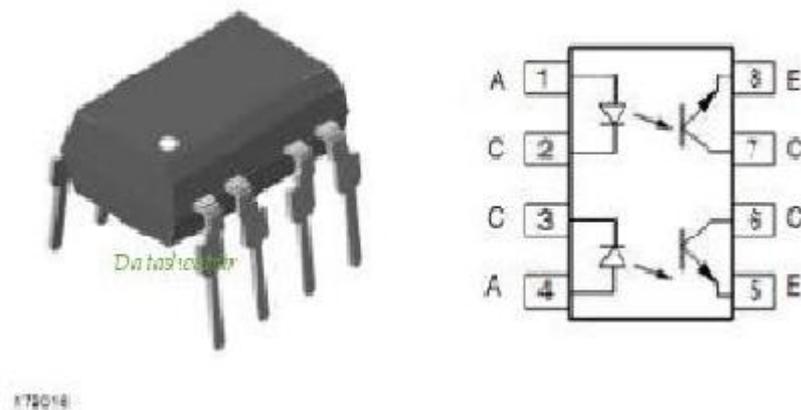


Figura 3.16 Circuito equivalente del integrado MCT6

Fuente: Los autores

Los transistores utilizados un total de 8, son los clásicos NPN 2N3904 (fig. 3.17), las borneras utilizadas son dobles para ello se han utilizado 18 borneras dobles.



Figura 3.17 Transistor 2N3904

Fuente: <http://www.forosdeelectronica.com/f27/hoja-datos-2n3904-60985/>

Los 24VDC que ingresan a la tarjeta, son provenientes de la fuente de poder expuesta anteriormente en la figura 3.8



Figura 3.18 Instalación de relés

Fuente: Los autores



Figura 3.19 Instalación de contactores

Fuente: Los autores

### 3.6 Diseño de transductores

Estos transductores fueron diseñados según la necesidad de este proyecto.

Como la tarjeta Sb-Rio solo admite voltajes a niveles de 0V a 5VDC, se optó por la elaboración de transductores, a medida que transformen estos niveles de voltaje, los cuales se describen a continuación.

#### 3.6.1 Diseño de transductor de voltaje DC

Para la medición de voltaje se realizaron varias pruebas en proto board,, hasta obtener un transductor el cual reduce el voltaje de 45VDC a 5VDC, se implementó el siguiente circuito (fig. 3.20)

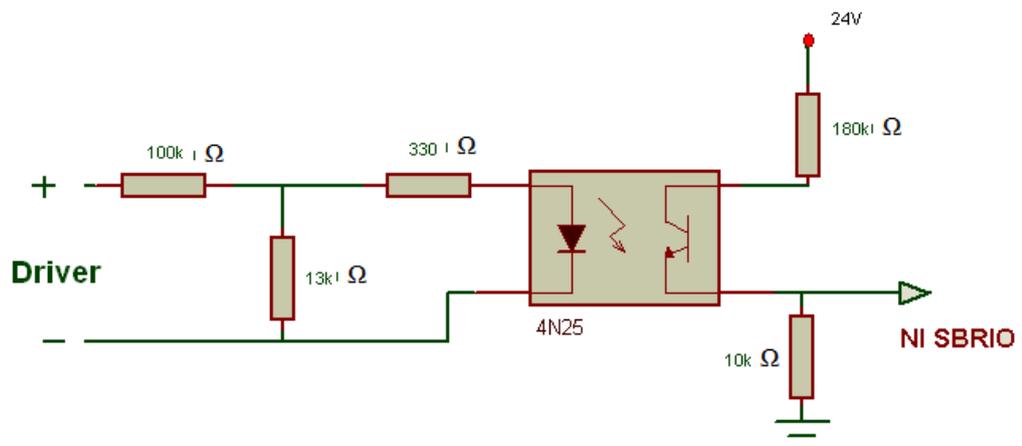


Figura 3.20 Circuito de transductor de voltaje

Fuente: Los autores

En la primera etapa se encuentra un divisor de voltaje formado por las resistencias de 100k y 13k las cuales sirven para disminuir la tensión proveniente del driver a una relación 60 : 5 .A la salida de este divisor, se colocó una resistencia de 330Ω para limitar la corriente que se dirige al led del opto acoplador.

$$V_{out} = (R_2 / (R_1 + R_2)) V_{in}$$

$$R_2 = (V_{out} * R_1) / (V_{in} - V_{out})$$

$$R_2 = (5 * 100K) / (45 - 5)$$

$$R_2 = 12.5K$$

VIN (VOLTIOS)	VOUT (VOLTIOS) (Entrada al opto acoplador)
15	1.72
25	2.87
30	3.45
35	4.02

A la salida del opto acoplador se ubica una resistencia de 180kΩ entre el colector del transistor y la fuente de 5VDC, una resistencia de 10kΩ entre el emisor y tierra de la fuente y es de este punto de conexión que se dirige la señal a la tarjeta tal como lo muestra la figura 3.20

VIN (VOLTIOS)	VOUT (VOLTIOS) (Salida del opto acoplador)
15	1.14
25	1.58
30	2.2
35	2.5

Se ha utilizado este circuito por la necesidad de aislar las referencias a tierra entre el driver y el control.

### 3.6.2 Diseño de transductor de corriente DC

Para la medición de corriente se utilizaron resistencias shunt las cuales transforman la corriente a voltaje para obtener la variación al máximo 5VDC.

El cálculo de la resistencia shunt para que transforme de corriente en voltaje se realizó de la siguiente manera:

Corriente máxima de consumo 2Amp DC

Voltaje máximo a entregar 5VDC

$$V = I * R$$

$$R = V / I$$

$$R = 5 / 2$$

$$R = 2.5$$

$$P = I^2 * R$$

$$P = (2)^2 * 2.5$$

$$P = 10W$$

Por lo tanto la resistencia a utilizar según cálculos teóricos es de 2,5Ω 10W pero ya que en el mercado no existe de éste valor se utilizó la más cercana, que es de 3.3 Ω 15w (fig.5.20).

Con estos datos y con las observaciones anteriormente detalladas se realizó el siguiente circuito (fig. 3.21)

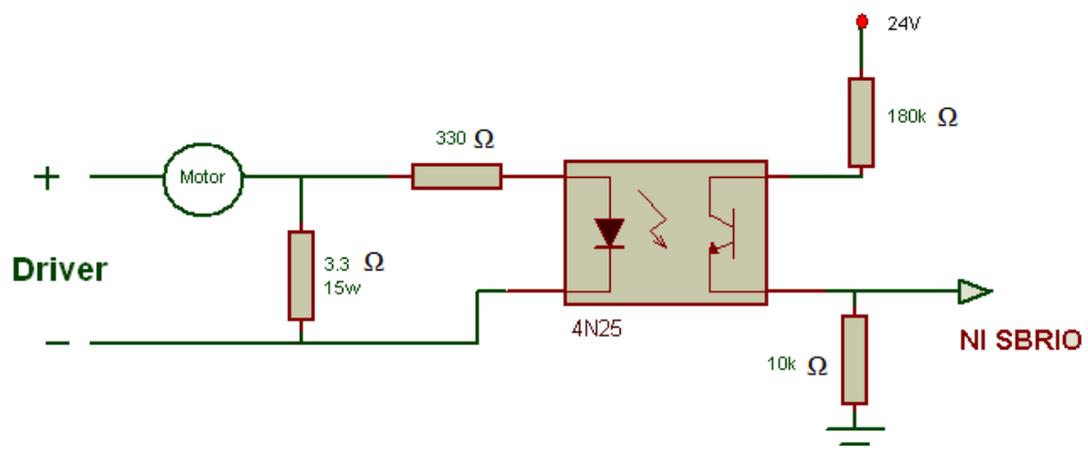


Figura 3.21 Circuito de transductor de corriente

Fuente: Los autores

% Motor	Vin (VOLTIOS)	Vout (VOLTIOS) (Salida del opto acoplador)
25	2.90	1.5
50	3.05	1.8
75	3.48	2.5
100	3.56	3.1

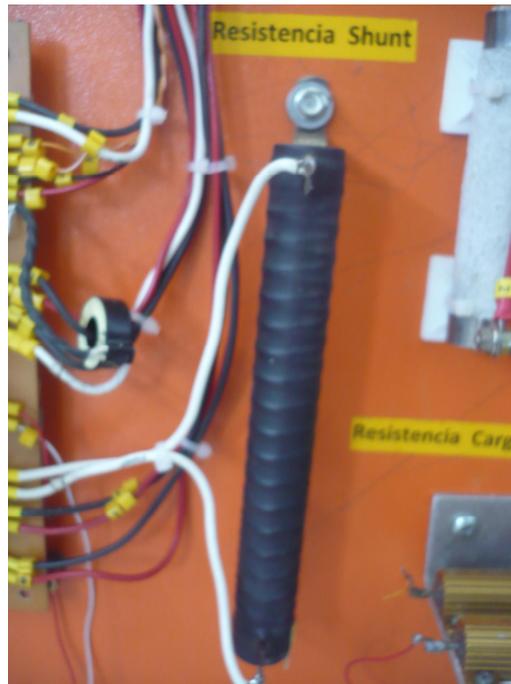


Figura 3.22 Resistencia Shunt

Fuente: Los autores

### 3.6.3 Diseño de transductor de encoder

El encoder que se utilizó es de pulsos con el cual podremos obtener la velocidad en RPM del motor DC, este se alimenta con 24VDC y su señal de salida es del mismo nivel. Como la tarjeta solo puede recibir señales de hasta 5VDC surgió la necesidad de disminuir el voltaje con el siguiente circuito (fig. 3.23)

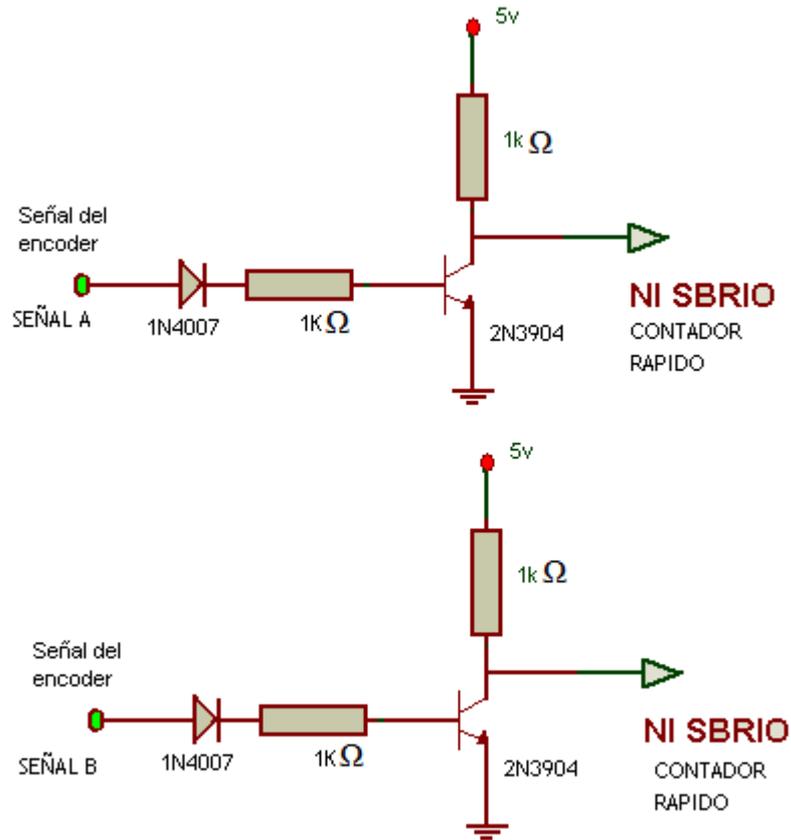


Figura 3.23 Circuito de salida del encoder

Fuente: Los autores

Las pulsaciones del encoder son enviadas a la base del transistor por medio de un diodo seguido por una resistencia de  $1k\Omega$ , estas señales saturan al transistor haciéndolo conducir teniendo un bajo (0VDC) en el colector la cual se envía a los contadores rápidos de la SB-Rio para poder tener las revoluciones con las que trabaja el motor.

### 3.6.4 Diseño de transductor de voltaje AC.

Para la medición del voltaje AC se ha utilizado un transformador de 15 a 1 es decir que con una alimentación de 120VAC se obtiene a la salida 8VAC. Este voltaje pasa por un divisor de voltaje 2 a 1 por medio de dos resistencias de  $100k\Omega$  tal como se muestra en la figura 3.24

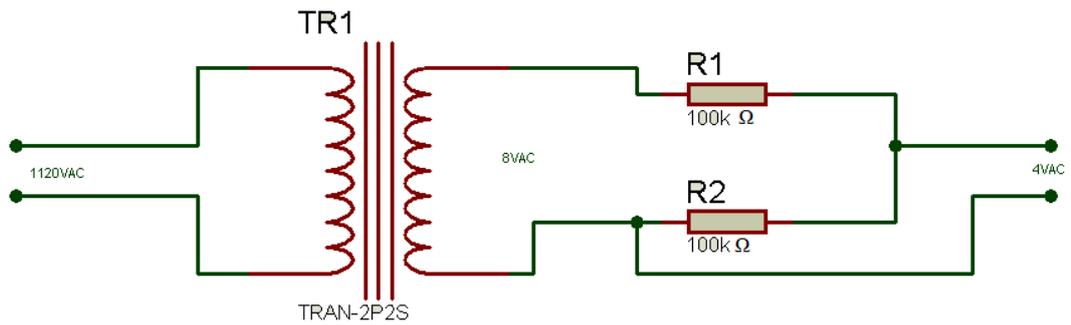


Figura 3.24 Circuito de voltaje AC

Fuente: Los autores

El cálculo para el divisor de voltaje se lo realizó de la siguiente manera

$$V_{out} = (R2/(R1+R2)) V_{in}$$

$$R2 = (V_{out} * R1) / (V_{in} - V_{out})$$

$$R2 = (4 * 100K) / (8 - 4)$$

$$R2 = 100K\Omega$$

### 3.6.5 Diseño de transductor de corriente AC

Para la medición de corriente se utilizó un sensor de corriente el cual tiene una relación de 1 a 1 es decir, por cada amperio hay 1 voltio AC, esta señal es tomada tal como indica la figura 3.25

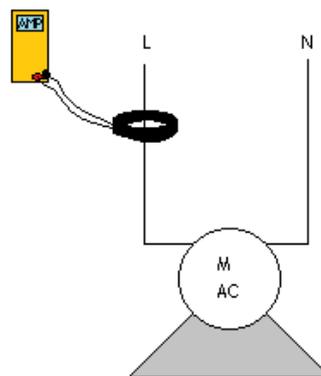


Figura 3.25 Instalación del sensor de corriente

Fuente: Los autores

De esta manera se obtiene la señal de corriente del motor universal.

Voltaje (VAC)	1.14
Corriente (Amp AC)	1.14

En las pruebas se pudo constatar la referencia del transductor.

### 3.6.6 Diseño de transductor de voltaje y corriente generado.

Para tomar las mediciones cuando el motor DC funciona como generador se instaló una carga fija de  $500\Omega$  100w .

Con esta carga fija se obtuvo un voltaje de 20VDC con revoluciones de 12000 RPM, como este nivel de voltaje es elevado, se tuvo la necesidad de reducir dicho voltaje por medio de un divisor a 5VDC.

Para poder filtrar la señal se utilizó un diodo 1N4007 y un capacitor electrolítico de 10000uf a 50VDC con esta red se pudo estabilizar la señal.

Para todo anterior se implementó el siguiente circuito (fig. 3.26)

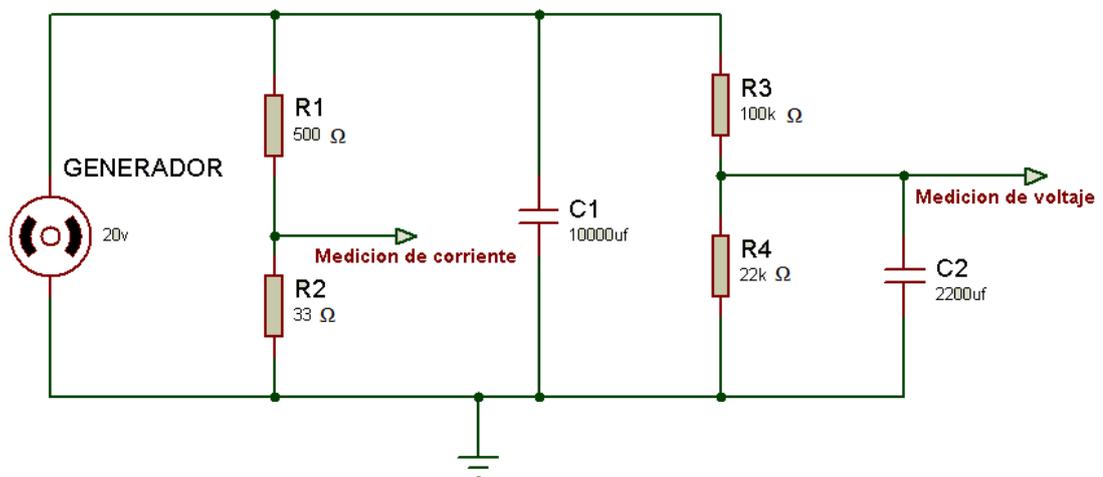


Figura 3.26 Transductores del motor usado como generador.

Fuente: Los autores

Para obtener voltaje en un generador, se debe aplicar un voltaje al campo para que este se quede energizado y exista una inducción magnética. El voltaje que se aplicó

es de 3VDC, este proviene del mismo driver que usamos en las demás prácticas con la única diferencia que será fijo, es decir, el estudiante no lo podrá cambiar.



Figura 3.27 Resistencia de carga del generador.

Fuente: Los autores

Los datos que se obtuvo con este circuito fueron:

Corriente de carga: 0.03 Amp DC

Voltaje en SHUNT: 1.24 VDC

Voltaje de carga: 20 VDC

Voltaje en el divisor: 3.61 VDC

Todos estos transductores están sobre una tarjeta la cual está diseñada para que el paso de corriente y la disipación de calor no afecten el sistema.

La imagen de dicha tarjeta se muestra a continuación (fig.3.28).

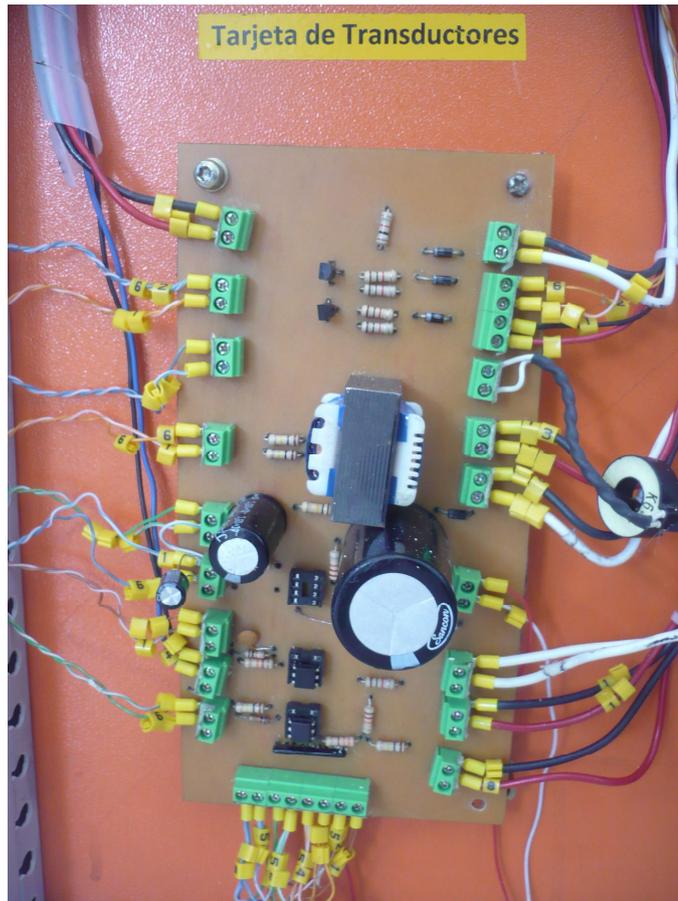


Figura 3.28 Tarjeta Transductor.

Fuente: Los autores



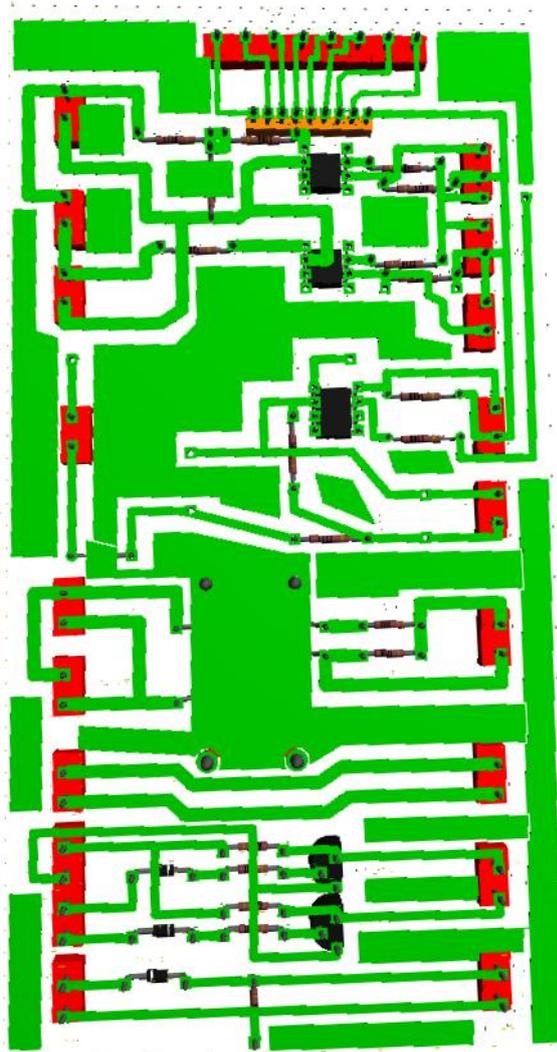


Figura 3.30 Diseño de la tarjeta de transductores vista posterior.

Fuente: Los autores

### **3.7 Conexión de motores.**

Para la alimentación de voltaje los motores, se utilizaron conectores tipo banana para efectuar las conexiones de forma didáctica y dependiendo de la práctica que se escoja, los conectores están ubicados sobre un costado del armario (fig. 3.31).

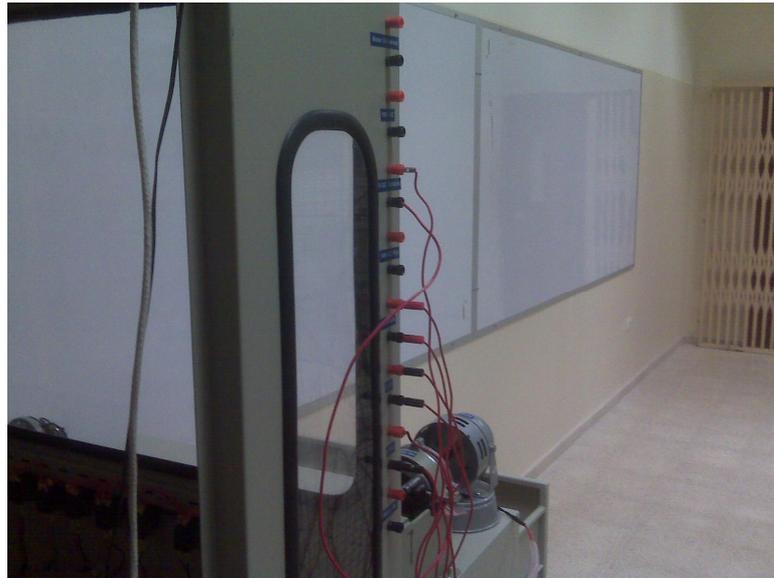


Figura 3.31 Conexión de motores.

Fuente: Los autores

El motor DC (fig. 3.32) a utilizar tiene las siguientes características:

VARM: 110 VAC

IARM: 2 Amp DC

Revoluciones por minuto: 3200 RPM

Potencia: 1/2 Hp

LSF1 – LSF2

Devanados del motor DC

Como el motor es de baja capacidad solo consta de devanado de campo y de armadura (fig. 3.32), es decir no posee devanados de bobinas auxiliares su potencia es baja y se alimentara con el driver descrito en las páginas 12 y 38, el mismo que proporciona según datos medidos de 0V a 42VDC-

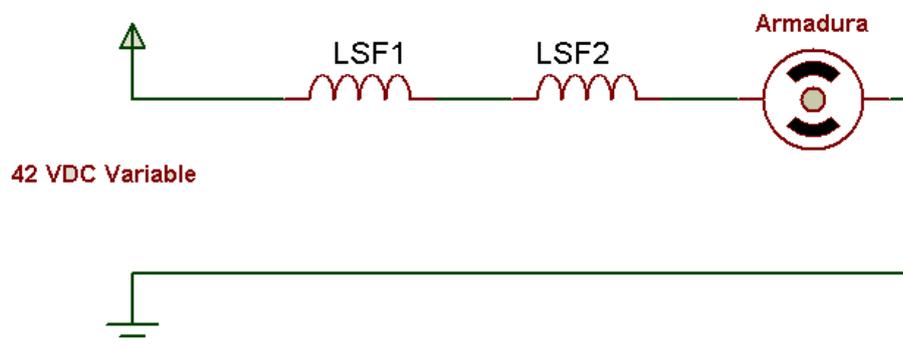


Figura 3.32 Configuración del motor DC

Fuente: Los autores



Figura 3.33 Motor DC

Fuente: Los autores

El motor universal (fig. 3.34) utilizado es un clásico motor de licuadora, el cual tiene las siguientes características:

Voltaje de entrada: 110 VAC/ VDC

I: 1 Amp AC / 1.5 Amp DC

Revoluciones por minuto: 1200 RPM

Potencia: ¼ HP

Este motor funciona a una sola velocidad.

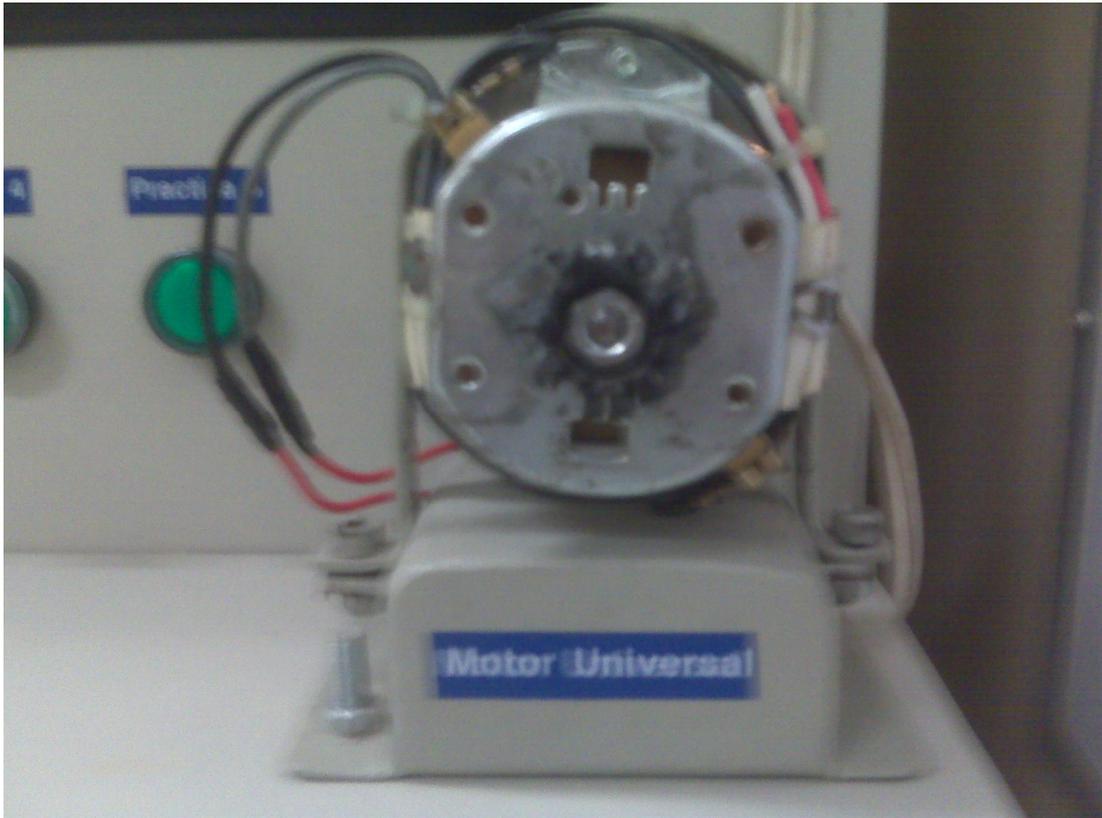


Figura 3.34 Motor Universal

Fuente: Autores

El motor AC (fig. 3.35) que se utiliza para la práctica del generador tiene las siguientes características:

Voltaje entrada: 110 VAC

I: 2 Amp AC

Frecuencia: 60Hz

Revoluciones.: 1200 RPM

Potencia: 1/2HP



Figura 3.35 Motor AC

Fuente: Los autores

### 3.8 Distribución de señales con respecto a los rack.

La tarjeta SB-Rio (fig. 3.36) tiene conectores los cuales por medio de un bus de datos conectamos a unas tarjetas terminales para las entradas y salidas, las cuales están distribuidas de la siguiente manera:



Figura 3.36 Tarjeta SB-Rio

Fuente: Los autores

En el rack 3 de entradas y salidas digitales (fig. 3.37 y fig. 3.38) se tiene como entradas los pulsadores y como salidas las señales que activarán los relés y las luces pilotos de las prácticas, esta distribución se detallará en la pág. 59.

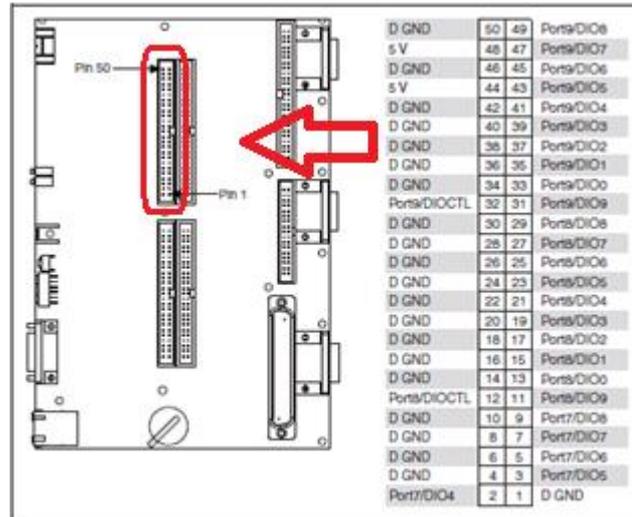


Figure 6. Pinout of I/O Connector P3, 3.3V Digital I/O

Figura 3.37 Conector P3 3.3v I/O Digitales

Fuente: *NI sbRIO-961x/9612XT/963x/9632XT/964x/9642XT ni.com*



Figura 3.38 Rack 3 entradas y salidas digitales

Fuente: Los autores

En la siguiente tabla se describe la distribución de los pines de entrada, en los cuales se van a conectar las botoneras y el selector.

- Entradas digitales:

Nombre	Puerto	Pin de conexión
Manual/Automático	Puerto 8/ DIO 9	Pin # 13
Pulsador Marcha	Puerto 9/ DIO CTL	Pin # 32
Pulsador Paro	Puerto 7/ DIO 4	Pin # 2
Práctica # 1	Puerto 8 / DIO 8	Pin # 29
Práctica # 2	Puerto 8 / DIO 7	Pin # 27
Práctica # 3	Puerto 8 / DIO 6	Pin # 25
Práctica # 4	Puerto 8 / DIO 5	Pin # 23
Práctica # 5	Puerto 8 / DIO 4	Pin # 21

Tabla 3.1 Entradas Digitales

Fuente: Los autores

En la siguiente tabla se describe la distribución de los pines de salidas los cuales van a activar los relés y luces pilotos:

- Salidas digitales:

Nombre	Puerto	Pin de conexión	Activación
R1	Puerto 9/ DIO 0	Pin # 33	Activa el Relé 1
R8	Puerto 9/ DIO 1	Pin # 35	Activa el Relé 8
R5	Puerto 9/ DIO 2	Pin # 37	Activa el Relé 5
R3	Puerto 9/ DIO 3	Pin # 39	Activa el Relé 3
R4	Puerto 9/ DIO 4	Pin # 41	Activa el Relé 4
R6	Puerto 9/ DIO 5	Pin # 43	Activa el Relé 5
R7	Puerto 9/ DIO 6	Pin # 45	Activa el Relé 6
R2	Puerto 9/ DIO 7	Pin # 47	Activa el Relé 7
L.P. Marcha	Puerto 9/ DIO 0	Pin # 33	Activa la luz piloto marcha
L.P. Práctica # 1	Puerto 7 / DIO 0	Pin # 3	Activa la luz piloto práctica 1
L.P. Práctica # 2	Puerto 7 / DIO 1	Pin # 5	Activa la luz piloto práctica 2
L.P. Práctica # 3	Puerto 7 / DIO 2	Pin # 7	Activa la luz piloto práctica 3
L.P. Práctica # 4	Puerto 7 / DIO 3	Pin # 9	Activa la luz piloto práctica 4
L.P. Práctica # 5	Puerto 7 / DIO 4	Pin # 11	Activa la luz piloto práctica 5

Tabla 3.2 Salidas Digitales

Fuente: Los autores

En el rack 2 de entradas y salidas análogas (fig. 5.37 y fig. 5.38) para las entradas se tiene señales de los transductores de voltaje, corriente y las rpm, y para las salidas está la señal de control del driver, esta distribución se detallará en la pág. 61.

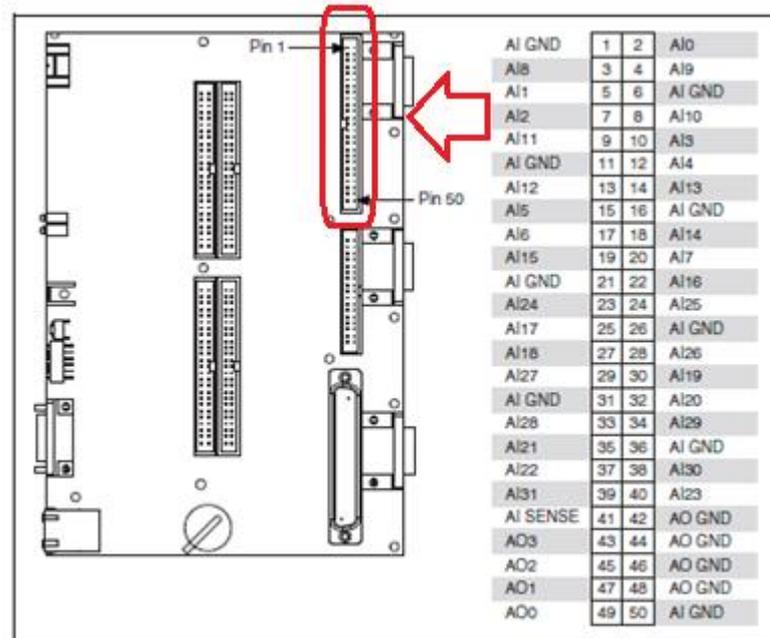


Figure 9. Pinout of I/O Connector J7, Analog I/O

Figura 3.39 Conector J7 I/O análogas

Fuente: *NI sbRIO-961x/9612XT/963x/9632XT/964x/9642XT ni.com*

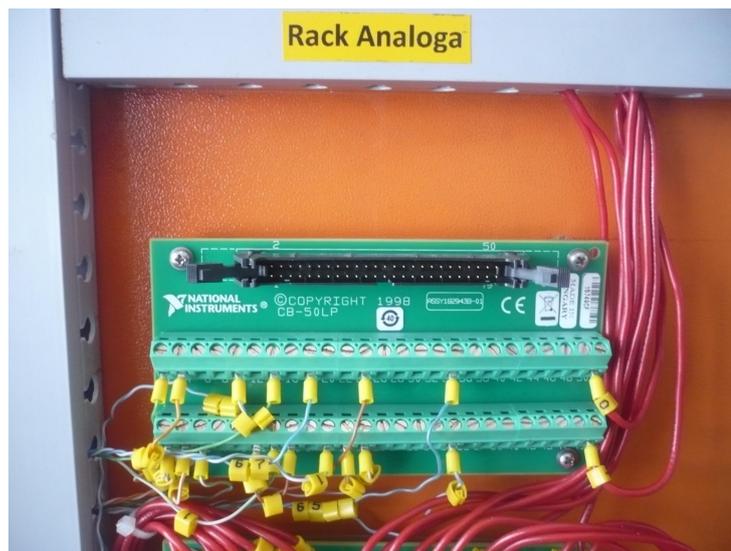


Figura 3.40 Rack 2 entradas y salidas análogas

Fuente: Los autores

En la siguiente tabla se describe la distribución de los pines de la salida análoga la cual controla el voltaje que entrega el driver.

- Salidas análogas:

Nombre	Puerto	Pin de conexión
Control Driver	AI0/ AIGND	Pin # 1(-) Pin # 2 (+)

En la siguiente tabla se describe la distribución de los pines de entradas análogas con las cuales podremos observar los valores de voltajes AC y dc, corrientes AC y DC y la señal del encoder.

- Entrada análogas

Nombre/función	Puerto	Pin de conexión
Voltaje DC	AI25/ AIGND	Pin # 24 (+) Pin # 21 (-)
Corriente DC	AI26/ AIGND	Pin # 28 (+) Pin # 21 (-)
Encoder	AI17/AIGND	Pin # 25 (+) Pin # 26 (-)
Voltaje AC	AI12/ AIGND	Pin # 7 (+) Pin # 6 (-)
Corriente AC	AI6/ AIGND	Pin # 17 (+) Pin # 16 (-)
Voltaje DC Gen	AI13/ AI12	Pin # 14 (+) Pin # 13 (-)
Corriente DC Gen	AI17/ AI18	Pin # 17 (+) Pin # 18 (-)

TABLA 3.3 Entradas y salidas análogas

Fuente: Los autores

### 3.6 Planos eléctricos.

A continuación se detallara mediante planos eléctricos todas las conexiones que contiene este proyecto.

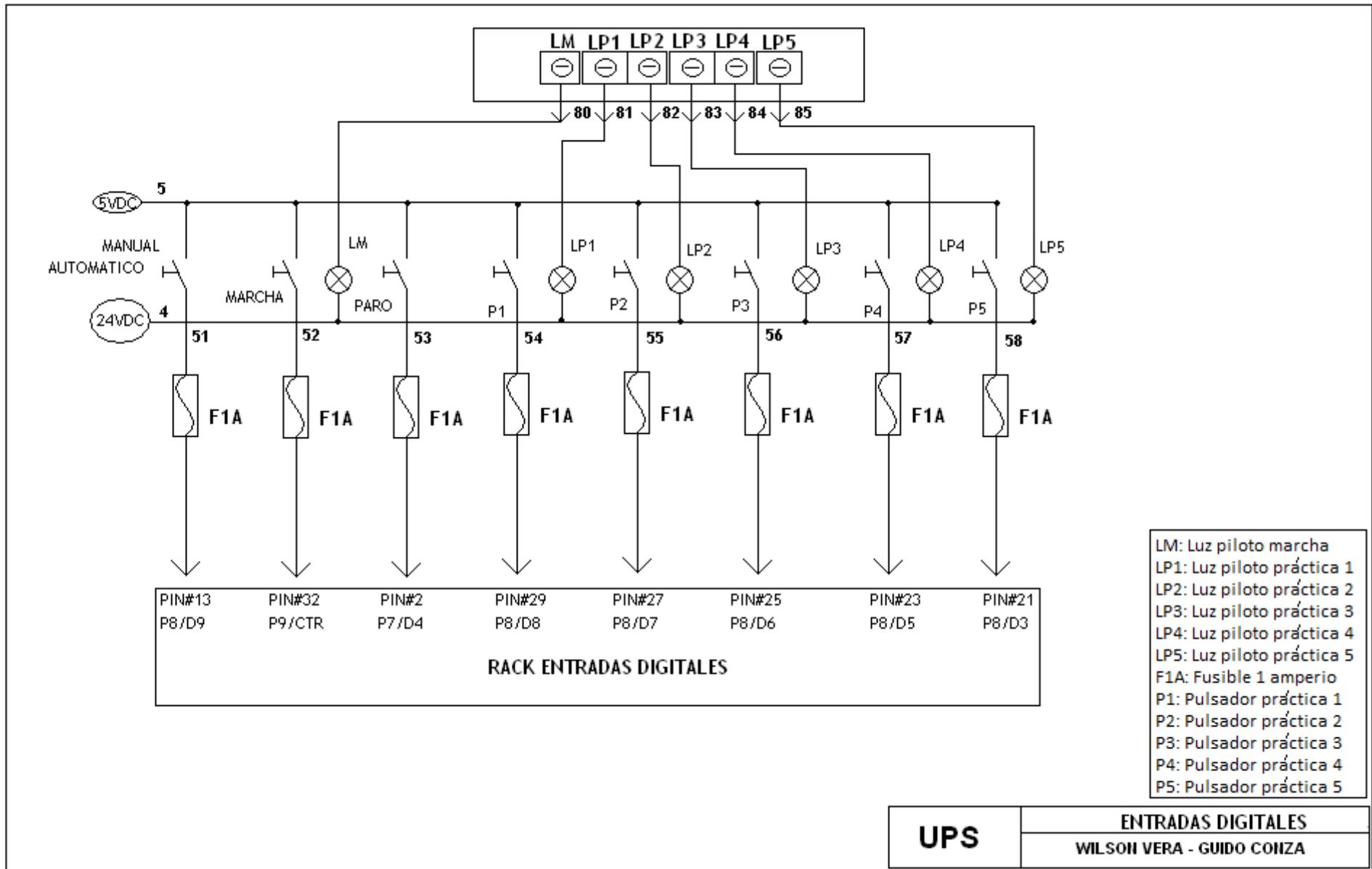
Fig. 3.41 a : Plano de entradas digitales Pág. 62

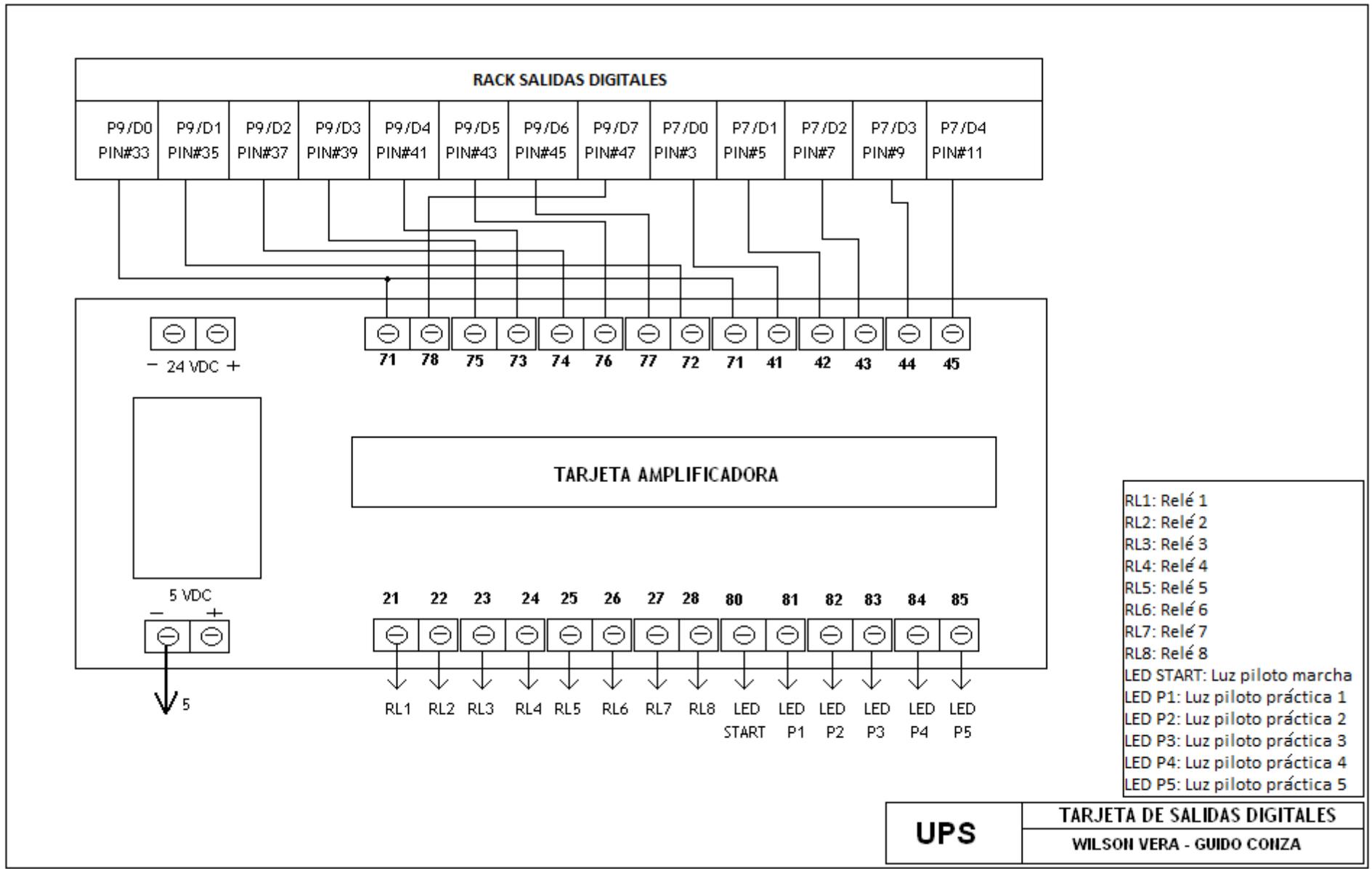
Fig. 3.41 b : Plano de tarjetas de salidas digitales Pág. 63

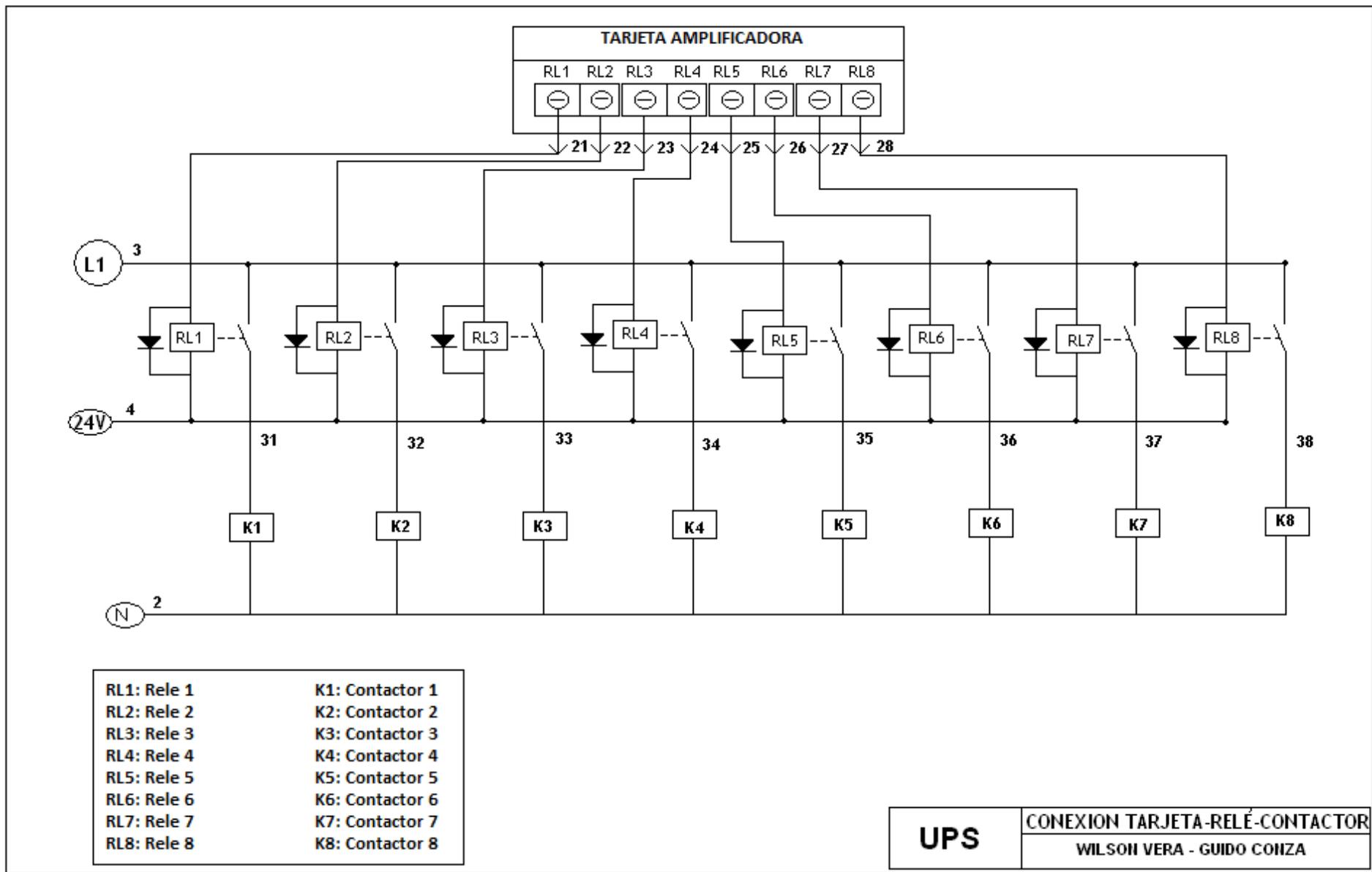
Fig. 3.42 : Plano de conexión Tarjeta amplificadora – Relé – Contactor Pág. 64

Fig. 3.43 : Plano de diagrama de fuerza del sistema de control eléctrico Pág. 65

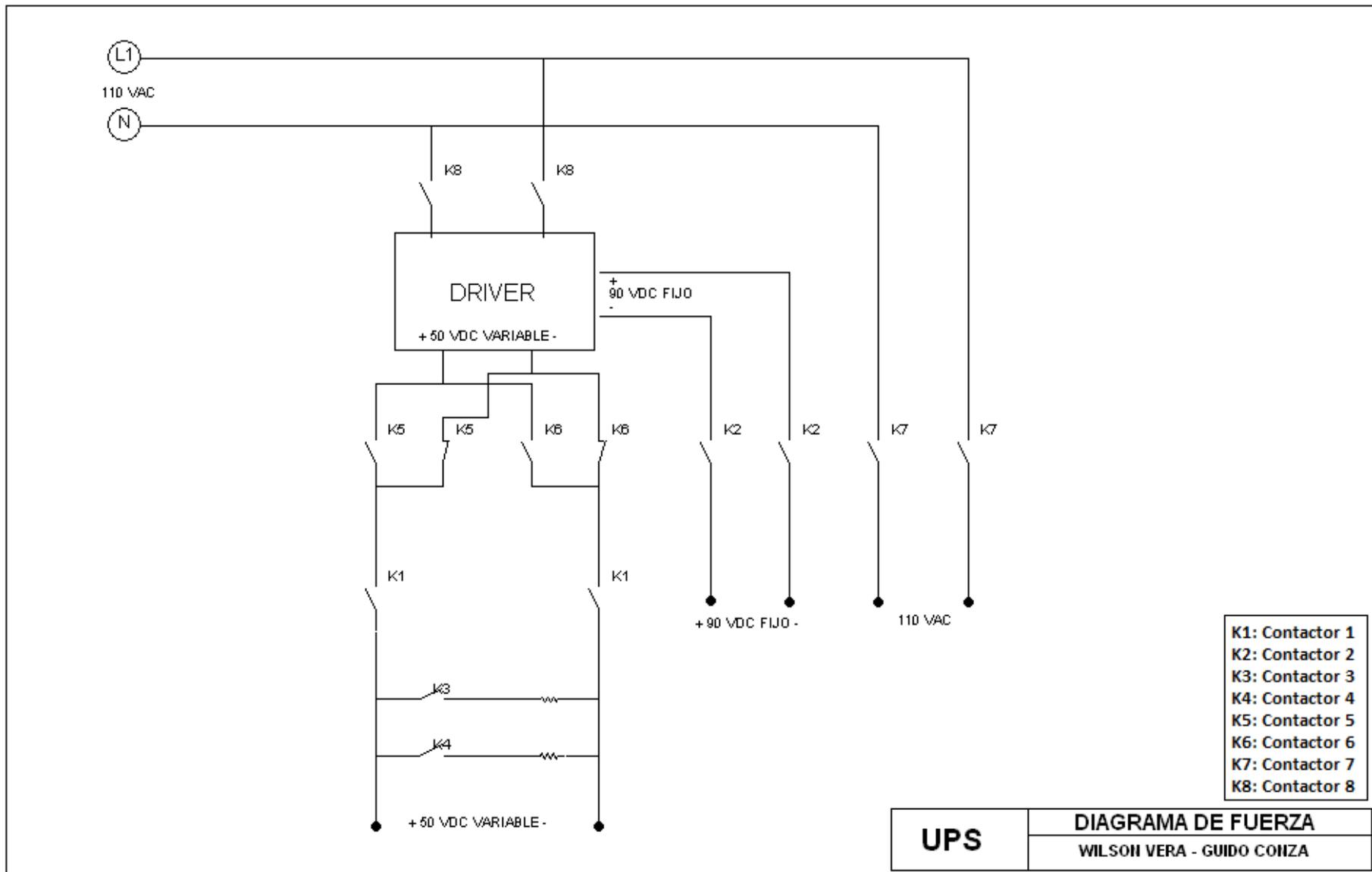
Fig. 3.44 : Plano de conexión de Tarjeta de Transductores Pág. 66

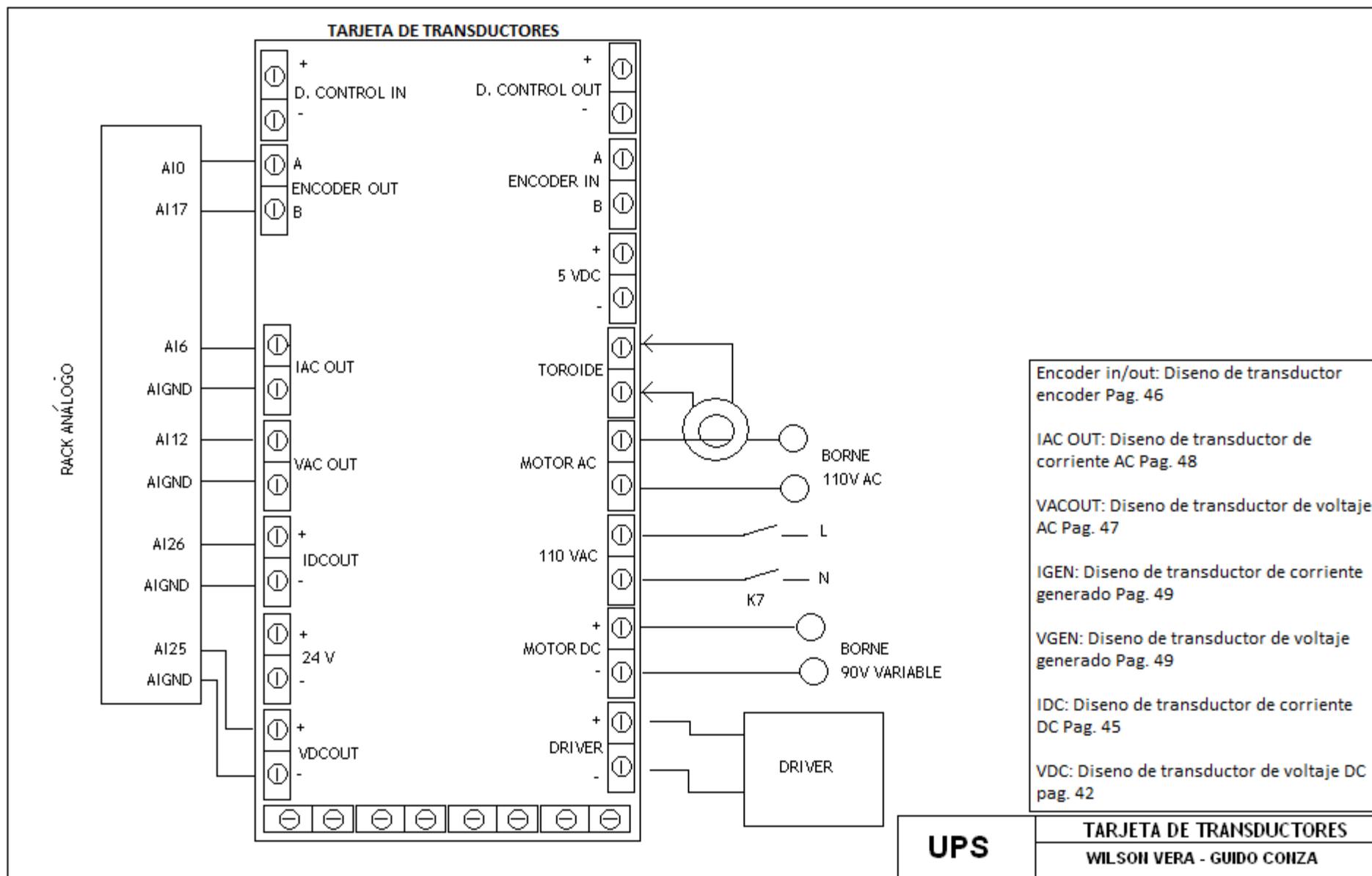






**UPS** | CONEXION TARJETA-RELÉ-CONTACTOR  
 WILSON VERA - GUIDO CONZA





### 3.10 Implementación del programa

Los programas desarrollados mediante LabVIEW se denominan Instrumentos Virtuales (VIs), porque su apariencia y funcionamiento imitan los de un instrumento real. Sin embargo son análogos a las funciones creadas con los lenguajes de programación convencionales. Los VIs tienen una parte interactiva con el usuario y otra parte de código fuente, y aceptan parámetros procedentes de otros VIs.

Todos los VIs tienen un panel frontal y un diagrama de bloques. Las paletas contienen las opciones que se emplean para crear y modificar los VIs.

El diagrama de bloques constituye el código fuente del VI. En el diagrama de bloques es donde se realiza la implementación del programa del VI para controlar o realizar cualquier procesado de las entradas y salidas que se crearon en el panel frontal.

Para crear un proyecto seguimos los siguientes pasos:

1. Abrimos un proyecto nuevo Empty Project.
2. Hacemos click-derecho sobre My Computer y en este se selecciona el dispositivo: New» Targets and Devices, como se muestra en la figura 3.45

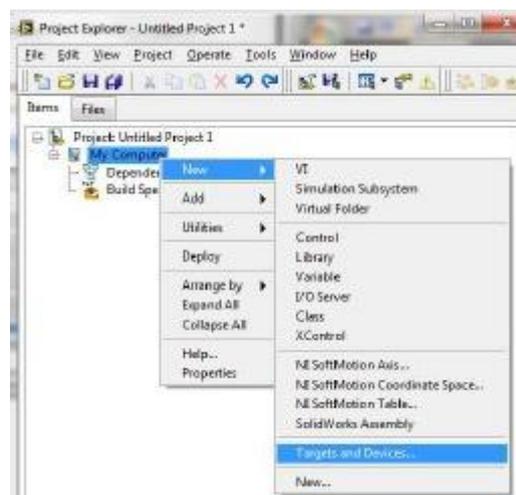


Figura 3.45 Nuevo Proyecto

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/66870586/PROGRAMACION-LABVIEW-FPGA>

- 3 Luego se abre la ventana Add Targets and Devices y seleccionamos New target or device, expandimos Xilinx University Program y seleccionamos SbRio ups y presionamos OK (fig. 3.46).

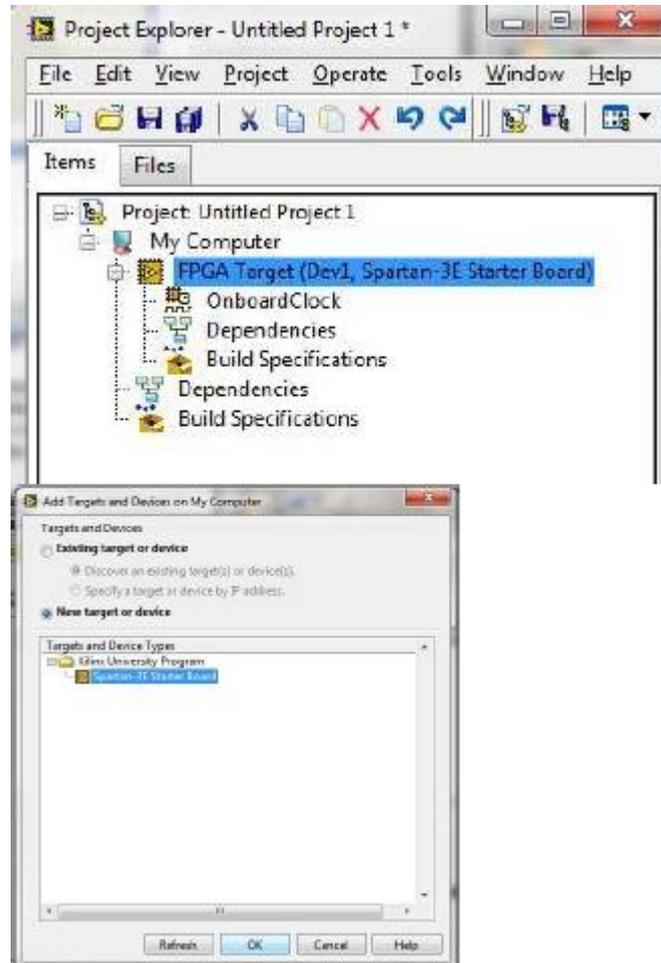


Figura 3.46 Selección de la Sb rio

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/66870586/PROGRAMACION-LABVIEW-FPGA>

4. Ahora que se tiene agregado el dispositivo en el proyecto figura B.3, se crea una FPGA VI, hacemos click-derecho sobre el nombre del dispositivo agregado FPGA Target (Dev1, Sb rio ups Board) y seleccionamos New» VI y tenemos el FPGA VI añadido al proyecto, se debe notar que elFPGA VI esta en el árbol del dispositivo FPGA (fig. 3.47).

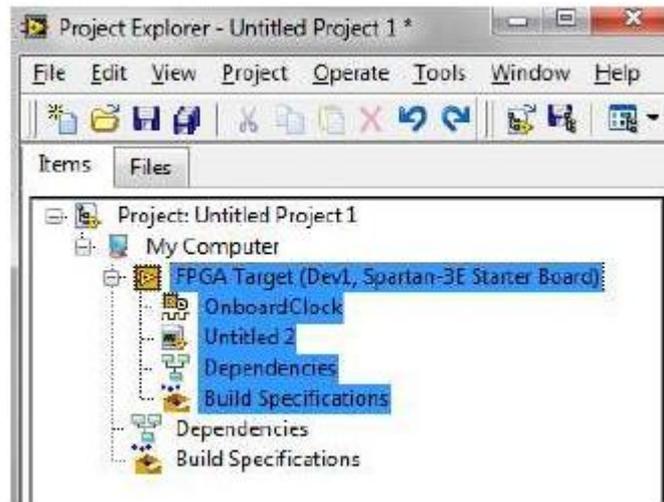


Figura 3.47 Árbol de la Sbrío

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/66870586/PROGRAMACION-LABVIEW-FPGA>

Una vez creado el proyecto, se deben agregar las Entradas y/o Salidas que se necesiten, para esto seguimos los siguientes pasos:

1. Hacer click-derecho en el nombre del dispositivo agregado FPGATarget (Dev1, Spartan-3E Starter Board) y seleccionar New» FPGA I/O como se muestra en la figura 3.43.
2. Ahora una nueva ventana, en la cual se encuentran todas las entradas y salidas del dispositivo, además de las variables para configurar los módulos existentes en la tarjeta como son el conversor digital-análogo, conversor análogo-digital, LCD, etc.
3. Seleccionamos el elemento a agregar y lo añadimos en la tabla, una vez seleccionados todos los elementos que se utilizarán, se presiona OK y se presentará una nueva ventana como en la figura 3.48.

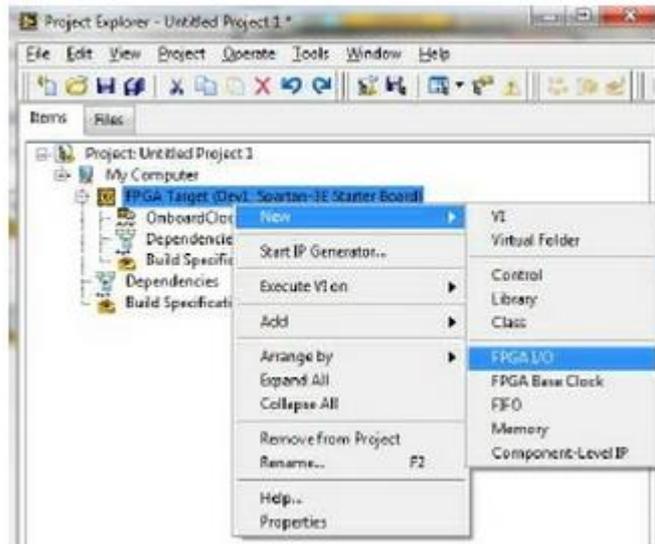


Figura 3.48 Creación de entradas y salidas

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/66870586/PROGRAMACION-LABVIEW-FPGA>

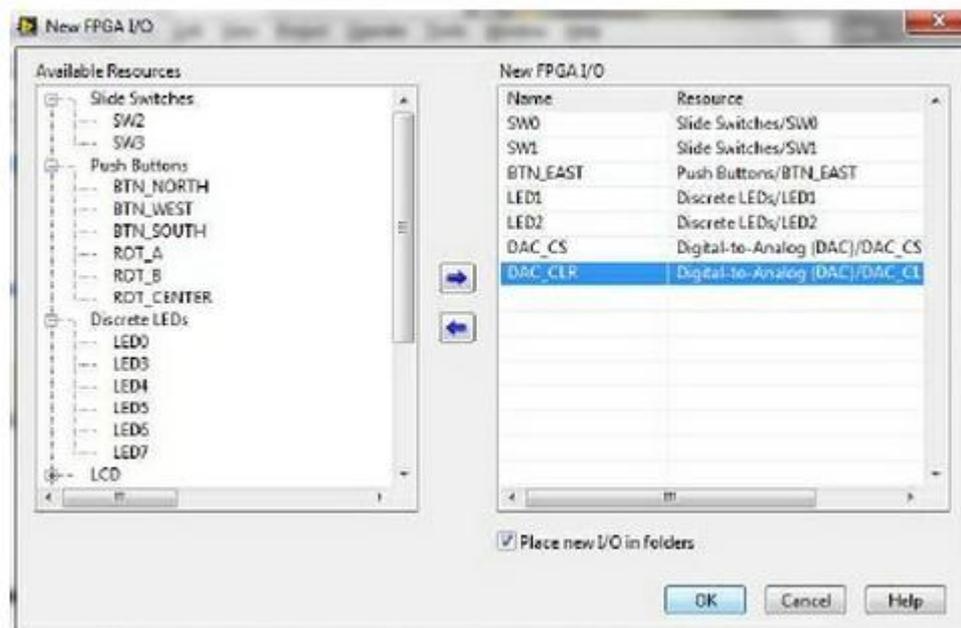


Figura 3.49 selección de entradas y salidas

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/66870586/PROGRAMACION-LABVIEW-FPGA>

Una vez realizados estos pasos se comienza la programación de diagrama de bloque, dicha programación consta de un o más sub-diagramas, o fotogramas (fig. 3.50), que se ejecutan secuencialmente.

Utiliza la estructura de secuencia plana, de modo que un sub-diagrama se ejecuta antes o después de otro sub-diagrama.

El flujo de datos para la estructura de secuencia plana difiere de flujo de datos para otras estructuras. Los marcos en una estructura de secuencia plana se ejecuta de izquierda a derecha y cuando todos los valores de datos conectados a un bastidor están disponibles. Los datos de hojas de cada fotograma en el marco terminan de ejecutarse. Esto significa que la entrada de un marco puede depender de la salida de otro marco.

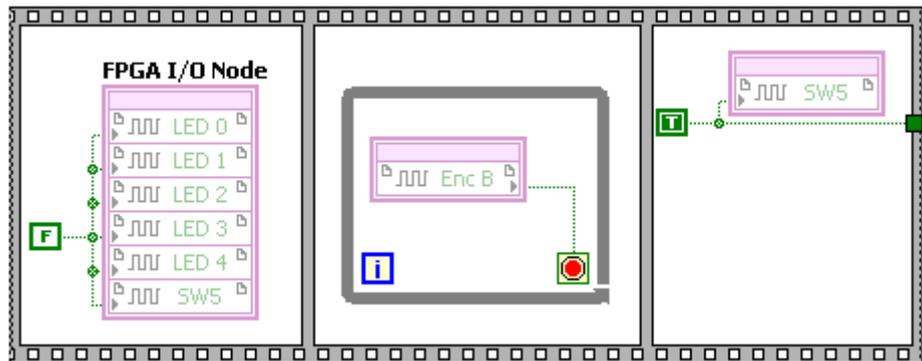


Figura 3.50 Fotograma

Fuente: Los autores

Esta es la primera parte del programa el cual consta de 3 sub-diagramas los cuales se ejecutan secuencialmente. En el primer subdiagrama (fig. 3.51) el bloque de entradas y salidas de la FPGA el cual es utilizado para apagar las salidas a través de la instrucción FALSE ingresadas a cada una de ellas.

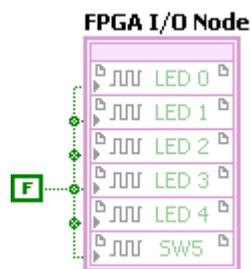


Figura 3.51 Apagado de salidas

Fuente: Los autores

De esta manera todas las salidas estén en bajo 0v al momento de iniciar el programa.

En el siguiente fotograma hay un lazo while loop (fig. 3.52) el cual repite el subdiagrama en su interior hasta que la terminal dependiente, un terminal de entrada, recibe un valor booleano en particular. El valor booleano depende de la continuación de la conducta del bucle while.

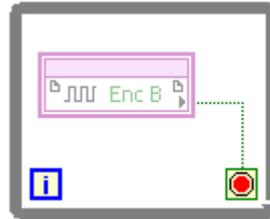


Figura 3.52 Espera del paro del motor

Fuente: Los autores

En este punto el proceso pregunta por la señal B del encoder que esta ingresado a un contador rápido, si este punto detecta que no hay cambio de estado pasa al siguiente fotograma.

En el siguiente fotograma, se consulta por SW5 si es verdadero, este es el pulsante de la práctica a trabajar, es decir, primero se debe cargar el programa y luego seleccionar la práctica a trabajar-



Figura 3.53 Pulsación de la práctica

Fuente: Los autores

En la segunda parte del programa se tiene:

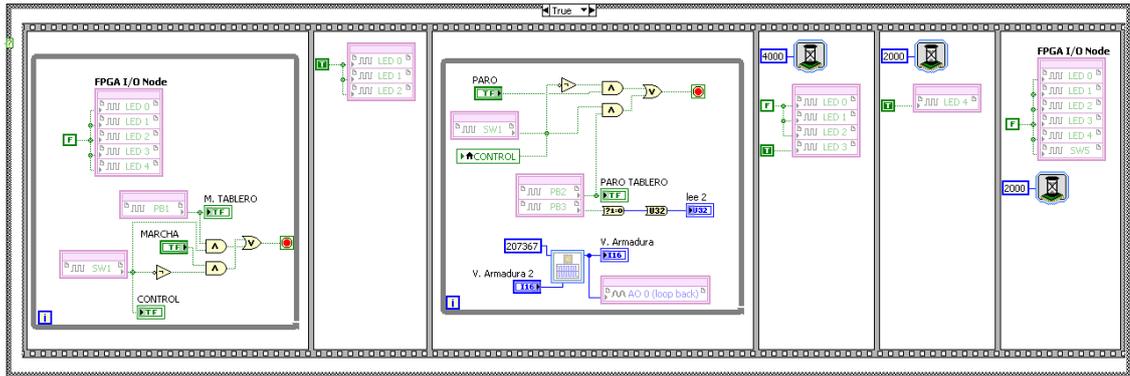


Figura 3.54 Segunda secuencia del programa

Fuente: Los autores

En el inicio las salidas se encierran de la misma manera como en la primera parte (fig.3.50)

Luego pregunta por el selector a través del siguiente comando (fig. 3.55)

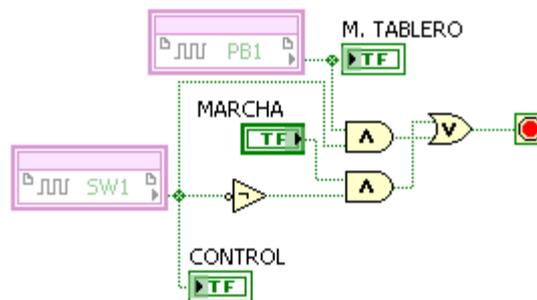


Figura 3.55 Espera de la marcha

Fuente: Los autores

En donde SW1 es la variable del selector con el cual se selecciona si se desea trabajar en modo manual o automático.

Pregunta si el selector es activado (manual) y se pulsa el botón PB1, que es el pulsante de marcha del tablero, salta al siguiente lazo.

Si el selector esta apagado (automático) y se pulsa marcha desde el programa salta al siguiente lazo.

La variable control sirve para visualizar en la pantalla si esta trabajando en manual o automático (fig. 3.56)



Figura 3.56 Visualización de pulsante y selector

Fuente: Los autores

El siguiente lazo activa las salidas colocando TRUE (fig.3.57) en la entrada de las variables de salidas.

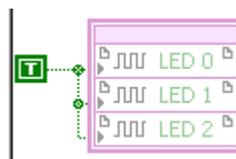


Figura 3.57 Activación de salidas

Fuente: Los autores

Estas señales activaran los relés R1, R5 y R8. Una vez activados continua al siguiente lazo.

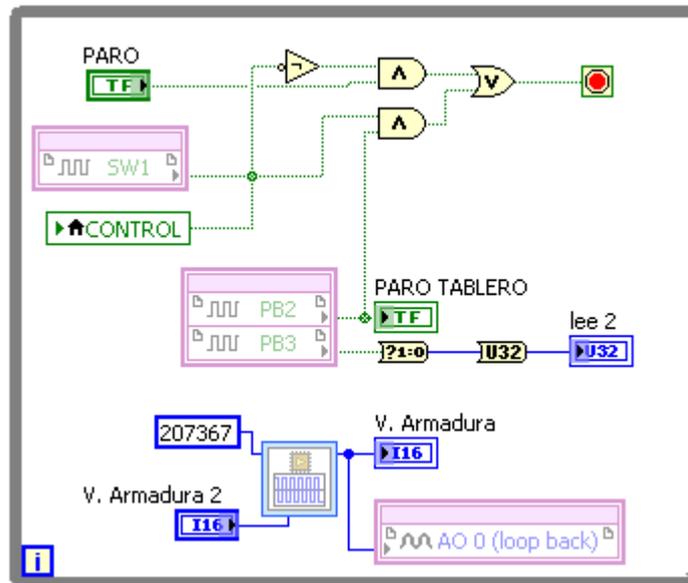


Figura 3.58 Pulsación del paro del sistema

Fuente : Los autores

En esta sección pregunta nuevamente por el selector y con compuertas and controla el paro del sistema, es decir, si el selector es activado (manual) y activa el pulsante PB2 que es el botón de paro salta al siguiente lazo.

Si el selector esta apagado (automático) y se pulsa paro desde el programa salta al siguiente lazo (fig.3.58).

También pregunta por PB3 que es la entrada de un contador rápido el cual nos proporciona la lectura de las revoluciones por minuto.

Colocamos un generador de onda cuadrada (fig.3.59) el cual servirá para generar el voltaje de control del driver.

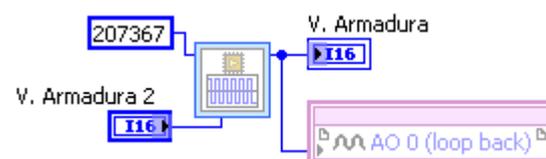


Figura 3.59 Generador de onda cuadrada

Fuente: Los autores

Este se lo configuró a una escala de frecuencia de 207367 HZ debido a que se necesita una señal fija y como la tarjeta solo puede generar ondas cuadradas lo que se hizo fue colocar la máxima frecuencia.

La señal que controla este generador esta dada por V. armadura 2, esta variable la podemos controlar por medio de un slider ubicada en la pantalla principal (fig. 3.60). Esta señal varía de 0 a 32767 que son los byte máximos con los que trabaja dicho bloque.

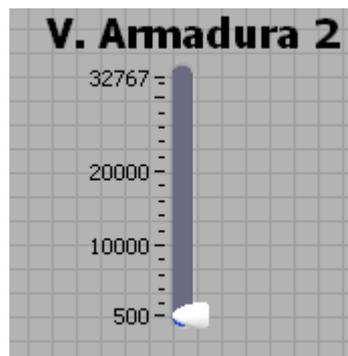


Figura 3.60 Slider de control de voltaje

Fuente: Los autores

La salida de éste es visible mediante la variable v. armadura (fig. 3.61)

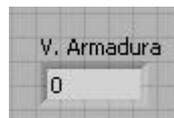


Figura 3.61 Valor del control de voltaje

Fuente: Los autores

Y éste a su vez lo envía por la salida análoga (fig.3.62)

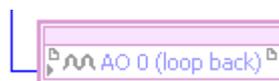


Figura 3.62 Slider de control de voltaje

Fuente: Los autores

En el momento que se pulse paro como lo demuestra la figura 3.63 pasa a la siguiente subdiagrama.

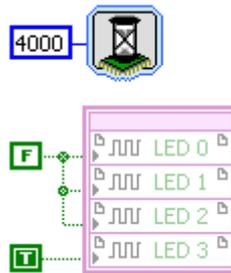


Figura 3.63 Apagado de salidas

Fuente: Los autores

El cual espera un tiempo de 4seg y apaga las salidas que comandan R1, R5 y R8 y a su vez activa la salida que comanda R3 (fig. 3.64) la cual activa una resistencia limitadora (fig.3.8)

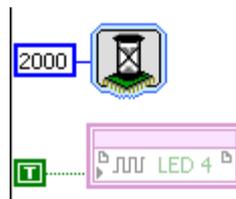


Figura 3.64 Activación de salidas 4

Fuente: Los Autores

En el siguiente fotograma espera 2 segundos y activa la salida que comanda R4 (fig. 3.65) la cual activa la siguiente resistencia limitadora (fig.3.8)

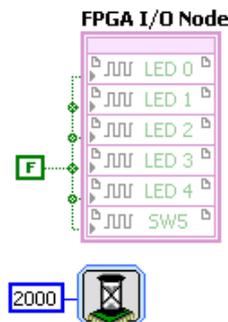


Figura 3.65 Apagado de salidas generales

Fuente: Los autores

En el siguiente fotograma, luego de 2 segundos más apaga todas las salidas (fig. 3.65) y automáticamente se regresa a la primera etapa.

Para la visualización de las variables se utilizó el siguiente lazo.

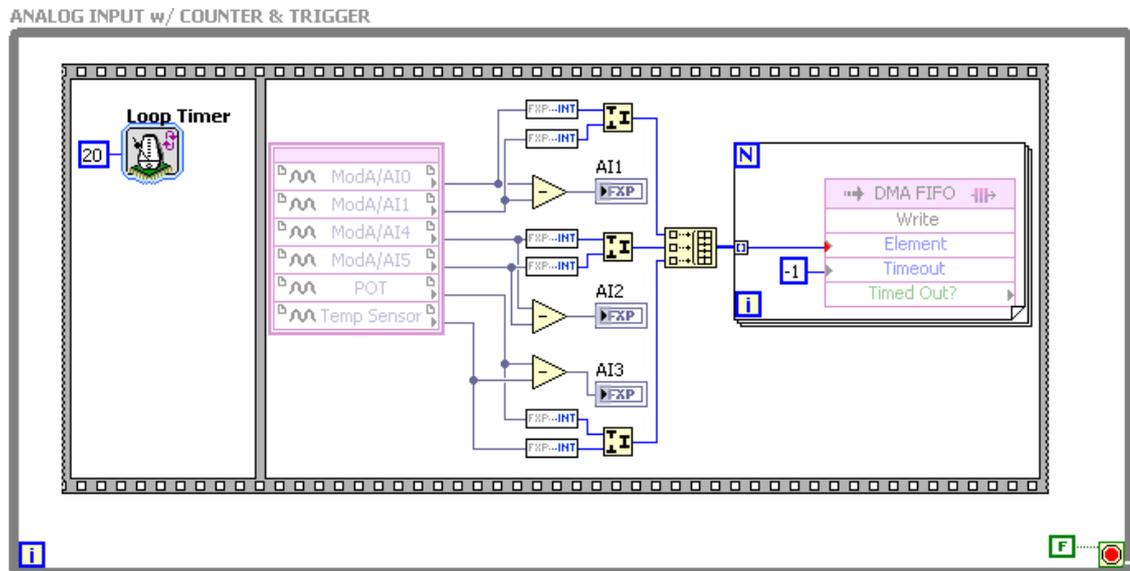


Figura 3.66 Visualización de señales analógicas

Fuente: Los autores

Este lazo lo hace cada 20ms por medio del comando tiempo de lazo (fig. 3.66), las señales analógicas se mostraran en forma numérica en visualizadores los cuales muestran el voltaje, corriente y potencia (fig.3.67).

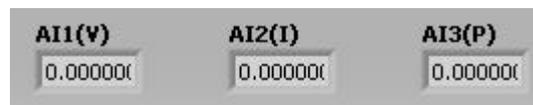


Figura 3.67 Visualizadores de voltaje, corriente y potencia

Fuente: Los autores

De esta manera queda programada la FPGA, luego debemos programar el panel frontal que es donde se visualizarán las prácticas (fig. 3.68)



Figura 3.68 Pantalla principal

Fuente: Los autores

En dicha pantalla se encuentra el selector de control, que indica si se trabaja en modo manual o automático, el slider controlador del voltaje de control del driver, un selector para observar gráficamente las señales de voltaje, corriente y potencia, visualizadores de valores de voltaje de control del driver, voltaje, corriente, potencia, RPM, posición, Aceleración.

Todos estos visualizadores se los programa en el diagrama de bloque como lo muestra en la siguiente figura 3.69

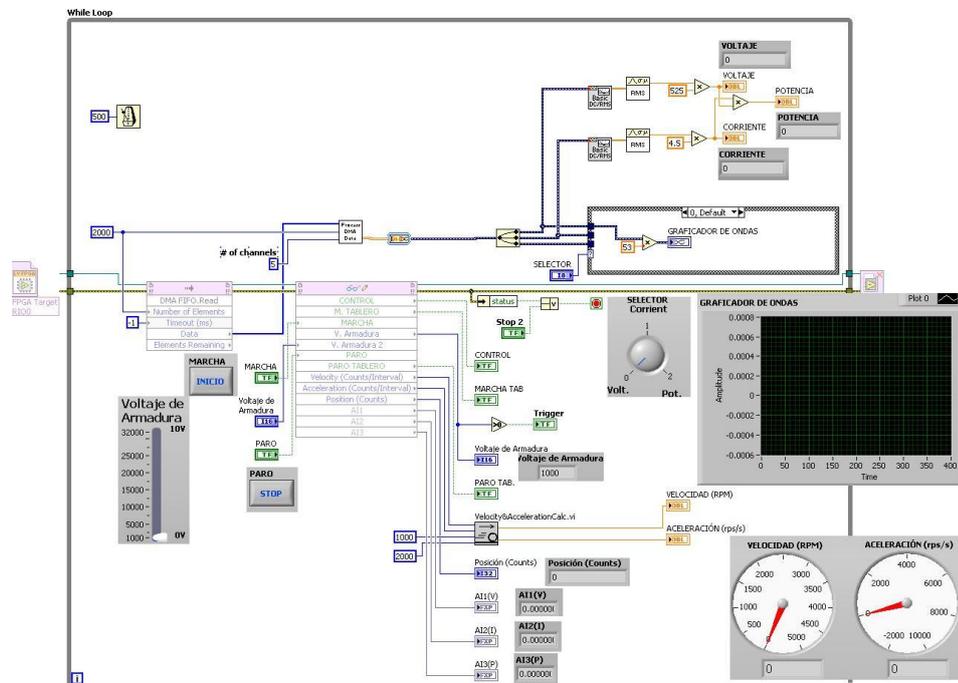


Figura 3.69 Activación de salidas 4

Fuente: Los autores

### 3.11 Implementación del software en módulo entrenador

Para iniciar, el estudiante deberá escoger la práctica a realizar y abrir el programa.

Esto lo hará con los siguientes pasos:

1.- Ingresar a la carpeta que contiene las prácticas (fig.3.70).

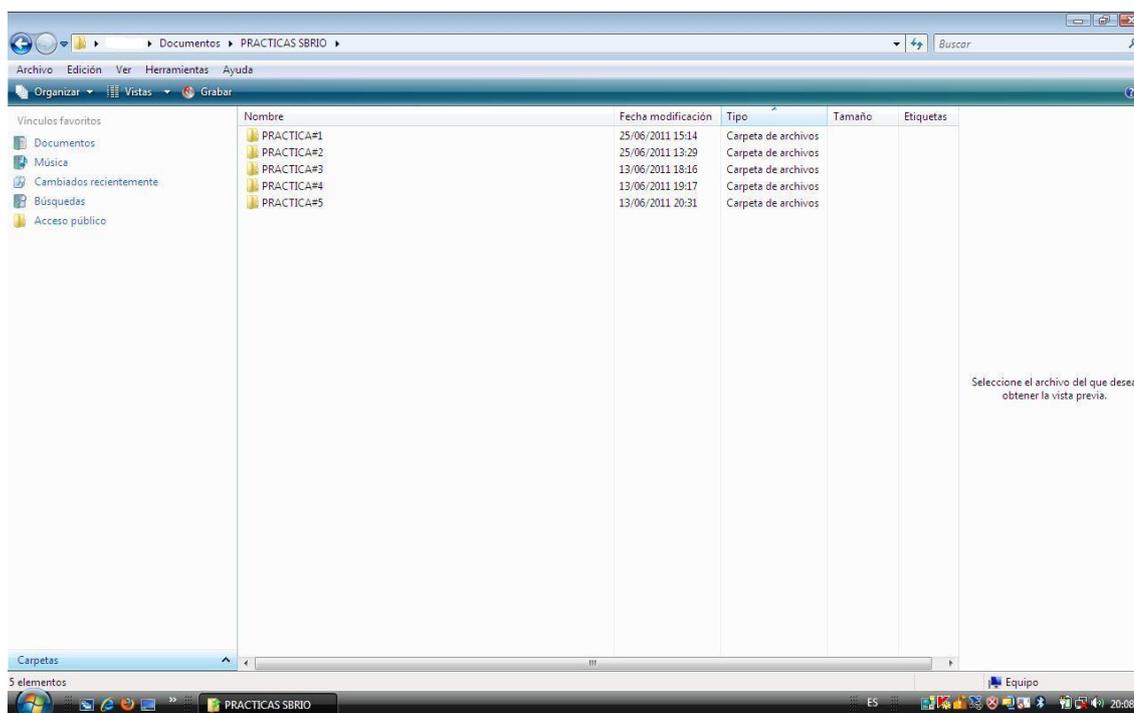


Figura 3.70 Ingreso a práctica 1 (a)

Fuente: Los autores

### 3.12 Pasos para el uso diario del equipo

Para iniciar, el estudiante deberá escoger la práctica a realizar y abrir el programa.

Para lo cual deberá seguir los siguientes pasos:

1.- Ingresar a la carpeta que contiene las prácticas (fig.3.71).

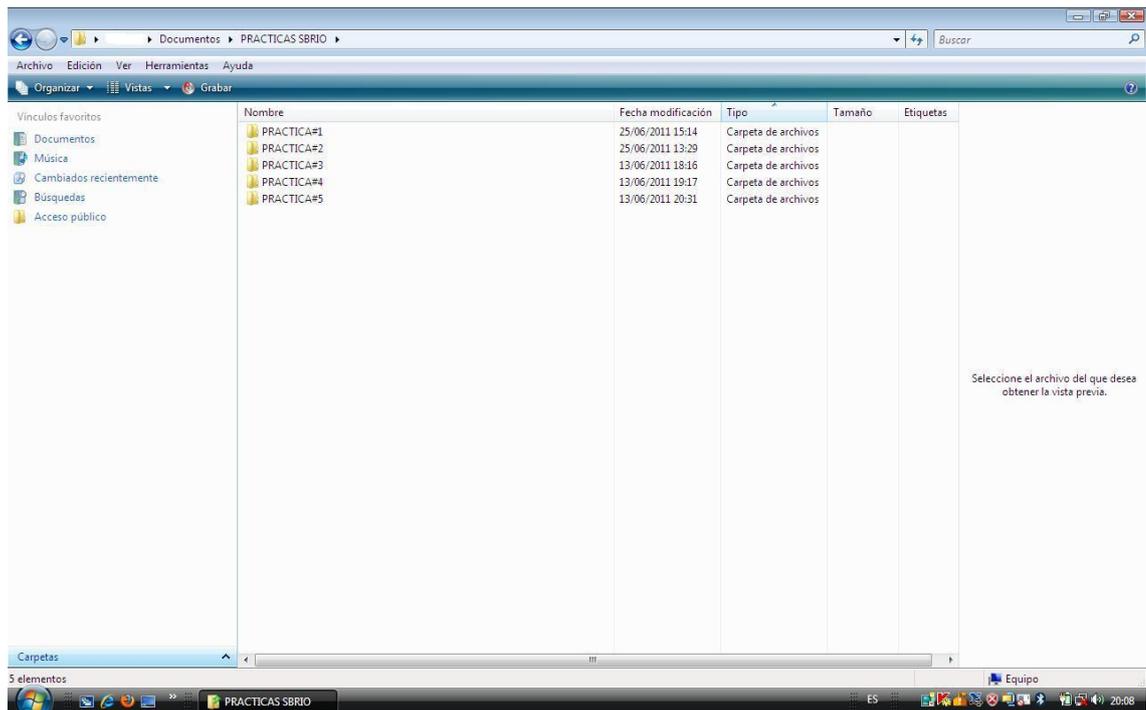


Figura 3.71 Ingreso a práctica 1 (b)

Fuente: Los Autores

2.- Escoger la práctica a realizar (fig.3.72).

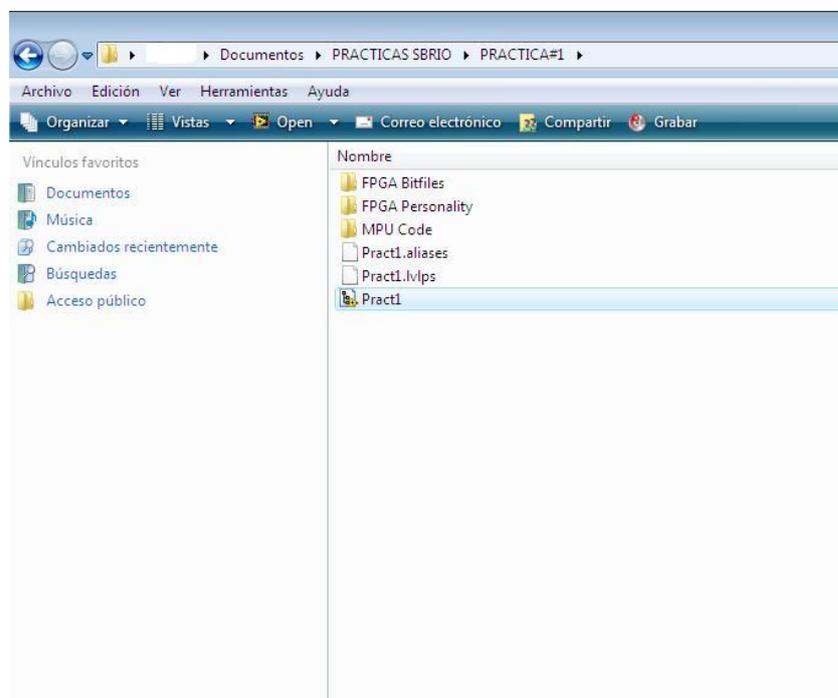


Figura 3.72 Ingreso a práctica 1 (c)

Fuente: Los autores

3.- Al dar doble click nos aparece la siguiente pantalla (fig. 3.73).

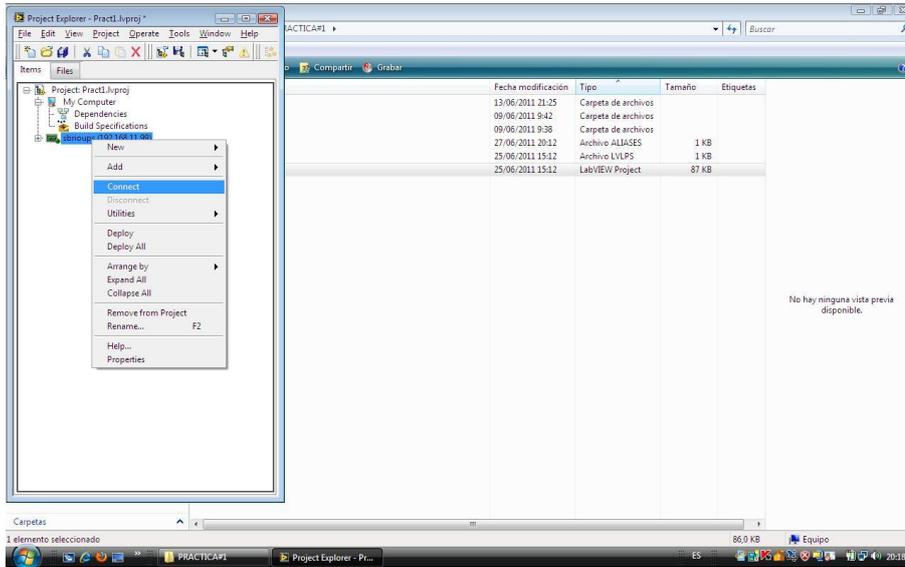


Figura 3.73 Ingreso a práctica 1 (d)

Fuente: Los autores

4.- Luego seleccionamos en sbrgroups (192.168.11.99) y con el botón derecho del mouse seleccionamos conectar (fig.3.70).

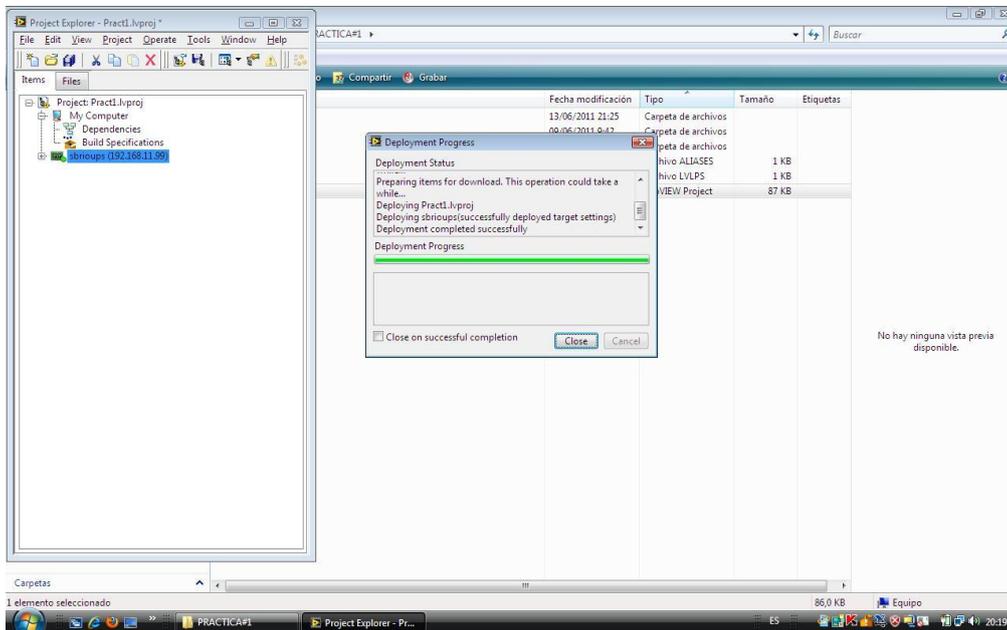


Figura 3.74 Ingreso a práctica 1 (e)

Fuente: Los autores

5.- Una vez que esté conectado, abrimos el árbol de sbrroups (192.168.11.99) y seleccionamos PR1.vi (fig.3.75).

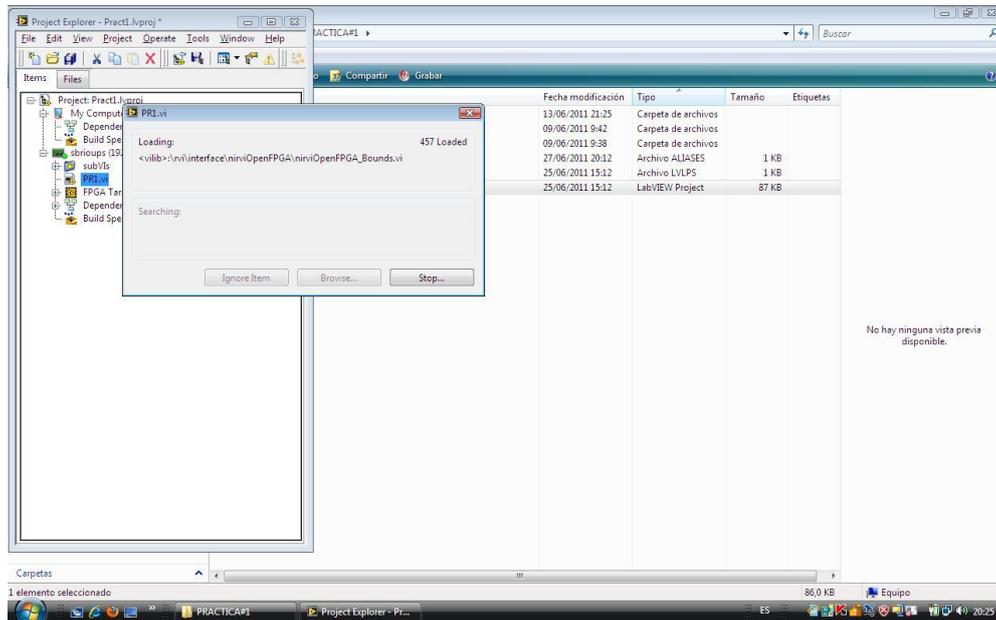


Figura 3.75 Ingreso a práctica 1 (f)

Fuente: Los autores

6.- Cuando termine de cargar nos aparecerá la siguiente pantalla, donde podemos ver el control que nos indicará si esta en manual o automático, marcha y paro de la pantalla, marcha tablero, paro tablero, el voltaje de armadura y el stop del programa. En el lado izquierdo tenemos un visualizador similar a un osciloscopio en el cual observaremos las señales análogas de corriente (fig.3.76).

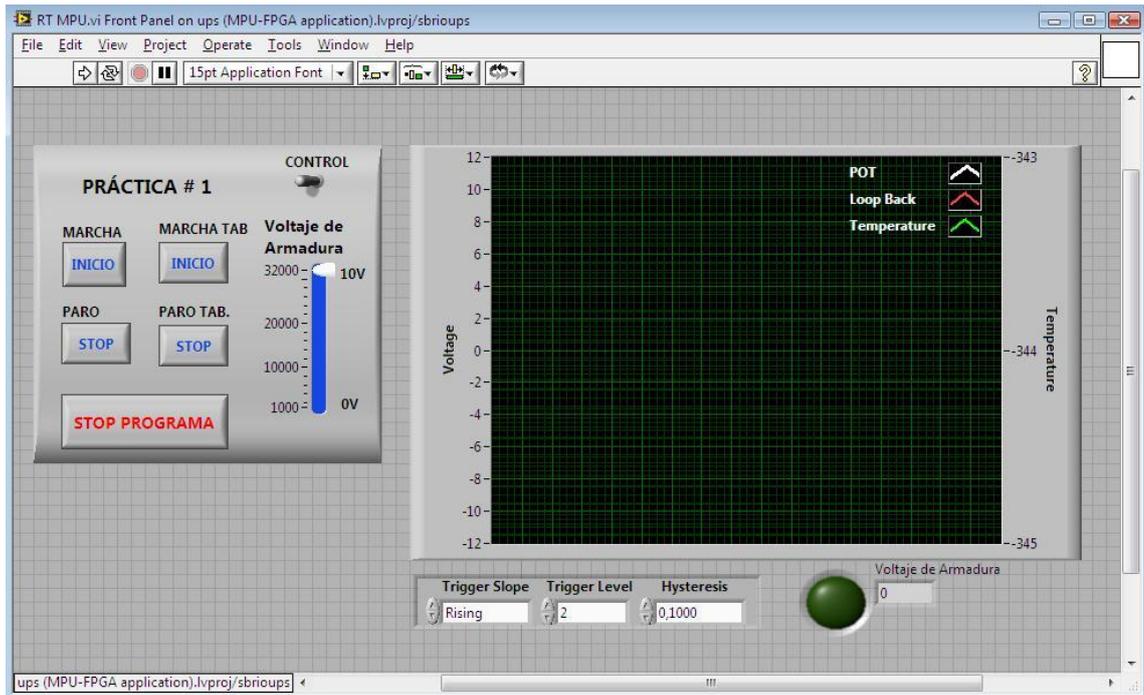


Figura 3.76 Ingreso a práctica 1 (g)

Fuente: Los autores

7.- Ahora se debe cargar el programa y para esto se lo hace de la siguiente manera, dentro de la pantalla ingresamos a Windows y se escoge Show block diagram o se pulsa CTRL+E (fig.3.77).

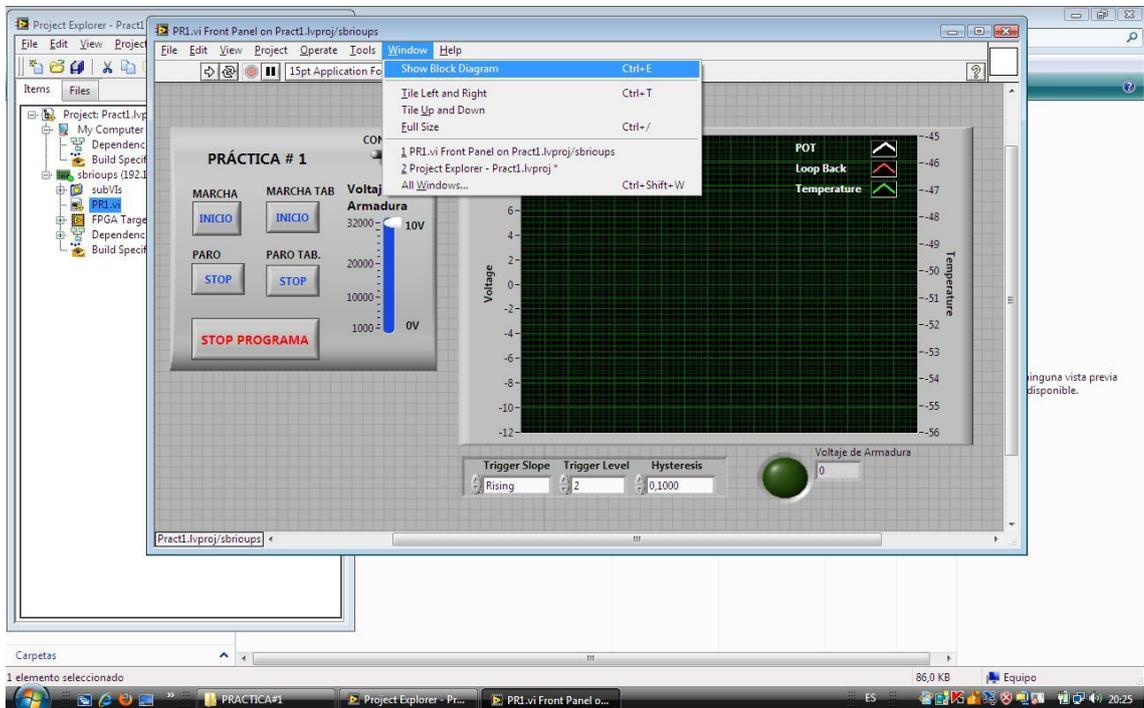


Figura 3.77 Ingreso a práctica 1 (h)

Fuente: Los autores

8.- Luego aparecerá la siguiente pantalla, en donde se selecciona FPGA Target RIO0 (fig.3.78).

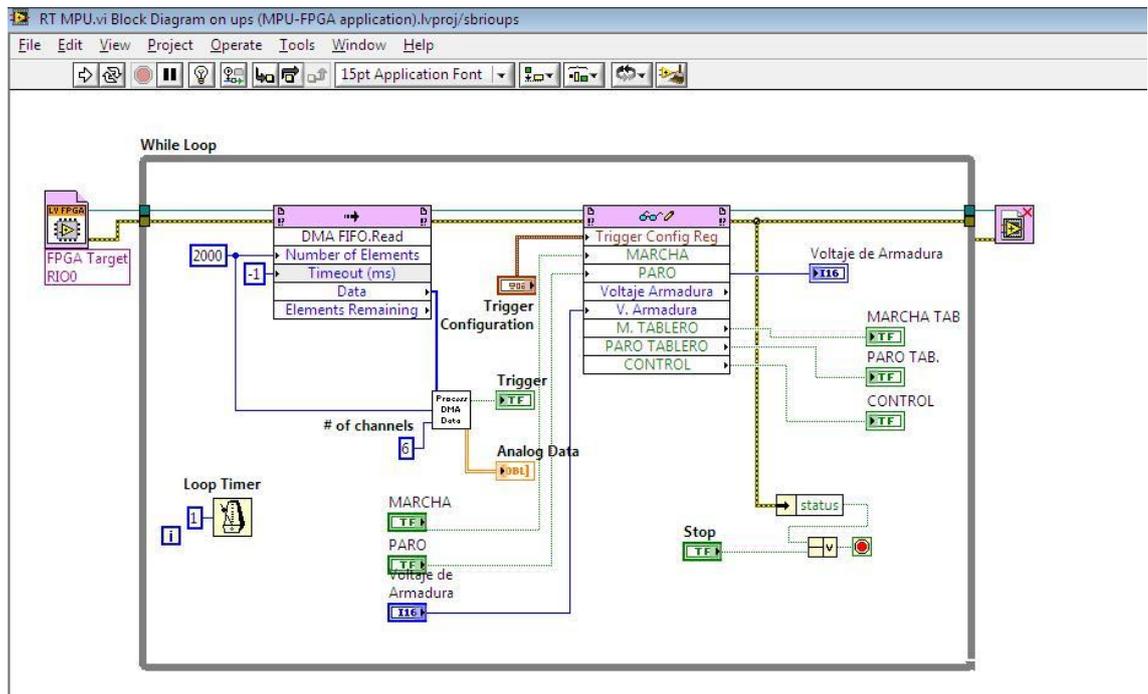


Figura 3.78 Ingreso a práctica 1 (i)

Fuente: Los autores

9.- Ahora aparecerá la siguiente pantalla y se pulsa Running, con esto se carga el programa a la tarjeta (fig.3.79).

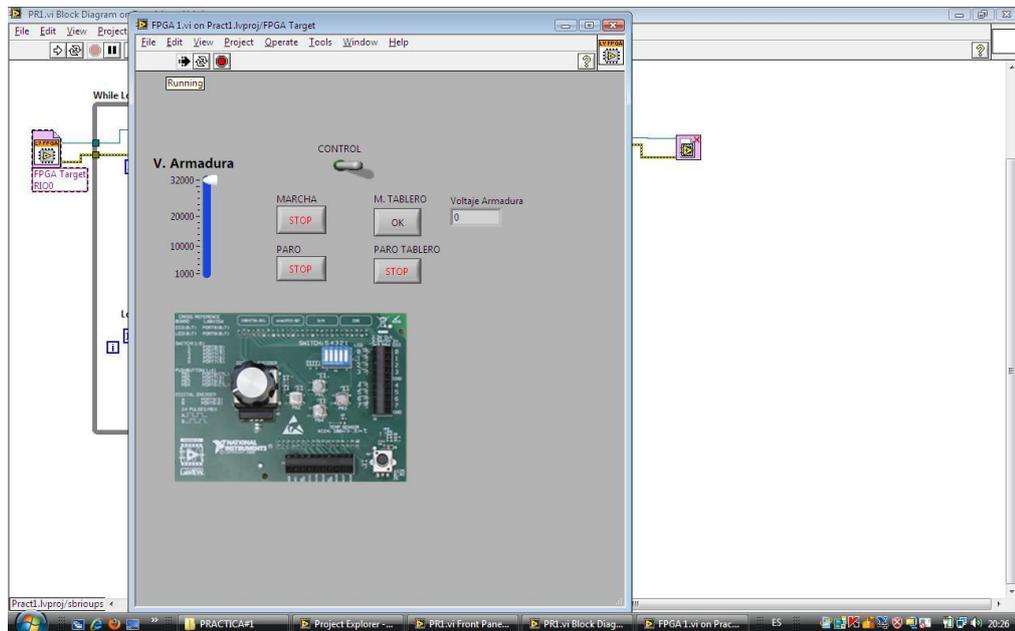


Figura 3.79 Ingreso a práctica 1 (j)

Fuente: Los autores

10.- Entonces, regresar a la pantalla PR1.vi y pulsar Running en donde aparecerá un cuadro de diálogo indicando que está listo (fig.3.80).

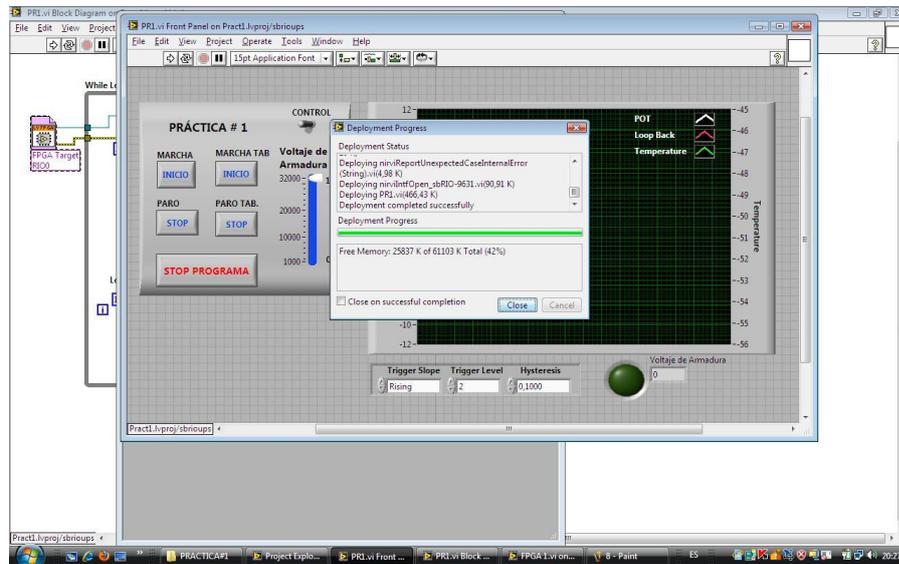


Figura 3.80 Ingreso a práctica 1 (k)

Fuente: Los autores

### 3.12.1 Puesta en marcha de la Practica 1

- ✓ Comparar el funcionamiento de motor DC con frenado dinámico
- ✓ Comparar los valores virtuales con los prácticos

Para ello se deben seguir los pasos anteriormente detallados en la sección 3.9 Pasos para el uso diario y escoger la carpeta que contiene la práctica 1.

Luego se realizan las conexiones del motor tipo serie (figura 3.81) y se energiza con este voltaje obteniendo así movimiento en el motor.

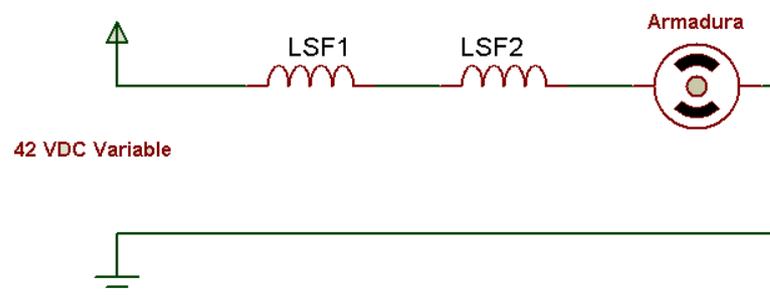


Figura 3.81 Conexión serie del motor

Fuente: Los Autores

Al pulsar P1 esta señal llega al rack 3 de entradas digitales al puerto 8/DIO 8 por el cable #54, el programa activa la salida del puerto 7/DIO 0 lo cual ingresa a la tarjeta amplificadora por medio del cable # 41. La tarjeta amplifica la señal de 3.3v a 24v activando el led por el cable # 81.

Al escoger en automático por medio del selector, este envía 5VDC al puerto 8/DIO 9 del rack de entradas digitales por medio del cable # 51 habilitando los controles en la pantalla del programa.

Al pulsar marcha desde el programa, este activa la salida del puerto 9/DIO0 enviado a la tarjeta amplificadora por medio del cable # 71, la tarjeta activa el led indicador de marcha por medio del cable # 80 y activa el relé 1 por medio del cable #21, este relé activa el contactor k1 por medio del cable #31. De la misma manera la tarjeta activa sus salidas de los puertos 9/DIO1 y 9/DIO2, estas señales van a la tarjeta amplificadora por medio de los cables #72 y #75, las salidas de la tarjeta activa los relés 5 y 8 por medio de los cables #28 y #25. Estos relés activan los contactores k5 y k8 por medio de los cables #35 y #38, dando como resultado, voltaje variable en los terminales.

Los transductores de voltaje y corriente comienzan a entregar datos de lectura que se muestran en la pantalla gráfica, así mismo tenemos el valor de las revoluciones por minuto.

Al pulsar el stop en el programa desactiva las salidas de la tarjeta provocando que se desactiven los relés 1, 5 y 8 y estos a su vez sus contactores. Al mismo tiempo activa el puerto 9/DIO3 que va a la tarjeta amplificadora por el cable # 73, de la tarjeta activa el relé 3 por el cable #23 y este a su vez el contactor k3 por el cable #33 que hace que una resistencia de freno se coloque en paralelo al motor para disminuir su velocidad. Después de un tiempo esta salida se desactiva desconectando dicha resistencia y deja listo el sistema para una nueva práctica.

La práctica uno queda entonces definida de la siguiente manera:

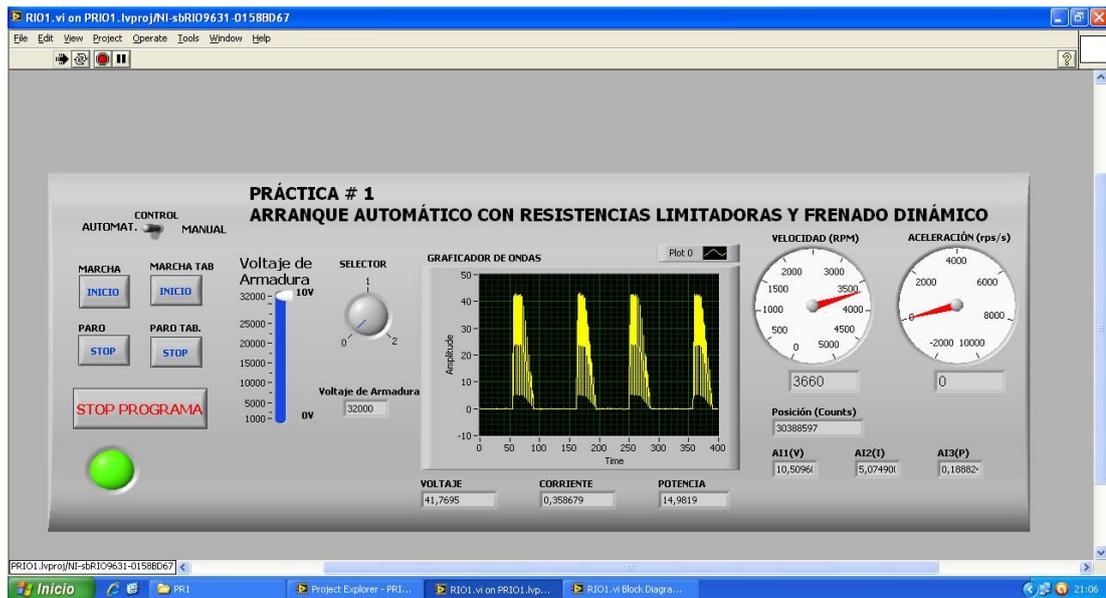


Figura 3.82 Ingreso a práctica 1

Fuente: Los autores

En donde podemos observar la gráfica de la señal de voltaje, las revoluciones y la aceleración del motor (fig. 3.82).

En ésta práctica, se obtuvieron los siguientes datos.

Porcentaje	Voltaje	Corriente	RPM
25 %	7.5 V.	0.06 Amp.	960 Rpm
50 %	23.6 V.	0.18 Amp.	2160 Rpm
100 %	42.4 V.	0.35 Amp-	3300 Rpm

### 3.12.2 Puesta en marcha de la Práctica 2

- ✓ Comparar el funcionamiento de motor DC con cambio de giro
- ✓ Comparar los valores virtuales con los prácticos

Para ello se deben seguir los pasos anteriormente detallados en la sección 5.9 Pasos para el uso diario y escoger la carpeta que contiene la práctica 2.

### A) Giro a la derecha.

Se realizan las conexiones del motor tipo serie (figura 3.83) y se energiza con este voltaje obteniéndose así movimiento en el motor.

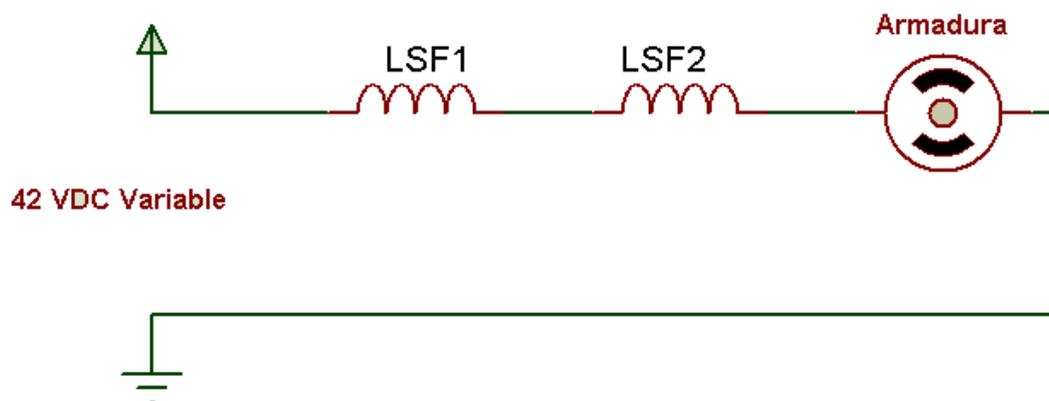


Figura 3.83 Conexión motor giro derecha.

Autor: Autores

Al presionar el botón P2, ésta señal llega al rack 3 de entradas digitales al puerto 8/DIO 7 por el cable #55, el programa activa la salida del puerto 7/DIO 1 que a su vez ingresa a la tarjeta amplificadora por medio del cable # 42. La tarjeta amplifica la señal de 3.3v a 24v activando el led por el cable # 82.(correspondiente a la práctica # 2)

Al escoger en automático por medio del selector, este envía 5 VDC al puerto 8/DIO 9 del rack de entradas digitales por medio del cable # 51 habilitando los controles en la pantalla del programa.

Al pulsar marcha desde el programa, se activa la salida del puerto 9/DIO0 enviado a la tarjeta amplificadora por medio del cable # 71, la tarjeta activa el led indicador de marcha por medio del cable # 80 y activa el relé 1 por medio del cable #21, este relé activa el contactor k1 por medio del cable #31. De la misma manera la tarjeta activa sus salidas de los puertos 9/DIO1 y 9/DIO2, estas señales van a la tarjeta amplificadora por medio de los cables #72 y #75, las salidas de la tarjeta activan los relés 5 y 8 por medio de los cables #28 y #25. Estos relés activan los contactores k5 y k8 por medio de los cables #35 y #38, dando como resultado voltaje variable en los terminales.

Los transductores de voltaje y corriente comienzan a entregar datos de lectura que se muestran en la pantalla gráfica, así mismo tenemos el valor de las revoluciones por minuto.

Al pulsar el stop en el programa desactiva las salidas de la tarjeta provocando que se desactiven los relés 1, 5 y 8 y estos a su vez sus contactores.

La práctica dos quedó definida de la siguiente manera. Con el giro hacia la derecha se obtuvieron los siguientes datos (fig. 3.84)

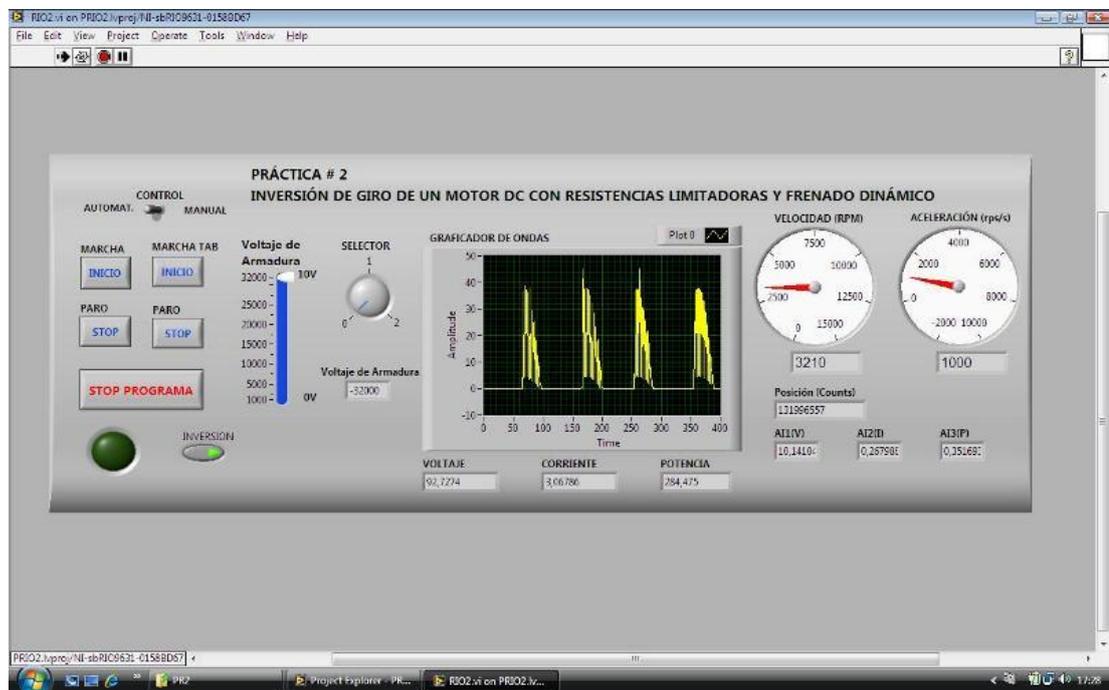


Figura 3.84 Ingreso a práctica 2

Fuente: Los autores

Porcentaje	Voltaje	Corriente	RPM
25 %	7.5 V.	0.06 Amp.	960 Rpm
50 %	23.6 V.	0.18 Amp.	2160 Rpm
100 %	42.4 V.	0.35 Amp-	3300 Rpm

## B) Giro a la izquierda

Para realizar el cambio de giro se debe intercambiar los cables de alimentación de la armadura como lo muestra la figura 3.85

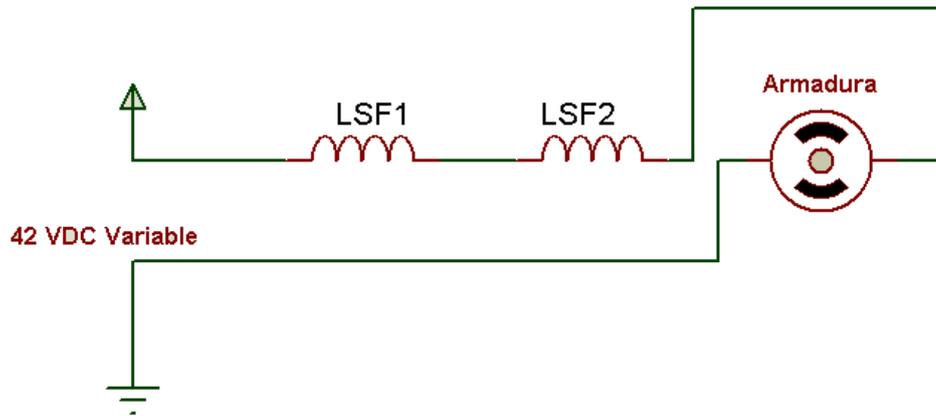


Figura 3.85 Conexión motor giro izquierda

Fuente: Los autores

Con el giro hacia la izquierda se obtuvo los siguientes datos (fig. 3.86)

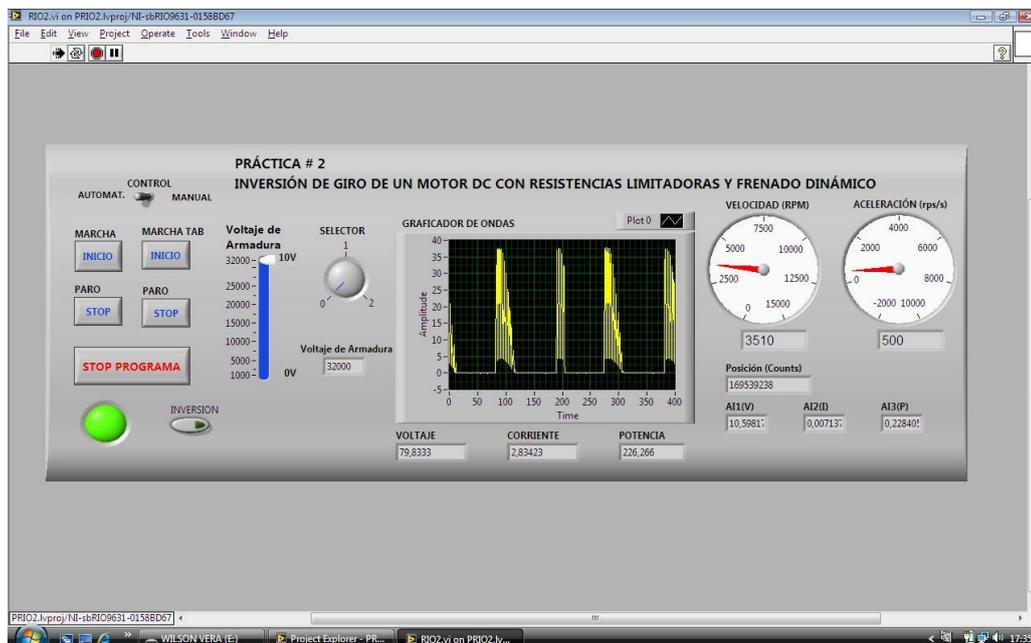


Figura 3.86 Ingreso a práctica 2

Fuente: los autores

Porcentaje	Voltaje	Corriente	RPM
25 %	7.5 V.	0.06 Amp.	960 Rpm
50 %	23.6 V.	0.18 Amp.	2160 Rpm
100 %	42.4 V.	0.35 Amp-	3300 Rpm

### 3.12.3 Puesta en marcha de la Práctica 3

- ✓ Comparar el funcionamiento de motor DC usado como generador.
- ✓ Comparar los valores virtuales con los prácticos.

Para ello se deben seguir los pasos anteriormente detallados en la sección 5.9 Pasos para el uso diario y escoger la carpeta que contiene la práctica 3.

Se realizan las conexiones del motor DC como generador, y el motor AC como lo muestra la figura 3.87

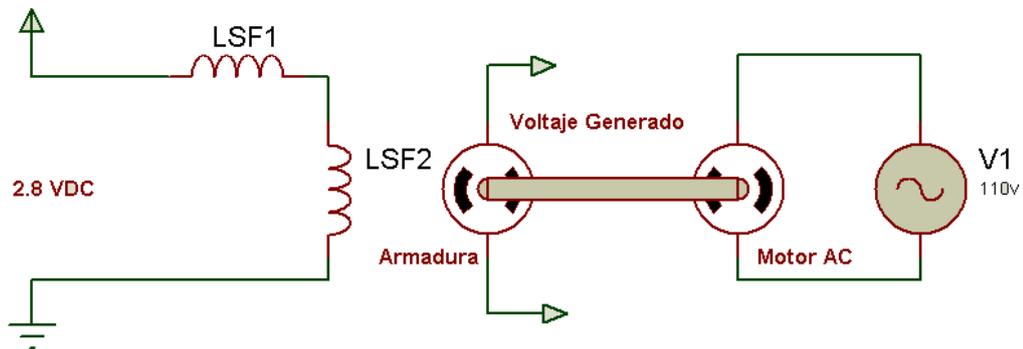


Figura 3.87 Conexión de un motor DC como generador

Fuente: Los autores

Al pulsar el botón P3, ésta señal llega al rack de entradas digitales al puerto 8/DIO 6 por el cable #56, el programa activa la salida del puerto 7/DIO 2 que esta ingresa a la tarjeta amplificadora por medio del cable # 43. La tarjeta amplifica la señal de 3.3v a 24v activando el led por el cable # 83.

Al escoger en automático por medio del selector, este envía 5VDC al puerto 8/DIO 9 del rack de entradas digitales por medio del cable # 51 habilitando los controles en la pantalla del programa.

Al pulsar marcha desde el programa, este activa la salida del puerto 9/DIO0 enviado a la tarjeta amplificadora por medio del cable # 71, la tarjeta activa el led indicador de marcha por medio del cable # 80 y activa el relé 1 por medio del cable #21, este relé activa el contactor k1 por medio del cable #31. De la misma manera la tarjeta activa sus salidas de los puertos 9/DIO1, 9/DIO2 y 9/DIO6 estas señales van a la tarjeta amplificadora por medio de los cables #72, #75 y #77, las salidas de la tarjeta activan los relés 5, 8 y 7 por medio de los cables #28, #25 y #27. Estos relés activan los contactores k5, k8 y k7 por medio de los cables #35, #38 y #37, dando como resultado un voltaje fijo de 2.8VDC en los terminales DC y 110v en los terminales AC

Los transductores de voltaje y corriente generados comienzan a entregar datos de lectura que se muestran en la pantalla gráfica.

Al pulsar el stop en el programa desactiva las salidas de la tarjeta provocando que se desactiven los relés 1, 5, 8 y 7 y estos a su vez sus contactores.

La práctica tres queda definida de la siguiente manera:

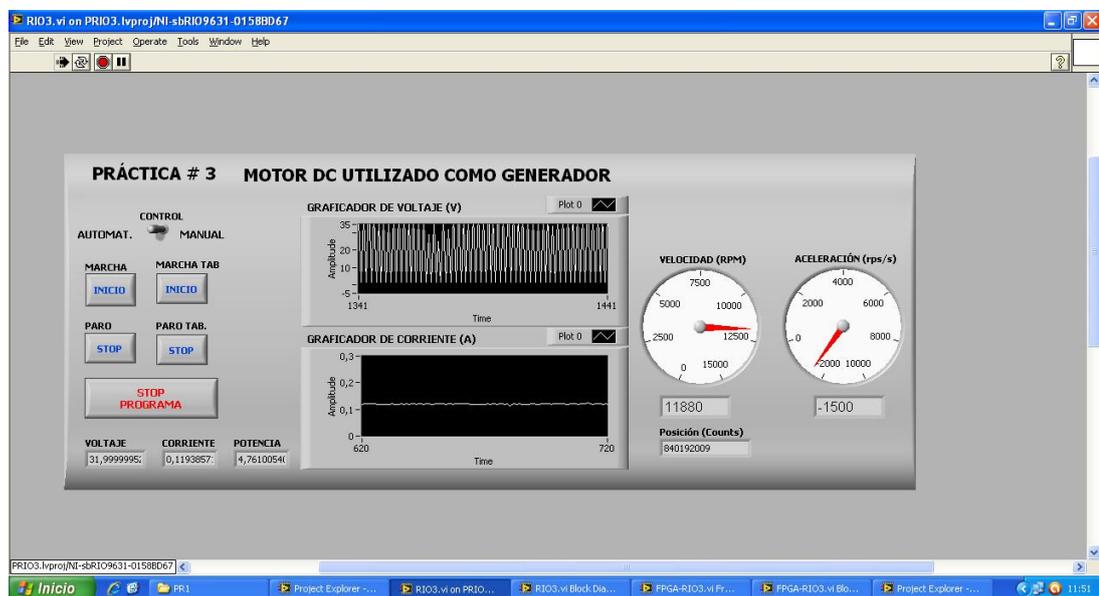


Figura 3.88 Ingreso a práctica 3

Fuente: Los autores

Se puede apreciar la gráfica de la señal de voltaje y corriente obteniendo los siguientes datos (fig. 3.88)

Voltaje máximo.	20.8 VDC
Corriente.	0.03 IDC
Potencia.	3.89 w
Revoluciones por minuto.	11980 RPM

### 3.12.4 Puesta en marcha de la Práctica 4

- ✓ Comparar el funcionamiento de un motor DC en conexiones serie y paralelo.
- ✓ Comparar los valores virtuales con los prácticos.

Para empezar se deben seguir los pasos anteriormente detallados en la sección 3.9 Pasos para el uso diario y escoger la carpeta que contiene la práctica 4.

Se realizan las conexiones del motor DC en serie como indica la figura 3.89

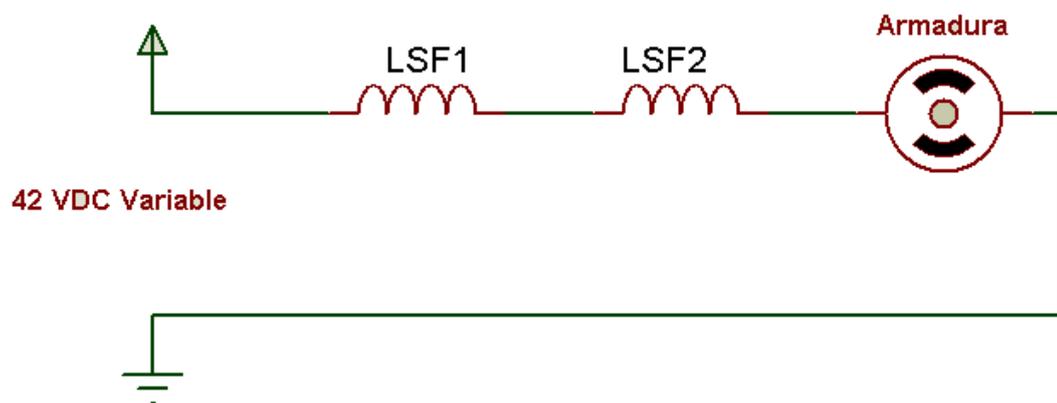


Figura 3.89 Conexión serie motor

Fuente: Los autores

Al pulsar el botón P4, ésta señal llega al rack de entradas digitales al puerto 8/DIO 5 por el cable #57, el programa activa la salida del puerto 7/DIO 3 que ingresa a la tarjeta amplificadora por medio del cable # 44. La tarjeta amplifica la señal de 3.3v a 24v activando el led por el cable # 84.

Al escoger en automático por medio del selector, este envía 5VDC al puerto 8/DIO 9 del rack de entradas digitales por medio del cable # 51 habilitando los controles en la pantalla del programa.

Al pulsar marcha desde el programa, este activa la salida del puerto 9/DIO0 enviado a la tarjeta amplificadora por medio del cable # 71, la tarjeta activa el led indicador de marcha por medio del cable # 80 y activa el relé 1 por medio del cable #21, este relé activa el contactor k1 por medio del cable #31. De la misma manera la tarjeta activa sus salidas de los puertos 9/DIO1, 9/DIO2 estas señales van a la tarjeta amplificadora por medio de los cables #72, #75, las salidas de la tarjeta activan los relés 5, 8 por medio de los cables #28, #25 y #27. Estos relés activan los contactores k5, k8 y k7 por medio de los cables #35, #38, dando como resultado un voltaje variable en los terminales DC.

La práctica cuatro queda definida de la siguiente manera:

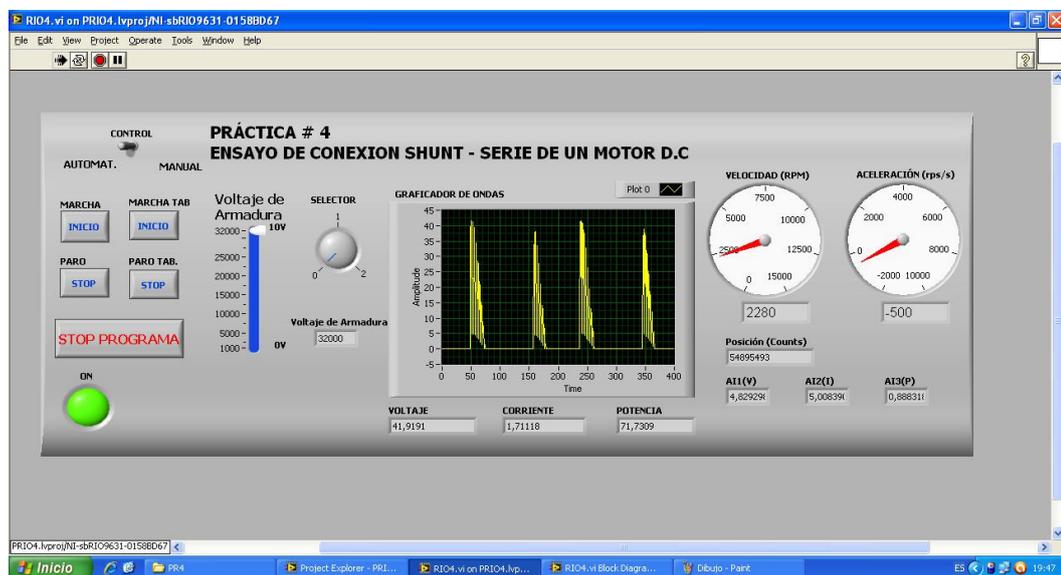


Figura 3.90 Ingreso a práctica 4

Fuente: Los Autores

En donde podemos observar la gráfica de la señal de voltaje, las revoluciones y la aceleración del motor (fig. 3.90).

Porcentaje	Voltaje	Corriente	RPM
25 %	7.5 V.	0.06 Amp.	960 Rpm
50 %	23.6 V.	0.18 Amp.	2160 Rpm
100 %	42.4 V.	0.35 Amp-	3300 Rpm

Para la conexión en paralelo o shunt se debe realizar la conexión como indica la figura 3.91

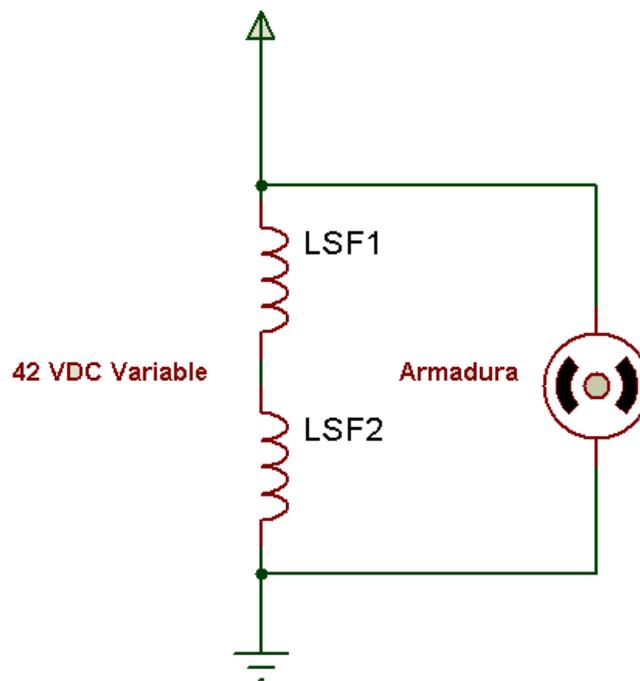


Figura 3.91 Conexión paralelo motor DC

Fuente: Los autores

En dicha práctica se obtuvo los siguientes datos en conexión shunt.

Voltaje máximo	41.91 VDC
Corriente	1.71 IDC
Potencia	71.73 w
RPM	2280 Rpm

### 3.12.5 Puesta en marcha de la Práctica 5

- ✓ Comparar el funcionamiento de un motor Universal con voltajes AC o DC
- ✓ Comparar los valores virtuales con los prácticos.

Para ello se deben seguir los pasos anteriormente detallados en la sección 3.9 Pasos para el uso diario y escoger la carpeta que contiene la práctica 5.

Se realizan las conexiones del motor universal para trabajarlo con voltaje DC como lo muestra la figura 3.88.

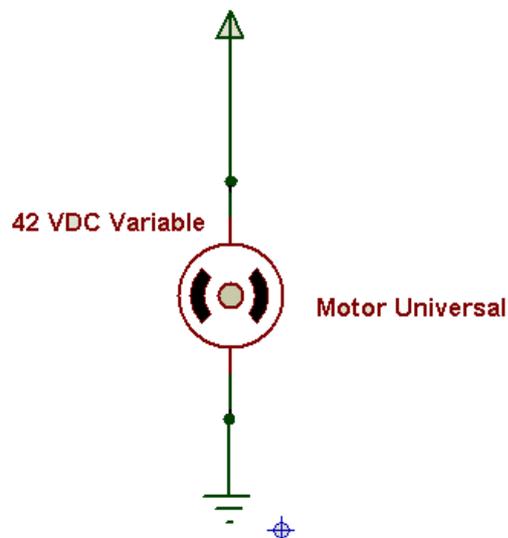


Figura 3.92 Conexión Motor universal en DC

Fuente: los autores

Al pulsar el botón P5, ésta señal llega al rack de entradas digitales al puerto 8/DIO 4 por el cable #58, el programa activa la salida del puerto 7/DIO 4 que esta ingresa a la tarjeta amplificadora por medio del cable # 45. La tarjeta amplifica la señal de 3.3v a 24v activando el led por el cable # 85.

Al escoger en automático por medio del selector, este envía 5VDC al puerto 8/DIO 9 del rack de entradas digitales por medio del cable # 51 habilitando los controles en la pantalla del programa.

Al pulsar marcha desde el programa, éste activa la salida del puerto 9/DIO0 enviado a la tarjeta amplificadora por medio del cable # 71, la tarjeta activa el led indicador de marcha por medio del cable # 80 y activa el relé 1 por medio del cable #21, este relé activa el contactor k1 por medio del cable #31. De la misma manera la tarjeta

activa sus salidas de los puertos 9/DIO1, 9/DIO2 y 9/DIO6 estas señales van a la tarjeta amplificadora por medio de los cables #72, #75 y #77, las salidas de la tarjeta activan los relés 5, 8 y 7 por medio de los cables #28, #25 y #27. Estos relés activan los contactores k5, k8 y k7 por medio de los cables #35, #38 y #37, dando como resultado un voltaje variable de 0 a 42VDC en los terminales DC y 110VAC en los terminales AC.

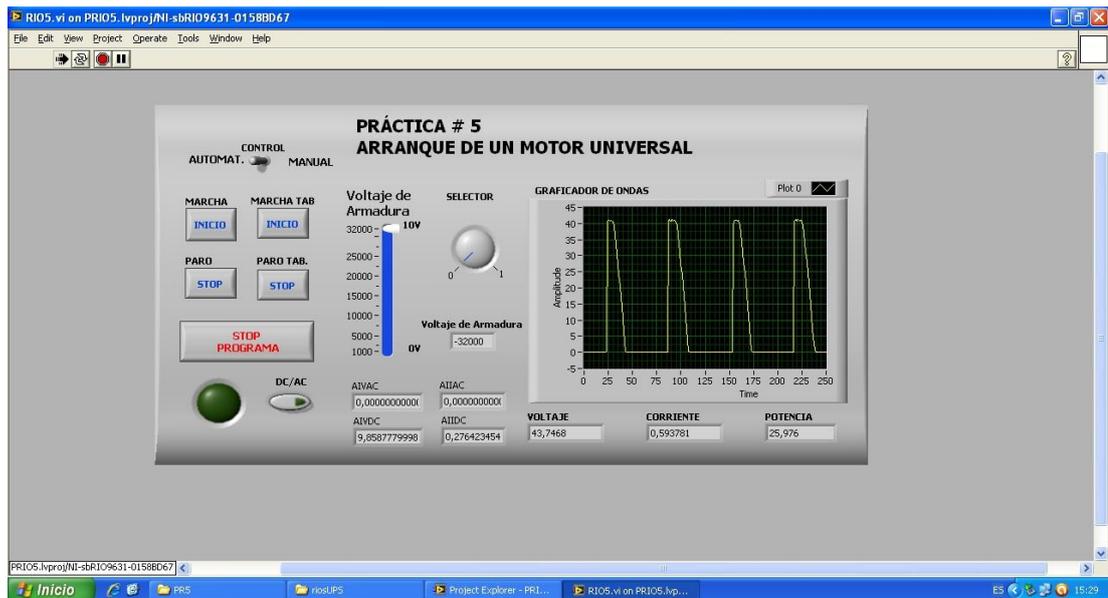


Figura 3.93 Ingreso a práctica 5 señal de voltaje DC

Fuente: Los autores

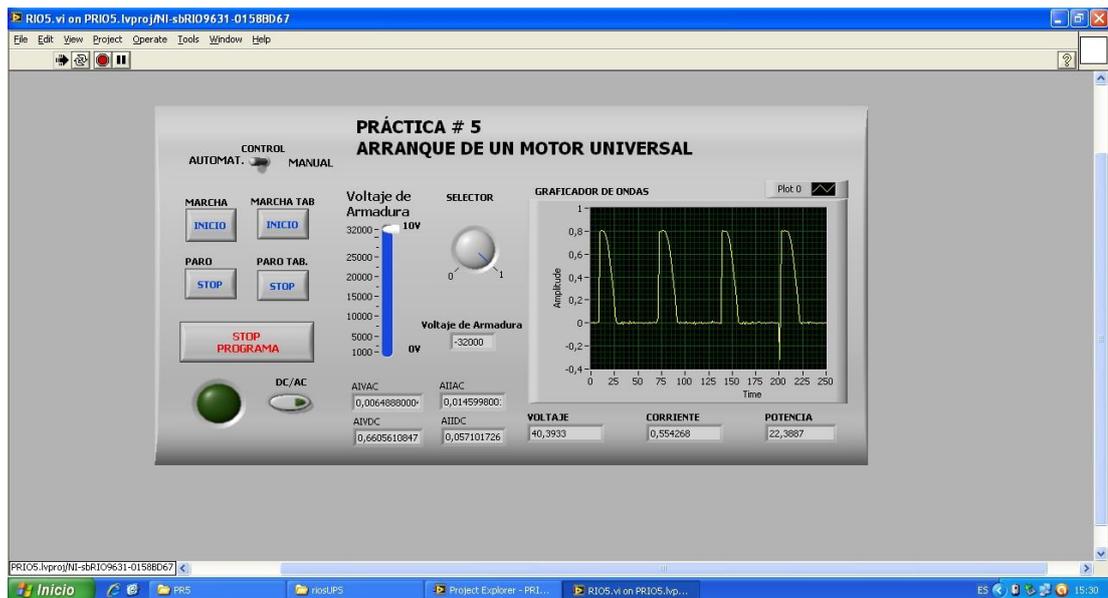


Figura 3.94 Ingreso a práctica 5 señal de corriente DC

Fuente: los autores

Se puede observar en la gráfica 3.93 la señal de voltaje DC y en la gráfica 3.94 la señal de corriente DC del motor universal.

En ésta práctica se obtuvieron los siguientes datos:

Porcentaje	Voltaje	Corriente	RPM
25 %	7.5 V.	0.06 Amp.	960 Rpm
50 %	23.6 V.	0.18 Amp.	2160 Rpm
100 %	42.4 V.	0.35 Amp-	3300 Rpm

Se realizan las conexiones del motor universal para trabajarlo con voltaje AC como lo muestra la figura 3.95

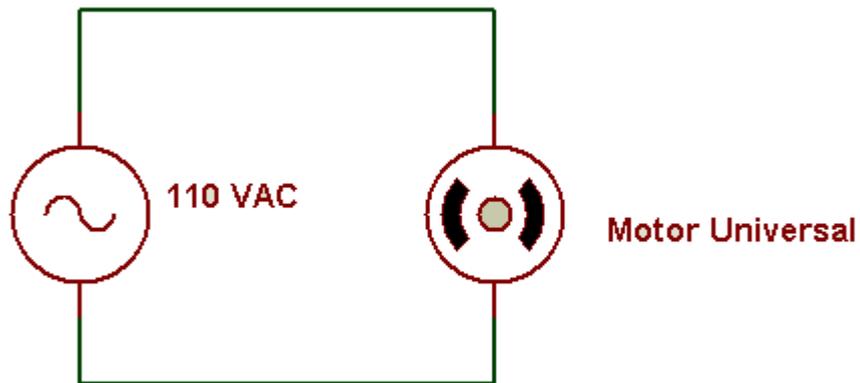


Figura 3.95 Conexión de un Motor universal en AC

Fuente: Los autores

Al trabajar en AC se obtuvieron los siguientes gráficos y datos.

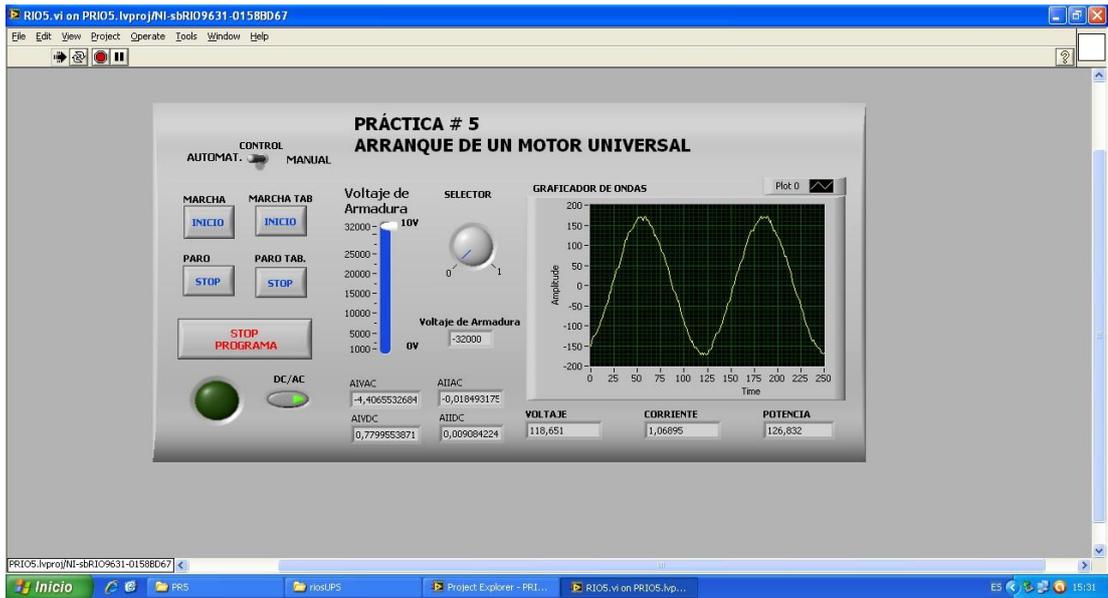


Figura 3.96 Ingreso a práctica 5 señal de voltaje AC

Fuente: Los autores

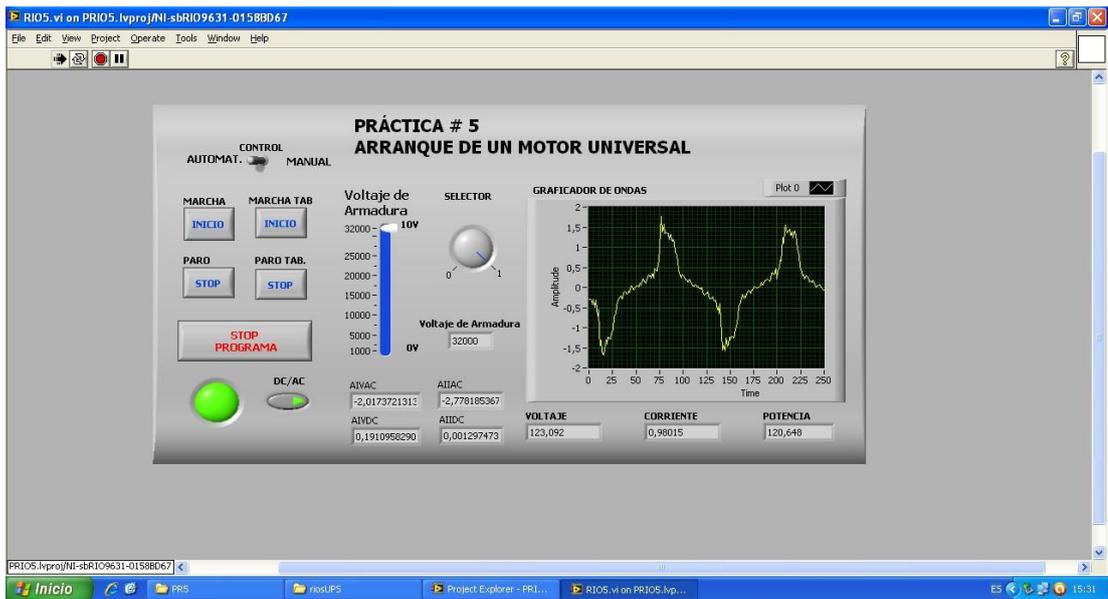


Figura 3.97 Ingreso a práctica 5 señal de corriente DC

Fuente: Los autores

En ésta práctica se obtuvieron los siguientes datos:

Voltaje	121.6 V.
Corriente	1.14 Amp.
Potencia	138.62 W

### **3.10 Análisis de costo del módulo entrenador.**

El capital utilizado para la realización de este proyecto fue cubierto en su totalidad por los autores. La tarjeta SB-Rio fue adquirida mediante High Light representantes de National Instruments en Ecuador.

Los materiales de control, como son los contactores, relés, botoneras, fusileras, etc. se los encuentra en el mercado nacional, por tal motivo los repuestos para el mismo son de fácil acceso.

El diseño de la tarjeta de interfaz, fue realizado bajo exigencias de la tarjeta SB-Rio, por tal motivo no se encuentra en el mercado, sin embargo, los componentes que la conforman sí.

A continuación se detalla mediante una tabla los gastos generados en la implementación del proyecto.

DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR \$ UNITARIO	VALOR \$ TOTAL
Tablero Principal de180x60x30	1	680	680
Tarjeta de Adquisición y Procesamiento de Datos IN S_B RIO (p/n 780448-03)	1	1320	1320
Accesorios de Conexión SB RIO (p/n 180524-02) Type NB1 50-p/n ribbon cable, 0,2m	5	36	180
Accesorios de Conexión SB RIO (p/n 180524-05) Type NB1 50-p/n ribbon cable, 0,5m	5	36	180
Accesorios de Conexión SB RIO (p/n 777101-01) The CB-50LP is a 50 pin DAQ	5	102	510
Motor ½ HP Monofásico de CC	1	250	250
Encoder 500 Pulsos	1	150	150
Variador de Velocidad para Motor de CC	1	300	300
Fuente 24v 60w	1	70	70
Router	1	150	150
Resistencias limitadoras	2	70	140
Resistencia Shunt	1	30	30
Canaleta ranurada de 45x45	3	4	12
Contactador 3 Polos bobina 110Volt	10	37	74
Relay de 8 pines 110 Volt	10	8	40
Borneras	50	2.5	125
Botonera/indicador	7	7	49
Selector 2 posiciones	1	3	3
Motor universal 1/2HP	1	80	80
Motor AC 110v 1/2HP	1	30	30
Accesorios Varios	1	100	100
<b>TOTAL</b>			<b>4467.00</b>

TABLA 3.4 Presupuesto

Fuente: Los autores

## CAPÍTULO IV

### 4.1 CONCLUSIONES.

Podemos concluir que:

Los motores DC tienen gran utilidad en las industrias para sus procesos debido a sus ventajas:

- ✓ Bajo consumo de energía.
- ✓ Precisión al momento de hacer movimientos.
- ✓ Excelente control de velocidad.
- ✓ Capacidad para proporcionar altas y bajas velocidades.

Por ello el estudio del funcionamiento del mismo y sus distintos tipos de conexión son una gran enseñanza para el estudiante universitario el cual se enfrentará en su vida profesional a este tipo de motores.

Los transductores utilizados para la lectura de las señales de voltaje y de corriente del motor DC son especiales ya que se deben aislar las referencias a tierra para que sean acopladas a la tarjeta SB-RIO y así a través del software LabView analizar gráficas para conocer el desenvolvimiento del motor DC en sus diferentes conexiones, condiciones, y voltajes.

El diseño de cada transductor se obtuvo a partir de una serie de pruebas efectuadas en protoboard hasta llegar al punto óptimo de la función requerida para el proyecto.

Gracias a éste proyecto, quienes lo utilicen tendrán una pauta para ingresar al mundo industrial, así al momento de iniciarse al medio laboral, tendrán bases sólidas y conocimiento de los distintos sistemas de control que se encuentran en las industrias, como son los sistemas controladores de velocidad, inversores de giro , freno dinámico , aceleración controlada , registro de variables como el voltaje y corriente de carga, las rpm, etc.

## 4.2 FORMATO DE PRÁCTICAS

UNIVERSIDAD POLITÈCNICA SALESIANA

LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES

NOMBRE:

FECHA:

PROFESOR:

### PRÁCTICA # 1

TEMA: PUESTA EN MARCHA DE UN MOTOR DC CON FRENADO  
DINÁMICO

#### OBJETIVO:

- ✓ Comparar el funcionamiento de motor DC con frenado dinámico
- ✓ Comparar los valores virtuales con los prácticos

#### INSTRUCCIONES:

- 1.- Realizar las conexiones serie en el motor (fig. 4.1)
- 2.- Conectar el motor en el voltaje variable (fig. 4.1)
- 3.- Conectar la PC a la tarjeta SB-RIO
- 4.- Cargar el programa y darle ejecutar (Pag.80)
- 5.- Pulsar practica 1 y seleccionar el tipo de control (manual o automático)
- 6.- Dar marcha

Para ejecutar la primera práctica el estudiante debe realizar las conexiones de armadura e inducidos colocando la armadura en el voltaje variable de 0V a 30v (fig.4.1).

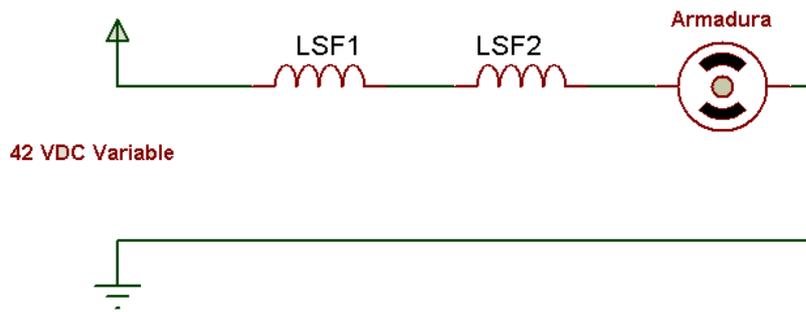


Figura 4.1 Conexión del motor DC

Fuente: Los autores

Una vez hecho esto podrá escoger cómo desea realizar la prueba, puede hacerlo en modo manual o automático. Para realizarlo en modo manual se debe seleccionar manual (a) y luego presionar el pulsante correspondiente a la práctica 1, se encenderá una luz piloto indicando que se encuentra activa (Fig.4.2).

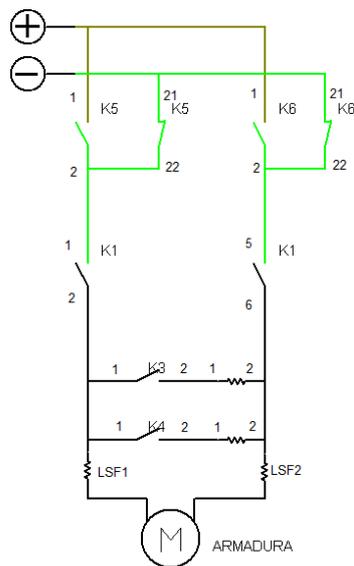


Figura 4.2 Simulación de Práctica 1 (a)

Fuente: Autores

El estudiante, al pulsar el botón de marcha, activa k1, k5 y k8 (fig. 6.3). Donde k1 proporciona la energía eléctrica DC, k5 da el sentido de giro y k8 energiza el

driver para la transformación del voltaje de 110vac a 50VDC.

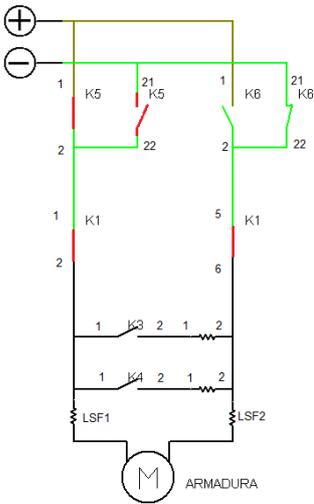


Figura 4.3 Simulación de la Práctica 1 (b)

Fuente: Los autores

Cuando pulse el botón de paro se desactivarán los contactores k1 y k5 desconectando la energía al motor y se activara k3 poniendo la primera resistencia limitadora en paralelo a la armadura (fig. 4.4).

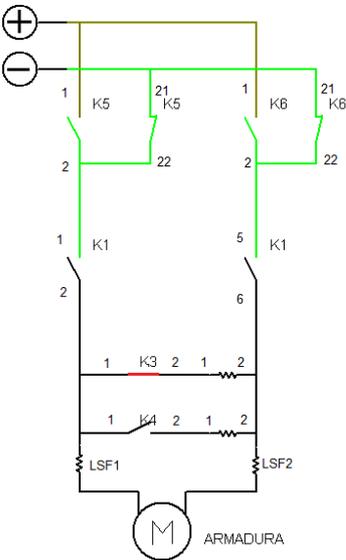


Figura 4.4 Simulación de Práctica 1 (c)

Fuente: los autores

Luego de un corto tiempo se activará el contactor k4 colocando la segunda

resistencia también en paralelo, hasta que el encoder indique que no hay movimiento y desactive k4 y k3 (fig.4.5).

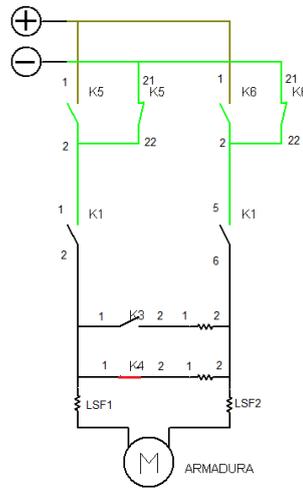


Figura 4.5 Simulación de la Práctica 1 (d)

Fuente: Los autores

Una vez que todos los contactores se encuentren desactivados se podrá cambiar de práctica.

En forma automática cumplirá el mismo funcionamiento, pero gobernado desde la PC, adicionalmente se desactivarán las botoneras como protección.

Ingresar al programa de la práctica a trabajar, en este caso sería la practica 1; en la pantalla principal el indicador de caso, es decir, el que indicara si esta en modo manual o automático, hay botones de marcha, paro del panel y marcha y paro del sistema, además cuenta con un pulsante el cual interrumpe el programa. Tiene las entradas análogas como son corriente de armadura, voltaje de armadura, RPM, y la salida análoga para controlar la velocidad del motor.

Tipo de medición	Voltaje Mínimo	Voltaje medio	Voltaje máximo	Corriente	Voltaje R1	Voltaje R2	RPM
Virtual							
Experimental							

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES**

NOMBRE:

FECHA:

PROFESOR:

PRÁCTICA # 2

**TEMA: CAMBIO DE GIRO DE UN MOTOR DC**

**OBJETIVO:**

- ✓ Comparar el funcionamiento de motor DC con cambio de giro
- ✓ Comparar los valores virtuales con los prácticos

**INSTRUCCIONES:**

- 1.- Realizar las conexiones serie en el motor (fig. 4.7)
- 2.- Conectar el motor en el voltaje variable (fig. 4.7)
- 3.- Conectar la PC a la tarjeta SB-RIO
- 4.- Cargar el programa y ejecutar run (Pag.80)
- 5.- Pulsar practica 2 y seleccionar el tipo de control (manual o automático)
- 6.- Dar marcha

Para la práctica 2 el estudiante deberá seleccionar si la desea ejecutar en modo manual o automática, si es automático, pulsara el botón practica 2 de igual forma se encenderá una luz piloto para informar que estamos trabajando en práctica 2. El estudiante deberá cablear la polaridad de la armadura y podrá dar la marcha, al hacer esto se activan los contactores k1, k8 y k5 girando a un sentido. Al pulsar el paro se desactivan los contactores k1, k8 y k5 (fig. 6.6). La función de estos contactores es la misma que la de la practica 1.

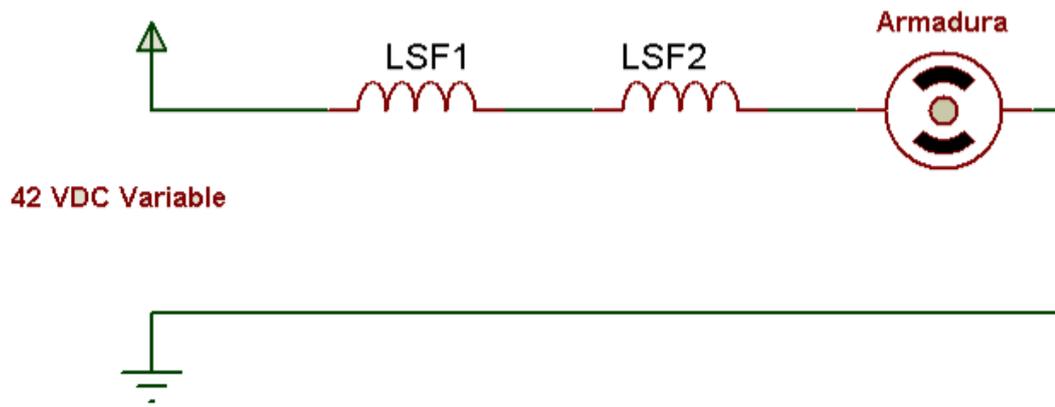


Figura 4.6 Conexión giro a la derecha

Fuente: los autores

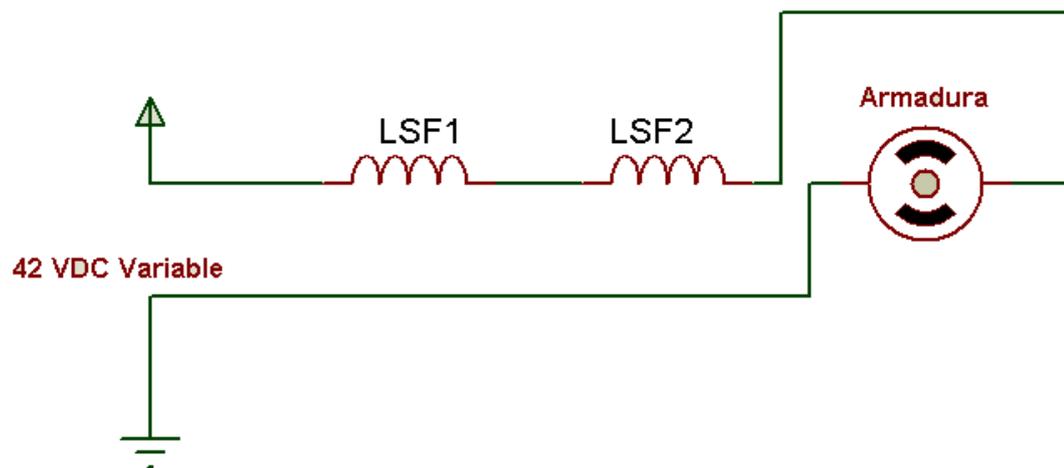


Figura 4.7 Conexión giro a la izquierda

Fuente: los autores

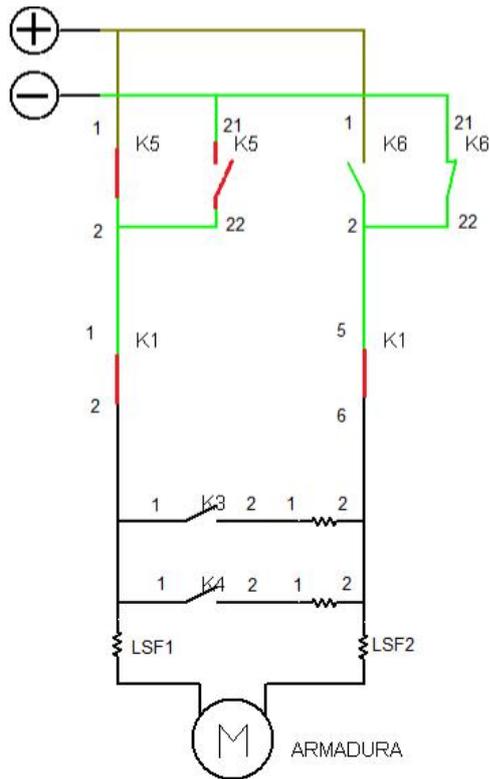


Figura 4.8 Simulación de Práctica 2 (a)

Fuente: Los autores

En forma manual, el estudiante debe hacer los cambios de polaridad en las conexiones del motor como lo muestra la figura 4.7.

Medición	Voltaje Mínimo	Voltaje medio	Voltaje máximo	Corriente	Sentido de giro	RPM
Virtual						
Experimental						

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES

NOMBRE:

FECHA:

PROFESOR:

**PRÁCTICA # 3**

**TEMA: MOTOR DC USADO COMO GENERADOR**

OBJETIVO:

- ✓ Comparar el funcionamiento de motor DC usado como generador
- ✓ Comparar los valores virtuales con los prácticos

**INSTRUCCIONES:**

- 1.- Realizar las conexiones del motor (fig. 6.10)
- 2.- Conectar el motor AC en el voltaje AC (fig. 6.10)
- 3.- Conectar la PC a la tarjeta SB-RIO
- 4.- Cargar el programa y darle run (Pág. 80)
- 5.- Pulsar practica 3 y seleccionar el tipo de control (manual o automático)
- 6.- Dar marcha

Para la practica 3 el estudiante deberá seleccionar si la desea hacer manual o automática, si es manual, seleccionara manual y pulsara el botón practica3 de igual forma se encenderá una luz piloto para informar que estamos en dicha práctica. El estudiante deberá cablear el motor AC en los conectores para dicho motor. Pulsando marcha se activara el contactor k7 haciendo girar el motor AC y este a su vez por medio de un acople al motor dc haciéndolo trabajar como generador. Al pulsar paro, el motor AC se detendrá desactivando k7. (fig. 4.9).

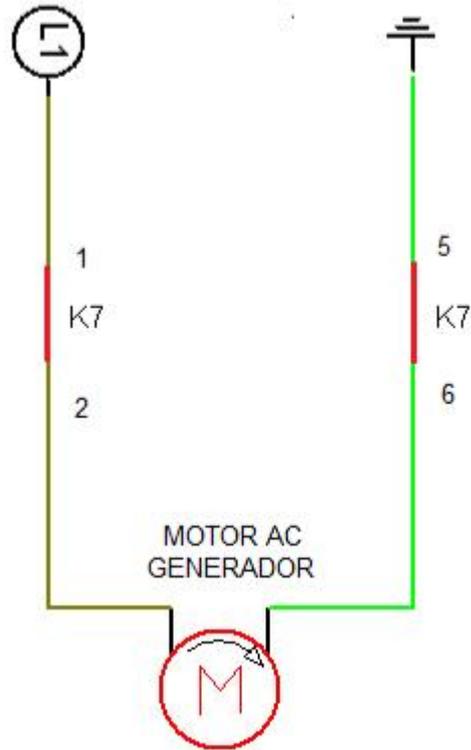


Figura 4.9 Simulación de Práctica 3

Fuente: Los autores

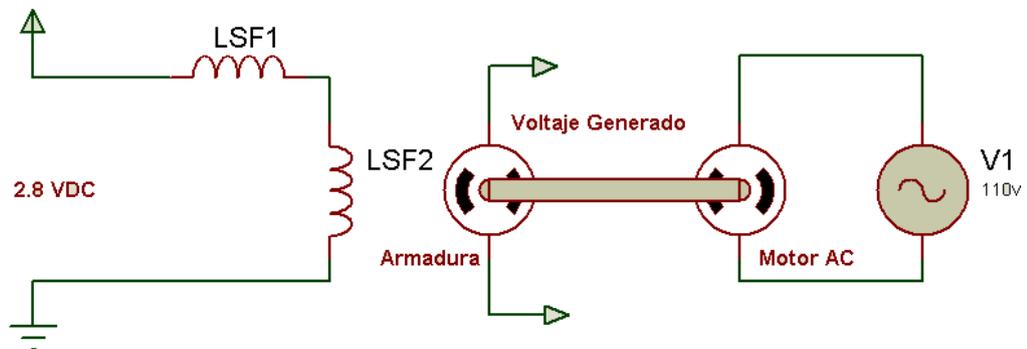


Figura 4.10 Conexiones

Fuente: Los autores

En modo automático, escogemos la practica 3, pulsamos marcha y se activara k7 y detenemos el proceso pulsando el botón de paro desactivando k7. Todo esto desde la

PC, el cual desactiva.

Medición	Voltaje generado	Corriente generada	RPM
Virtual			
Experimental			

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES

NOMBRE:

FECHA:

PROFESOR:

**PRÁCTICA # 4**

**TEMA: CONEXIÓN EN SERIE Y PARALELO DE UN MOTOR DC**

OBJETIVO:

- ✓ Comparar el funcionamiento de motor DC en conexiones serie y paralelo
- ✓ Comparar los valores virtuales con los prácticos

**INSTRUCCIONES:**

- 1.- Realizar las conexiones en el motor (fig. 4.11 o fig. 4.12)
- 2.- Conectar el motor en el voltaje variable (fig. 4.11 o fig. 4.12)
- 3.- Conectar la PC a la tarjeta SB-RIO
- 4.- Cargar el programa y ejecutar run (Pág. 80)
- 5.- Pulsar práctica 1 y seleccionar el tipo de control (manual o automático)
- 6.- Dar marcha

Conexión paralelo (fig. 4.11).

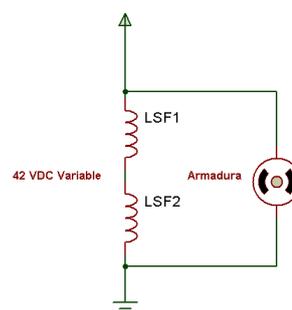


Figura 4.11 Simulación de Práctica 4 (a)

Fuente: Los autores

Conexión serie (fig. 4.12).

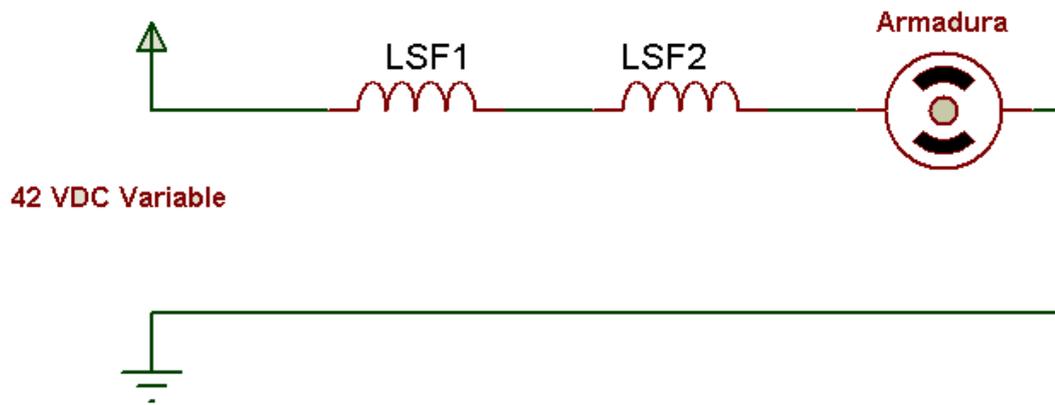


Figura 4.12 Simulación de Práctica 4 (b)

Autor: Autores

Medición	Voltaje Mínimo	Voltaje medio	Voltaje máximo	Corriente	Tipo de conexión	RPM
Virtual					Serie	
Experimental					Serie	
Virtual					Shunt	
Experimental					Shunt	

## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

### LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES

NOMBRE:

FECHA:

PROFESOR:

#### PRÁCTICA # 5

**TEMA:** MOTOR UNIVERSAL CON VOLTAJE AC O DC

#### OBJETIVO:

- ✓ Comparar el funcionamiento de motor Universal con voltajes AC o DC
- ✓ Comparar los valores virtuales con los prácticos

#### INSTRUCCIONES:

- 1.- Conectar la PC a la tarjeta SB-RIO
- 2.- Cargar el programa y ejecutar run (Pág. 80)
- 3.- Pulsar práctica 5 y seleccionar el tipo de control (manual o automático)
- 4.- Conectar el motor en voltaje AC (fig. 4.13)
- 5.- Dar marcha
- 6.- Conectar el motor en el voltaje variable
- 7.- Dar marcha

Para esta práctica el estudiante deberá seleccionar si la desea ejecutar en modo manual o automático, si es manual, seleccionara manual y pulsara el botón práctica 5 de igual forma se encenderá una luz piloto para informar que estamos trabajando en la práctica # 5. El estudiante deberá cablear el motor universal en los conectores dependiendo del voltaje que le desea aplicar ya sea 50 VDC ó 110 VAC. Pulsando marcha se activara el contactor k7 dando 110vac y k1, k5, k8 dando 50VDC variable haciendo girar el motor (fig. 4.13).

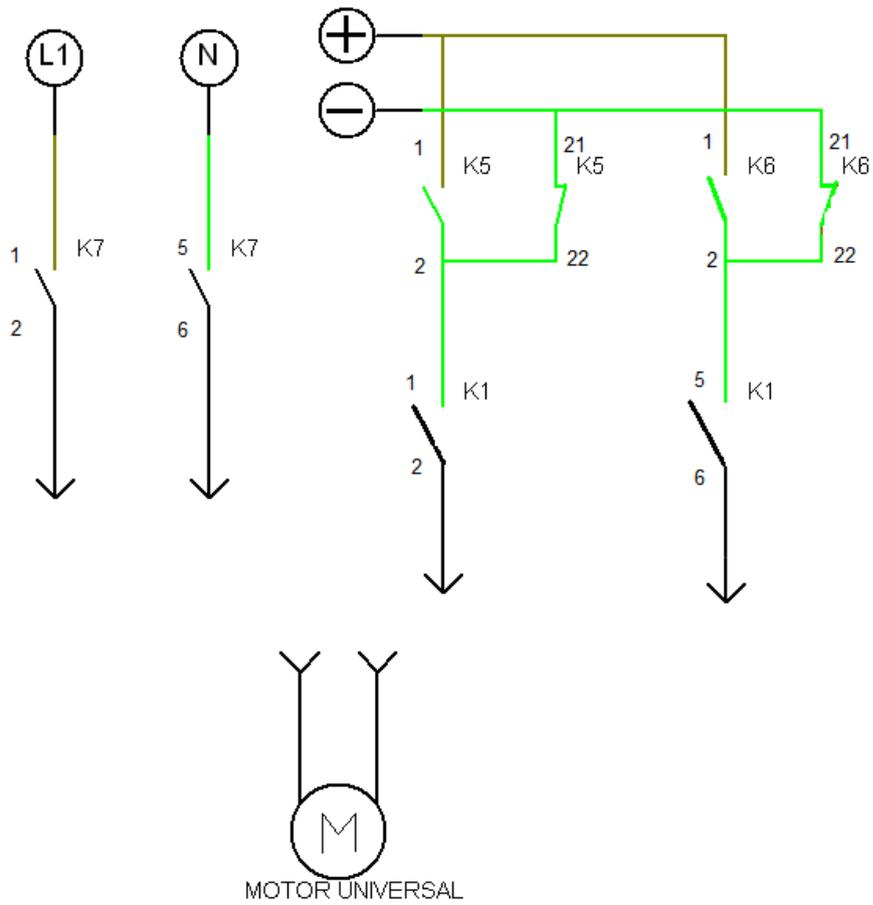


Figura 4.13 Simulación de Práctica 5

Fuente: Los autores

Medición	Voltaje Mínimo	Voltaje medio	Voltaje máximo	Corriente DC	Voltaje AC	Corriente AC
Virtual						
experimental						

## **Bibliografía:**

“Inversión de giro para motores” (S.F.) Recuperado el 17 de marzo del 2011 desde <http://www.clubse.com.ar/diego/notas/2/nota23.htm>

“Sistema de control” (S.F.) Recuperado el 03 de abril del 2011 desde <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3330/5/34059-5.pdf>

“Motores cc” (S.F.) Recuperado el 05 de abril del 2011 desde <http://www.tecnologiaseso.es/pdf/electronicapdf/motores%20cc.pdf>

“NI Sbrío” (NI) Recuperado el 18 de abril del 2011 desde <http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/6265>

“Motores de cc” (S.F.) Recuperado el 05 de abril del 2011 desde [http://cerezo.pntic.mec.es/rlopez33/bach/tecind2/Tema\\_4/motorcc.html](http://cerezo.pntic.mec.es/rlopez33/bach/tecind2/Tema_4/motorcc.html)

“DCMOTORES” (S.F.) Recuperado el 05 de abril del 2011 desde [www.todorobot.com.ar/documentos/dc-motor.pdf](http://www.todorobot.com.ar/documentos/dc-motor.pdf)

“Encoder incrementales” (S.F.) Recuperado el 03 de mayo del 2011 desde <http://bc.inter.edu/facultad/arincon/encoderIncrementales.pdf>

“Variadores de velocidad” (S.F.) Recuperado el 05 de mayo del 2011 desde <http://html.rincondelvago.com/variadores-de-velocidad.html>

“Router” (S.F.) Recuperado el 05 de mayo del 2011 desde <http://tecnoyo.com/que-es-un-router/>

“LabView” (S.F.) Recuperado el 10 de mayo del 2011 desde <http://es.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>