



# **INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

---

**Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y  
Eléctrica  
Unidad Azcapotzalco**

**Sección de Estudios de Posgrado e Investigación**

## **Monitoreo y adquisición de datos de un motor de corriente directa de imanes permanentes**

---

**TESINA QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE:  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA MECÁNICA con  
opción de AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS  
INDUSTRIALES**

**PRESENTA:  
ING. CHRISTIAN JESÚS PÉREZ MORALES**

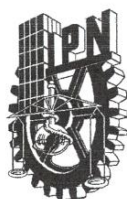
---

**DIRECTOR:**

**Dra. Juana Eloina Mancilla  
Tolama**



**MÉXICO D. F., JUNIO 2011**



SIP-14-E

# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

## SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

### ACTA DE REVISIÓN DE TESINA

En la Ciudad de México siendo las 12:00 horas del día 27 del mes de Junio del 2011 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesina, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de ESIME UA para examinar la tesina titulada:

Monitoreo y adquisición de datos de un motor de corriente directa de imanes permanentes

Presentada por el alumno:

**Pérez**

Apellido paterno

**Morales**

Apellido materno

**Christian Jesús**

Nombre(s)

Con registro:

|   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| B | 1 | 0 | 2 | 0 | 3 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|

aspirante al:

**Diploma de Especialidad en Ingeniería Mecánica**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESINA**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

### LA COMISIÓN REVISORA

Director(a) de tesina

Dra. Juana Eloina Mancilla Tolama

Dr. Carlos Adolfo Hernández Carreón

Dr. Jaime Pacheco Martínez

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

Dr. Jaime Pacheco Martínez





**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

**CARTA CESIÓN DE DERECHOS**

En la Ciudad de México D.F. el día 27 del mes Junio del año 2011, el (la) que suscribe Pérez Morales Christian Jesús alumno (a) del Programa de Especialidad en Ingeniería Mecánica con número de registro B-102030, adscrito a la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación Unidad Azcapotzalco, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de la Dra. Juana Eloina Mancilla Tolama y cede los derechos del trabajo intitulado Monitoreo y adquisición de datos de un motor de corriente directa de imanes permanentes, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección christian\_jpm2000@hotmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.



Ing. Christian Jesús Pérez Morales

## **Agradecimientos**

A la Sección de Estudios De Posgrado de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Azcapotzalco por la oportunidad de superación profesional que me brindo al realizar este proyecto.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por el apoyo brindado para este proyecto.

A la Dra. Juana Eloina Mancilla Tolama por dejarme participar en este trabajo.

Al Ing. Edgar Álvarez Castañeda por brindarme sus conocimientos, apoyo, vivencias y consejos para sacar adelante este proyecto.

A mis padres por su cariño, amor, comprensión, orientación, consejos, por acompañarme en los momentos tantos difíciles como de alegría, por todo lo que me han dado a lo largo de mi vida que nunca tendré como pagarles. Muchas gracias!!!!

A mi hermano por la compañía y el apoyo brindado, sé que cuento contigo siempre.

A ti Gaby porque haz llenado mi vida de felicidad, gracias por brindarme siempre tu apoyo, comprensión, cariño, amor, gracias por estar conmigo en las buenas y en las malas. Te Amo!

A mis compañeros de la SEPI-Azcapotzalco por compartirme sus conocimientos y su apoyo.

## Contenido

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| Agradecimientos .....                                     | 4  |
| Resumen.....                                              | 7  |
| Abstract .....                                            | 7  |
| Introducción .....                                        | 8  |
| Justificación .....                                       | 9  |
| CAPITULO 1: ANALISIS DEL PROBLEMA.....                    | 10 |
| 1.1 Descripción del problema .....                        | 10 |
| 1.2 Objetivo general.....                                 | 10 |
| 1.3 Objetivos particulares .....                          | 10 |
| CAPITULO 2 MARCO TEÓRICO.....                             | 11 |
| 2.1 Motores de corriente directa.....                     | 11 |
| 2.1.2 Motor de imanes permanentes .....                   | 14 |
| 2.1.2.1 Motor de núcleo de hierro .....                   | 15 |
| 2.1.2.2 Motor de devanado superficial .....               | 15 |
| 2.1.2.3 Motor de bobina móvil.....                        | 16 |
| 2.2 Plataforma LabVIEW .....                              | 17 |
| 2.2.1 Principales usos y características de LabVIEW ..... | 17 |
| 2.3 Adquisición de datos .....                            | 19 |
| 2.3.1 RS-232 .....                                        | 21 |
| 2.3.2 RS-422 .....                                        | 22 |
| 2.3.3 RS-485 .....                                        | 22 |
| 2.3.4 Universal Serial Bus (USB) .....                    | 22 |
| 2.3.5 Adquisición de señales analógicas .....             | 23 |
| 2.3.6 Conversión a digital .....                          | 24 |
| 2.3.7 Temporizadores.....                                 | 25 |
| 2.4 DAQ en LabVIEW .....                                  | 25 |
| 2.4.1 Traditional NI-DAQ.....                             | 26 |
| 2.4.2 VIs Express.....                                    | 26 |
| 2.4.3 NI-DAQmx.....                                       | 27 |
| 2.4.4 DAQ Assistant.....                                  | 29 |

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| 2.5 Tarjeta NI DAQ 9172.....                                      | 29 |
| CAPITULO 3: METODOLOGIA EXPERIMENTAL .....                        | 35 |
| 3.1 Configuración de la tarjeta de adquisición de datos.....      | 35 |
| 3.2 Control CC digital tipo SCR serie 19H .....                   | 43 |
| 3.2.1 Conexiones del circuito de control.....                     | 44 |
| 3.3 Control digital de corriente continua Tipo SCR Serie 19H..... | 45 |
| CAPITULO 4: RESULTADOS .....                                      | 48 |
| 4.1 Diagnostico y rehabilitación del motor .....                  | 48 |
| 4.2 Control digital de corriente continua Tipo SCR Serie 19H..... | 48 |
| 4.2.1 Modo Local.....                                             | 48 |
| 4.2.2 Modo de programación .....                                  | 50 |
| 4.3 Conexiones y programación.....                                | 53 |
| 4.4 Conclusiones y trabajos futuros .....                         | 58 |
| Bibliografía .....                                                | 59 |



## Resumen

En este trabajo se realizó el monitoreo y la adquisición de datos de un motor de corriente directa de imanes permanentes marca *MAVILOR* de más de 20 años, por lo cual no existe información suficiente, por ello, no es una tarea fácil. El interés primordial de este trabajo es obtener las diferentes variables de un motor de imanes permanentes de una máquina de torsión en caliente, empleando tecnologías de instrumentación comerciales (National Instruments) y software de adquisición de datos (LabVIEW), esto permitirá obtener información de los parámetros del motor. Con ello se logrará un equipo eficiente y actualizado, a diferentes condiciones de operación que serán de gran ayuda para realizar ensayos de torsión en caliente y así, poder estudiar el comportamiento plástico de los materiales.

## Abstract

In this work performed monitoring and data acquisition of a direct current motor with permanent magnets, Mavilor brand over 20 years, for which there is insufficient information, so, is not an easy task. The primary interest of this work is get the different variables of a permant magnet motor of a hot-twisting machine, using commercial instrumentation technologies (National Instruments) and data acquisition software (LabVIEW), this will provide the motor parameters. This will achieve an efficient machine and updated at different operating conditions that will be helpful for hot torsion tests and thus able to study the plastic behavior of materials.

## **Introducción**

En este trabajo se realizó el monitoreo y la adquisición de datos de un motor de corriente directa de una máquina de torsión en caliente empleando tecnologías de instrumentación comerciales (National Instruments). El monitoreo de la velocidad, posición y par torsional de un motor de más de 20 años y por lo cual no existe la información suficiente no es tarea fácil. El objetivo en este trabajo es obtener las diferentes variables del motor para hacer que la máquina de torsión en caliente sea más eficiente y moderna ya que cuenta con módulos analógicos y demasiado grandes. Los módulos con los que cuenta la máquina serán sustituidos por controladores de tecnología reciente: módulos de adquisición de datos, computadora personal y software de adquisición de datos (LabVIEW) reduciendo el tamaño significativamente. El monitoreo de las variables del motor permitirá tener información de los parámetros del motor para poder realizar en diferentes condiciones de operación que son de gran ayuda para realizar los ensayos de torsión en caliente.

Para este trabajo se realizó el diagnóstico y rehabilitación del subsistema mecánico de la máquina ya que por lo mismo que es antiguo tiene muchas partes o componentes que no funcionan, además se hizo la valoración de diferentes componentes para realizar una adquisición de datos y monitoreo del motor de la máquina de torsión.



## Justificación

La demanda de equipos científicos requiere de grandes inversiones para desarrollar tareas de investigación relacionadas con el comportamiento plástico de los materiales metálicos que nos permite a la comunidad investigadora el acceso a nuevas fronteras de conocimiento. Para ello es fundamental la rehabilitación y modernización del motor de una máquina de torsión en caliente de más 40 años, utilizando una estrategia tecnológica que parte del empleo de nuevas tecnologías de instrumentación (*National Instruments*). La implementación de los distintos dispositivos tales como la integración de un control digital, una tarjeta de adquisición de datos y usando instrumentación virtual de LabVIEW en el subsistema electromecánico, para lograr que el motor pueda ser programado desde una computadora, la cual servirá de supervisión para que los diferentes módulos de control que contiene el sistema permitan la realización de ensayos de torsión en caliente de los materiales. De esta manera, la computadora recibe las señales de los distintos módulos de adquisición de datos los cuales tienen entradas y salidas ya sean analógicas o digitales, analizando los datos recibidos y presentándolos en pantalla una vez concluido el ensayo. Sería un gran avance contar con equipo especializado para el estudio de los mecanismos de deformación de los materiales debido a la gran interrelación existente entre la investigación básica y la aplicación industrial.

## **CAPITULO 1: ANALISIS DEL PROBLEMA**

### **1.1 Descripción del problema**

Se realizó el monitoreo y la adquisición de datos de un motor de corriente directa de imanes permanentes que está instalado en una máquina de torsión a altas temperaturas de más de 40 años empleando tecnología reciente y así poder tener una máquina que no ocupe mucho espacio y sea más eficiente, sustituyendo así el empleo de módulos analógicos obsoletos que hacen que la máquina ocupe mucho espacio. Con el monitoreo la adquisición de datos se tendrá información precisa del motor para efectuar los ensayos de torsión en caliente.

### **1.2 Objetivo general**

- Monitoreo de un motor de corriente directa para la adquisición de datos con una tarjeta DAQ-9172.

### **1.3 Objetivos particulares**

- Diagnóstico y rehabilitación de las partes del motor de CD (subsistema de velocidad) para el monitoreo y adquisición datos.
- Selección e integración de controlador de velocidad y tarjeta DAQ para el motor de CD.

## CAPITULO 2 MARCO TEÓRICO

### 2.1 Motores de corriente directa

Un motor eléctrico de Corriente Directa es básicamente una máquina que convierte energía eléctrica en movimiento o trabajo mecánico, a través de medios electromagnéticos. Este tipo de motores debe tener en el rotor y el estator el mismo número de polos y el mismo número de carbones. En estos motores, el inductor es el estator y el inducido es el rotor. Los motores de corriente directa fueron los primeros en utilizarse en vehículos eléctricos por sus buenas características en tracción y por la simplicidad de los sistemas de control de la electricidad desde las baterías. Presentan desventajas en cuanto al mantenimiento de algunas de sus piezas (escobillas y colectores) y a que deben ser motores grandes si se buscan potencias elevadas, pues su estructura (y en concreto el rozamiento entre piezas) condiciona el límite de velocidad de rotación máxima.

Un motor eléctrico opera primordialmente en base a dos principios: Por inducción, descubierto por Michael Faraday en 1831; *Ver Fig. 2-1 (a)*; señala, que si un conductor se mueve a través de un campo magnético o está situado en las proximidades de otro conductor por el que circula una corriente de intensidad variable, se induce una corriente eléctrica en el primer conductor. Y el principio que André Ampere observó en 1820; *Ver Fig. 2-1 (b)*; en el que establece: que si una corriente pasa a través de un conductor situado en el interior de un campo magnético, éste ejerce una fuerza mecánica o f.e.m. (fuerza electromotriz), sobre el conductor.

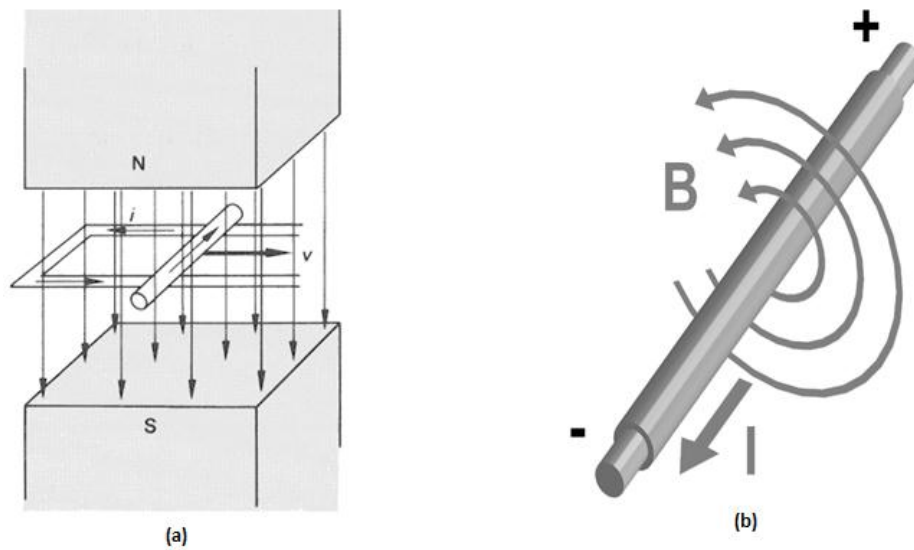


Figura 2-1 (a) Ley de Faraday (b) Ley de Ampere

El movimiento giratorio de los motores de C.C. se basa en el empuje derivado de la repulsión y atracción entre polos magnéticos. Creando campos constantes convenientemente orientados en estator y rotor, se origina un par de fuerzas que obliga a que la armadura (rotor) gire buscando la posición de equilibrio. En la *Figura 2-2* se muestra el circuito equivalente de un motor de corriente directa. [1]

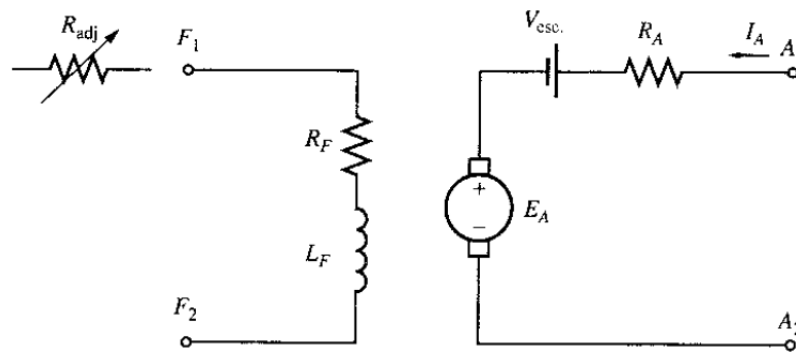


Figura 2-2 Circuito equivalente de un motor de corriente directa.

La *Figura 2-3* nos muestra el par desarrollado en el eje del motor es directamente proporcional al flujo en el campo y la corriente de la armadura, un conductor que lleva la

corriente está colocado en un campo magnético con flujo  $\phi$ , a una distancia  $r$  del centro de rotación. La relación existente entre el par desarrollado, el flujo  $\phi$  y la corriente  $i_a$  es:

$$T_m = k_m \phi i_a \quad (2.1)$$

Donde:

$T_m$  es el par del motor (N-m, lb-pie),  $\phi$  es el flujo magnético,  $i_a$  es la corriente de armadura (Ampers) y  $K_m$  es la constante de proporcionalidad.

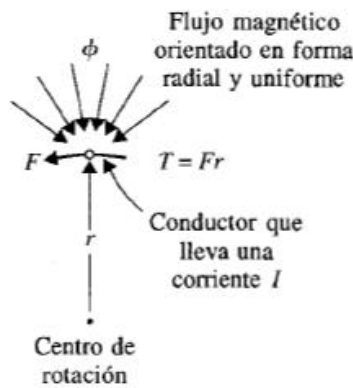


Figura 2-3 Producción del par en un motor de cd

Cuando el conductor se mueve en el campo magnético, genera un voltaje entre sus terminales, denominada fuerza electromotriz, la cual es proporcional a la velocidad del eje y tiende a oponerse al flujo de corriente. La relación que existe entre la fuerza contra electromotriz (f.c.e.m.) y la velocidad del eje es:

$$e_b = k_m \phi w_m \quad (2.2)$$

Donde  $e_b$  denota la fuerza contra electromotriz (volts) y  $w_m$  es la velocidad del eje (rad/s) del motor. [1]

Hay cinco tipos diferentes de motores de corriente directa:

- Motor de corriente directa de excitación separada
- Motor de corriente directa con excitación en derivación

- Motor de corriente directa de imanes permanentes
- Motor de corriente directa serie
- Motor de corriente directa compuesto

Para este trabajo solo trataremos el motor de corriente directa de imanes permanentes que es con el que cuenta la máquina de torsión y sobre el cual se hará el estudio.

### 2.1.2 Motor de imanes permanentes

En la *Figura 2-4* se muestra el campo magnético de un motor de corriente directa se puede producir por bobinas o imanes permanentes. Los motores de corriente directa de imanes permanentes se pueden clasificar de acuerdo con el esquema de conmutación y al diseño de la armadura. De acuerdo con la construcción de la armadura, el motor de corriente directa de imán permanente se puede descomponer en tres tipos de diseño de armadura:

- Motores de núcleo de hierro
- Motores de devanado superficial
- Motores de bobina móvil

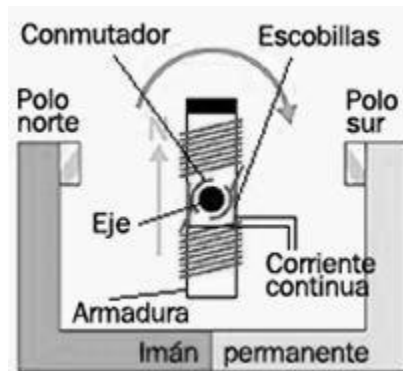


Figura 2-4 Esquema de motor de imán permanente

### 2.1.2.1 Motor de núcleo de hierro

La configuración del rotor y estator del motor de CD de imán permanente de núcleo de hierro se muestra en la *Figura 2-5*. El flujo magnético producido por el imán pasa a través de la estructura del rotor laminado que tiene ranuras. Los conductores de la armadura están localizados en las ranuras del rotor, este tipo de motor se caracteriza por una inercia del rotor alta, una inductancia alta, bajo costo y alta confiabilidad.

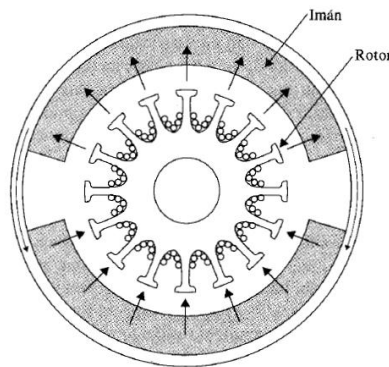


Figura 2-5 Motor de núcleo de hierro

### 2.1.2.2 Motor de devanado superficial

Los conductores de la armadura están pegados a la superficie de la estructura cilíndrica del rotor, la cual está hecha de discos laminados sujetos al eje del motor. Debido a que en este diseño no se emplean ranuras sobre el rotor, la armadura no presenta el efecto de la "rueda dentada". Puesto que los conductores están proyectados en el entre hierro de aire que está entre el campo de imán permanente y el rotor, este tipo de motor tiene menor inductancia que el de estructura de núcleo de hierro (*Ver Figura 2-6*).



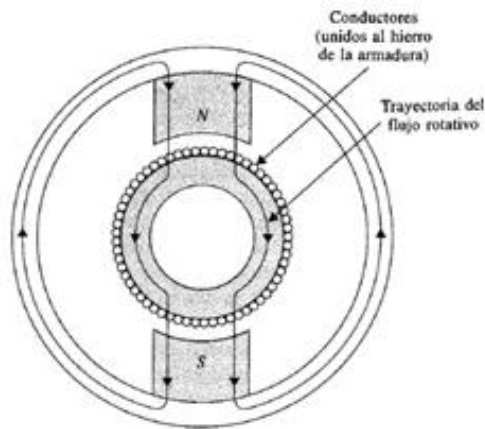


Figura 2-6 Motor de devanado superficial

### 2.1.2.3 Motor de bobina móvil

En la *Figura 2-7* se muestra este tipo de motor que está diseñado para tener momentos de inercia muy bajos e inductancia de armadura también muy baja. Esto se logra al colocar los conductores de la armadura entre la trayectoria de regreso del flujo estacionario y la estructura de imán permanente. Ya que en este tipo de motor se han eliminado todos los elementos no necesarios de la armadura del momento del motor, su momento de inercia es muy bajo. [2]

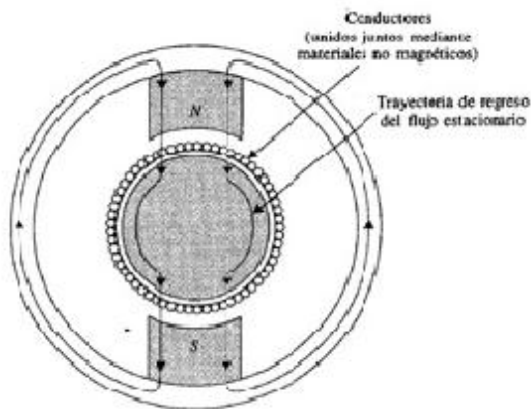


Figura 2-7 Motor de bobina móvil

## 2.2 Plataforma LabVIEW

LabVIEW es el acrónimo de **L**aboratory **V**irtual **I**nstrument **E**ngineering **W**orkbench y fue creado por National Instruments en 1976 para funcionar sobre maquinas MAC, salió al mercado por primera vez en 1986 y ahora está disponible para múltiples plataformas tales como Windows, UNIX, MAC y Linux. LabVIEW (*Figura 2-8*) es un programa para el desarrollo de aplicaciones de propósito general que National Instruments (NI) ha creado para facilitar la programación de instrumentos virtuales (VI's). LabVIEW se encarga de gestionar los recursos de la computadora a través de un entorno sencillo, rápido y eficiente.

De esta forma se reducen enormemente los tiempos de desarrollo a la hora de realizar los programas, el lenguaje de programación es de modo gráfico.

Los programas hechos en LabVIEW se llaman *Virtual Instruments* (VI), lo que da una perspectiva de uso en origen: el control de instrumentos. El slogan de LabVIEW es: "La potencia está en el Software". Entre sus objetivos están el reducir el tiempo de desarrollo de aplicaciones de todo tipo (no solo en ámbitos de prueba, control y diseño) y el permitir la entrada a la informática a programadores inexpertos.

Además de la distribución del software, National Instruments también fabrica hardware para asociarlo con su software, desarrolla hardware como tarjetas de adquisición de datos, controlador de automatización programable (PAC), Visión (cámaras, inteligencia artificial), y acopla hardware de otras empresas.[3]

### 2.2.1 Principales usos y características de LabVIEW

Es usado principalmente por ingenieros y científicos para tareas como:

- Adquisición de datos y análisis matemático
- Comunicación y control de instrumentos de cualquier fabricante
- Automatización industrial y programación de controladores de automatización programable

- Diseño de controladores: simulación, prototipaje rápido, hardware-en-el-ciclo (HIL) y validación
- Diseño embebido de micros y chips
- Control y supervisión de procesos
- Visión artificial y control de movimiento
- Robótica
- Domótica y redes de sensores inalámbricos
- En 2008 el programa fue utilizado para controlar el LHC, el acelerador de partículas más grande construido hasta la fecha.
- Pero también juguetes como el Lego Mindstorms o el WeDo lo utilizan, llevando la programación gráfica a niños de todas las edades.

A continuación se mencionan algunas características de esta poderosa herramienta de programación gráfica

- Entorno de desarrollo grafico; desaparece el código en formato de texto que estamos acostumbrados a utilizar, con esto se consigue una forma de programación más intuitiva.
- Diseño de interfaz gráfica del instrumento virtual utilizando elementos (controles numéricos, graficas, etc.) prediseñados.
- Gestión automática en la creación de hilos de ejecución
- Herramientas convencionales para la depuración de los programas, ejecución paso a paso, puntos de ruptura, flujo de datos, etc.
- Programación modular
- Interfaces de comunicación:
  - ✓ Puerto Serial (RS-232, RS422, RS485)
  - ✓ Puerto Paralelo
  - ✓ Protocolo GPIB
  - ✓ PXI, VXI

- ✓ Puerto Infrarrojo, Bluetooth
  - ✓ Usb
  - ✓ TCP/IP; UDP; Data Socket
- 
- Capacidad de interactuar con otros lenguajes y aplicaciones
  - Visualización y manejo de gráficos con datos dinámicos
  - Adquisición y tratamiento de imágenes
  - Control de movimiento
  - Tiempo real
  - Sincronización entre varios dispositivos



Figura 2-8 Logotipo de LabVIEW

## 2.3 Adquisición de datos

En la actualidad son muchas las aplicaciones en donde es indispensable el tratamiento de señales que nos puedan proporcionar información sobre diferentes fenómenos físicos. Este tratamiento de señales es necesario realizarlo sobre grandes cantidades de información y con una elevada velocidad de procesamiento siendo una computadora personal la mejor opción para realizar estas tareas debido a su velocidad de procesamiento sobre cantidades elevadas de información. Por lo general, los dispositivos usados para la adquisición de señales son las tarjetas de adquisición de datos (*Figura 2-9*), que proporcionan a la computadora la capacidad de adquirir y generar señales, tanto digitales como analógicas; estas no son las únicas funciones de las tarjetas de adquisición; entre otras también disponen de contadores.

Dentro de la adquisición de datos existen varios tipos para realizarla, primeramente son los registradores de datos (data loggers) que son sistemas autónomos (*stand-alone*) ya que trabajan de forma independiente y la única función de la computadora es la recopilación de los datos adquiridos. Otra forma de adquirir datos es con tarjetas que a diferencia de los sistemas stand-alone no trabajan de forma independiente sino que necesitan un ordenador para gobernarlas, este tipo de tarjetas las hay internas que usan como interfaces más habituales PCI, PXI o PCI Express y externas como USB o RS-232.

Las capacidades de las tarjetas de adquisición de datos pueden ser muy variadas pero dentro de las más comunes y más usadas destacan las siguientes:

- Adquisición de señales analógicas.
- Generación de señales analógicas.
- Generación de señales digitales
- Adquisición de señales digitales
- Contadores y timers

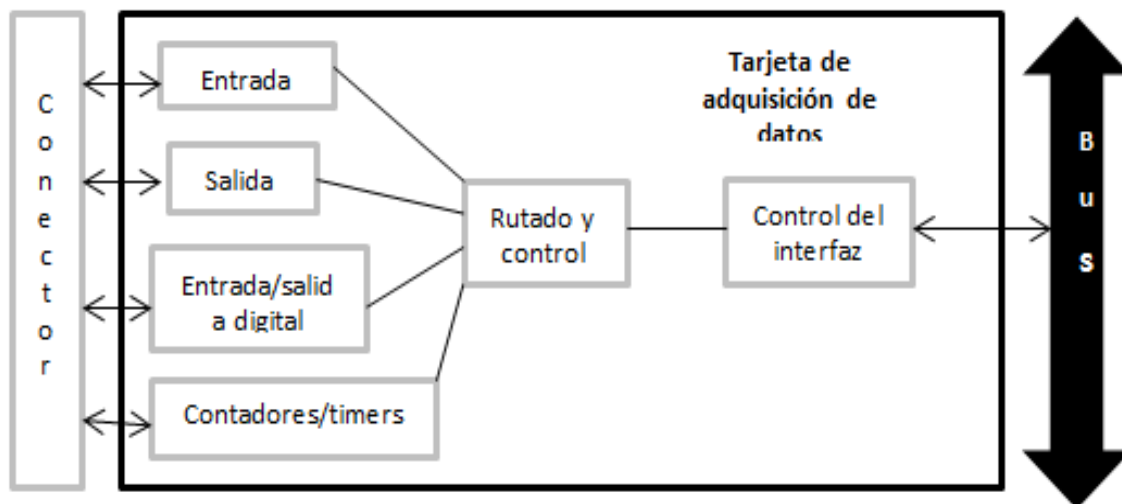


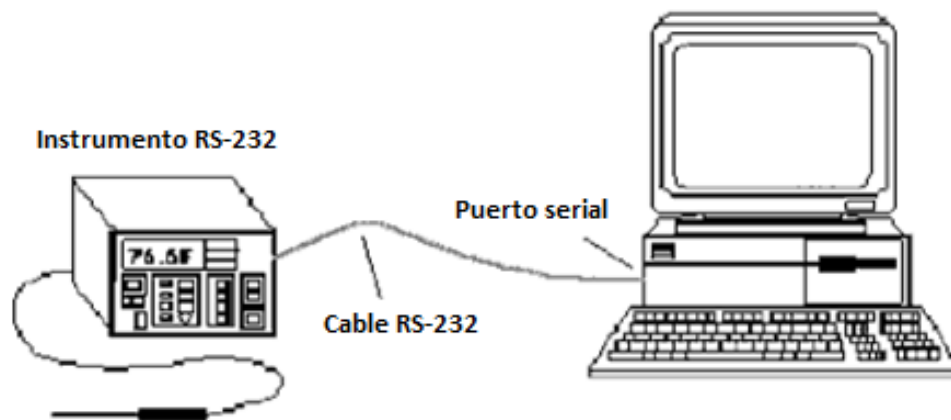
Figura 2-9 Esquema de bloques de una tarjeta de adquisición de datos

A continuación se explicara brevemente el estándar de comunicación RS-232, USB y algunos otros empleados para transferir datos. [4]

### 2.3.1 RS-232

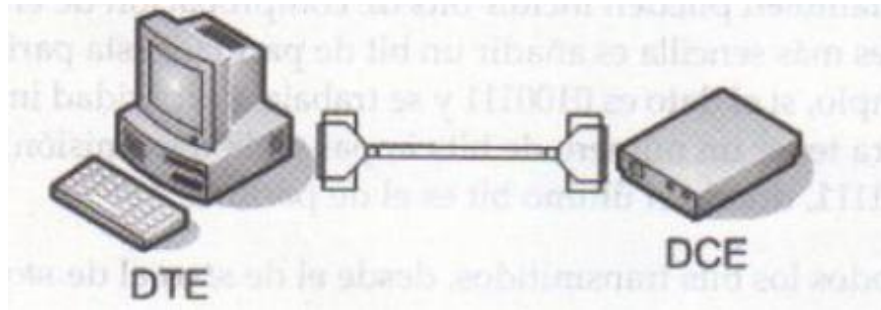
El estándar RS-232 ó Recommended Standard 232 según la American National Standard Institution (ANSI) lo define como la interfaz entre una terminal de datos y una comunicación de datos empleando un intercambio binario en modo serie.

Normalmente en una comunicación serie intervienen dos partes fundamentales que son, el equipo terminal de los datos (DTE), computadora personal, y el equipo de comunicación de datos (DCE), normalmente un modem. En los inicios el RS-232 comenzó a utilizarse para la comunicación entre una computadora y un modem pero gracias a la implantación de computadoras personales se ha incrementado el uso del RS-232 convirtiéndose en el estándar de mayor uso en diferentes aplicaciones de bajo costo (*Ver Figura 2-10*).



**Figura 2-10** Conexión entre instrumento RS-232 a una computadora

La velocidad máxima de transmisión de datos estaba definida en 20 kbit/s pero gracias al gran número de aplicaciones que aumentan la velocidad y a los avances tecnológicos han permitido que aumente la velocidad hasta 116 kbit/s. Al principio del estándar RS-232 la capacidad de carga máxima era de 15 metros pero no establecía el tipo de cable a emplear pero igualmente gracias a los avances se puede emplear cables de entre 15 y 20 metros (*Ver Figura 2-11*).



**Figura 2-11 Dispositivos en una comunicación serie: DTE y DCE**

Además del estándar RS-232 existen otros estándares para realizar transmisión de datos, entre los más usados están los siguientes:

### **2.3.2 RS-422**

Este estándar es empleado para transmisión simplex (*comunicación en un solo sentido, con un emisor y un receptor*) con línea balanceada empleando un par de hilos trenzados, fue desarrollado en 1975 pero fue en 1978 que se le denominó RS-422 incorporándole ventajas del lazo de corriente a las prestaciones del RS-232 aumentando considerablemente la velocidad de transmisión de datos y longitud de línea.

### **2.3.3 RS-485**

Este tipo de estándar es una actualización del estándar RS-422 que permite la comunicación bidireccional multipunto (half-duplex: comunicación posible en ambos lados pero no al mismo tiempo).

Con los adelantos de la tecnología se han empleado otras formas de comunicación tales como la comunicación a través del puerto serial universal (USB) que está desplazando rápidamente al RS-232. [5]

### **2.3.4 Universal Serial Bus (USB)**

El USB (Bus Serie Universal) es un bus externo; incluido en algunas computadoras a partir del año 1996; que soporta la transferencia de datos a velocidades de 12 Mb/s en el USB 1.1 y hasta 480 Mb/s en el USB 2.0. Con el USB no hay mucho que preocuparse ya que no

se deben instalar tarjetas de expansión, configurar puentes físicos, diferentes parámetros o canales de E/S ya que todo esto es realizado automáticamente. El USB ha sustituido al puerto paralelo y al puerto serie mejorando así las lentas interfaces, pero esto no ha sido algún impedimento ya que también existen convertidores USB-RS-232 y USB-paralelo para las personas que aun trabajen con estos puertos como se muestra en la *Figura 2-12*. [6]



Figura 2-12 Símbolo USB

### 2.3.5 Adquisición de señales analógicas

La obtención de una señal analógica a partir de la información que ya se generó en un procesador digital, se hace mediante un convertidor digital analógico que ofrece una respuesta al código de entrada [7]. La *Figura 2-13* muestra la estructura común de un canal de entradas analógicas. Como se puede observar todos los canales de entrada se multiplexan teniendo así la configuración más habitual; no obstante se pueden encontrar tarjetas sin la entrada multiplexada lo cual eleva considerablemente sus prestaciones y precio; como elemento siguiente podemos encontrar un amplificador de ganancia con el que se puede ajustar el nivel de la señal al convertidor para aprovechar el rango máximo; los bloques siguientes son un filtro pasa bajo; que eliminan todas las frecuencias que sobrepasan la frecuencia crítica; un circuito de muestreo y retención (SH) y un convertidor analógico-digital, para concluir se encuentra una memoria FIFO<sup>1</sup> que almacena las muestras adquiridas.

---

<sup>1</sup> FIFO: (First In First Out), es una memoria donde se introducen datos por el punto de carga y el primer dato introducido es el que está disponible para ser primeramente extraído de entre una cierta cantidad de datos introducidos. En las memorias FIFO los datos introducidos no quedan a la izquierda como en un registro de desplazamiento normal si no que inmediatamente son desplazados a la derecha de la memoria. [8]



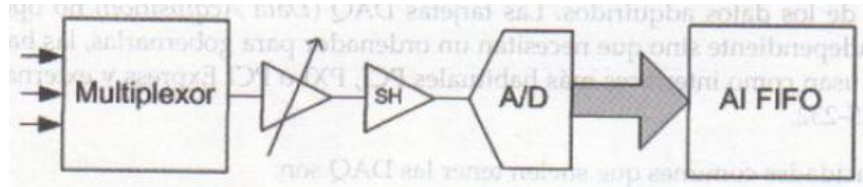


Figura 2-13 Esquema típico de un canal de entradas analógicas

### 2.3.6 Conversión a digital

La digitalización de señales es un paso primordial en la adquisición de datos, para ello es necesario utilizar un circuito de muestreo y retención (*Sample and Hold*); este circuito captura una tensión de la entrada y la mantiene estable determinado tiempo mientras el conversor de analógico a digital hace los cálculos del valor de salida. La tensión fue previamente escalada por el amplificador de ganancia programable para ajustarse lo máximo posible al rango del conversor. El muestreo de una señal es obtener el valor de la misma en diferentes momentos, estos valores son las muestras de la señal. Para una adquisición continua se puede considerar que el tiempo entre muestra y muestra será constante, a esto se le conoce como frecuencia de muestreo; en la *Figura 2-14* podemos observar este proceso, los puntos representados en la curva representan las muestras y el valor dado en esos puntos será el que llegue al conversor a/d.

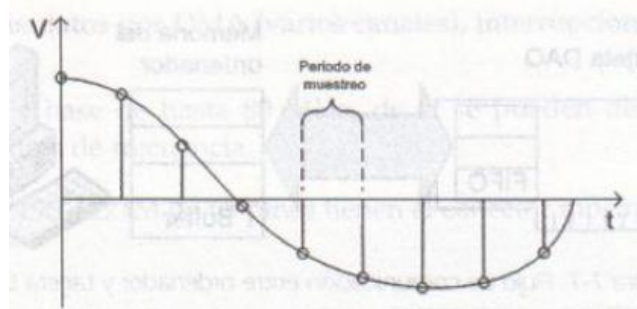


Figura 2-14 Cuantificación de una señal

El siguiente paso dentro de la conversión a digital es la codificación del valor muestreado a su representación digital, para esto es necesario dividir el rango de tensiones de entrada en varios niveles y a cada uno asignarle un código binario. Si el conversor tiene muchos

niveles para codificar la señal, esta necesitará más bits para codificar cada uno de los niveles pero con esto se gana que tenga una mayor fidelidad.

Cabe señalar que para las salidas analógicas se tienen las mismas características que para las entradas analógicas.

Las señales digitales son líneas de entrada y salida y básicamente se emplean para el control de procesos, generar modelos por pruebas, comunicar con equipos periféricos entre muchas aplicaciones más. Los parámetros más característicos de este tipo de señales son el número de líneas que se tienen disponibles, la velocidad a la cual pueden ser transferidos los datos y la capacidad de controlar diferentes dispositivos.

### **2.3.7 Temporizadores**

Por ultimo pero no menos importante se encuentran los temporizadores que no es otra cosa más que líneas para muchas aplicaciones tales como contar las veces que se repite un evento, generar bases de tiempos para proceso digitales o simplemente generar pulsos.

## **2.4 DAQ en LabVIEW**

LabVIEW es el programa idóneo para la adquisición de datos, entre tantos motivos por la total compatibilidad con las tarjetas de National Instruments. Su interface gráfica ofrece una gran potencia de visualización de señales además de que dispone de múltiples librerías de procesamiento para el tratamiento de las señales que se adquieran. Para realizar una adquisición de datos completa es necesario contar con un software de control, este control se puede llevar a cabo de tres formas distintas. La primera consiste en la programación directa de los registros, este método nos permite más flexibilidad en cuanto a la capacidad de control, pero también es el más costoso si nos referimos a tiempo y dificultad de programación. Otro método es emplear un driver que controle la tarjeta pero esto se emplea a un nivel de programación superior al de la programación directa de registros; provee la misma flexibilidad de programación que esta, pero el tiempo de desarrollo disminuye considerablemente. Finalmente, es posible controlar la tarjeta a

través de un programa de un nivel superior a los mencionados con anterioridad, esto nos permite desarrollar aplicaciones mucho más poderosas en cuanto a análisis y representación.

EL software de National Instruments LabVIEW proporciona cuatro tipos de driver para la adquisición de datos los cuales son:

- Traditional NI-DAQ
- VIs Express
- NI-DAQmx
- DAQ Assistant

#### 2.4.1 Traditional NI-DAQ

Este tipo de adquisición de datos es el de más bajo nivel que fue utilizado en las primeras versiones de LabVIEW, actualmente es conservado por razones de compatibilidad ya que aún es utilizable con dispositivos antiguos y situaciones muy concretas. No presentan la capacidad de multiproceso que tienen versiones recientes (Ver Figura 2-15).

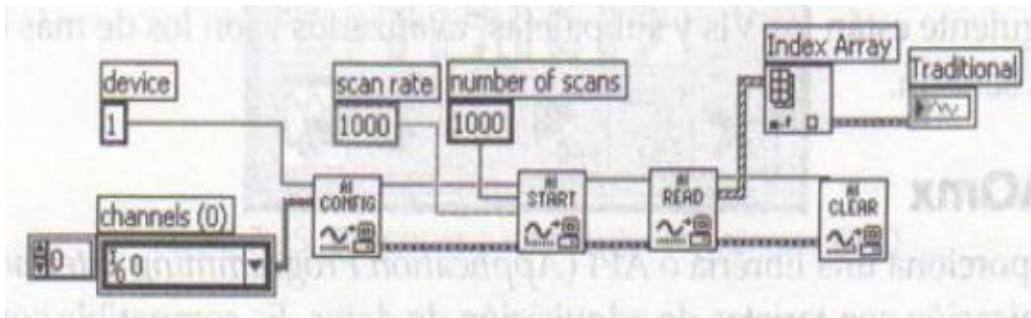


Figura 2-15 Traditional DAQ

#### 2.4.2 VIs Express

Este tipo de drivers se introdujeron en la versión 7 de LabVIEW y ayudan al programador ya que hace que la programación sea más sencilla y compacta que con los VIs normales esto se debe a que se agrupan varios VIs en un único nodo muy configurable (Ver Figura 2-16).

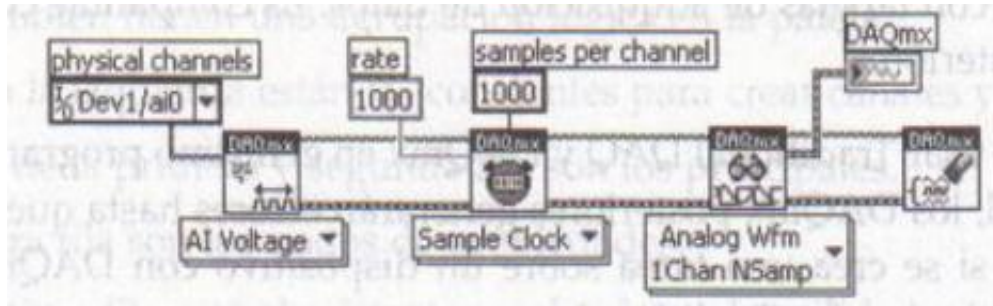


Figura 2-16 VIs Express

### 2.4.3 NI-DAQmx

A la par de que se introdujeron los VIs en la versión 7 de LabVIEW se introdujo un driver más para la adquisición de datos presentando múltiples ventajas con respecto a los tradicionales, un nivel de abstracción mayor, multiproceso, más robustez, mayor estabilidad, entre otros. La sencillez se consigue gracias a que existe una agrupación de varios VIs distintos bajo un solo fichero o icono. DAQmx proporciona una librería que facilita la comunicación con tarjetas de adquisición de datos (Ver Figura 2-17). No es recomendable utilizar Traditional DAQ y DAQmx en el mismo programa porque se pueden generar errores que serán solucionados hasta que el dispositivo sea reseteado.

En el diagrama de flujo de la Figura 2-18 se muestran los pasos que se deben seguir para trabajar con DAQmx, como se puede observar el primer punto es crear una tarea que no es otra cosa más que la medida o la generación de una señal que se quiere realizar. La configuración del temporizador puede ser opcional ya que no todas las tareas requieren una temporización o algún tiempo de espera. Leer o escribir tarea es el paso en el cual se realiza la acción que queremos hacer como obtener la medición o adquirir una señal, por último se limpia la tarea para el caso en que ya no se vaya a utilizar.

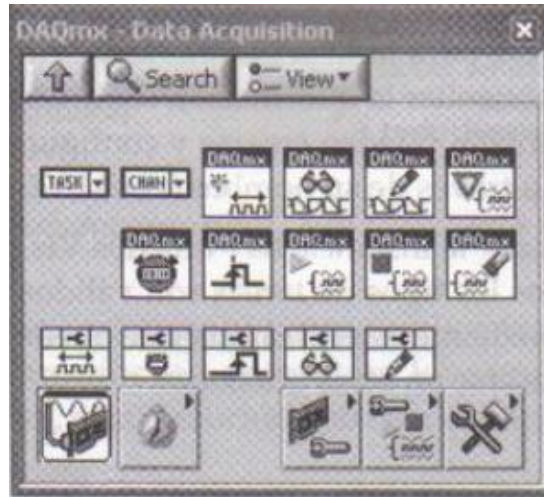


Figura 2-17 Funciones para trabajar con tarjetas DAQ

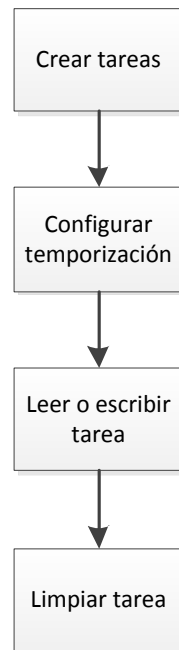


Figura 2-18 Flujo de programa para trabajar con DAQmx

En el modo de adquisición de datos DAQmx se tienen herramientas que de forma interna se pueden configurar de una forma más sencilla que de forma tradicional.[9]

#### 2.4.4 DAQ Assistant

Es una asistente en forma de VI Express que usa los DAQmx para crear, configurar y ejecutar tareas. Con el DAQ Assistant se puede elegir el tipo de medida, después se deben seleccionar los canales y configurar la adquisición, modificando parámetros como el rango de entrada, tipo de conexión, etcétera. El DAQ Assistant es la forma más sencilla de hacer la configuración de la tarjeta de adquisición de datos por que se realiza de una manera muy intuitiva y tiene una interfaz más dinámica (Ver *Figura 2-19*).



Figura 2-19 DAQ Assistant

#### 2.5 Tarjeta NI DAQ 9172

Es una tarjeta NI COMPACDAQ, modelo 9172 la cual tendrá 4 módulos de diferentes modelos para la programación de entradas y salidas (Ver *Figura 2-20*).

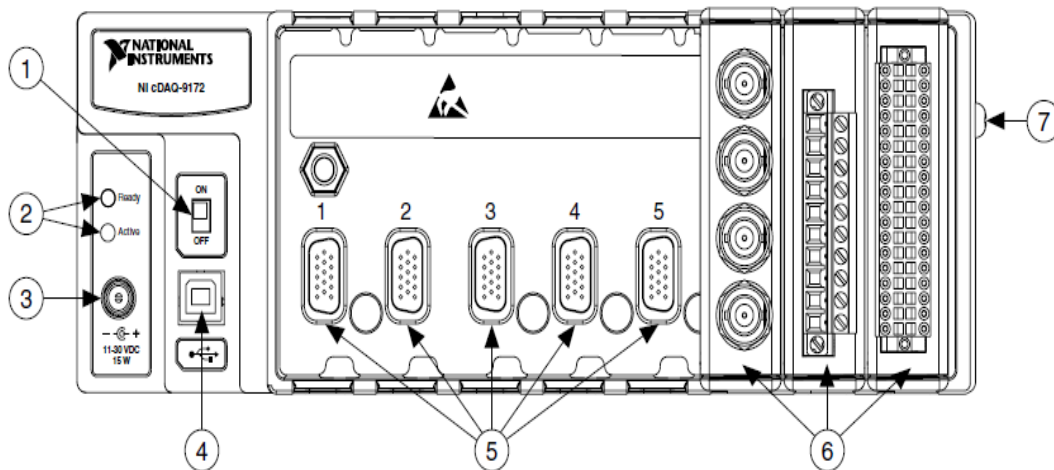


Figura 2-20 Chasis de la tarjeta NI cDAQ-9172

1. Encendido/Apagado
2. Indicadores de listo y activo
3. Alimentación de corriente
4. Conector USB
5. Ranuras para módulos de la serie C
6. Módulos de la serie C instalados
7. Conexión para tierra

A continuación se darán algunas características de la tarjeta y los módulos a utilizar



**Figura 2-21 Tarjeta de adquisición de datos NI DAQ-9172**

Dentro de las características generales de la tarjeta NI CDAQ-9172 (*Ver Figura 2-21*) podemos citar que consta de 8 ranuras que puede contener 8 módulos de la serie c, el armazón opera de 11 a 30 volts de Corriente Directa, además incluye un convertidor de corriente alterna. El NI CDAQ-9172 es un dispositivo compatible con USB 2.0.

Cuenta con 2 controladores de 32 bit/chip temporizador integrado en la carcasa, instalado en la ranura 5 o 6, se puede acceder a todas las actividades programadas del temporizador tales como el conteo de eventos, generación de pulso de onda o medición con codificadores de cuadratura.

Este dispositivo puede mezclar entradas y salidas analógicas, digitales y cuenta con un sensor de mediciones en el mismo sistema. Muchos dispositivos pueden medir temperatura, voltaje, etc. Pero esta tarjeta puede integrar todas esas medidas en un solo dispositivo y las salidas de todos los datos a través de la interfaz del mismo bus, tal como

el USB. Un sistema NI COMPACTDAQ puede mezclar señales multiplexadas de tensión de entrada, a la vez muestra acelerómetros, termopares de baja velocidad y TTL digital y todo esto en una misma armadura.

Los módulos de serie C que se utilizan son los que se mencionan unas líneas abajo, solo se utilizaran 3, ya que son los necesarios para monitorear y adquirir datos de la velocidad y posición del motor de corriente directa. A continuación se muestran y explican algunos de los módulos que maneja la tarjeta de adquisición de datos NI COMPACTDAQ, modelo 9172. [10]

#### **Módulo NI 9401**

##### **MODULO BIDIRECCIONAL DE E/S DE ALTA VELOCIDAD DE 8 CANALES, 5 V/TTL**

En la *Figura 2-22 y 2-23* se muestra el modulo NI 9401 de National Instruments es un módulo bidireccional de entrada digital de 8 canales a 100 ns para cualquier chasis NI CompactDAQ o CompactRIO, se puede configurar la dirección de las líneas digitales en él NI 9401 para entrada o salida por nibble (4 bits). De esta manera, se puede programar el NI 9401 para tres configuraciones- ocho entradas digitales, ocho salidas digitales o cuatro entradas digitales y cuatro salidas digitales. Con la tecnología de E/S reconfigurables (RIO) usted puede usar LabVIEW FPGA (en CompactRIO únicamente) para programar el NI 9401 y poder implementar la medida, contadores/temporizadores de alta velocidad, protocolos de comunicación digital, generación de pulsos y mucho más. Cada canal es compatible con señales de 5 V/TTL y ofrece aislamiento transitorio de 1000 Vrms entre los canales de E/S y el plano trasero. [11]





Figura 2-22 Módulo NI 9401

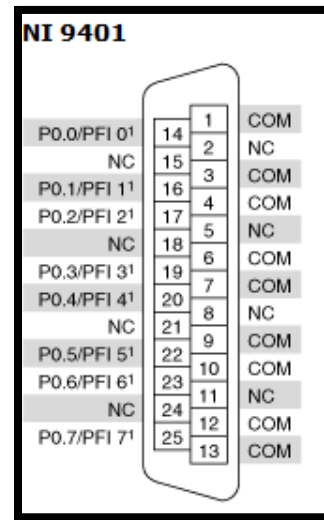


Figura 2-23 Asignación de pines NI 9401

### Módulo NI 9205

MODULO DE ENTRADA ANALÓGICA DE 32 CANALES  $\pm 200$  MV A  $\pm 10$  V, 16 BITS, 250 KS/S.

El NI 9205 de National Instruments cuenta con 32 entradas analógicas en una sola terminal y 16 diferenciales, resolución de 16 bits y máxima velocidad de muestreo de 250 kS/s. Cada canal NI 9205 tiene rangos de entrada programables de  $\pm 200$  mV,  $\pm 1$  V,  $\pm 5$  V y 10 V. Para protegerse contra señales transitorias, el modulo incluye hasta 60 V de protección contra sobre voltajes entre canales de entrada y común (COM). Además, este módulo incluye doble barrera de aislamiento de canal a tierra para seguridad, inmunidad a ruido y alto rango de voltaje en modo común. Está diseñado para sobre voltaje transitorio de 1000 Vrms (Ver Figura 2-24 y 2-25). [12]



Figura 2-24 Módulo NI 9205

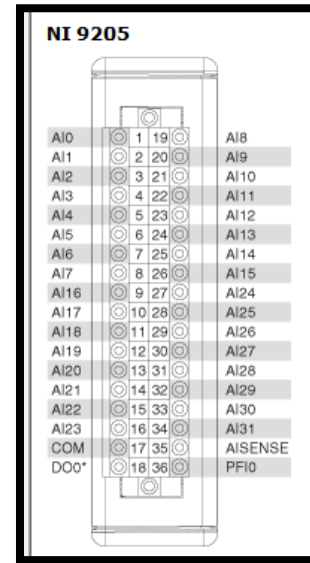


Figura 2-25 Asignación de pines NI-9205

### Módulo NI 9263

MODULO DE SALIDA ANALÓGICA DE ACTUALIZACIÓN SIMULTANEA DE 4 CANALES, 100 KS/S, 16 BITS, +-10V

El NI 9263 de National Instruments es un módulo de salida analógica de actualización simultánea de 4 canales a 100 kS/s para cualquier chasis de NI CompactDAQ o Compact RIO. El NI9263 cuenta con protección de sobre voltaje de +-30 V, protección de corto circuito, baja interferencia entre canales (crosstalk), rápida velocidad de respuesta, alta precisión relativa y certificados de calibración trazable expedidos por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST). Este módulo incluye doble barrera de aislamiento de canal a tierra para seguridad e inmunidad de ruido (Ver Figura 2-26 y 2-27). [13]



Figura 2-26 Modulo NI 9263

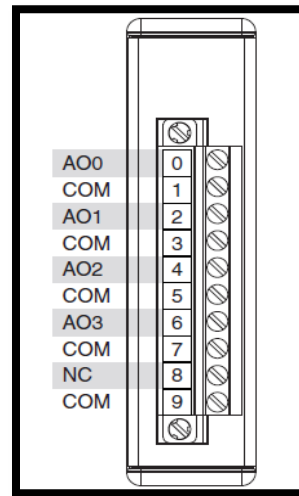


Figura 2-27 Asignación de pines NI-9263

## CAPITULO 3: METODOLOGIA EXPERIMENTAL

### 3.1 Configuración de la tarjeta de adquisición de datos

Para realizar la configuración de la tarjeta NI DAQ-9172 de National Instruments es necesario ejecutar el software LabVIEW que muestra la *Figura 3-1*; es donde se hará la interface entre la tarjeta y la computadora.

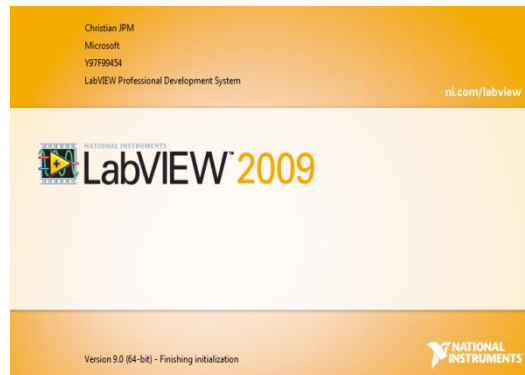


Figura 3-1 Pantalla principal de LabVIEW

Una vez que arrancó LabVIEW nos despliega la pantalla de la *Figura 3-2*, aquí seleccionamos blank VI para que nos abra un instrumento virtual en blanco y se pueda empezar con la configuración

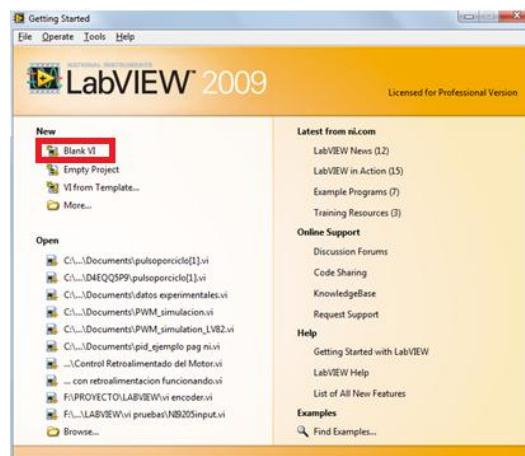
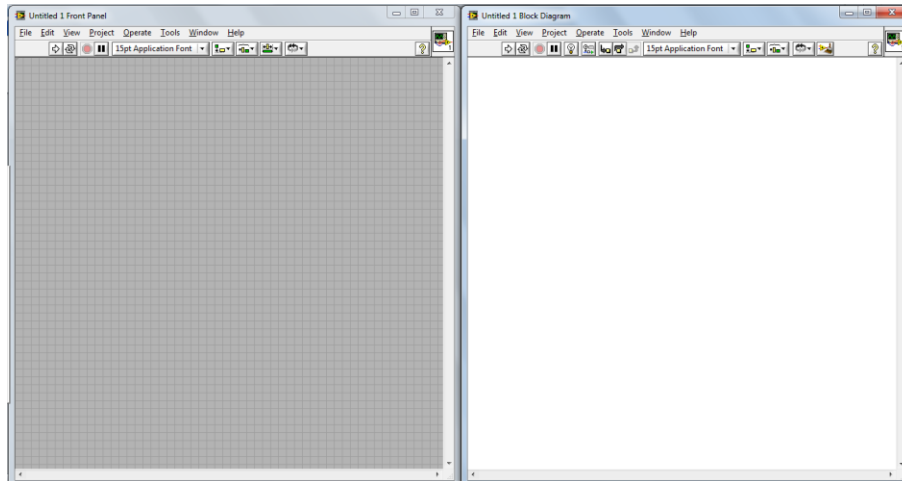


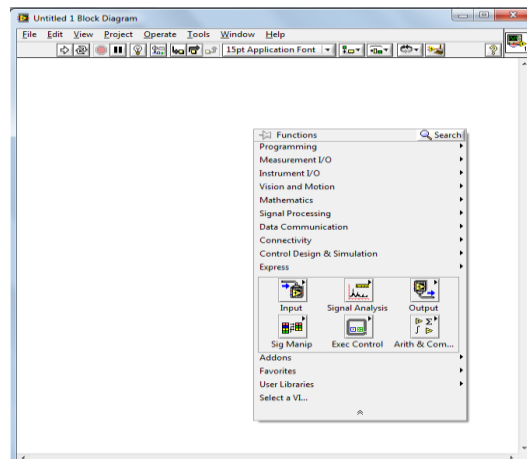
Figura 3-2 Pantalla de inicio de LabVIEW

Al abrir un instrumento virtual nuevo nos arroja dos pantallas diferentes; una es el diagrama de bloques y la otra es el panel frontal como se muestra en la *Figura 3-3*.



**Figura 3-3 Panel de control y diagrama de bloques en LabVIEW**

Para realizar la configuración nos centraremos en el diagrama de bloques que es donde se realiza toda la programación de LabVIEW. En esta pantalla damos clic derecho con el mouse y nos aparece el siguiente menú pop-up como es mostrado en la *Figura 3-4*.



**Figura 3-4 Menú del diagrama de bloques**

Dentro de este menú se debe seleccionar el apartado de Measurement I/O y nos despliega una ventana, dentro de esta ventana aparece NI-DAQmx y otros iconos como lo muestra la *Figura 3-5 (a)*, seleccionamos el icono de NI-DAQmx y parece el menú de adquisición de datos como lo muestra la *Figura 3-5 (b)*.

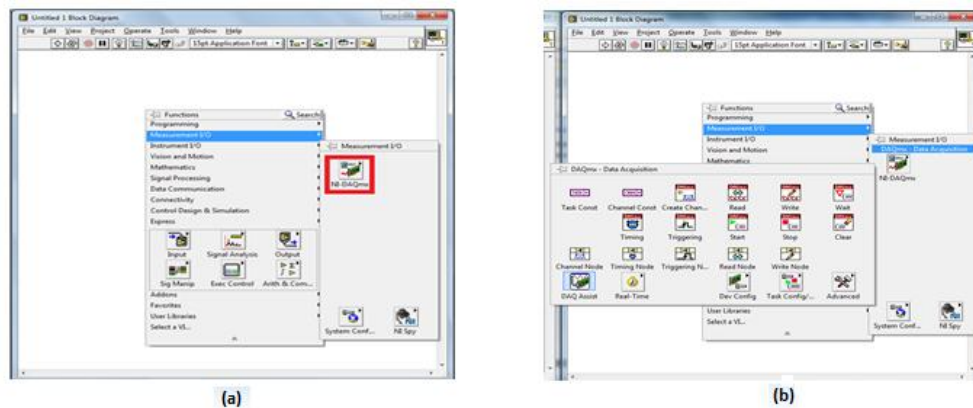


Figura 3-5 (a) NI-DAQmx; (b) Menú de adquisición de datos

Una vez obtenido el menú de la figura anterior se debe seleccionar el icono de DAQ Assistant como aparece en la *Figura 3-6*:

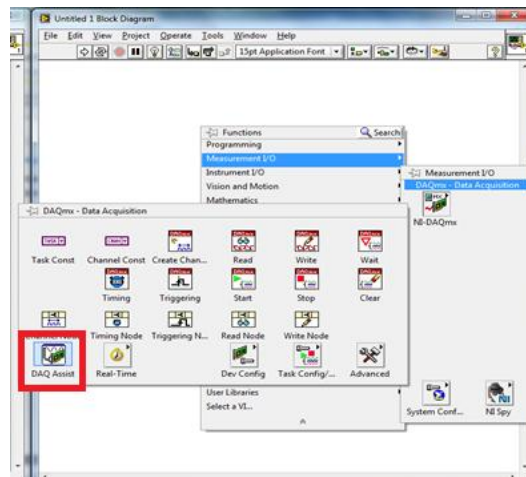


Figura 3-6 Icono de DAQ Assistant

Una vez seleccionado el icono como se muestra en la figura anterior el programa carga la configuración de la tarjeta NI DAQ-9172 que será la empleada para este proyecto. La *Figura 3-7* nos muestra la pantalla que emerge de la selección del DAQ Assistant. Cabe señalar que cuando se selecciona este icono el software carga los datos de la tarjeta y nos genera un icono del DAQ Assistant.

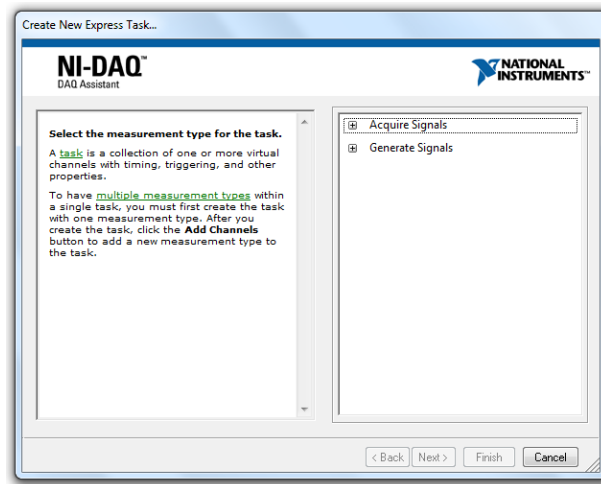


Figura 3-7 Pantalla de adquisición y generación de datos

En el proceso de configurar la tarjeta, en este paso es donde realmente comienza la configuración. Como lo muestra la *Figura 3-7* podemos adquirir y generar señales dependiendo de nuestras necesidades. Si deseamos adquirir señales se selecciona dicha pestaña y nos emerge un submenú como el de la *Figura 3-8*.

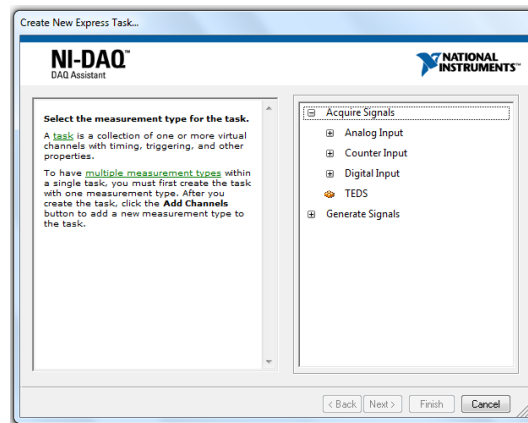


Figura 3-8 Adquisición de señales

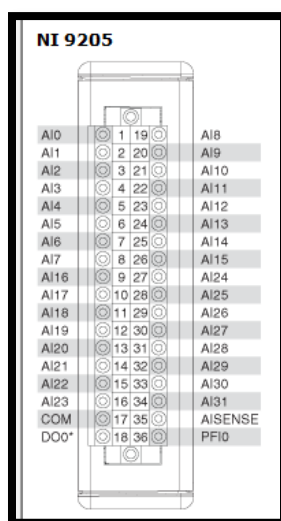
Una vez desplegado el submenú como nos podemos dar cuenta que extiende a su vez un sub- submenú en donde podemos seleccionar el tipo de señal que deseamos adquirir; señales analógicas, señales digitales y contadores. Si seleccionamos señales analógicas se tiene una amplia gama de señales que podemos adquirir, por mencionar algunas

tenemos: voltaje, temperatura, corriente, resistencia, frecuencia, posición, presión del sonido, aceleración entre otras más (*Figura 3-9 y 3-11 (a)*).



**Figura 3-9 Entradas analógicas**

Para la adquisición de datos análogos se tienen módulos de la serie C de National Instruments para realizar dicha adquisición, uno de estos módulos es el NI-9205.



**Figura 3-10 Asignación de pines NI-9205**



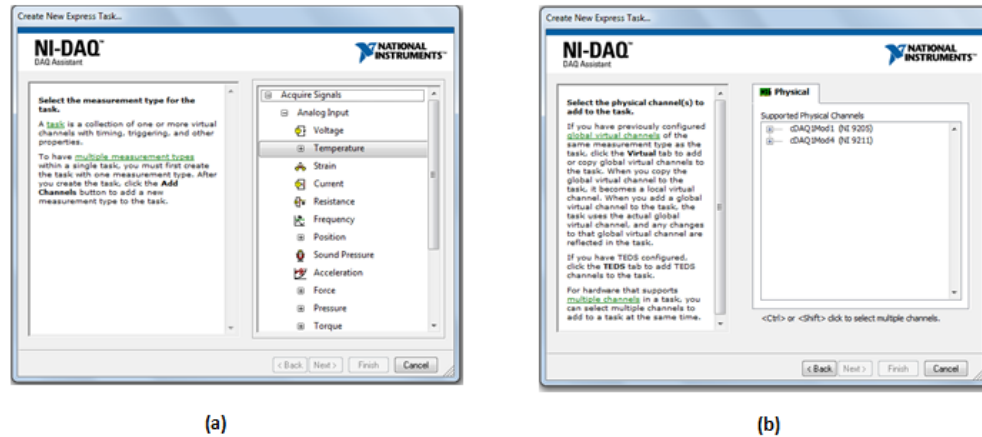


Figura 3-11 (a) Señal de adquisición (b) Elección de módulos para la adquisición

Una vez elegida la señal que se desee adquirir nos surge la ventana que es donde se elige el modulo que queremos emplear y que sea compatible para dicha adquisición; Ver *Figura 3-11 (b)* .Cuando ya se ha seleccionado el módulo para la adquisición de datos se debe elegir la entrada del módulo que se desee emplear como predeterminada *Figura 3-12*.

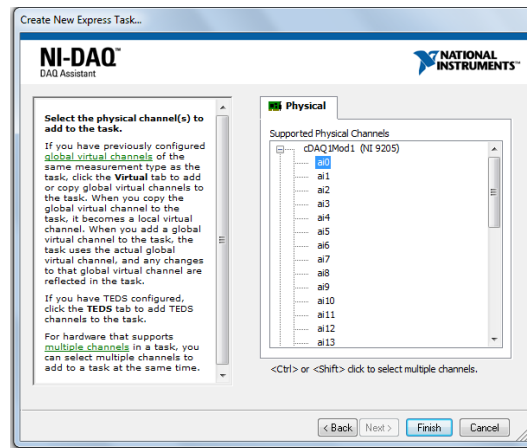


Figura 3-12 Selección del puerto a emplear

Ya una vez seleccionado el pin para adquirir señal nos aparece la pantalla de la *Figura 3-13 (a)*, que es donde se van a configurar los parámetros que emplearemos en la tarjeta de adquisición de datos, en este caso se configuran los valores de voltaje. Cuando se ha terminado de realizar esta configuración debemos finalizar el proceso y LabVIEW carga los datos almacenados en la tarjeta.

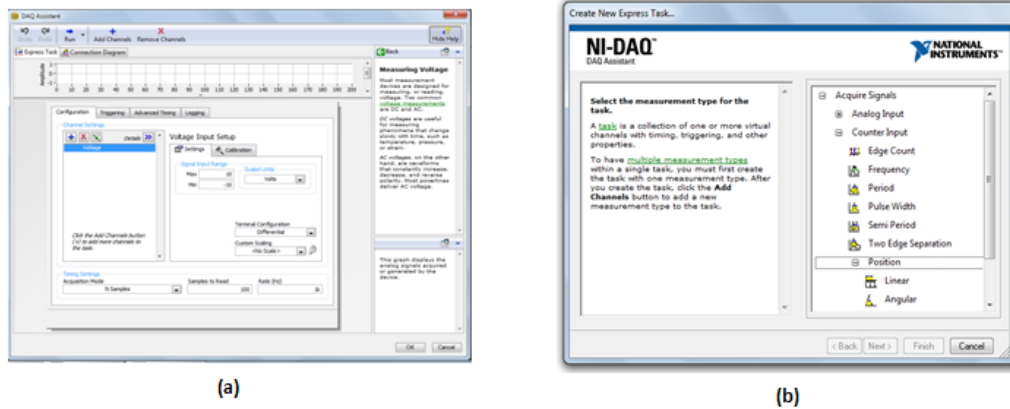


Figura 3-13 (a) Configuración de voltaje (b) Adquisición de contadores

Por otro lado si elegimos la adquisición de contadores nos despliega el menú de la figura 3-13(b) en donde podemos adquirir señales de frecuencia, periodo, ancho de pulso, periodo, posición (angular y linear), etc. Finalmente dentro de la adquisición de señales también es posible adquirir señales digitales donde podemos adquirir datos de línea o puerto de entrada Figura 3-14.

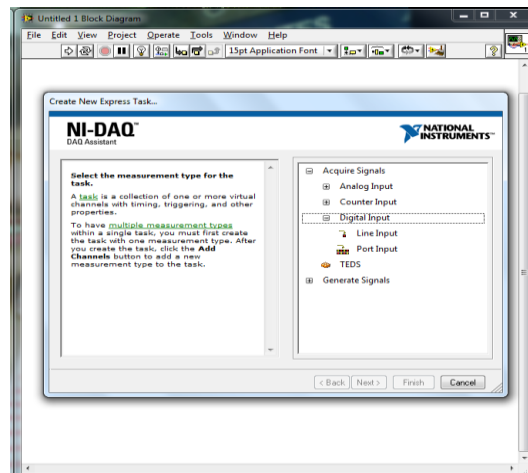


Figura 3-14 Adquisición de señales digitales

Cabe señalar que solo se explicó la configuración para realizar la adquisición de señales analógicas, en este caso el voltaje; para realizar la configuración para adquirir señales

digitales (NI-9401) se realiza el mismo procedimiento solo basta elegir ese apartado y realizar la misma configuración.

A continuación se explicara el procedimiento para la configuración de la tarjeta DAQ-9172 para generar señales digitales.

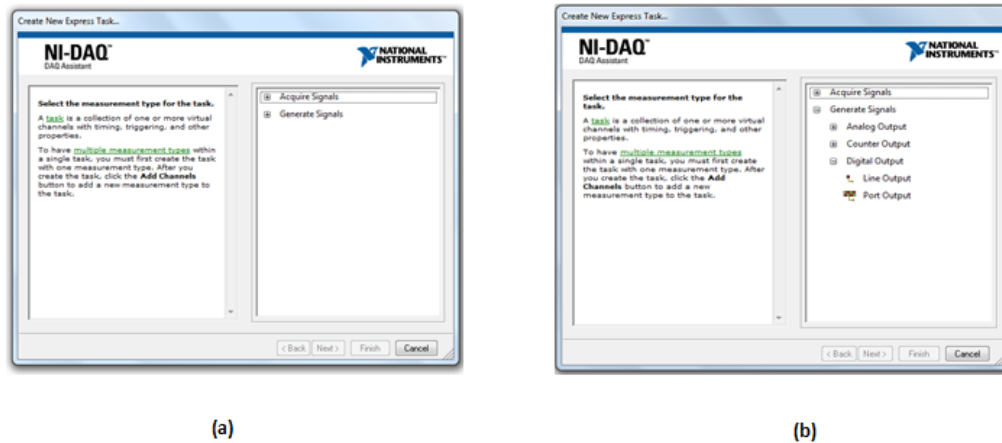


Figura 3-15 (a) Pantalla de selección (b) Generar señales digitales

Para generar señales debemos seleccionar este apartado seleccionándolo en el submenú como se muestra en la *Figura 3-15 (a) y (b)*. Para generar dichas señales se utilizara el módulo de la serie C, NI-9401, ya que es un módulo para generar y adquirir señales digitales (Ver *Figura 3-16*).

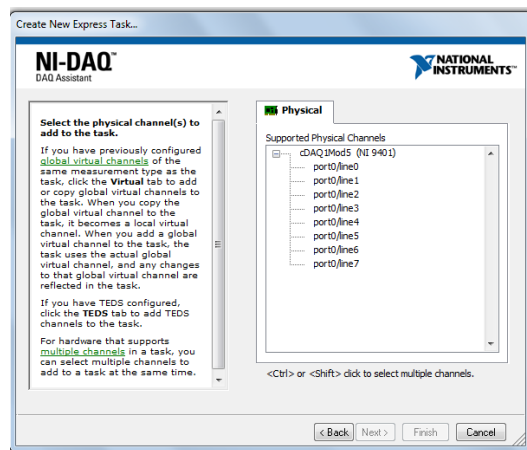


Figura 3-16 Elección de pines del módulo NI-9401

Una vez seleccionado el pin en el que se quiere que sea la salida de nuestro modulo finalizamos la configuración emergiendo una nueva ventana en donde se puede configurar los parámetros de salida (Ver Figura 3-17).

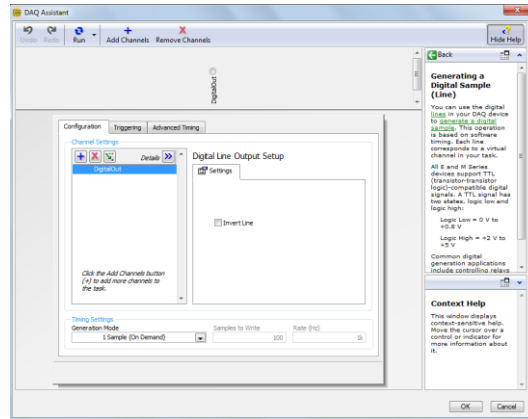


Figura 3-17 Parámetros de salida

### 3.2 Control CC digital tipo SCR serie 19H

El control Baldor Serie 19H es un control de inducción (armadura) y campo de motores de corriente continua, trifásico, unidireccional, de onda completa. El puente de SCR (rectificador controlado de silicio) convierte la potencia de corriente alterna trifásica en potencia de corriente continua controlada para operar el inducido del motor de corriente continua. La entrada de corriente alterna se usa también como entrada de transformador de referencia para operar fuentes de alimentación y sincronizar con la línea de entrada de corriente alterna. Los pulsos de disparo son suministrados en la puerta del SCR mediante los transformadores y los amplificadores de pulsos. Este control es de denominación NEMA Tipo C (Ver Figura 3-18).

El control Baldor Serie 19H puede también utilizarse con motores de campo de imán permanente y motores de corriente continua tipo husillo. Asimismo, el control Baldor Serie 19H puede usarse con retroalimentación estándar de inducción o de codificador. Se puede disponer de retroalimentación de tacómetro o de resolver instalando las tarjetas de expansión opcionales respectivas.

El control Baldor Seri 19H puede ser empleado en numerosos tipos de aplicaciones. Se puede configurar para operar en diversos modos, dependiendo de los requisitos de la aplicación y las preferencias del usuario.

El usuario tiene la responsabilidad de determinar el modo de operación correcto para lo cual lo empleara.



Figura 3-18 Control CC Digital Tipo SCR Serie 19H

### 3.2.1 Conexiones del circuito de control

El control CC tipo SCR serie 19H ofrece seis modos de operación. Estos modos de operación definen la configuración básica del control de motores y la operación de los terminales de salida y entrada.

Los modos de operación disponibles son los siguientes:

- Control Por Teclado
- Control De Marcha Estándar, 3 Conductores
- Control De 15 Velocidades, 2 Conductores

- Par O Velocidad Bipolar
- Control De Procesos
- Serie

### 3.3 Control digital de corriente continua Tipo SCR Serie 19H

Este tipo de control cuenta con diferentes modos de operación, tales como control por teclado, marcha estándar, 15 velocidades, bipolar, control de procesos y serie, para este trabajo se configuro el driver en los modos de teclado y marcha estándar.

La programación y la operación del control Baldor Serie 19H se realiza mediante simples pulsaciones de las teclas, el teclado tienes múltiples funciones como programar los parámetros del control, para operar el motor, para verificar el estado tanto del control como del motor entre muchas otras.

Primeramente se explicara la función de cada tecla de la pantalla (*Ver Figura 3-19*).



Figura 3-19 Display del control Baldor Serie 19H

**JOG:** Sirve para seleccionar una velocidad pre programada con anterioridad. Esta tecla solo funciona en el modo manual.

**FWD:** Inicia la rotación del motor en dirección del avance.

**REV:** Inicia la rotación del motor en dirección reversa.

**STOP:** Inicia la secuencia de parada del motor. Dependiendo de la configuración programada el motor se detendrá por rampa o por inercia.

**LOCAL:** Alterna entre la operación local (teclado) y remota.

**DISP:** Retorna a la pantalla principal cuando nos encontramos programando.

**SHIFT:** En el modo de programación controla el movimiento del cursor, en el modo de programación puede reponerse un valor predefinido de fábrica.

**KEYPAD DISPLAY:** Exhibe la información del estado durante la operación manual o remota además de información de parámetros, diagnóstico o fallas.

**PROG:** Al estar en este modo se puede corregir el ajuste de un parámetro.

**FLECHA HACIA ARRIBA:** Cambia el valor del parámetro visualizado. Al pulsar esta tecla se incrementa al valor mayor siguiente. En modo local aumenta la velocidad del motor a un valor mayor según se haya programado.

**ENTER:** Guarda cambios en valores de parámetros y regresa un nivel en el menú de programación. Se emplea también para seleccionar diferentes operaciones cuando el display lo indique.

**FLECHA HACIA ABAJO:** Cambia el valor del parámetro visualizado. Al pulsar esta tecla decrementa al valor menor siguiente. En modo local disminuye la velocidad del motor a un valor menor según se haya programado.

El panel principal del controlador digital es de gran ayuda para la programación y manipulación del motor ya que en él se pueden hacer múltiples configuraciones. En el modo local la operación más sencilla es la del ajuste del contraste de la pantalla del controlador. La pantalla del controlador la podemos adecuar dependiendo de nuestros requerimientos y las características de operación que necesitemos; otra operación

importante a la que podemos acceder y/o configurar es el registro de fallas que nos indica los problemas que detectó el controlador mientras estaba en operación el motor. El mayor uso que se le puede dar a al panel frontal del controlador es primeramente para programar los valores o rangos a los que deseamos que opere nuestro motor y una vez hecho esto podemos programar nuestras velocidades y diferentes parámetros; todos los parámetros programables se visualizan con una letra “P” en la esquina izquierda de la pantalla del teclado, una letra “V” indica que el valor puede ser visto mas no cambiado mientras se encuentra operando el motor. Sin embargo si aparece una letra “L” el valor está bloqueado y es necesario introducir el código de acceso para poder cambiarlo.



## CAPITULO 4: RESULTADOS

### 4.1 Diagnostico y rehabilitación del motor

Como se mencionó en el marco teórico, la máquina de torsión en caliente data de hace más de 40 años por lo que en teoría debía tener un diagnóstico y una rehabilitación completa. Pero una vez que se iba a realizar esta actividad se diagnosticó que el motor a pesar de ser muy viejo nunca había sido utilizado y estaba en perfectas condiciones. Se sustituyeron los módulos de grandes dimensiones y obsoletos por elementos de tecnología reciente (control digital Baldor, tarjeta de adquisición de datos, LabVIEW (National Instruments) y una computadora, todo esto sustituyo los módulos anteriores.

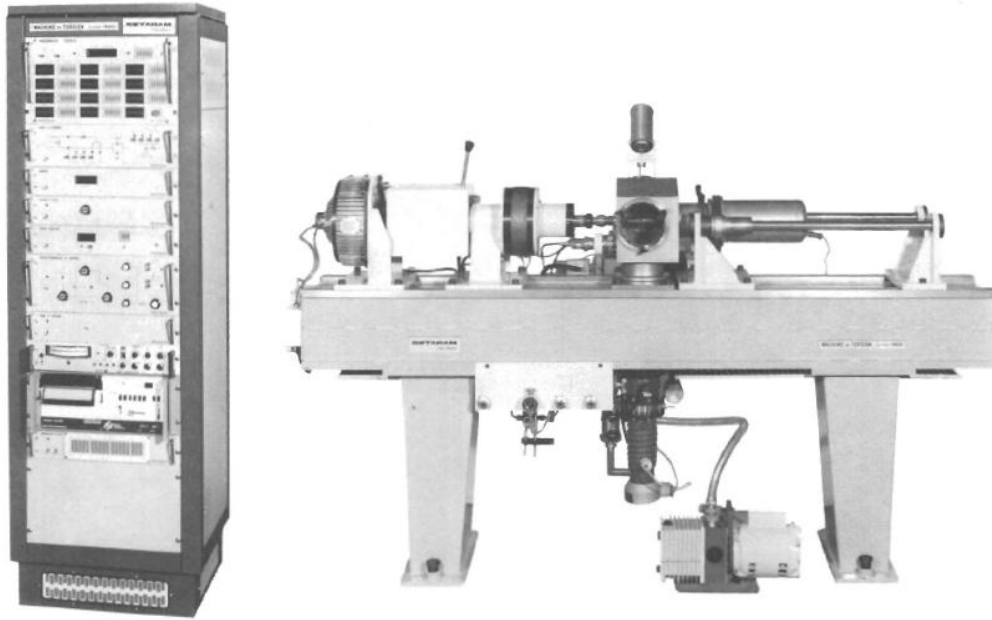


Figura 4-1 Maquina de torsión y módulos originales

### 4.2 Control digital de corriente continua Tipo SCR Serie 19H

#### 4.2.1 Modo Local

Una vez que conocimos todos los componentes del control Baldor se comenzó a configurar y realizar pruebas necesarias para el trabajo. En este modo de operación la pantalla principal exhibe el estado del control, como lo muestra la *Figura 4-2*.



Figura 4-2 Pantalla principal

En el modo local se puede configurar para que la pantalla aparezca de diferentes formas, una vez encendido el equipo se puede alternar la visualización de la pantalla principal, por ejemplo, si deseamos tener la pantalla de la corriente de salida del equipo se debe pulsar la tecla *DISP* cuatro veces mientras tanto si deseamos visualizar la pantalla de voltaje será necesario pulsar 5 veces la tecla *DISP* y obtendremos la pantalla de las figuras 4-3(a) y 4-3 (b). Finalmente para regresar a la pantalla combinada debemos pulsar 6 veces la tecla *DISP*. Ver Figura 4-4.



Figura 4-3 (a) Pantalla de corriente (b) Pantalla de voltaje



Figura 4-4 Pantalla combinada

Se optó por utilizar la pantalla combinada ya que nos muestra más información y es más útil para observar los parámetros que nos arroja la pantalla del control digital.

Este modo de operación por pantalla (local) además de programar los parámetros del driver con relación al motor se puede aumentar y disminuir la velocidad del motor manualmente lo que hasta cierto punto es útil porque nos permite saber si esta correcta la configuración y la programación de los parámetros y observar si hay comunicación entre el driver y el motor.

#### 4.2.2 Modo de programación

Para realizar la adquisición de datos de la tarjeta al controlador y a su vez al motor se cambió el modo de operación local al control de marcha estándar, para realizar este cambio se hizo el siguiente procedimiento.

Se conectó la alimentación y nos aparece la pantalla principal; Ver *Figura 4-5 (a)* del control digital durante 5 segundos.



Figura 4-5 a) Pantalla principal del driver (b) Pantalla del estado del control digital

Si no hay fallas y está programado para la opción manual nos muestra la pantalla de la *Figura 4-5 (b)*. Para programar la velocidad se debe pulsar la tecla *PROG* para accesar al modo programación y ahí nos muestra la *Figura 4-6*.



Figura 4-6 Pantalla para la programación de velocidades

Una vez que aparece la pantalla de la figura anterior nos desplazamos hasta encontrar la opción que nos permita configurar las entradas. (Ver Figura 4-7)



**Figura 4-7 Pantalla de configuración de entradas**

En este apartado es donde se cambió el modo de operación. El control de la Serie 19H trae como ajuste de fábrica el modo de operación por teclado pero se requiere cambiar el control de forma manual a forma remota, en este caso se cambió a el modo de operación de marcha estándar. (Ver Figura 4-8)



**Figura 4-8 Cambio de modo de operación**

Una vez que cambiamos el modo de operación del driver lo que se hizo fue revisar el diagrama de conexiones (Fig. 4-9) de este modo de operación. Para poder facilitar la programación de control Baldor, los diferentes parámetros programables han sido distribuidos en una estructura de dos niveles; para comenzar a programar es necesario pulsar la tecla PROG y se visualiza el primer bloque del nivel uno que es para programar velocidades para el motor. Para desplazarse entre los diferentes parámetros a programar use las teclas hacia arriba y hacia abajo. Dentro del nivel 1 existen varios parámetros tales como: velocidades predefinidas, velocidad de aceleración/desaceleración, entradas, salidas, etcétera. Mientras que en el nivel 2 se tienen los límites de salida, protección,

control de seguridad, datos del motor, etcétera. A continuación se muestran los parámetros de ambos niveles. (Ver Tabla 4-1)

Tabla 4-1 Bloques de programación

| Bloques del nivel 1                  |                           | Bloques del nivel 2  |                     |
|--------------------------------------|---------------------------|----------------------|---------------------|
| Velocidades Predefinidas             | Entradas                  | Límites de salida    | Datos del motor     |
| Tasa de aceleración y desaceleración | Salidas                   | Unidades             | Control de procesos |
| Ajustes del JOG                      | Control corriente directa | Protección           | Auto calibración    |
| Configuración del teclado            | Control de campo          | Diversos Parámetros  |                     |
|                                      |                           | Control de seguridad |                     |

Cabe señalar que dentro de estos parámetros existen subparametros pero por cuestiones de espacio no se puntualizan y no se mencionan en su totalidad.

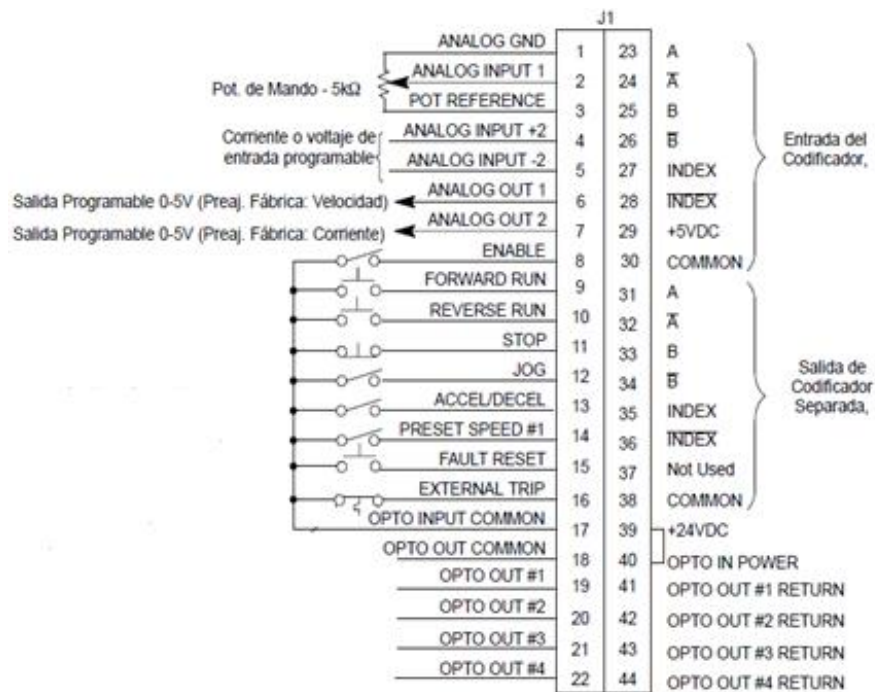
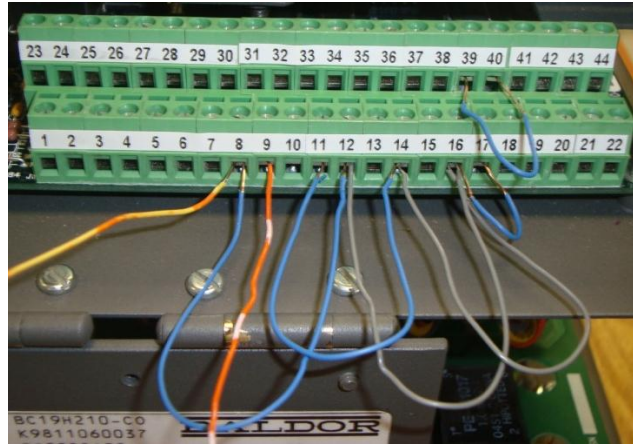


Figura 4-9 Diagrama de conexión- Control de marcha estándar

Al revisar el diagrama se hicieron las conexiones tal y como lo marca el diagrama y lo podemos ver en la *Figura 4-10*.



**Figura 4-10** Conexiones control marcha estándar

Ya cuando se realizaron estas conexiones podemos usar el control digital Baldor en forma remota que es nuestro objetivo principal.

### **4.3 Conexiones y programación**

Una vez configurado el control Digital Baldor en el modo de marcha estándar se realizaron pruebas para comprobar si las conexiones realizadas eran satisfactorias. Las pruebas se realizaron desde el control Baldor directamente respondiendo a los pulsos que se le daban conectando y desconectando el cable que mandaba la corriente (8). Con esto ya se podían conectar todos los componentes. Al conectar la tarjeta de adquisición de datos, con el control digital Baldor y la computadora se observó que había una caída de voltaje en la fuente de 5 V empleada para la tarjeta de adquisición de datos. Por esta razón se realizó un arreglo de un transistor 2N2222 y un relevador de 2 tiros de 24 Volts para que no cayera el voltaje y se alimentara de los 5V y con esto funcionara a la perfección la tarjeta de adquisición de datos (Ver *Figura 4-11*)



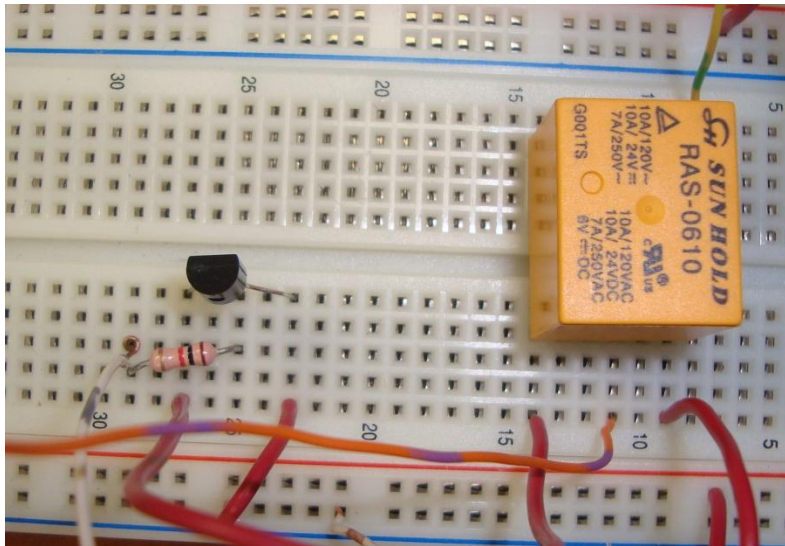


Figura 4-11 Transistor 2N2222 y relevador de 24 volts

Para poder arrancar el motor se realizó un programa en LabVIEW que nos daba el pulso de arranque del motor. (Ver Figura 4-12).

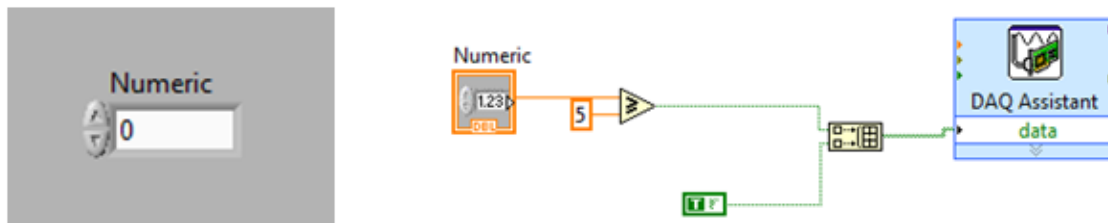


Figura 4-12 Programa en LabVIEW para el arranque y paro del motor

El programa realizado es un programa de tipo on-off, la figura 4-12 nos muestra cuando el motor está apagado ya que se hizo una comparación cualquiera, para este caso la condición fue de cuando el valor sea menor a 5 el motor estaría apagado o sería apagado (*off*) dependiendo del caso que se presente. La figura 4-13 nos muestra cuando el valor numérico ya está en el valor 5, que es cuando arranca el motor y se encuentra operando hasta que se disminuya el valor y para el motor.

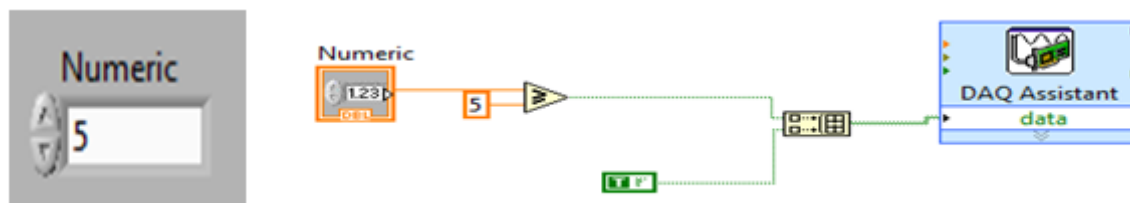


Figura 4-13 Programa en LabVIEW para el arranque y paro del motor

La velocidad que fue programada en el control digital Baldor fue de 100rpm, si se hace una analogía con respecto al valor del programa en LabVIEW y a la velocidad programada tenemos que, si el programa está en cero el control Baldor debe estar en cero como lo muestra la *Figura 4-14* por otro lado si el programa de LabVIEW está en el valor de 5, el control Baldor debe mostrar en pantalla las 100 rpm que fueron programadas (*Figura 4-15*).



Figura 4-14 Modo remoto. Motor apagado





**Figura 4-15 Modo remoto. Motor encendido**

Como podemos observar en la *Figura 4-15* en control Baldor marca 101 rpm esto se debe a que tarda algunos minutos en estabilizarse en las 100 rpm que fueron programadas, ya que no tiene un dispositivo de retroalimentación que ayude con esta variación y estabilice con más rapidez las revoluciones

Una vez teniendo todos los componentes que intervienen se realizó la conexión y con esto poder operar el motor de forma remota pero ya no desde el control digital Baldor si no desde una computadora como lo muestra la *figura 4-16*.

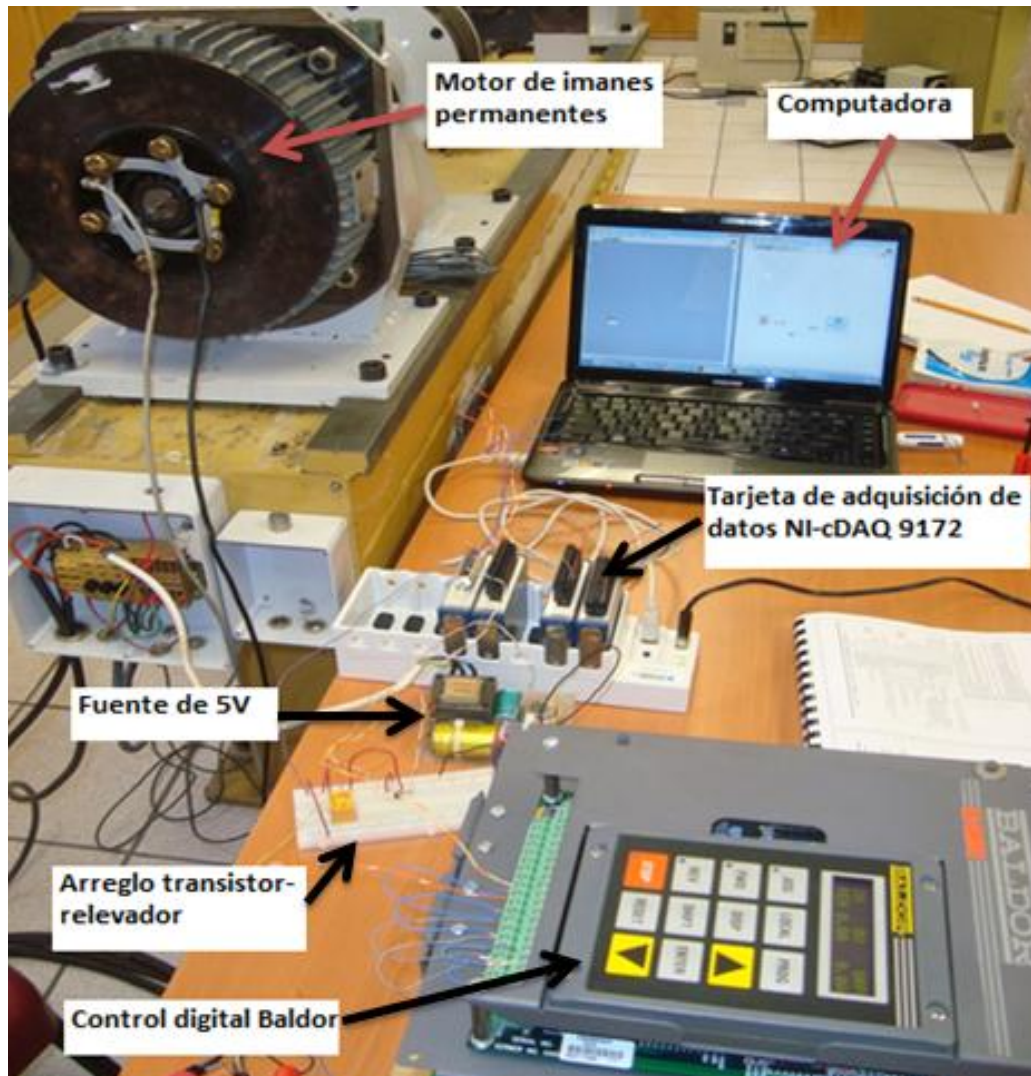


Figura 4-16 Conexión de todos los componentes

## 4.4 Conclusiones y trabajos futuros

Una vez efectuada la metodología experimental se obtuvieron los resultados presentados con anterioridad llegando a las siguientes conclusiones:

- Se configuró la tarjeta de adquisición de datos de National Instruments empleando el módulo 9401, permitiendo que se realizara el acondicionamiento de señal así como la comunicación entre el control digital y la computadora.
- Se realizó la configuración del control digital de la marca Baldor para trabajar en modo remoto y así poder manipularlo desde la computadora.
- Se elaboró un programa en el software LabVIEW para la interface y puesta en marcha del control digital de forma remota.
- El trabajo en este equipo fue de gran utilidad para adquirir los conocimientos necesarios y así tener la capacidad de resolver problemas para aplicar nuevas tecnologías en equipos obsoletos que puedan ser viables para poder ser actualizados.

En cuanto a trabajos futuros, se desea que la máquina de torsión en caliente sea automatizada en su totalidad por lo que aun en cuanto al subsistema mecánico se tiene pensado continuar con el motor que posteriormente se le incorporara un encoder para poder tener la retroalimentación y poder obtener la posición del motor, además de que se quiere programar con más velocidades y así seleccionarlás cuando se efectúen ensayos de torsión. Actualmente se están realizando trabajos en la sección de temperatura de la máquina de torsión.

## **Bibliografía**

- [1] MAQUINAS ELÉCTRICAS/STEPHEN J. CHAPMAN/MC GRAW HILL/2000
- [2] SISTEMAS DE CONTROL AUTOMÁTICO/BENJAMÍN C. KUO/PRENTICE HALL/1996
- [3] WWW.NATIONAL INSTRUMENTS.COM
- [4] LABVIEW: ENTORNO GRAFICO DE PROGRAMACIÓN/JOSÉ RAFAEL LAJARA VIZCAÍNO, JOSÉ PELEGRI SEBASTIA/ALFAOMEGA/2007
- [5] INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL; ADQUISICIÓN, PROCESADO Y ANÁLISIS DE SEÑALES/ANTONI MANUEL/EDICIONES UPC/2001
- [6] SISTEMAS TELEMÁTICOS/JOSÉ MANUEL HUIDOBRO MOYA/THOMSON/2005
- [7] ADQUISICIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE SEÑALES/RAMÓN PALLAS ARENY/MARCOMBO/1993
- [8] ELECTRÓNICA DIGITAL Y MICROPROCESADORES/EDUARDO SANTAMARÍA/UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS/1993
- [9] LABVIEW 7.1. PROGRAMACIÓN GRAFICA PARA EL CONTROL DE INSTRUMENTACIÓN/ANTONI MANUEL LÁZARO, JOAQUÍN DEL RIO FERNÁNDEZ /EDICIONES PARANINFO/2005
- [10] USER GUIDE AND SPECIFICATIONS NI-cDAQ 9172/NATIONAL INSTRUMENTS/2008
- [11] OPERATING INSTRUCTIONS AND SPECIFICATIONS NI-9401/NATIONAL INSTRUMENTS/2008
- [12] OPERATING INSTRUCTIONS AND SPECIFICATIONS NI-9205/NATIONAL INSTRUMENTS/2008
- [13] OPERATING INSTRUCTIONS AND SPECIFICATIONS NI-9263/NATIONAL INSTRUMENTS/2008

