

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

**SEDE LATACUNGA**



**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E  
INSTRUMENTACIÓN**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ OCULAR  
PARA EL CONTROL DE MOVIMIENTO DEL BRAZO ROBÓTICO  
SCORBOT-ER 4u INTELITEK DEL LABORATORIO DE ROBÓTICA  
SINCRO Y SERVOS DE LA ESPE SEDE LATACUNGA”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

**“INGENIERO EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN”**

**MULLO PANOLUISA FRANCISCO GERMÁN  
VEGA CRIOLLO WILLIAM OMAR**

**LATACUNGA - ECUADOR**

**2010**

## **CERTIFICACIÓN**

Se certifica que el presente proyecto fue desarrollado por los señores Mullo Panoluisa Francisco Germán y Vega Criollo William Omar, previo a la obtención del Título de Ingeniero en Electrónica e Instrumentación.

---

Fecha

---

Ing. Nancy Guerrón P.

**DIRECTOR**

---

Ing. Amparo Meythaler N.

**CODIRECTOR**

# ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

## SEDE LATACUNGA

### DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

**Nosotros:** Mullo Panoluisa Francisco Germán.  
Vega Criollo William Omar.

#### **DECLARAMOS QUE:**

El proyecto de grado denominado: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ OCULAR PARA EL CONTROL DE MOVIMIENTO DEL BRAZO ROBÓTICO SCORBOT-ER 4u INTELITEK DEL LABORATORIO DE ROBÓTICA SINCRO Y SERVOS DE LA ESPE SEDE LATACUNGA”** ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga Marzo del 2010

---

Mullo Panoluisa Francisco Germán

C.I.050286433-3

---

Vega Criollo William Omar

C.I. 050289888-5

# ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

## SEDE LATACUNGA

### AUTORIZACIÓN

**Nosotros:** Mullo Panoluisa Francisco Germán.  
Vega Criollo William Omar.

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación en la biblioteca virtual de la institución del trabajo: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ OCULAR PARA EL CONTROL DE MOVIMIENTO DEL BRAZO ROBÓTICO SCORBOT-ER 4u INTELITEK DEL LABORATORIO DE ROBÓTICA SINCRO Y SERVOS DE LA ESPE SEDE LATACUNGA”** cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga Marzo del 2010

---

Mullo Panoluisa Francisco Germán

C.I.050286433-3

---

Vega Criollo William Omar

C.I. 050289888-5

# ÍNDICE

## CONTENIDO

## PÁGINA

### CAPÍTULO I

#### INTRODUCCIÓN

1.1	INTRODUCCIÓN A LA ROBÓTICA	2
1.1.1	¿Qué es la robótica?.	2
1.1.2	Conceptos básicos.	2
1.2	EL BRAZO ROBÓTICO SCORBOT ER-4u	6
1.2.1	Introducción.	6
1.2.2	Componentes del brazo robótico SCORBOT ER-4u.	13
1.2.3	Controlador.	19
1.3	SOFTWARE	23
1.3.1	Software SCORBASE.	24
1.3.2	Software LABView 8.5.	26
1.4	NI USB – 6008	28
1.4.1	Descripción general.	29
1.4.2	Documentos de especificaciones.	30
1.5	ELECTROOCULOGRAMA	34
1.5.1	Movimientos oculares.	35

### CAPÍTULO II

#### ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

2.1	DESCRIPCION DEL PROCESO	37
2.2	DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA	37
2.2.1	Amplificadores Operacionales (LM741).	38

2.2.2	Amplificadores de Instrumentación (AD620).	40
2.2.3	Electrodos.	43
2.2.4	Brazo robótico SCORBOT ER-4u.	44
2.2.5	DAQ 6008.	47
2.2.6	Optotransistores 4N25.	48
2.3	DISEÑO DEL HARDWARE	50
2.4	DISEÑO DEL SOFTWARE	56
2.4.1	Software para la adquisición.	56
2.4.2	Programa del brazo robótico.	62

### **CAPÍTULO III**

#### **RESULTADOS Y PRUEBAS EXPERIMENTALES**

3.1	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL ELECTROOCULOGRAMA	
	66	
3.2	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS DISPOSITIVOS DE ADQUISICION	70
3.3	CONEXIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA INTEGRADO	74
3.4	ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO	81
3.5	ALCANCES Y LIMITACIONES	83
3.5.1	Limitaciones.	83
3.5.2	Alcances.	84

### **CAPÍTULO IV**

4.1	CONCLUSIONES	85
4.2	RECOMENDACIONES	87

	<b>BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES</b>	88
--	-------------------------------	----

## **ANEXOS**

ANEXO A: PROGRAMAS DESARROLLADOS

ANEXO B: ESPECIFICACIONES DEL CONTROLADOR DEL BRAZO  
ROBÓTICO

ESPECIFICACIONES DEL BRAZO ROBÓTICO

ANEXO C: HOJAS DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

ANEXO D: MANUAL DE OPERACION

# INTRODUCCIÓN

La posibilidad de captar las señales biológicas convertidas en señales eléctricas es de gran utilidad en el campo del diagnóstico médico. La Ingeniería Biomédica analiza la fisiología de los diferentes órganos del cuerpo en base al análisis de la actividad eléctrica que se genera cuando estos realizan su actividad.

Una de las aplicaciones de esta ingeniería es el objetivo del presente trabajo, el electrooculograma (EOG) que consiste en detectar la diferencia de potencial que se genera alrededor del ojo cuando éste se mueve.

Con este objetivo se diseñó e implementó un sistema utilizando LABView, que es capaz de procesar los datos del electrooculograma para que puedan ser analizados y procesados para su respectivo uso en el control de un brazo robótico.

Se requiere de una etapa de adquisición, que es un sistema compuesto por un dispositivo electrónico, básicamente un amplificador de bajo ruido y alta sensibilidad y un tarjeta de adquisición que permite la comunicación con el computador. En conjunto, generan una visualización que obedeciendo al movimiento de los ojos, puede seleccionar distintas opciones.

La utilización de Señales Electrooculográficas (EOG) como fuente de comandos es fiable, ya que a pesar de ser propensa a fuertes perturbaciones, mediante un adecuado tratamiento, es posible conseguir una relación uniforme entre la posición del ojo y una acción del brazo robótico.

El proyecto está estructurado en un prototipo diseñado e implementado y un documento escrito, el cual, en una forma resumida, contiene la siguiente información.

En el Capítulo I, se detalla el marco teórico, donde se mencionan los conceptos básicos de hardware y software utilizados en el prototipo.

En el Capítulo II, se hace referencia al principio de funcionamiento de los principales dispositivos electrónicos utilizados en el proyecto; además, se presenta el diseño del software y hardware.

En el Capítulo III, se detallan los resultados de las pruebas experimentales, análisis técnico-económico, alcances y limitaciones del proyecto.

En el Capítulo IV, se registran las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron en el transcurso del diseño e implementación proyecto.

Se incluyen además anexos, bibliografías y los enlaces utilizados como fuentes de consulta.

# CAPÍTULO I

Desde el principio de los tiempos, el hombre ha buscado crear vida artificial. Se ha empeñado en dar vida a seres artificiales que le acompañen en su morada, seres que realicen tareas repetitivas, pesadas o difíciles de realizar. Según J. J. C. Smart y Jasia Reichardt (Robots - Realidad, Ficción y Predicción, 1978), consideran que el primer autómatas en toda la historia fue Adán creado por Dios. De acuerdo a esto, Adán y Eva son los primeros autómatas inteligentes creados, y Dios fue quien los programó y les dió las primeras instrucciones a seguir.

Dentro de la mitología griega se pueden encontrar varios relatos sobre la creación de vida artificial, por ejemplo, Prometeo creó el primer hombre y la primera mujer con barro y animados con el fuego de los cielos. De esta manera se evidencia que la humanidad tuvo la obsesión de crear vida artificial desde el principio de los tiempos.

Los hombres creaban autómatas como un pasatiempo. Los materiales que se utilizaban eran maderas resistentes, metales como el cobre y cualquier otro material moldeable, que no requiriera de algún tipo de transformación para poder ser utilizado en la creación de los autómatas.

Los primeros autómatas utilizaban, principalmente, la fuerza bruta para poder realizar sus movimientos. A las primeras máquinas y herramientas que ayudaron al hombre a facilitar su trabajo no se les conocía como artefactos o máquinas sino más bien eran reconocidas como objetos útiles en varias actividades, en las que el ser humano necesitaba de rapidez y fuerza.

A continuación se presenta la información acerca de los fundamentos de la robótica y conceptos importantes que se deben tomar en cuenta en el desarrollo de un trabajo de este tipo.

## **1.1 INTRODUCCIÓN A LA ROBÓTICA**

### **1.1.1 ¿QUÉ ES LA ROBÓTICA?**

La robótica es un concepto de dominio público, la mayor parte de la gente tiene una idea de lo que es la robótica, sabe sus aplicaciones y el potencial que tiene; sin embargo, no conocen el origen de la palabra robot, ni tienen idea del origen de las aplicaciones útiles de la robótica como ciencia la cual tiene sus orígenes hace miles de años. Antiguamente los robots eran conocidos con el nombre de autómatas y la robótica no era reconocida como ciencia, es más, la palabra robot surgió mucho después del origen de los autómatas.

### **1.1.2 CONCEPTOS BÁSICOS**

#### **a) Servomecanismos<sup>1</sup>**

Un servomecanismo es un sistema formado de partes mecánicas y electrónicas móviles o fijas que en ocasiones es usado en robots. Puede estar formado también de partes neumáticas, hidráulicas y es controlado con precisión. Ejemplos: brazo robot, mecanismo de frenos automotor, etc.

Desde la segunda mitad del siglo XIX los ingenieros inventaron máquinas capaces de regular su actividad por sí mismas, las cuales suelen llamarse servomecanismos y son capaces de captar información del medio y de modificar sus estados en función de las circunstancias así como regular su actividad de cara a la consecución de una meta.

A partir de 1948, Wiener, el fundador de la cibernética, mostró que las categorías mecánicas tradicionales, en particular, la causalidad lineal, no servían para entender el comportamiento de estos sistemas.

Los servomecanismos muestran un comportamiento de causas finales y una estructura

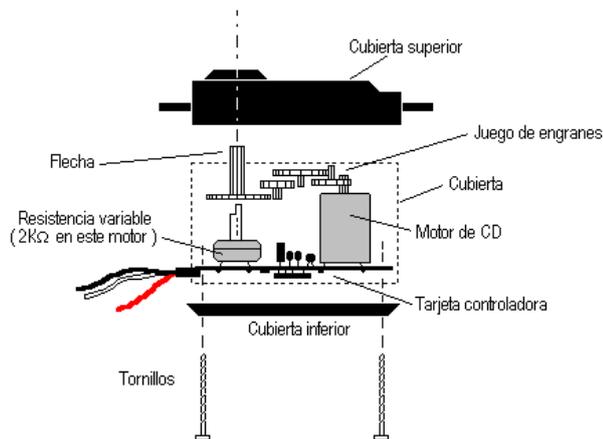
---

<sup>1</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Servomecanismo>

causal circular, como en el caso del sistema formado por un termostato y una fuente de calor.

Un error típico es confundir un servomecanismo con un servomotor, aunque las partes que forman un servomotor son mecanismos. Un servomotor es un motor especial al que se ha añadido un servomotor es un motor sistema de control (tarjeta electrónica), un potenciómetro y un conjunto de engranajes, que no permiten que el motor gire 360 grados, sólo aproximadamente 180°. Los servomotores son comúnmente usados en modelismo como aviones, barcos, helicópteros y trenes para controlar de manera eficaz los sistemas motores y los de dirección.

En la figura 1.1 se presenta las partes que conforman un servomotor.



**Figura 1.1 Partes del Servomotor**

## **b) Finales de carrera<sup>2</sup>**

Los finales de carrera o sensores de contacto (también conocido como "interruptor de límite" o limit switch), son dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos situados al final del recorrido de un elemento móvil, como por ejemplo una cinta

---

<sup>2</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor\\_final\\_de\\_carrera](http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_final_de_carrera)

transportadora, con el objetivo de enviar señales que puedan modificar el estado de un circuito. Internamente pueden contener interruptores normalmente abiertos (NA o NO en inglés), cerrados (NC) o conmutadores dependiendo de la operación que cumplan al ser accionados, de ahí la gran variedad de finales de carrera que existen en mercado.

Generalmente estos sensores están compuestos por dos partes: un cuerpo donde se encuentran los contactos y una cabeza que detecta el movimiento (ver figura 1.2). Su uso es muy diverso, empleándose, en general, en todas las máquinas que tengan un movimiento rectilíneo de ida y vuelta o sigan una trayectoria fija es decir, aquellas que realicen una carrera o recorrido fijo, como por ejemplo ascensores, montacargas, robots, etc.

Los finales de carrera son fabricados en diferentes materiales tales como metal, plástico o fibra de vidrio.



**Figura 1.2 Final de Carrera.**

### c) Engranajes<sup>3</sup>

Se denomina engranaje o rueda dentada al mecanismo utilizado para transmitir

---

<sup>3</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Engranajes>

potencia de un componente a otro dentro de una máquina. Los engranajes están formados por dos ruedas dentadas, de las cuales la mayor se denomina corona y la menor piñón (ver figura 1.3). Un engranaje sirve para transmitir movimiento circular mediante contacto de ruedas dentadas. Una de las aplicaciones más importantes de los engranajes es la transmisión del movimiento desde el eje de una fuente de energía, como puede ser un motor de combustión interna o un motor eléctrico, hasta otro eje situado a cierta distancia y que ha de realizar un trabajo, de manera que una de las ruedas está conectada a la fuente de energía y es conocido como engranaje motor y la otra está conectada al eje que debe recibir el movimiento del eje motor y que se denomina engranaje conducido. Si el sistema está compuesto de más de un par de ruedas dentadas, se denomina tren de engranajes.

La principal ventaja que tienen las transmisiones por engranaje respecto de la transmisión por poleas es que no patinan como las poleas, con lo que se obtiene exactitud en la relación de transmisión.



**Figura 1.3 Transmisión de engranajes**

#### **d) Encoder<sup>4</sup>**

Un encoder es un codificador rotatorio, también llamado codificador del eje, suele ser un dispositivo electromecánico usado para convertir la posición angular de un eje a un código digital, lo que le convierte en una clase de transductor. Estos dispositivos se utilizan en robótica, en lentes fotográficos de última generación, en

---

<sup>4</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Encoder>

dispositivos de entrada de ordenador (tales como el ratón y el Trackball) y en plataformas de radar rotatorias. Hay dos tipos principales de encoder: absoluto y relativo.

#### e) Ejes<sup>5</sup>

Un eje es un elemento constructivo destinado a guiar el movimiento de rotación a una pieza o de un conjunto de piezas, como una rueda o un engranaje. Un eje se alberga por un diámetro exterior al diámetro interior de un agujero, como el de cojinete o un cubo, con el cual tiene un determinado tipo de ajuste. En algunos casos el eje es fijo, no gira y un sistema de rodamientos o de bujes inserto en el centro de la pieza permiten que ésta gire alrededor del eje. En otros casos, la rueda gira solidariamente al eje y el sistema de guiado se encuentra en la superficie que soporta el eje.

## **1.2 EL BRAZO ROBÓTICO SCORBOT ER – 4U<sup>6</sup>**

### **1.2.1 INTRODUCCIÓN**

Los manipuladores propiamente representan el primer paso en la evolución de la robótica y se emplean preferentemente para la carga y descarga de máquinas y herramientas, así como para mantenimiento de prensas, cintas transportadoras y otros dispositivos.

Actualmente los manipuladores son brazos articulados con un número de grados de libertad que oscila entre dos y cinco; cuyos movimientos, de tipo secuencial, se programan mecánicamente o a través de una computadora. Los manipuladores no permiten la combinación simultánea de movimientos ni el posicionamiento continuo de su efecto terminal.

---

<sup>5</sup>[http://es.wikipedia.org/wiki/Eje\\_\(mec%C3%A1nica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Eje_(mec%C3%A1nica))

<sup>6</sup>[http://www2.ing.puc.cl/~wwwicm/investigacion/proy\\_lc/brazo.html](http://www2.ing.puc.cl/~wwwicm/investigacion/proy_lc/brazo.html)

A pesar de su concepción básicamente sencilla, se han desarrollado manipuladores complejos para adaptarlos a aplicaciones concretas en las que se dan condiciones de trabajo especialmente duras o especificaciones de seguridad muy exigentes.

Casi todos los robots están constituidos por un brazo mecánico provisto de una especie de pinza, las articulaciones de uno y otra se accionan mediante cilindros oleodinámicos. Estos se encuentran gobernados por motores conectados al adecuado cuadro de control, de manera que permiten al robot moverse en todas direcciones.

Los comandos del robot, una vez programados, están en condiciones de hacer repetir al brazo y a la pinza, o cualquiera que sea el dispositivo encontrado en el extremo del brazo, movimientos idénticos en series sucesivas. En primer lugar, se preparan los tiempos y formas de los movimientos simples; después, accionando los comandos, el operador hace realizar las operaciones deseadas.

Los comandos contienen una “memoria” semejante a la de los ordenadores, que hacen desarrollar ordenadamente las diversas series de movimientos necesarios para una tarea determinada; todo ello con absoluta precisión.

A continuación se detallan las principales características del brazo robótico SCORBOT ER-4U y su controlador.

<b>Estructura mecánica</b>	Verticalmente articulado
<b>Grados de libertad</b>	5 ejes de rotación + pinza
<b>Capacidad de carga útil</b>	2,1 kg (4,6 lb)

<b>Eje Rango</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eje 1: la rotación de base: 310 °</li> <li>• Eje 2: la rotación de los hombros: 130 ° / -35 °</li> <li>• Eje 3: la rotación del codo: ± 130 °</li> <li>• Eje 4: campo de la muñeca: ± 130 °</li> <li>• Eje 5: rollo de la muñeca: Unlimited (mecánica); ± 570 ° (eléctricamente hablando)</li> </ul>
<b>Alcance</b>	610 mm (24 ") el fin de la pinza
<b>Velocidad</b>	700 mm / seg (27,6 "/ seg)
<b>Pinza Estándar</b>	Servo motor, paralelo dedos
<b>Apertura de pinzas</b>	75 mm (3 ") sin pastillas 65 mm (2,6 ") con almohadillas
<b>Repetibilidad</b>	± 0,18 mm (0,007 ")
<b>Reacción</b>	Codificador incremental de alta resolución óptica en cada eje y pinza
<b>Homing</b>	Inicio microinterruptor en cada eje

<b>Actuadores</b>	Servo motor de 12 VDC en todos los ejes y pinzas
<b>Transmisión</b>	Engranajes, correas de distribución, el plomo de tornillo
<b>Peso</b>	10,8 kg (23,8 lb)
<b>Temperatura ambiente</b>	2 ° - 40 ° C (36 ° - 104 ° F)
<b>Características adicionales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rodamiento de rodillos de apoyo en todos los ejes</li> <li>• El mecanismo de antibloqueo sistema en el eje de base</li> <li>• El robot se conecta al controlador a través de un solo cable de 50 pines</li> <li>• El cableado neumático permite el uso de efectores terminales neumáticas</li> </ul>
<b>CONTROLLER-USB</b>	
<b>Tipo de control</b>	En tiempo real, PID, PWM
<b>Servo eje conductores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6 para robot</li> <li>• 2 para los periféricos</li> </ul>
<b>Control de ruta</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mixto</li> <li>• Lineales</li> <li>• Circular</li> </ul>

<b>Control de velocidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 ajustes de la velocidad</li> <li>• Definiciones de tiempo de viaje</li> </ul>
<b>Parámetros de control</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 160 parámetros accesibles por el usuario</li> <li>• Servo control, PID, la velocidad, perfil de velocidad, suavizado, el error de posición del eje; operación de pinza; impacto térmico, la protección del límite, finales de carrera; cálculos cartesiano.</li> </ul>
<b>Alimentación</b>	10/220 VAC, 50/60 Hz, 180W máx.
<b>Fuentes de alimentación internas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Servo: 24V (en función del voltaje de entrada y de carga)</li> <li>• Digital: 5V, +15 V,-12V</li> </ul>
<b>Microcontrolador</b>	Gama completa de opciones, NEC V853 RISC de 32-bit microcontroller
<b>Comunicación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una conexión de tipo USB cable para PC</li> <li>• Plug and play sin necesidad de reiniciar</li> <li>• 2 canales integrado RS232: uno para la consola de aprendizaje, una para controlador de tarjeta I / O</li> </ul>

<b>Entradas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 entradas digitales: 24V máx., Alta / baja configurable</li> <li>• 4 entradas analógicas: 8-bit, de tensión de entrada 0-10V</li> </ul>
<b>Salidas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 salidas digitales: 24V máx., 4 relés, 4 colectores abiertos, fregadero / fuente configurable</li> <li>• 2 salidas analógicas: 8-bit, salida de voltaje 0-10V</li> </ul>
<b>Fuente de alimentación del usuario</b>	<p>Dos terminales de 12 VDC, para la conexión de los interruptores de control remoto, sensores, etc</p>
<b>Programación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SCORBASE para Controlador-USB software</li> <li>• RoboCell para Controlador-USB Software de simulación 3D (opcional)</li> <li>• Colgante de Teach for Controller-USB (opcional)</li> </ul>
<b>Definición de posición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordenadas XYZ</li> <li>• Conjunto de coordenadas (grados)</li> <li>• Encoder cuenta</li> <li>• Posiciones absolutas y relativas</li> </ul>

<b>Indicadores LED</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De alimentación principal, alternando colores: el poder y la comunicación con el PC (verde), el poder y no en la comunicación con el PC (naranja)</li> <li>• Digital Entradas / salidas digitales</li> <li>• Emergencia</li> </ul>
<b>Peso</b>	7 kg (15,4 lb)
<b>Dimensiones</b>	L = 315 mm, W = 223,5 mm, H = 117 mm (L = 12.4 ", W = 8.8"; H = 4.6 ")
<b>Las características de seguridad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Certificado de cumplimiento de seguridad CE</li> <li>• Interruptor de emergencia en el panel de control frontal</li> <li>• Protección contra cortocircuitos</li> <li>• Parada automática de la detección de sobrecalentamiento, fallo del PC, un error de comunicación, el impacto</li> </ul>

### 1.2.2 COMPONENTES DEL BRAZO ROBÓTICO SCORBOT ER-4U

El SCORBOT ER-4u fue diseñado y desarrollado para emular un robot industrial, la estructura abierta de este brazo robótico permite a los usuarios observar y aprender acerca de su mecanismo interno. La figura 1.4 presenta el brazo didáctico SCORBOT ER-4U.



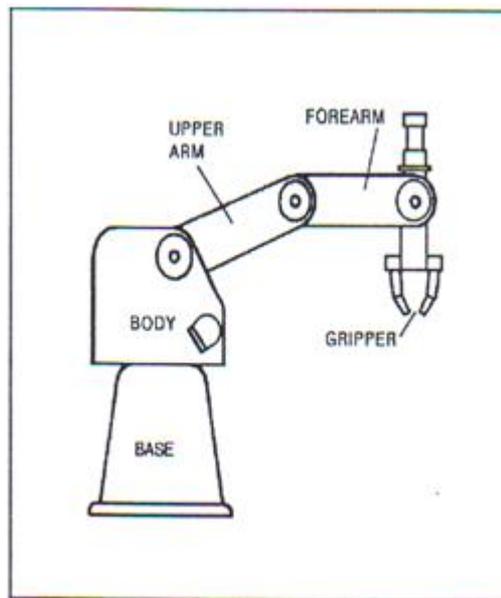
**Figura 1.4 Brazo Robótico SCORBOT ER-4u**

El SCORBOT-ER 4u es perfecto para propósitos académicos y fue especialmente concebido para la enseñanza y aprendizaje práctico. Como si de un robot industrial se tratara el SCORBOT-ER 4U se deja programar y “enseñar” tareas.

La estructura de carcasa abierta permite controlar visualmente la función del sistema mecánico accionado, posee un sistema de seguridad que permite un aprendizaje práctico bajo condiciones muy seguras. El robot puede ser combinado con otros componentes de automatización o bien operar de forma individual y autónoma.

**a) Estructura**

El SCORBOT ER-4u es un robot articulado verticalmente, con cinco grados de libertad y con el gripper sujetado. El efecto final puede ser posicionado y orientado arbitrariamente, pero no tiene un largo espacio de trabajo (extendido completamente forma un radio de 61 cm), como se indica en la figura 1.5.



**Figura 1.5 Estructura del brazo robótico SCORBOT ER-4u**

El brazo robótico SCORBOT ER-4u realiza los movimientos de las articulaciones como se indican en la tabla 1.1.

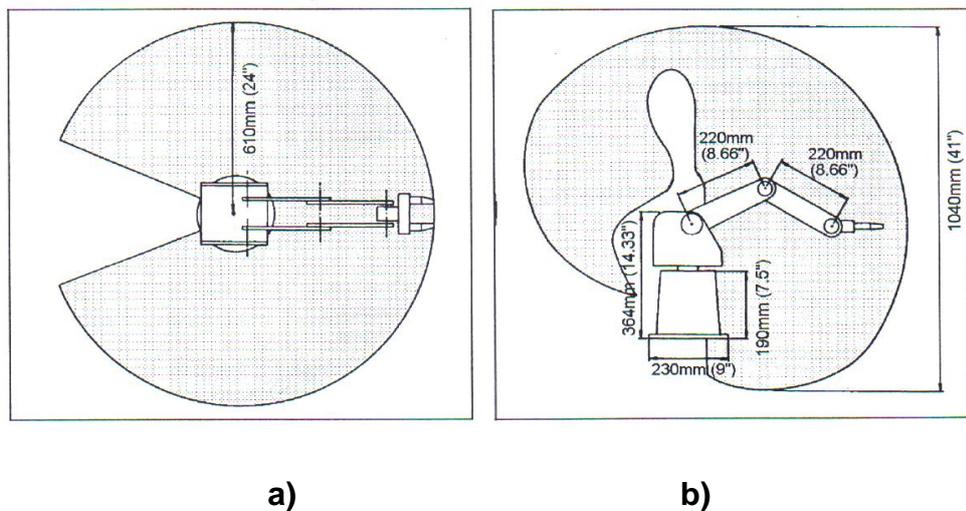
**Tabla 1.1 Movimientos de las articulaciones**

<b>No. eje</b>	<b>Nombre- articulación</b>	<b>Movimiento</b>	<b>No. Motor</b>
1	Base	Rotación del cuerpo	1

2	Shoulder	Sube y baja el brazo alto	2
3	Elbow	Sube y baja el antebrazo	3
4	Wrist pitch	Sube y baja el efector final	4+5
5	Wrist roll	Rotación del efector final	4+5

### b) Área de trabajo

La longitud del enlace y los grados de rotación de las articulaciones del robot son determinadas por el área de trabajo. En la figura 1.6 se muestran las dimensiones y el alcance del SCORBOT ER-4u.

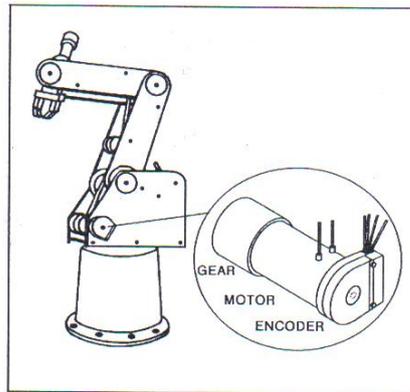


**Figura 1.6 Área de trabajo a) Vista Superior, b) Vista Lateral**

La base del robot debe estar sujeta a una superficie de trabajo fija. Sin embargo, puede estar sujeta a una base extra, obteniendo así un rango de trabajo extendido.

### c) Motores

Los cinco ejes del robot y el gripper son operados por servo motores DC. La dirección del movimiento está determinada por la polaridad del voltaje de operación: Con voltaje positivo DC el movimiento del motor es en una dirección y con voltaje negativo DC el movimiento es en dirección opuesta. Cada motor está operado con un encoder para cerrar el circuito de control como se indica la figura 1.7.

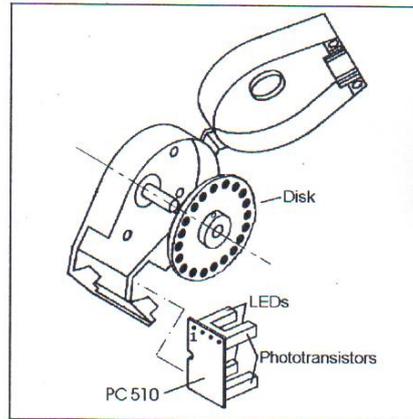


**Figura 1.7 Motor**

### d) Encoders

La posición y el movimiento de cada eje se miden mediante un encoder electro-óptico sujetado al eje del motor, el cual empuja a los ejes (ver figura 1.8).

Cuando se mueven los ejes del robot, el encoder genera una serie de señales eléctricas alternas altas y bajas. El número de señales es proporcional a la suma de movimientos del eje, la secuencia de la señal indica la dirección del movimiento. El controlador lee estas señales y determina el grado y dirección del movimiento del eje.



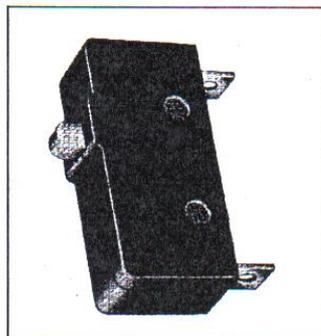
**Figura 1.8 Encoder**

**e) Microinterruptores**

El SCORBOT ER-4u tiene cinco microinterruptores, uno en cada eje, los cuales sirven para identificar la posición "HOME" del robot (ver figura 1.9).

Durante el procedimiento de "HOMING", las articulaciones del robot son movidas una cada vez. Cada eje se mueve hasta que el interruptor "HOME" se activa, entonces el eje es movido ligeramente hasta que se cierre el interruptor.

Cuando todas las articulaciones están en "HOME", el robot está en "HOME". A esto se lo conoce como el punto de referencia para la operación del robot.

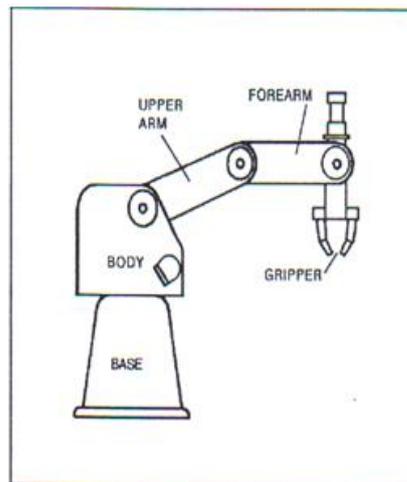


**Figura 1.9 Microinterruptores**

## f) Transmisiones

Los tipos de transmisiones utilizados para mover los enlaces del brazo robótico se indican en la figura 1.10.

- Los engranes inician el movimiento de la base y del eje "shoulder".
- La polea y la correa sincronizadas mueven el eje "elbow".
- La polea y la correa sincronizadas y un borde del engrane diferencial unitario que está al final del brazo, mueven el "wrist" pitch (muñeca) y el eje roll.
- Un tornillo guía transmisor abre y cierra el gripper.



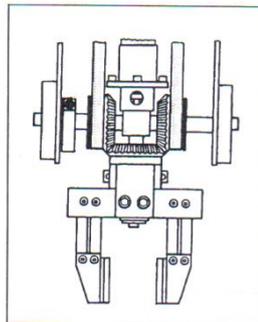
**Figura 1.10 Transmisiones**

## g) Gripper

El SCORBOT ER – 4U tiene un servo adherido al gripper ajustado con almohadillas de caucho. Estas almohadillas pueden ser removidas para permitir la unión del dispositivo del efector final.

Tres bordes de los engranes forman un tren de engrane diferencial, el cual mueve el "wrist joint" (articulación de la muñeca). Cuando los motores 4 y 5 son manejados en dirección opuesta el "wrist pitch" (muñeca) se mueve arriba y abajo.

Cuando los motores 4 y 5 son manejados en la misma dirección, el "wrist rolls" (eje rolls) se mueve en sentido horario y antihorario. Un tornillo guía acoplado directamente al motor 6 produce un abrir o cerrar al gripper (ver figura 1.11).



**Figura 1.11 Gripper**

### **1.2.3 CONTROLADOR**

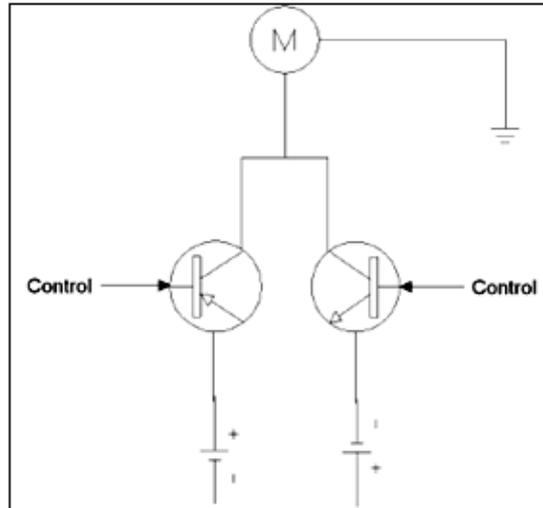
El controlador es un microcomputador de propósito específico, especialmente diseñado para las tareas de control del brazo articulado.

#### **a) Funciones del controlador**

Las funciones del controlador son:

- Recepción de órdenes del computador principal a través del canal USB y comprobación del canal.
- Transmisión de respuestas al computador principal a través de dicho canal.

En la figura 1.12 se indica la actuación sobre los motores mediante la conmutación de transistores de potencia a  $\pm 12$  Volt (según la dirección del movimiento).



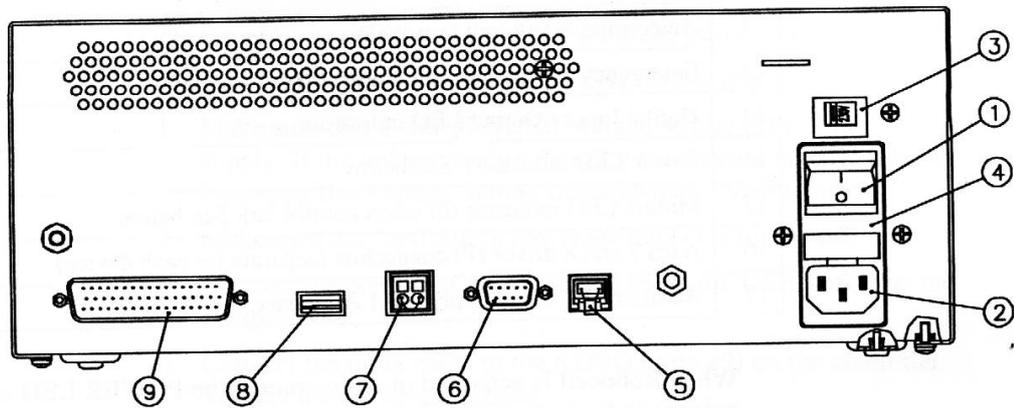
**Figura 1.12 Actuación sobre los motores**

- Seguimiento (control) del movimiento de cada motor, contando los impulsos que llegan de los encoders, llevando cada uno hasta una posición final.
- Controla 8 líneas de entrada (más otras 2 en forma de interruptores manuales con fines didácticos) mediante las cuales recibe señales de su entorno. Mediante el computador principal (PC) puede comprobar el estado de alguna(s) de estas líneas.
- Controla 8 líneas de salida para la activación de equipos externos. El controlador dispone de una rutina que puede llevar al brazo articulado hasta una posición predefinida (conocida como "HOME") que marca el sistema de referencia en que se va a mover el Robot. La forma de alcanzar la posición de "HOME" es mover cada articulación hasta que llega al final de carrera, donde se conmuta un microinterruptor. Al detectar esta conmutación, el controlador ya sabe dónde se encuentra la articulación y puede llevarla (contando un cierto número de impulsos) hasta la posición de "HOME".
- El controlador puede parar todos los motores guardando información del estado de cada uno para luego poder continuar el movimiento.

- El controlador puede obtener información del progreso en el movimiento de un motor a través de la PC y responder de acuerdo con ella.

**b) Partes del controlador**

El panel posterior del controlador se indica en la figura 1.13.



**Figura 1.13 Controlador USB – Panel posterior**

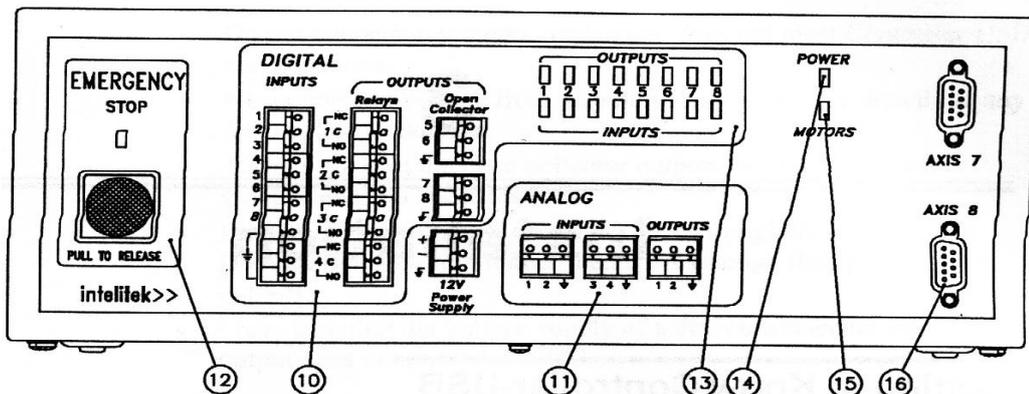
En la tabla 1.2 se especifican las partes del controlador del panel posterior que se muestra en la figura 1.13.

**Tabla 1.2 Partes del controlador (panel posterior)**

<b>PANEL POSTERIOR</b>	
<b>1</b>	Interruptor ON/OFF
<b>2</b>	Línea de alimentación 110/220VAC
<b>3</b>	Selector de línea de voltaje

4	Fusible de alimentación AC – 110V,2A;220 V,1 <sup>a</sup>
5	Conexión Teach Pendant
6	Puerto RS 232 COM para usos futuros
7	Interruptor remoto de emergencia , conector de 2 pines
8	Conector USB (para PC)
9	Cable de conexión del ROBOT de 62 pines, conector tipo D de alta densidad

El panel frontal del controlador se indica en la figura 1.14.



**Figura 1.14 Controlador USB – Panel frontal**

En la tabla 1.3 se especifican las partes del controlador del panel frontal que se muestra en la figura 1.14.

**Tabla 1.3 Partes del controlador (panel frontal)**

<b>PANEL FRONTAL</b>	
<b>10</b>	Terminales de entrada/salida digitales
<b>11</b>	Terminales de entrada/salida analógicas
<b>12</b>	Botón de emergencia y led indicador
<b>13</b>	Leds indicadores de entrada/salida digitales
<b>14</b>	Led indicador de alimentación
<b>15</b>	Led indicador de motores (encendido cuando el controlador esta en ON)
<b>16</b>	Conectores DB9 para los ejes 7 y 8
<b>17</b>	Suministro auxiliar de 12 VDC – 0.1 A máx.

### **1.3 SOFTWARE<sup>7</sup>**

La definición más formal de software es la siguiente: Conjunto de los programas de cómputo, procedimientos, reglas, documentación y datos asociados que forman parte de las operaciones de un sistema de computación.

El concepto de software va más allá de los programas de computo en sus distintos estados: código fuente, binario o ejecutable; también su documentación, datos a procesar e información de usuarios es parte del software: es decir, abarca todo lo intangible, todo lo “no físico” relacionado.

El termino <<software>> fue usado por primera vez en este sentido por John W. Tukey en 1957. En las ciencias de la computación y la ingeniería de software, el software es toda la información procesada por los sistemas informáticos: programas y datos.

El brazo robótico SCORBOT ER 4u se maneja con el software SCORBASE y para el registro y visualización del movimiento del mismo se relizara un programa en LabView 8.5.

### **1.3.1 SOFTWARE SCORBASE<sup>8</sup>**

SCORBASE (nivel 1,2 y 3 o “Pro”) es un lenguaje de programación de robots de alto nivel, interactivo y con control de trayectoria punto a punto. Trabaja en dos etapas:

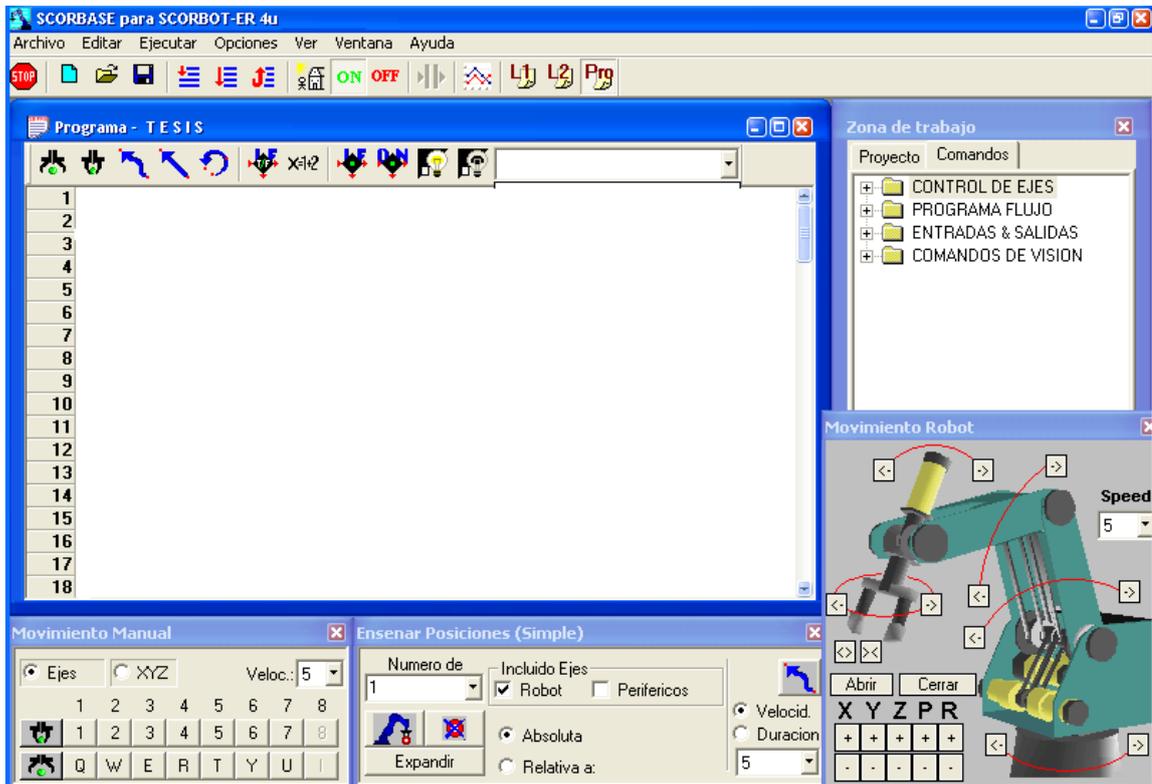
1. Enseñar” al robot un conjunto de distintas posiciones con las que operará posteriormente. Se trata de definir de antemano una serie de puntos en el espacio (x, y, z).
2. ”Programar” el robot: se escribe un programa utilizando los comandos que provee el lenguaje SCORBASE.

Además, el software soporta periféricos I/O (entrada/salida) digitales y analógicos y ejes de servo, ofreciendo así una completa herramienta para la programación y para el funcionamiento en la zona de trabajo del robot.

---

<sup>7</sup><http://ieeexplore.ieee.org/search/freeseachresult.jsp?history=yes&queryText=%28ieee+729%29>

En la figura 1.15 se indica la ventana del software SCORBASE y la variedad de comandos que permiten realizar cualquier programa para que el brazo robótico lo ejecute.



**Figura 1.15 Pantalla del Software SCORBASE**

La programación se realiza en la ventana de programa, en esta ventana no se puede escribir directamente sino que las instrucciones se seleccionan de la ventana "zona de trabajo".

Las instrucciones que se presentan en ésta ventana dependen del nivel al que se está trabajando. Así, para el nivel 1 se muestran las órdenes básicas, mientras que para el nivel profesional aparecen todas las órdenes disponibles.

### **1.3.2 SOFTWARE LABVIEW 8.5**

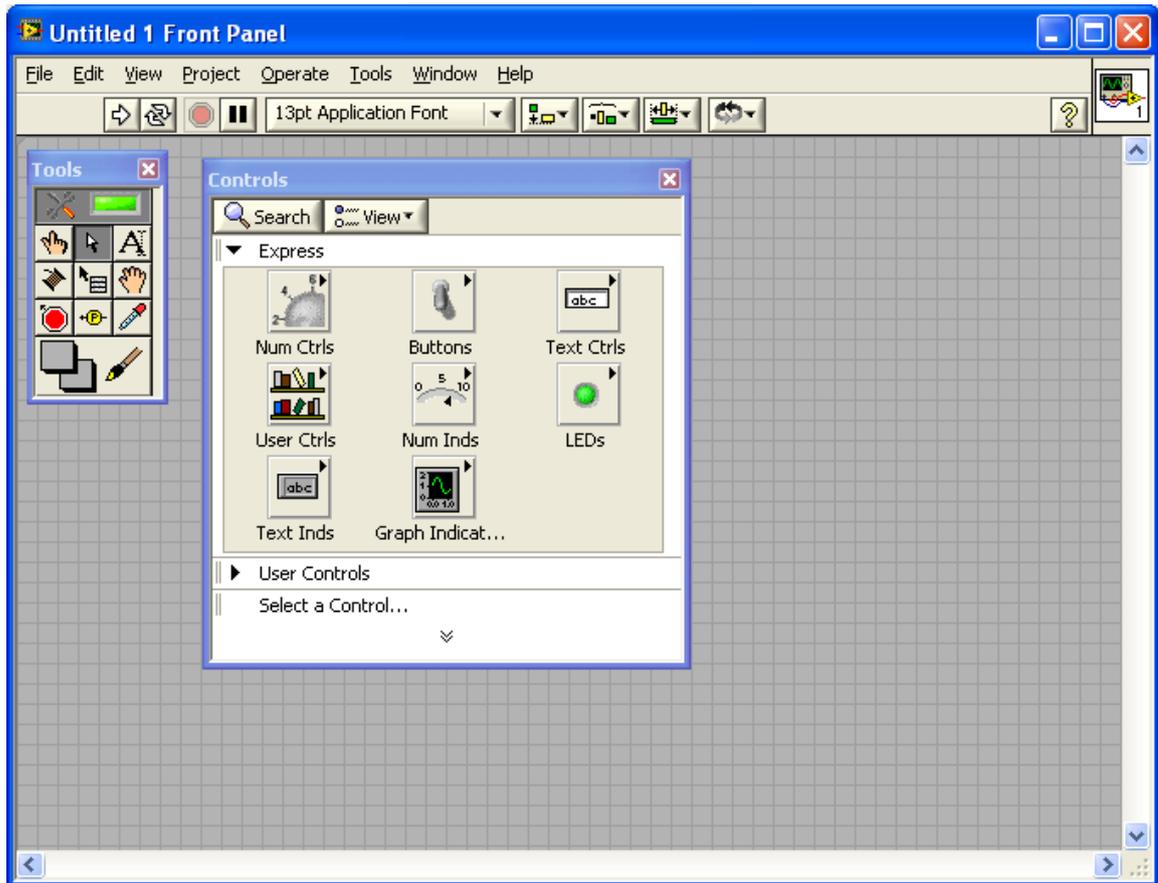
LabVIEW es una herramienta gráfica de programación, esto significa que los programas no se escriben sino que se dibujan, facilitando su comprensión. El tener ya pre diseñadas una gran cantidad de bloques, le facilita al usuario la creación del proyecto, con lo cual en vez de gastar una gran cantidad de tiempo en programar un dispositivo/bloque, le permite dedicarse un poco más a la interfaz gráfica y a la interacción con el usuario final. Cada VI (Instrumentos Virtuales) consta de dos partes diferenciadas:

#### **a) Panel Frontal**

El Panel Frontal es la interfase con el usuario, se la utiliza para interactuar con el usuario cuando el programa se está ejecutando. Los usuarios pueden observar los datos del programa actualizados en tiempo real (como van fluyendo los datos, se colocan las entradas y se observa el resultado en la salida). En esta interfase se definen los controles (se usan como entradas, pueden ser botones, marcadores etc.) e indicadores (como salidas, pueden ser gráficas) (ver figura 1.16).

---

<sup>8</sup>[http://www.intelitek.com/ProductDetails.asp?Product\\_ID=59&CategoryID=24&Industrial=yes&Education=yes&category\\_str\\_id=7;24](http://www.intelitek.com/ProductDetails.asp?Product_ID=59&CategoryID=24&Industrial=yes&Education=yes&category_str_id=7;24)



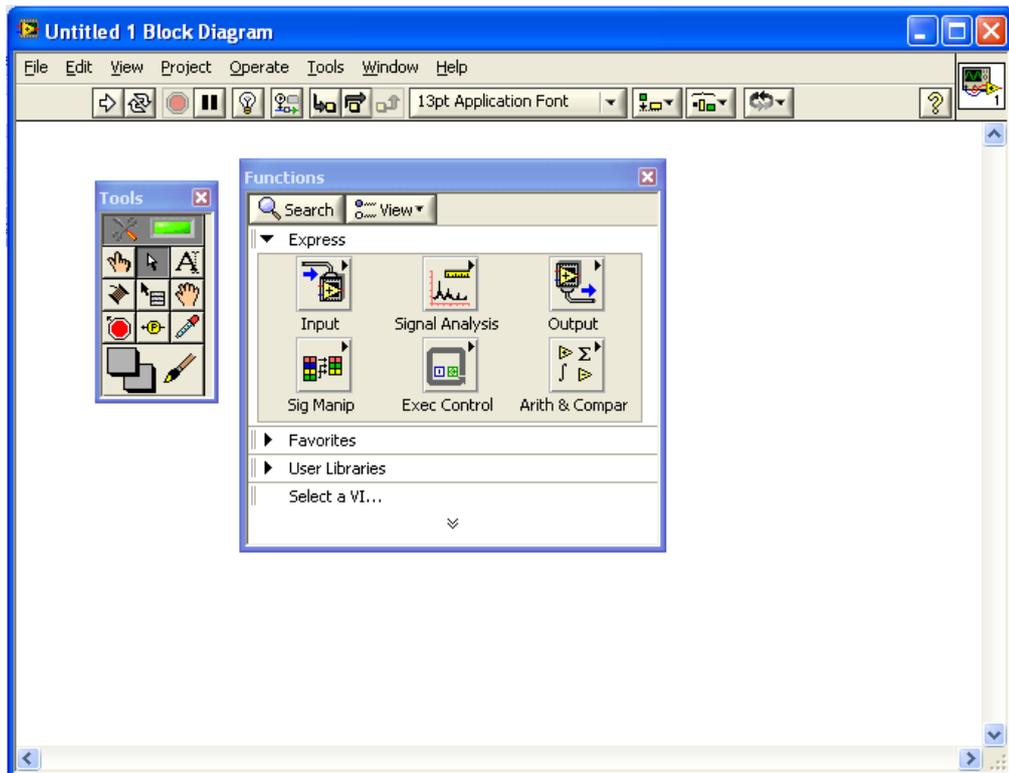
**Figura 1.16 Panel Frontal de LabVIEW**

### **b) Diagrama de Bloques**

Es el programa propiamente dicho, es en donde se define la funcionalidad, aquí se colocan íconos que realizan una determinada función y se interconectan (el código que controla el programa) entre si. Suele haber una tercera parte icono/conector que son los medios utilizados para conectar un VI con otros VIs.

En el panel frontal, se encuentran todo tipo de controles o indicadores, donde cada uno de estos elementos tiene asignado en el diagrama de bloques una terminal; es decir, el usuario podrá diseñar un proyecto en el panel frontal con controles e indicadores, donde estos elementos serán las entradas y salidas que interactuarán con la terminal del VI.

Se observa en el diagrama de bloques todos los valores de los controles e indicadores como van fluyendo entre ellos cuando se está ejecutando un programa VI (ver figura 1.17).



**Figura 1.17 Diagrama de Bloques de LabVIEW**

## 1.4 NI USB – 6008<sup>9</sup>

La NI USB – 6008 tiene las siguientes características:

- 12 – Bit, 10KS/s de bajo costo DAQ Multifunción
- 8 Entradas analógicas (12 bits, 10 kS / s).
- 2 Salidas analógicas (12 bits, 150 S / s).

---

<sup>9</sup> <http://sine.ni.com/nips/cds/print/p/lang/es/nid/14604>

- 12 E / S digital.
- Contador de 32 bits.
- Alimentado por bus de alta movilidad, incorporada en la señal de conexión.
- Versión OEM disponible.
- Compatible con LabVIEW, LabWindows / CVI y Measurement Studio para Visual Studio. NET.
- NI-DAQmx y el software NI LabVIEW SignalExpress LE interactivo de registro de datos de software.



**Figura 1.18 DAQ 6008**

#### **1.4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL**

La National Instruments USB-6008 proporciona funcionalidad de adquisición de datos básica para aplicaciones como registro de datos simple, medidas portátiles y experimentos académicos de laboratorio. Es asequible para el uso de los estudiantes, pero lo suficientemente poderosa para aplicaciones de medición más sofisticadas. La NI USB-6008 está lista para ser ejecutada mediante el software de registro de datos básicos para comenzar a tomar medidas en cuestión de minutos, o el programa usando LabVIEW o C y la NI-DAQmx, incluye los servicios de medición de software de base para un sistema de mediciones personalizados.

#### 1.4.2 DOCUMENTOS DE ESPECIFICACIONES

A continuación se incluye las especificaciones de la NI USB – 6008

<b>Factor de forma</b>	USB
<b>Sistema operativo / Meta</b>	Windows, Linux, Mac OS, Pocket PC
<b>Tipo de medición</b>	Voltaje
<b>Familia de Productos DAQ</b>	Serie B
<b>Entrada Analógica</b>	
<b>Número de Canales</b>	8 SE / 4 DI
<b>Sample Rate</b>	10 kS / s
<b>Resolución</b>	12 bits
<b>Muestreo simultáneo</b>	No
<b>Máximo Rango de voltaje</b>	-10 .. 10 V
<b>Rango Precisión</b>	138 mV

<b>Rango de voltaje mínimo</b>	-1 .. 1 V
<b>Rango Precisión</b>	37,5 mV
<b>Número de Rangos</b>	8
<b>A bordo de memoria</b>	512 B
<b>Salida Analógica</b>	
<b>Número de Canales</b>	2
<b>Velocidad de actualización</b>	150 S / s
<b>Resolución</b>	12 bits
<b>Máximo Rango de voltaje</b>	0 .. 5 V
<b>Rango Precisión</b>	7 mV
<b>Rango de voltaje mínimo</b>	0 .. 5 V
<b>Rango Precisión</b>	7 mV
<b>Actual Drive (Canal / Total)</b>	5 mA/10 mA

<b>E / S digital</b>	
<b>Número de Canales</b>	12 DIO
<b>Calendario</b>	Software
<b>Niveles Lógicos</b>	TTL
<b>Máximo Rango de Entrada</b>	0 .. 5 V
<b>Máximo Rango de salida</b>	0 .. 5 V
<b>Corriente de entrada de flujo</b>	Sourcing
<b>Filtros de Entrada Programables</b>	No
<b>Salida de corriente</b>	Hundimiento, Sourcing
<b>Actual Drive (Canal / Total)</b>	8.5 mA/102 mA
<b>Temporizador de vigilancia</b>	No
<b>Apoya programable de encendido Estados?</b>	No

<b>Apoya handshaking de E / S?</b>	No
<b>Apoya Plan de E / S?</b>	No
<b>Contador / Temporizadores</b>	--
<b>Número de Contador / Temporizadores</b>	1
<b>Resolución</b>	32 bits
<b>Fuente de frecuencia máxima</b>	5 MHz
<b>Ancho de pulso mínimo de entrada</b>	100 ns
<b>Niveles Lógicos</b>	TTL
<b>Máximo Rango</b>	0 .. 5 V
<b>Tiempo de Estabilidad</b>	50 ppm
<b>Sincronización GPS</b>	No
<b>Generación de Pulso</b>	No
<b>Tamponado Operaciones</b>	Sí

<b>Debouncing / Glitch Remoción</b>	No
<b>Calendario / Activando / Sincronización</b>	--
<b>Bus de Sincronización (RTSI)</b>	No
<b>Activando</b>	Digital

## 1.5 ELECTROOCULOGRAMA<sup>10</sup>

El electrooculograma (EOG) es un examen que consiste en colocar pequeños electrodos cerca de los músculos de los ojos para medir el movimiento de éstos. Este examen es utilizado en la polisomnografía.

En condiciones habituales existe una diferencia de potencial de aproximadamente de 0,4 a 5 mV entre la córnea y la membrana de Bruch situada en la parte posterior del ojo.

El origen de esta diferencia se encuentra en el epitelio pigmentario de la retina y permite considerar la presencia de un dipolo, el cual puede ser representado por un vector cuyo brazo coincide con el eje anteroposterior del globo ocular, donde la córnea corresponde al extremo positivo y la retina al extremo negativo de dicho dipolo.

El potencial producido por este dipolo es susceptible de ser registrado a través de sistemas de registro tanto unipolares como bipolares, mediante la colocación de electrodos en la piel cercana al ojo.

---

<sup>10</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Electrooculograma>

Al medir el potencial producido por un dipolo, la magnitud (voltaje) y polaridad del potencial registrado dependerán, en gran medida, de la angulación del dipolo con respecto a los electrodos pertenecientes a dichos sistemas de registro.

### **1.5.1 MOVIMIENTOS OCULARES**

Existen cuatro tipos de movimientos oculares, cada uno controlado por un sistema neural distinto pero que comparten la misma vía final, las neuronas motoras que llegan a los músculos extraoculares.

1. Los movimientos sacádicos: movimientos súbitos y enérgicos de tipo espasmódico, ocurren cuando la mirada cambia de un objeto a otro.

Colocan nuevos objetos de interés en la fovea (pequeña depresión en la retina) y disminuyen la adaptación en la vía visual, que podría ocurrir si la mirada se fijara en un solo objeto por períodos prolongados.

2. Los movimientos suaves de persecución (de búsqueda): movimientos oculares de seguimiento que se producen cuando se observa un objeto en movimiento.
3. Los movimientos vestibulares (movimientos de ajuste): ocurren como respuesta a estímulos iniciados en los conductos semicirculares, para mantener la fijación visual mientras se mueve la cabeza.
4. Los movimientos de convergencia: aproximan los ejes visuales entre sí cuando se enfoca la atención en objetos cercanos al observador.

Aún cuando una persona se fije en un objeto estacionario, sus ojos no están inmóviles, sino que exhiben muy pequeños movimientos involuntarios. Hay tres tipos de movimientos involuntarios: vibración, saltos lentos y golpeteos.

1. Vibración: una serie de pequeñas vibraciones de los ojos entre 30-80 Hz (ciclos/s).

2. Saltos lentos: movimientos involuntarios que resultan en movimiento de saltos de los ojos; estos saltos significan que aunque los objetos estén estacionarios, la imagen salta a través de la fóvea.
3. Movimientos de golpeteo (microsacádicos): como la imagen salta en el extremo de la fóvea, el tercer mecanismo involuntario causa un reflejo de salto del globo ocular de tal manera que la imagen es proyectada nuevamente hacia la fóvea.

## **CAPÍTULO II**

### **2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO<sup>11</sup>**

La funcionalidad del brazo robótico a través de un control derivado de las señales eléctricas del ojo humano es controlada por el usuario mediante funciones secuenciales que serán programadas en el software propio del dispositivo.

Para realizar estas funciones es importante dotar al brazo robótico de las herramientas necesarias para su correcto control. Como todo sistema de control, se tiene variables de entrada, variables de salida y el proceso requerido para manejar las señales, interpretarlas y ejecutar las acciones requeridas, con lo que se tiene un control de lazo abierto.

Las señales pueden ser procesadas por la computadora mediante la adquisición de datos a través de un programa con interface para usuario que permite verificar las trayectorias ejecutadas mediante los movimientos de los músculos oculares y muestra en tiempo real el movimiento descrito por el brazo.

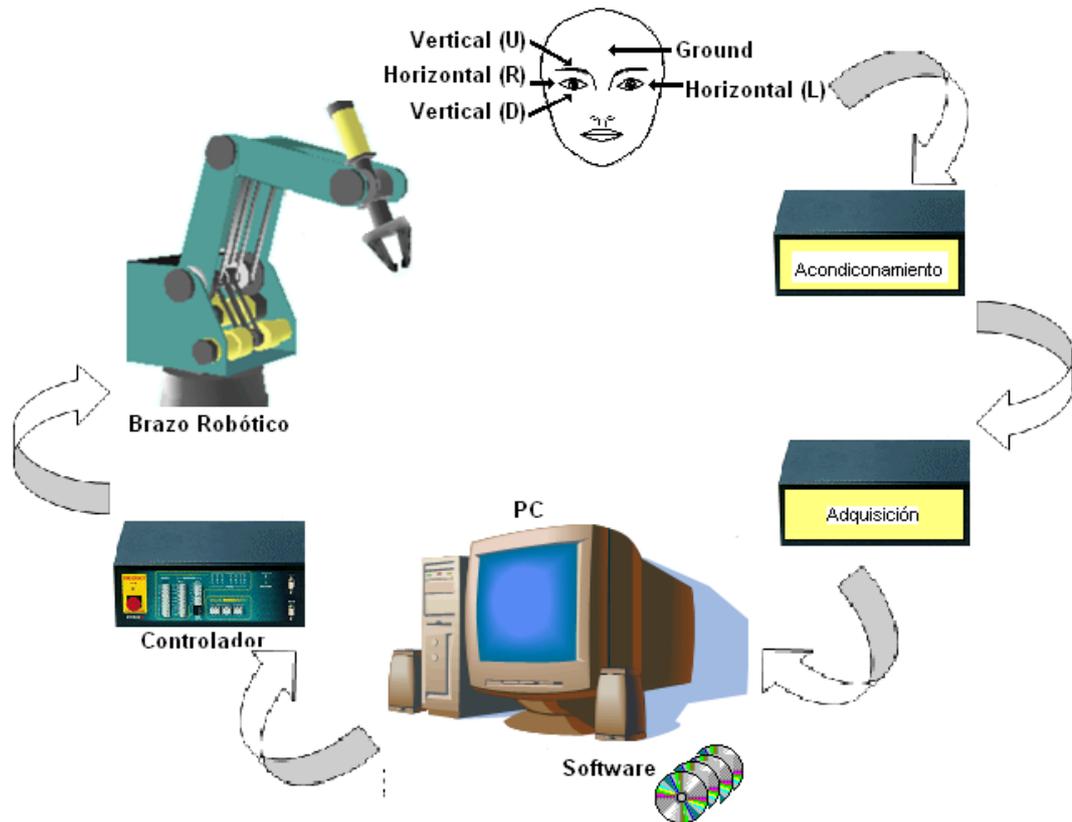
### **2.2 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA**

Los componentes que forman parte del sistema de control ocular del brazo robótico son (ver figura 2.1):

- Brazo Robótico.
- Controlador.
- Software.
- Adquisición.
- Acondicionamiento.

---

<sup>11</sup> <http://www.intelitek.com>



**Figura 2.1 Elementos del sistema de control ocular del brazo robótico**

### 2.2.1 Amplificadores Operacionales (LM741)<sup>12</sup>

El LM741 es un amplificador operacional monolítico de altas características. Está diseñado para una amplia gama de aplicaciones analógicas. Un alto rango de voltaje en modo común y ausencia de latch-up tienden a hacer al LM741 ideal para usarlo como un seguidor de tensión.

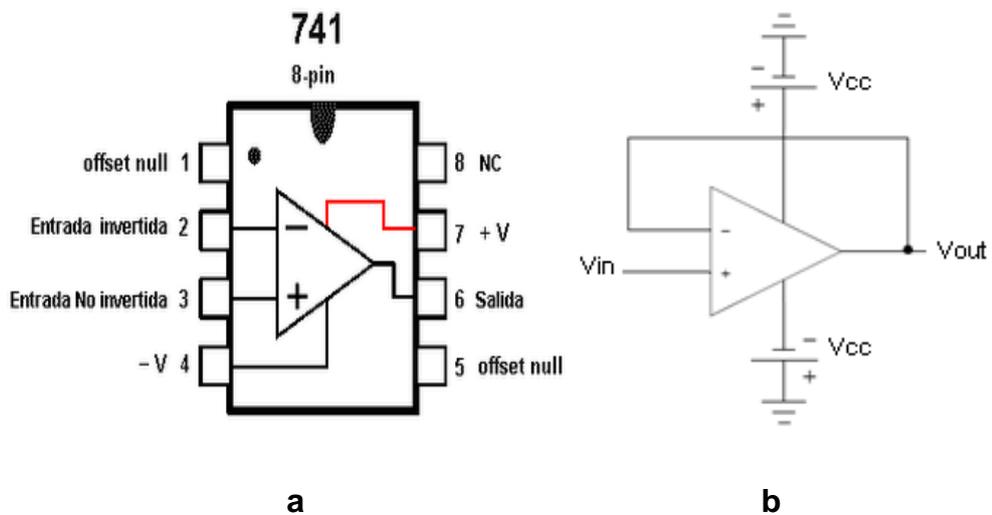
La alta ganancia y el amplio rango de voltaje de operación proporcionan unas excelentes características, aprovechables para integradores, amplificadores, sumadores y en general, aplicaciones de realimentación.

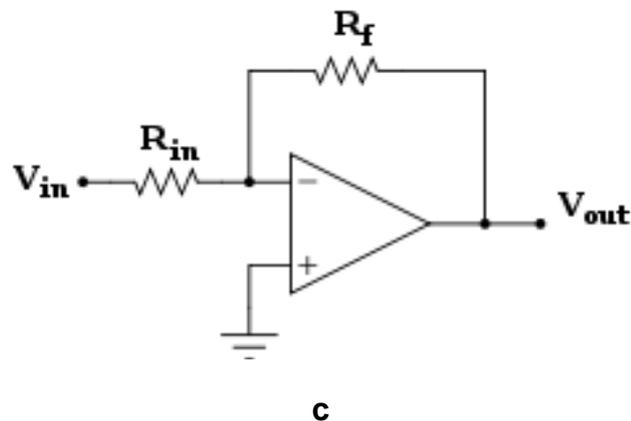
<sup>12</sup> <http://www.fairchildsemi.com/lm741.pdf>

Sus características más destacadas son las siguientes:

- No requiere compensación en frecuencia.
- Está protegido contra cortocircuitos.
- Tiene capacidad para anular el voltaje de offset.
- Posee un alto rango de tensión en modo común.

Este circuito integrado puede ser utilizado en diversas aplicaciones, como por ejemplo: seguidores de tensión de ganancia unidad, amplificadores no inversores, amplificadores inversores integradores y diferenciadores. En la figura 2.2 se muestra la descripción de los pines del LM 741 y dos aplicaciones típicas.





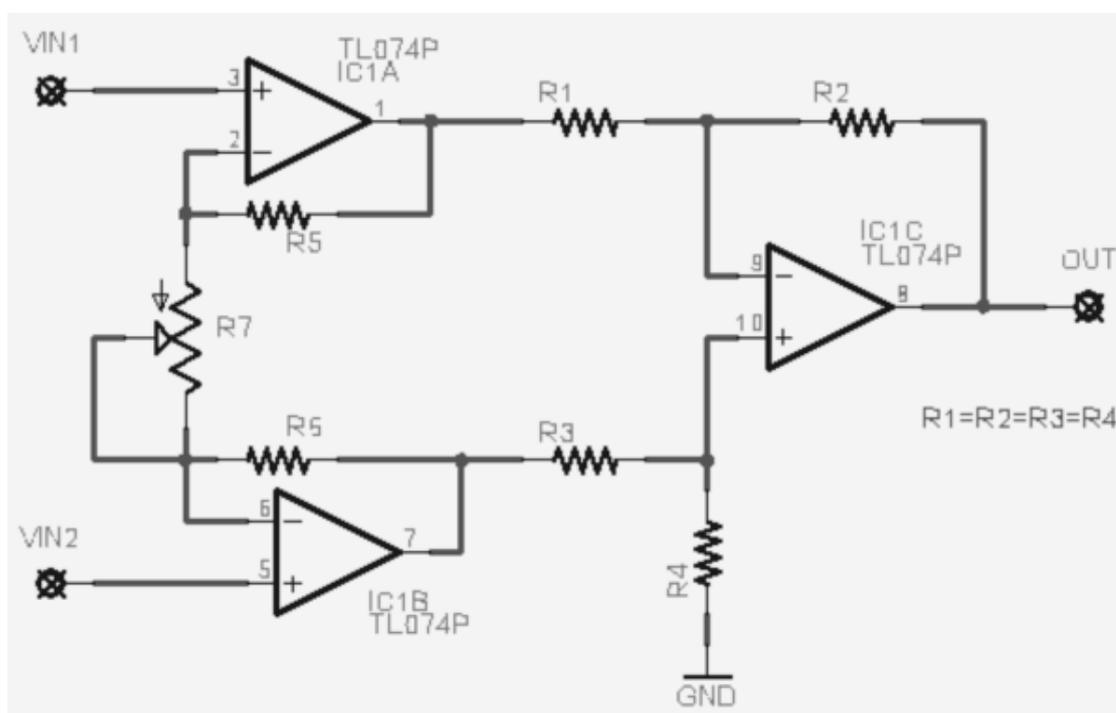
**Figura 2.2 .a) Distribución de los pines del LM741, b) Amplificador seguidor de voltaje, c) Amplificador realimentado para ganancia fija**

En este trabajo se lo emplea en la primera etapa como seguidor de voltaje, lo cual permite el desacoplamiento de impedancias entre la resistencia del cuerpo humano y la impedancia de la circuitería a emplearse; posteriormente es empleado como un amplificador con diferentes ganancias, para proporcionar una señal acondicionada al nivel adecuado de la tarjeta de adquisición y el resto de circuitos implementados.

### **2.2.2 Amplificadores de Instrumentación (AD620)**

Los elementos que conforman a un amplificador de instrumentación son básicamente resistencias y amplificadores operacionales, y es el que se encarga de amplificar el voltaje diferencial que aparece entre sus dos entradas. Los valores para el CMRR (Razón de Rechazo de Modo Común) así como el bandwidth (Ancho de Banda), se establecen en función de la ganancia requerida, a diferencia de los amplificadores operacionales que son de valor establecido mediante sus fórmulas. La ganancia de estos dispositivos se consigue modificando una resistencia  $R_g$  que se coloca entre dos pines (1 y 8), este valor de resistencia no afecta a la impedancia de entrada del dispositivo. El fabricante los comercializa como amplificadores de precisión.

El amplificador de instrumentación AD620 es un circuito integrado, construido internamente de manera muy similar al circuito de la figura 2.3, en la fabricación de este circuito se emplean componentes tanto pasivos como discretos fijos, que brindan mayor estabilidad y menores variaciones frente a la presencia de ruido blanco, por tener estas características hacen que este circuito funcione de manera adecuada en amplios rangos de ganancia y voltajes de operación. Adicionalmente, muchos de los amplificadores de instrumentación durante su producción cuentan con un control de calidad donde se prueban sus características de operación.



**Figura 2.3 Diagrama interno del AD620**

El amplificador AD620 posee una alta relación costo/desempeño y sus características generales son:

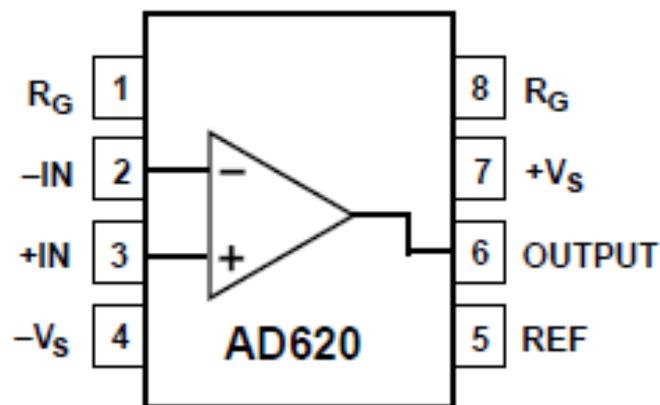
- Ganancia de voltaje de 1 a 10,000.
- La ganancia se coloca utilizando una sola resistencia.

- Opera con voltajes BIPOLARES de +- 2.3 a +- 18 volts.
- Disponible en empaquetado de 8 pines.
- Consumo de 1.3 mA.
- El desempeño en DC es excelente ya que sólo tiene un máximo de 50 uV de offset.
- Desvío máximo de 0.6 uV/°C.
- En AC tiene un ancho de banda de 120 KHz. con una ganancia de 100.

Dentro de las aplicaciones donde se lo utilizan se encuentran:

- Instrumentación médica.
- Básculas electrónicas.
- Amplificación de señales procedentes de transductores, etc.

En la figura 2.4 se presenta el diagrama de terminales del amplificador de instrumentación AD620.

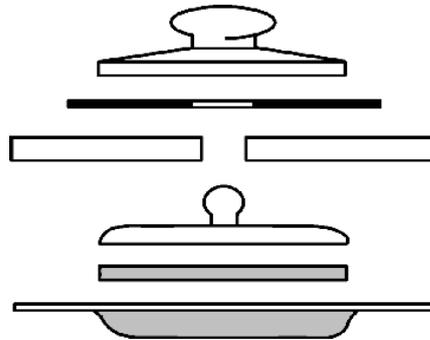


**Figura 2.4 Diagrama de terminales del AD 620**

### 2.2.3 Electrodo<sup>13</sup>

En su forma básica se trata de un conductor metálico en contacto con la piel y se utiliza una pasta electrolítica para establecer y mantener el contacto (Ver figura 2.5). Tradicionalmente el electrodo se hace de una aleación de plata-níquel. Antes de adherirlo al cuerpo, su superficie cóncava se cubre con una pasta electrolítica, la misión de los electrodos consiste en recoger la señal de la superficie cutánea.

Hay varios tipos de transductores; sin embargo, para este proyecto se emplearon electrodos pediátricos desechables de Ag/AgCl debido a sus características las mismas que se indican a continuación:



**Figura 2.5 Electrodo Ag/AgCl**

- Impedancia de corriente alterna por debajo de 2 k $\Omega$ .
- Voltaje de desplazamiento de corriente directa menor de 100 mV.
- Recuperación de Sobrecarga de desfibrilación menor de 100 mV, con una proporción de cambio de potencial residual de polarización menor de 1mV/s.
- Inestabilidad combinada de desplazamiento y Ruido Interno no mayor de 150 mV.

<sup>13</sup><http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/079/htm>

#### **2.2.4 Brazo robótico SCORBOT ER-4U**

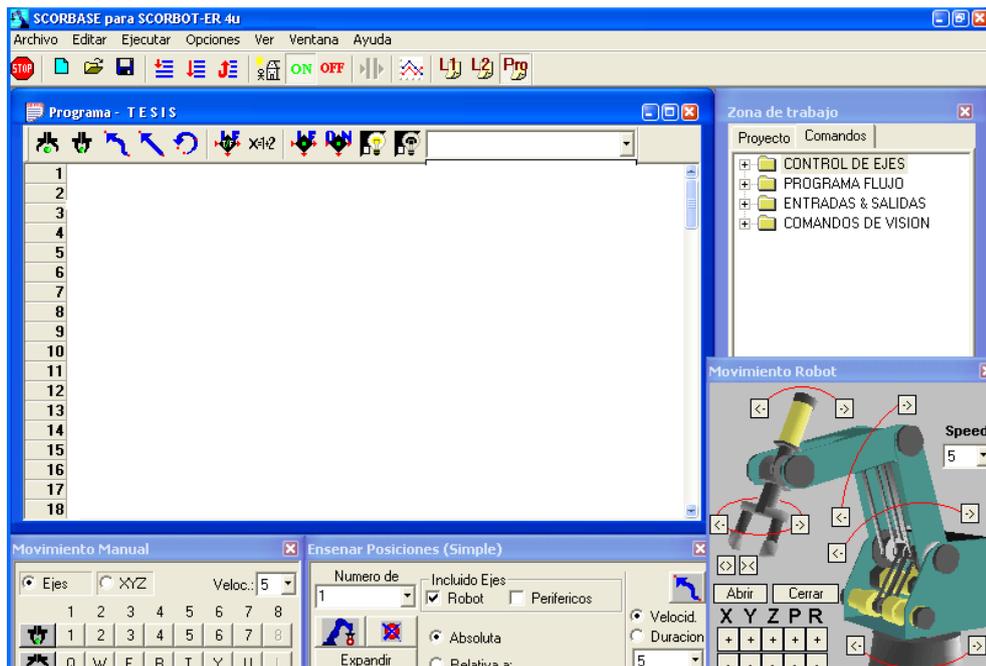
Para el manejo del brazo robótico se utiliza el software SCORBASE.

SCORBASE (nivel 1,2 y 3 o "Pro") es un lenguaje de programación de robots de alto nivel, interactivo y con control de trayectoria punto a punto. Trabaja en dos etapas:

1. "Enseñar" al robot: Realiza un conjunto de distintas posiciones con las que operará posteriormente. Se trata de definir de antemano una serie de puntos en el espacio (x, y, z).
2. "Programar" el robot: Se escribe un programa utilizando los comandos que provee el lenguaje SCORBASE.

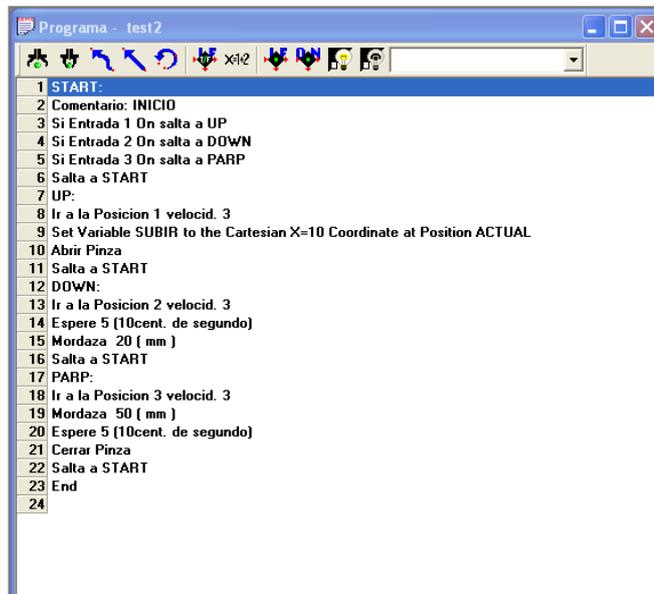
El software soporta periféricos I/O (entrada/salida) digitales y analógicos y ejes de servo, ofreciendo así una completa herramienta para la programación y el funcionamiento en la celda de trabajo del robot.

En la figura 2.6 se indica la ventana del software SCORBASE y la variedad de comandos que permiten realizar un programa para que el brazo robótico ejecute.



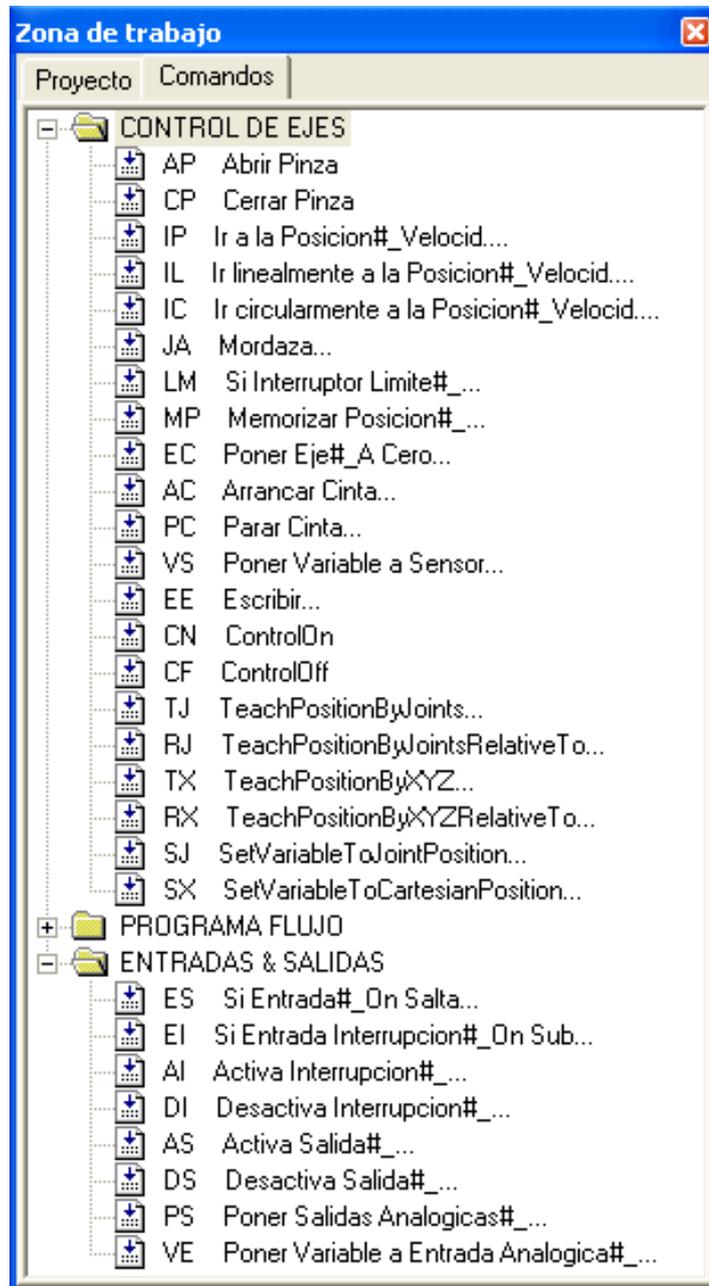
**Figura 2.6 Software SCORBASE**

La programación se realiza en la ventana de programa (ver figura 2.7), en esta ventana no se puede escribir directamente sino que las instrucciones se seleccionan de la ventana "zona de trabajo".



**Figura 2.7 Ventana de programa**

Las instrucciones que se presentan en esta ventana dependen del nivel al que se esté trabajando. Así, para el nivel 1 se muestran las órdenes básicas, mientras que para el nivel profesional aparecen todas las órdenes disponibles (ver figura 2.8).



**Figura 2.8 Ventana de instrucciones**

### 2.2.5 DAQ 6008

La DAQ 6008 realiza su comunicación con el computador mediante un puerto USB, previamente debe estar instalado LabView en el computador; si no es así, puede instalarse insertando los discos de LabView y siguiendo las instrucciones. Inserte los discos de NI DAQ mx que acompañan a la tarjeta DAQ USB 6008/9 en la computadora y siga los pasos de instalación para los controladores de la tarjeta y del programa. Cuando haya finalizado, conecte la tarjeta DAQ al cable USB y éste a algún puerto USB de la computadora. Aparecerá un globo de diálogo en la barra de tareas como se indica en figura 2.9.



**Figura 2.9 Indicador de los controladores de la tarjeta y del programa**

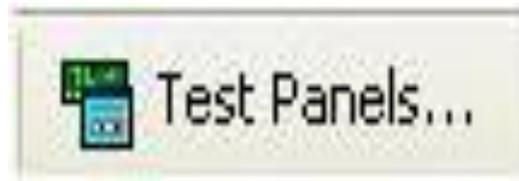
Ejecute el programa Measurements and Automation Explorer (MAX) que se encuentra en Menú Inicio >> Todos los programas >> National Instruments. El ícono del programa se muestra en la figura 2.10



**Figura 2.10 Icono de Measurements and Automation**

Una vez abierto, revise en la sección de configuración y extienda la ramificación Devices and Interfaces >> NI DAQ-mx Devices. Si la instalación fue exitosa, aparecerá un ícono en verde de una tarjeta NI USB-6008/9 y el MAX se abre asignando un nombre a esta del tipo “Dev#”. Tome en cuenta este nombre porque será el identificador de la tarjeta en cualquier programa de National Instruments para acceder a ella. Presione el botón de “Self-Test” para revisar que la comunicación es efectiva si aparece la ventana “Success”.

La pestaña de Test Panels da acceso a las terminales del equipo de National Instruments conectadas a la computadora. Con esto se puede comprobar el buen funcionamiento de cada terminal figura 2.11.



**Figura 2.11 Pestaña de Test Panels**

Reset Device es útil cuando la tarjeta deja de funcionar correctamente por varias razones en la figura 2.12 se muestra la pestaña de esta.



**Figura 2.12 Pestaña de Reset Device**

### **2.2.6 Optotransistores 4N25**

Con el paso de los años, la tecnología de estado sólido en la optoelectrónica ha avanzado considerablemente. Indagando en nuevos y mejorados materiales y

técnicas de proceso que han permitido a los dispositivos tener mayor eficiencia, confiabilidad y disminución de costo.

Un optoacoplador es un componente formado por la unión de al menos un emisor (diodo LED) y un fotodetector (fototransistor u otro), acoplados a través de un medio conductor de luz, pueden ser encapsulados o de tipo discreto, en la figura 2.13 se muestra el esquema del optoacoplador empleado.

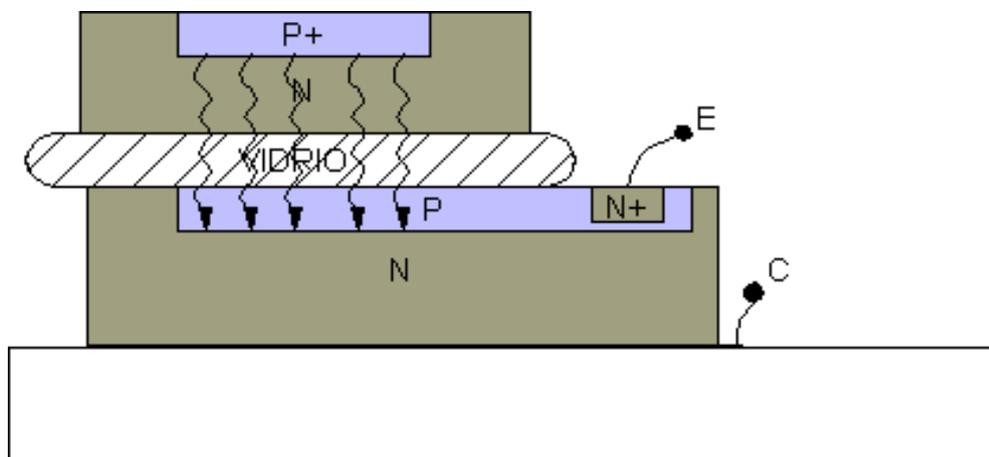
tipo de optoaislador	Discretos
	LED/fototransistor
características	
(CTR) razón de transferencia de corriente	10% to 200%
Razón de datos (MHz)	0.2MHz
Voltaje de separación (kV)	0.5 to 10kV
Corriente de entrada (mA) requerida Máx	15 to 60mA 60 to 150mA

**Figura 2.13 Características y esquema de un optoacoplador**

Cuanta mayor intensidad atraviesa el fotodiodo, mayor será la cantidad de fotones emitidos y, por tanto, mayor será la corriente que recorra el fototransistor.

Se trata de una manera de transmitir una señal de un circuito eléctrico a otro aunque no exista comunicación eléctrica entre los dos circuitos; es decir, existe un trasiego de información pero no existe una conexión eléctrica, la conexión es óptica.

Las formas de implementación de un optoacoplador son variadas y dependen de la casa que los fabrique, una de las más populares se ve en la figura 2.14. En esta figura se puede observar cómo el LED, en la parte superior, emite fotones que tras atravesar el vidrio inciden sobre el fototransistor.



**Figura 2.14 Esquema constructivo de un optoacoplador**

### **2.3 DISEÑO DEL HARDWARE**

Para el diseño del prototipo se realizarán los respectivos acondicionamientos eléctricos a los elementos que forman parte del mismo.

A continuación se detalla el montaje de los elementos usados en el prototipo.

- Al primer amplificador de instrumentación se le dió una ganancia de 100 para amplificar el voltaje obtenido por los electrodos el cual es bajo (mV) y el segundo amplificador tiene una ganancia de 10 ya que el voltaje que este amplificará está en voltios. A continuación se detalla los cálculos de las ganancias utilizadas, en los cuales  $R_g$  es la resistencia de ganancia:

$$G = (49.9K\Omega/R_g)+1$$

$$G = (49.9K\Omega/500\Omega)+1$$

$$G = 100$$

$$G = (49.9K\Omega/R_g)+1$$

$$G = (49.9K\Omega/5K\Omega)+1$$

$$G = 10$$

- Con los amplificadores operacionales se realiza un filtro pasa bajos con una frecuencia de corte 10Hz esta fue determinada en función de las frecuencias de respuesta del ojo.
- En las salidas de la DAQ 6008 se colocaron buffers para dar protección ante la presencia de sobre voltajes tanto a las salidas como a las entradas del controlador.

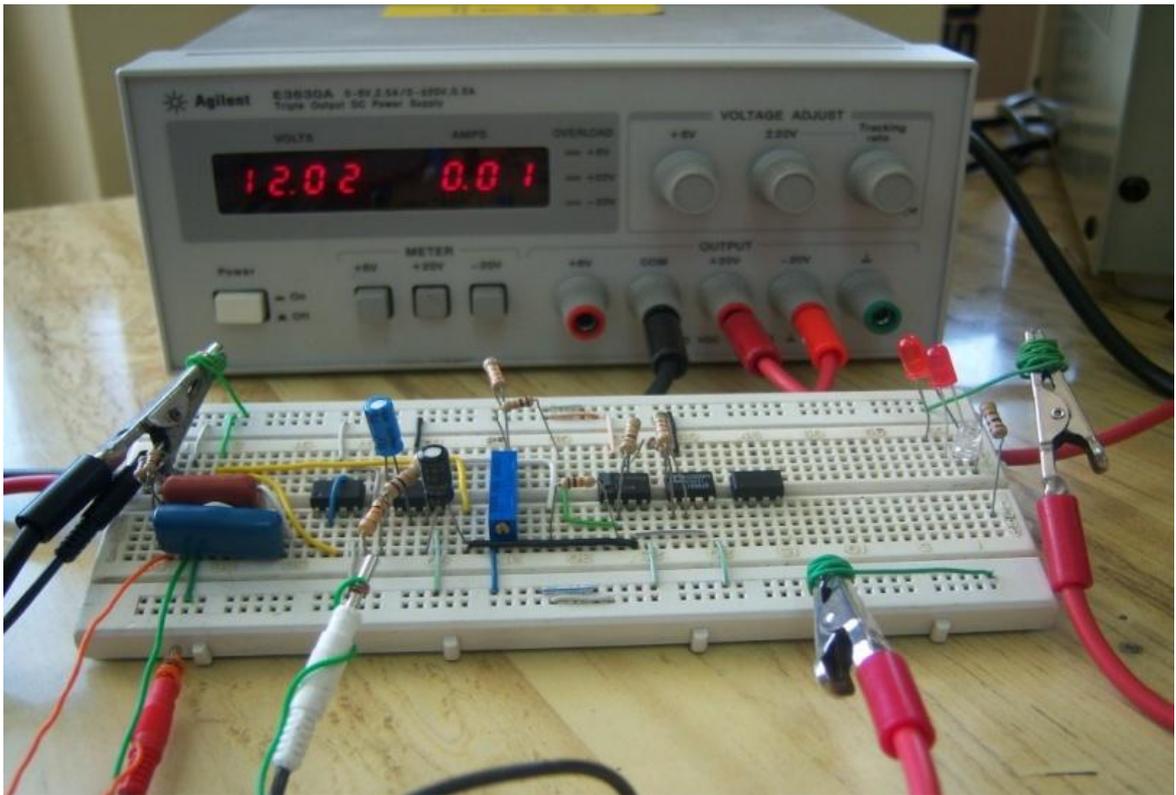
En la figura 2.15 se muestra los elementos de la parte de obtención de las señales del ojo.



**Figura 2.15 Elementos para la obtención de señales del ojo**

Se realiza el acoplamiento de las señales obtenidas del ojo mediante la utilización de circuitos amplificadores de instrumentación con ganancias de 10 y 100, los amplificadores operacionales se encuentran configurados como un filtro y un sumador, éste último debe ser ajustado para mejorar la ubicación de la señal en el origen.

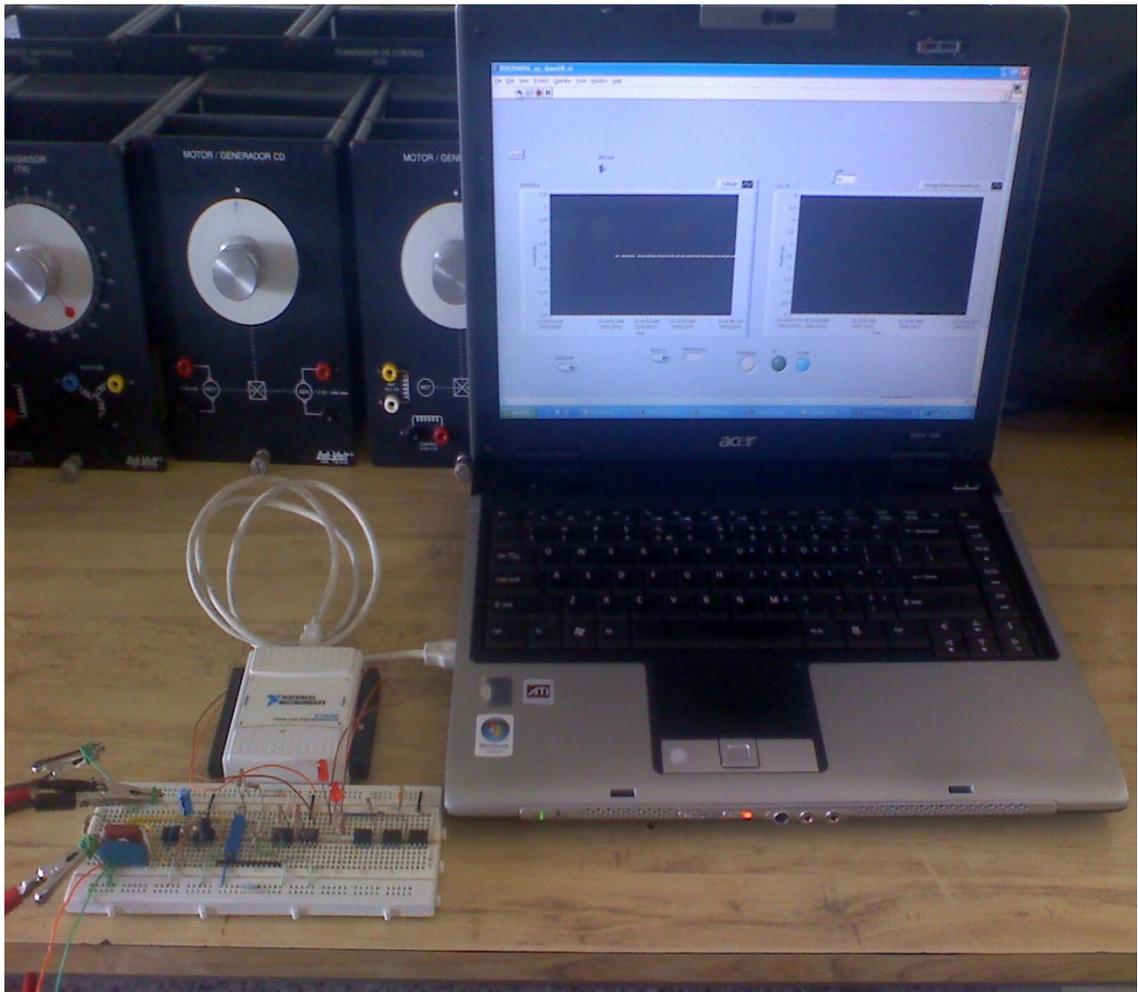
En la figura 2.16 se presentan los elementos que forman parte del acoplamiento de las señales.



**Figura 2.16 Montaje de los elementos para el acoplamiento de las señales**

La adquisición se realiza mediante la conexión de las entradas de la DAQ 6008 la misma que se conecta al puerto USB del computador para ser procesadas en el software LabVIEW 8.5.

En la figura 2.17 se muestra la DAQ 6008 junto al PC y el circuito de acondicionamiento.



**Figura 2.17 Acondicionamiento de las señales mediante la DAQ 6008**

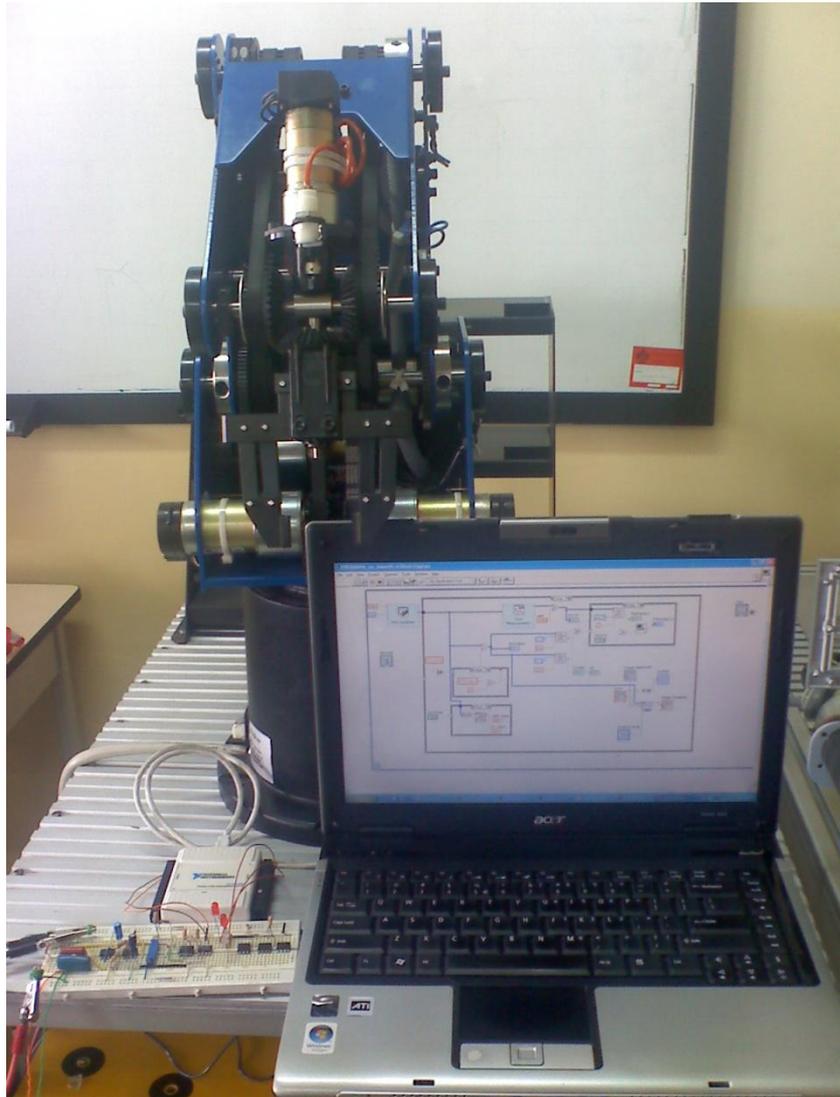
Para el manejo de las entradas digitales del controlador del brazo robótico se utiliza optoacopladores que se comportan como interruptores, logrando así ejecutar los comandos programados en el SCORBASE.

En la figura 2.18 se presentan los elementos que forman parte del manejo de las entradas digitales del controlador.



**Figura 2.18 Manejo de las entradas digitales del controlador**

En la figura 2.19 se indica el prototipo final de control del brazo robótico SCORBOT ER-4u mediante los movimientos oculares implementado en el laboratorio de Robótica y Servos.



**Figura 2.19 Prototipo de control del brazo robótico SCORBOT ER-4u mediante los movimientos oculares**

## **2.4 DISEÑO DEL SOFTWARE**

### **2.4.1 Software para la adquisición**

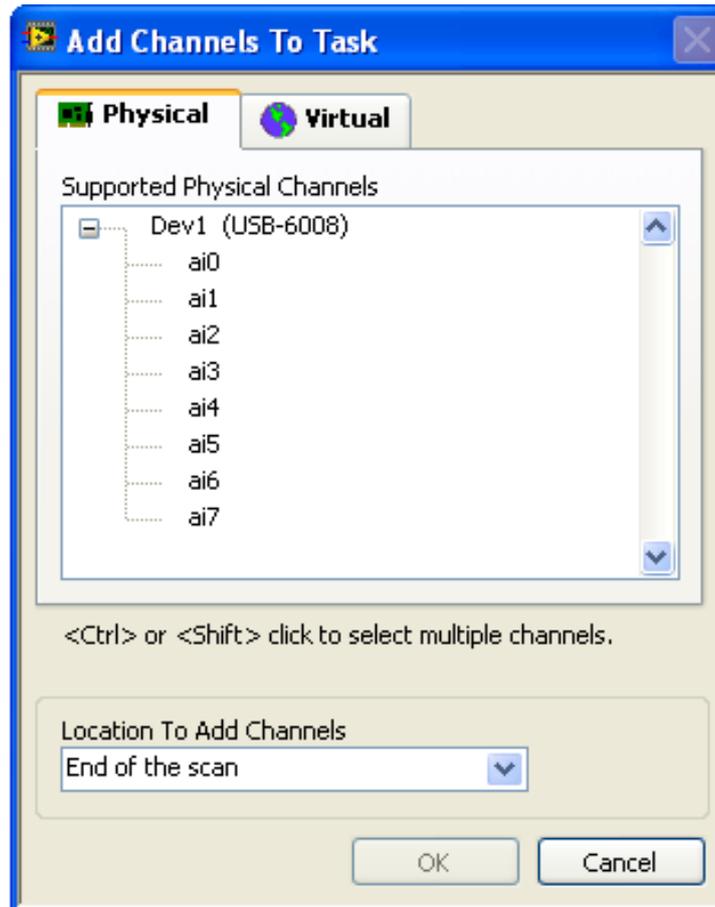
Para el análisis de las señales se utilizará el software LabView 8.5 en el cual se realizaron los siguientes pasos:

- 1) Configuración de la DAQ 6008, se realiza mediante el DAQ assistant para la adquisición de datos dando un clic sobre esta opción y posteriormente seleccionando entradas analógicas de voltaje. (ver figura 2.20).



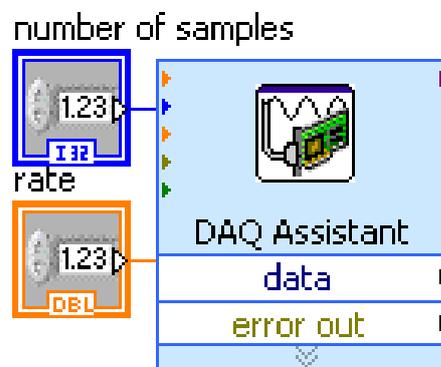
**Figura 2.20 Selección de la forma de trabajo de la tarjeta**

- 2) Se muestran las entradas que dispone la DAQ 6008, en ésta ocasión se selecciona la primera y segunda (ver figura 2.21).



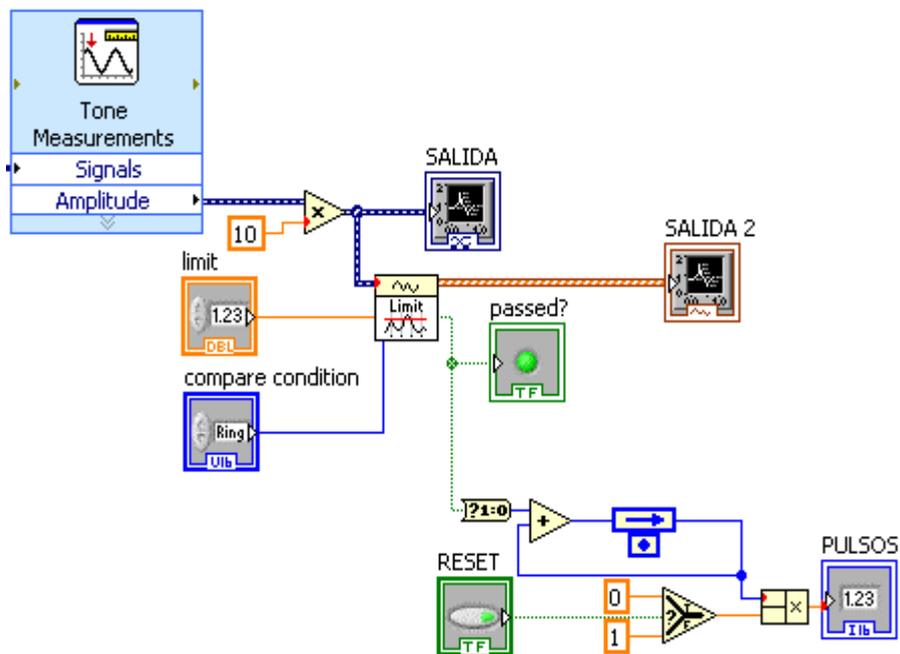
**Figura 2.21 Selección de las entradas a ocuparse**

- 3) Para recolectar la información se obtiene del EOG (Electrooculograma), para esto se fijan una frecuencia de muestreo de 7khz y 600 muestras, lo que permite adecuar el programa para que tome dichas muestras que logran activar varios parámetros utilizados en el prototipo (ver figura 2.22).



**Figura 2.22 Determinación de parámetros de la DAQ**

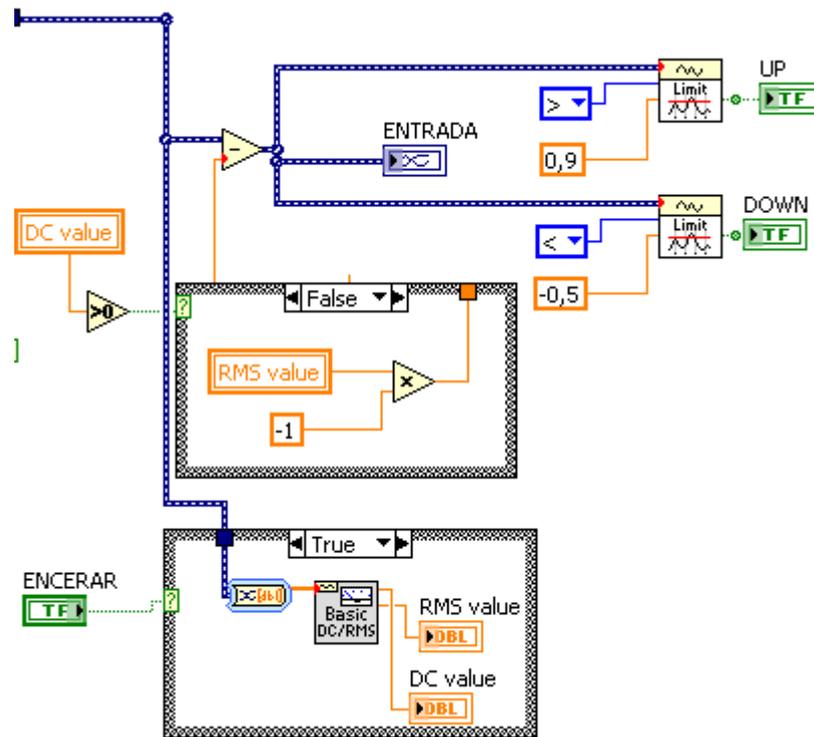
- 4) El bloque de conteo y registro de parpadeos consta de un asistente llamado TONE MEASUREMENTS, con el cual se puede tomar únicamente los picos positivos de la señal que ingresa en la DAQ; mediante la asignación de una ganancia (amplificación), la misma que es comparada con parámetros previamente obtenidos a través de un método experimental, en el cual se observa los niveles que alcanza el parpadeo y usando un redondeo se puede aproximar a un valor estándar que sirve para indicar y reconocer que efectivamente se trató de un parpadeo. Se cuenta el número de parpadeos realizados, de tal forma que se pueda llevar un registro de los mismos en cada ejecución del programa (ver figura 2.23).



**Figura 2.23 Bloque de conteo y registro de parpadeos**

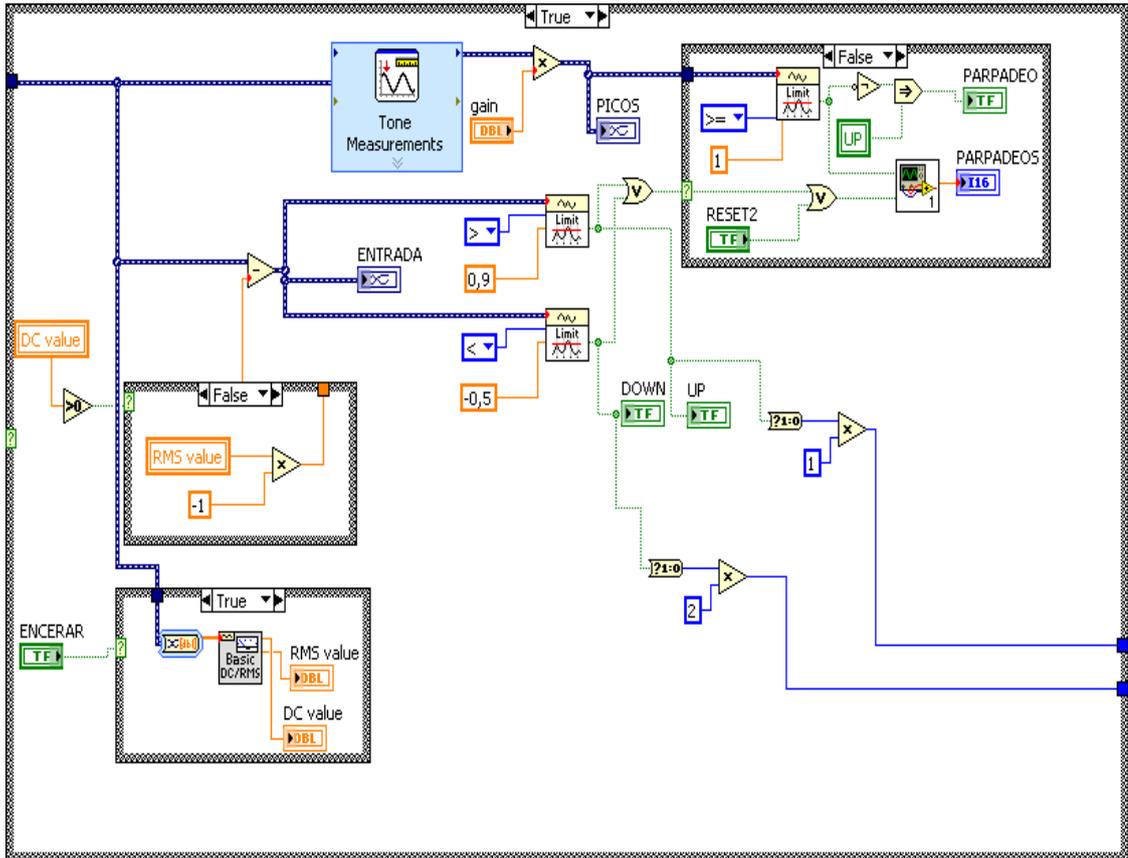
- 5) Para poder reconocer los movimientos sacádicos (arriba, abajo, derecha, izquierda), es necesario obtener una señal que siempre esté en el eje de las ordenadas en un valor cero, para facilitar su registro. Este procedimiento consta de la obtención del valor DC de la señal de entrada, con el cual se puede llegar a deducir que, si éste es positivo, hay que restarlo de la señal original, caso contrario hay que sumarlo a dicha señal.

Este procedimiento no se puede realizar de forma automática debido a que en cada variación del voltaje DC, el programa rápidamente lo llevaría al eje y al valor cero, lo que anularía la posibilidad del registro de cualquier movimiento, por lo que se colocó un botón ENCERAR para corregir el desplazamiento DC de la señal original (ver figura 2.24).



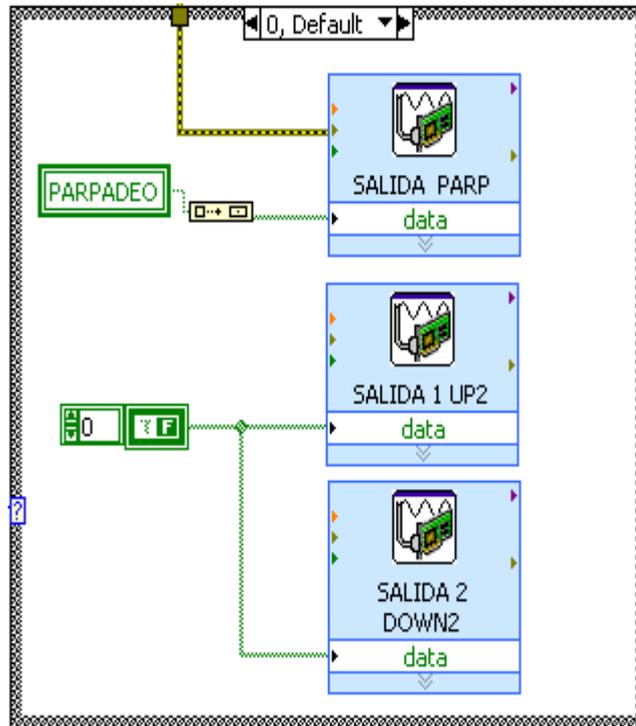
**Figura 2.24 Obtención de la señal en el eje de las ordenadas (0V)**

- 6) Por otro lado, se tiene el detector de movimientos sacádicos, los cuales al presentarse, mediante una programación adecuada para el caso, bloquea el registro de los demás movimientos, así tenemos un control más estable de la duración de este movimiento. El registro consiste en comparar la señal de entrada con un valor límite, obtenido de la misma manera que se realiza para los parpadeos, consiguiendo así una visualización y registro más perceptible para el usuario (ver figura 2.25).



**Figura 2.25 Detección de movimientos sacádicos**

- 7) Las salidas obtenidas son digitales debido a su latencia, ya que la duración es variable, lo que permite que una salida digital se active, mientras el movimiento está ocurriendo, de esta forma se evita confusiones en cuanto a duración y amplitud (ver figura 2.26).



**Figura 2.26 Obtención de las salidas**

#### **2.4.2 Programa del brazo robótico**

En el software SCORBASE para desarrollar el programa se siguió los siguientes pasos:

- 1) Para que el brazo robótico funcione primero se deben enviar los ejes al punto de referencia para iniciar el robot; esto se lo hace presionando el botón HOME; además, es importante observar que el controlador esté en ON para que funcione correctamente y tomar en cuenta que el botón de emergencia no esté presionado (ver figura 2.27).



**Figura 2.27 Ejecución de HOME**

- 2) Definir las posiciones utilizando la ventana de movimiento del robot (se puede también utilizar la ventana de movimiento manual) y en la ventana de enseñar posiciones grabar el número de posición (ver figura 2.28).

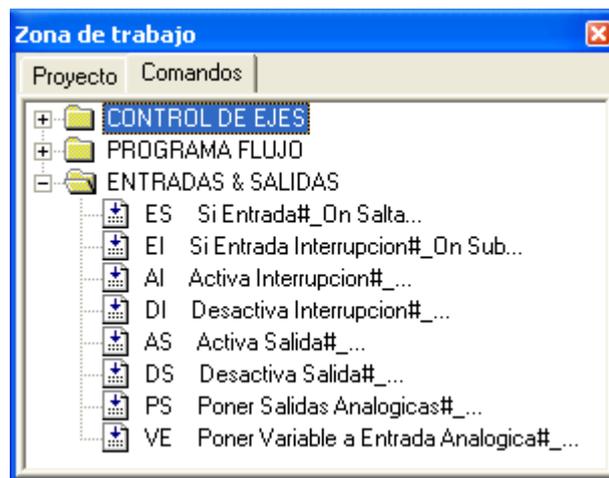


**a**

**b**

**Figura 2.28 a) Ventana de movimientos manuales, b) Ventana de enseñar posiciones.**

- 3) Para este prototipo se eligió el nivel profesional porque permite manejar los comandos de entradas digitales.
- 4) En la zona de trabajo existen carpetas de comandos, tales como CONTROL DE EJES, PROGRAMA FLUJO y ENTRADAS Y SALIDAS que ayudan en el desarrollo del programa (ver figura 2.29).



**Figura 2.29 Comandos para el uso de entradas digitales**

- 5) Para que el brazo robótico realice las instrucciones definidas en el programa (ver figura 2.30) y siga la secuencia de la tarea, existen tres formas de ejecutar el programa y son:
  - Ejecutar una instrucción.
  - Ejecutar una secuencia.
  - Ejecutar indefinidamente.

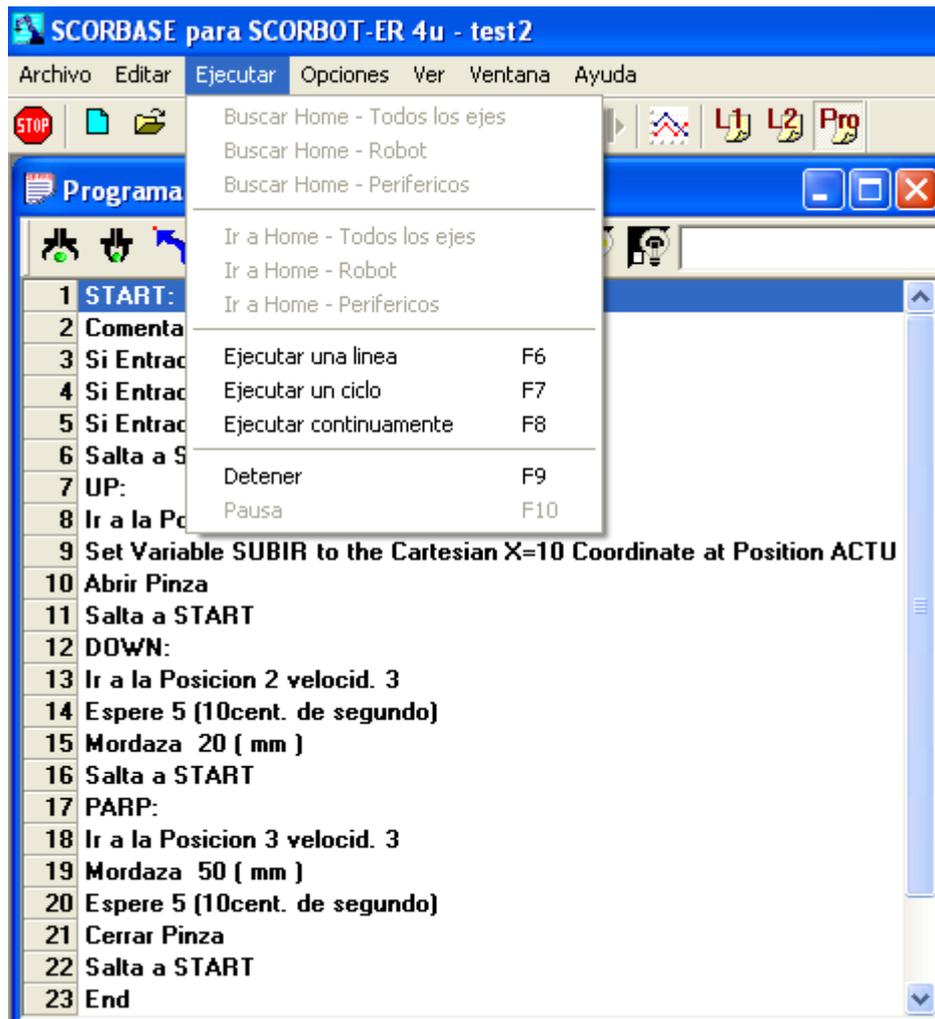


Figura 2.30 Formas en las que se ejecuta el programa

- 6) El funcionamiento del robot se puede detener presionando el ícono del STOP.

## CAPÍTULO III

### 3.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL ELECTROOCULOGRAMA

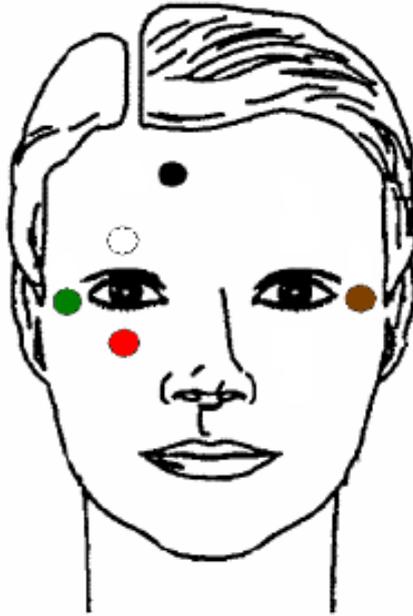
El Comunicador Electrooculográfico es un sistema compuesto por un dispositivo electrónico, básicamente un amplificador de bajo ruido, alta sensibilidad y un software especialmente diseñado.

Físicamente el sistema contiene los elementos que se detallarán en este punto:

- 5 electrodos tipo desechables de Ag/AgCl.
- 5 cables con conector tipo broche, uno para cada electrodo.
- Módulo (Ver figura 3.2) para evaluar el electrooculograma, el mismo que recoge las señales provenientes de los electrodos.
- Una tarjeta de adquisición de datos NI DAQ USB 6008, la misma que se conecta desde el módulo y se dirige a una computadora mediante un USB para procesar las señales (ver anexo A).
- Un computador con Labview 8.5 el mismo que contiene el software para evaluar el electrooculograma.

Adicionalmente se requiere la fuente de alimentación para el módulo.

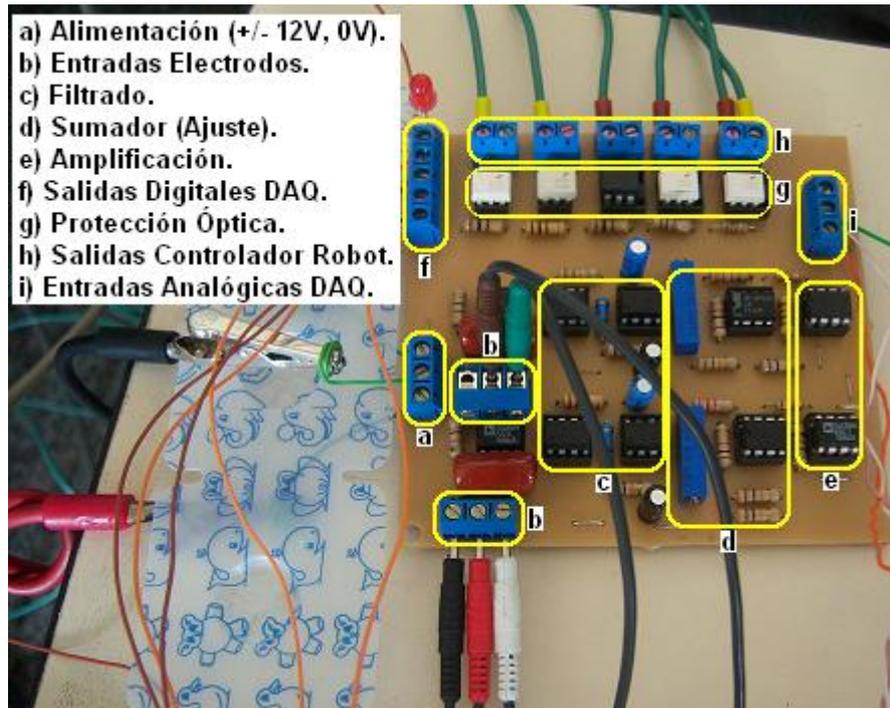
Las señales de EOG son pequeñas variaciones de tensión continua generadas por el movimiento de los ojos dentro de sus órbitas. Estas señales pueden ser captadas mediante el uso de electrodos descartables. En la figura 3.1 se presenta el posicionamiento de los electrodos.



**Figura 3.1 Ubicación de los electrodos**

La señal EOG es una indicación de la posición de los ojos relativa a la cabeza. Si se la mueve manteniendo la mirada fija en un punto, se provocan variaciones de potencial, por lo que cualquier sistema de control que use estas señales deberá tener en cuenta ésta eventualidad.

La figura 3.2 indica las etapas que conforman el electrooculograma.



**Figura 3.2 Partes que conforman el módulo del EOG**

La señal EOG es la responsable de los escalones de tensión ocurridos y que obedecen a movimientos sacádicos voluntarios de los ojos fijando la vista en distintos puntos.

El movimiento de párpados o flicker, son los responsables por los picos de amplitud, que pueden ser voluntarios o involuntarios. En este sentido, los picos producidos se suman a la señal del EOG dando saltos inesperados en la señal.

La colocación de los electrodos debe ser en forma perbiocular; es decir, en los alrededores de los dipolos oculares. Se utilizan cinco electrodos, dos para el canal horizontal, dos para el vertical y uno de referencia.

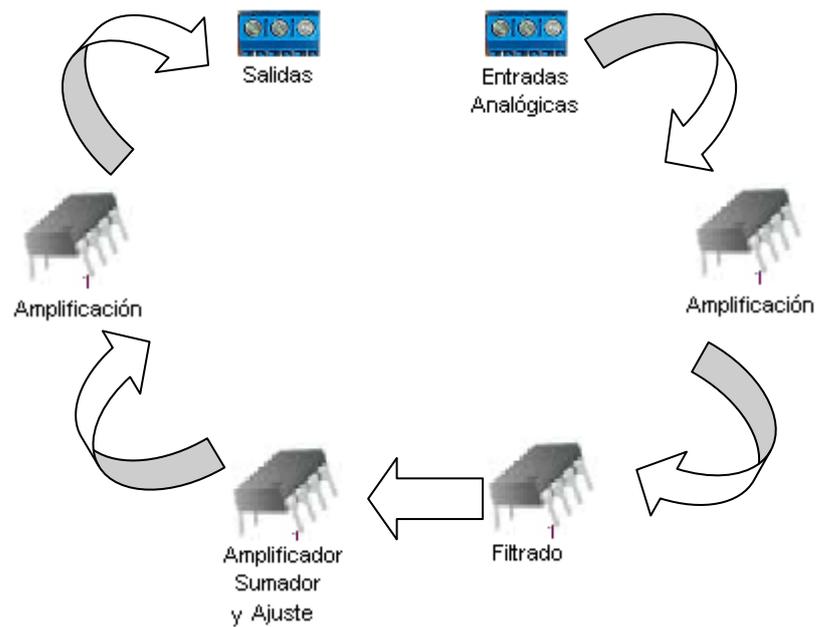
La relación entre los dos canales es casi ortogonal, ya que a pesar de poder diferenciarlos correctamente, existe una pequeña correlación. Los electrodos que captan la señal correspondiente al canal horizontal son los pares (Verde: Derecha, Café: Izquierda), para el canal vertical los (Blanco: Arriba, Rojo: Abajo) y la referencia es (Negro: GND).

La señal EOG puede encontrarse seriamente afectada por variaciones en su componente continua, ya que ésta es justamente la que posee la información de la posición angular del ojo. Además, dicha tensión puede provocar la saturación de los amplificadores debido a los grandes requerimientos de ganancia que éstos deben tener. Las variaciones pueden ser provocadas por muchas causas: luminosidad del ambiente, posición de los electrodos, estado del usuario, etc.

El problema que se detectó al inicio del funcionamiento del electrooculograma era que la señal no se encontraba en el punto origen de las abscisas; esto se debe a los amplificadores utilizados ya que amplifican las señales ingresadas sin determinar si son de AC o la señal que se desea para el EOG, a esto se suma el ruido que producen los artefactos que se encuentran en el medio.

A este inconveniente se le solucionó con la utilización de un filtro activo pasa bajos que elimina tanto el ruido del medio como el de la red. Una vez obtenida una señal con menos ruido se hace necesaria la amplificación de esta señal para posteriormente realizar el tratamiento y el ajuste al origen del eje de las abscisas, este se lo hizo con la utilización de un sumador.

En figura 3.3 se muestra como va distribuido el sistema de filtrado, amplificación y ajuste.



**Figura 3.3 Distribución de las etapas que conforman el electrooculograma**

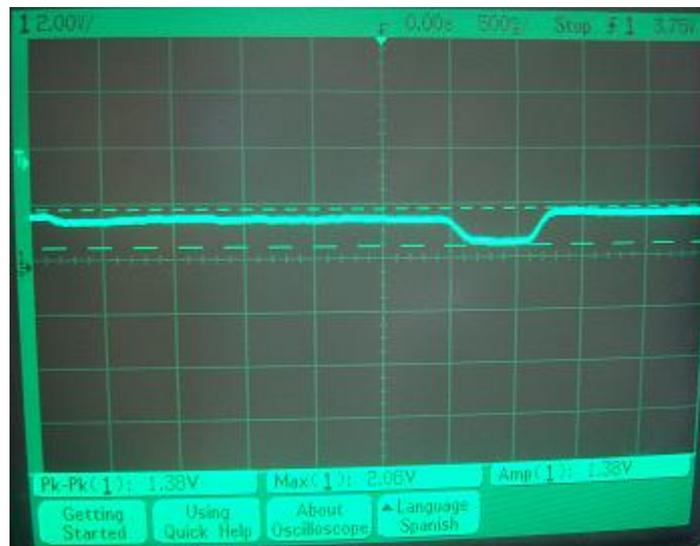
### **3.2 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS DISPOSITIVOS DE ADQUISICIÓN**

Los datos que se visualizan en el diagrama frontal son el resultado de la detección de las señales obtenidas por los electrodos ubicados alrededor del ojo.

Mediante la tarjeta de adquisición de datos NI USB – 6008 la señal acondicionada es introducida al computador, el procesamiento de los datos recibidos se realiza mediante algoritmos desarrollados en el programa LabVIEW. Del procesamiento de los datos se obtienen resultados gráficos tanto para el sentido vertical como para el horizontal.

Para la realización del análisis del electrooculograma se implementó un algoritmo que permite obtener del movimiento sacádico correspondiente un ángulo de variación determinado. Además, se establece el valor máximo del movimiento sacádico hacia arriba y hacia abajo, para posteriormente con la ayuda de otro algoritmo, determinar el movimiento realizado.

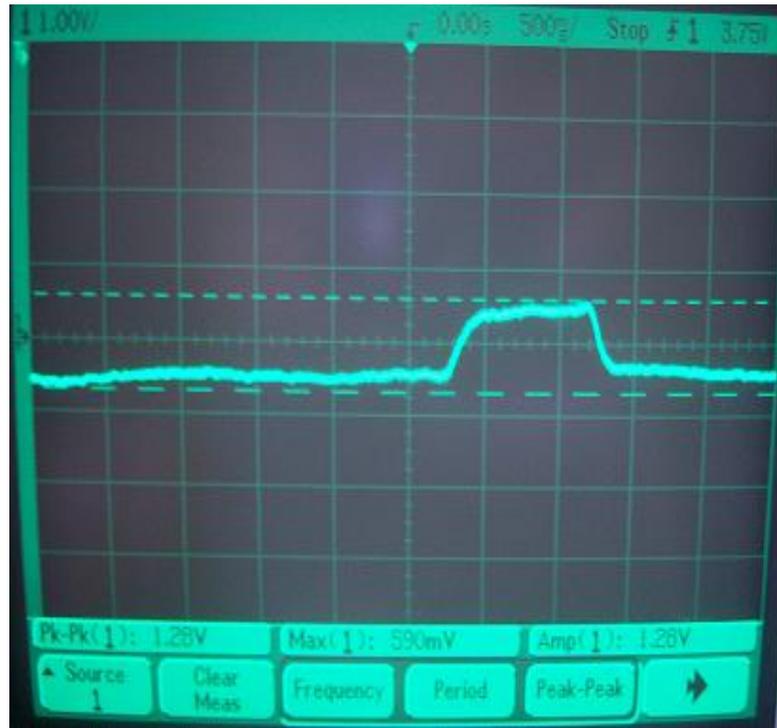
En las pruebas realizadas se obtuvieron las señales que se muestran en la figura 3.4.



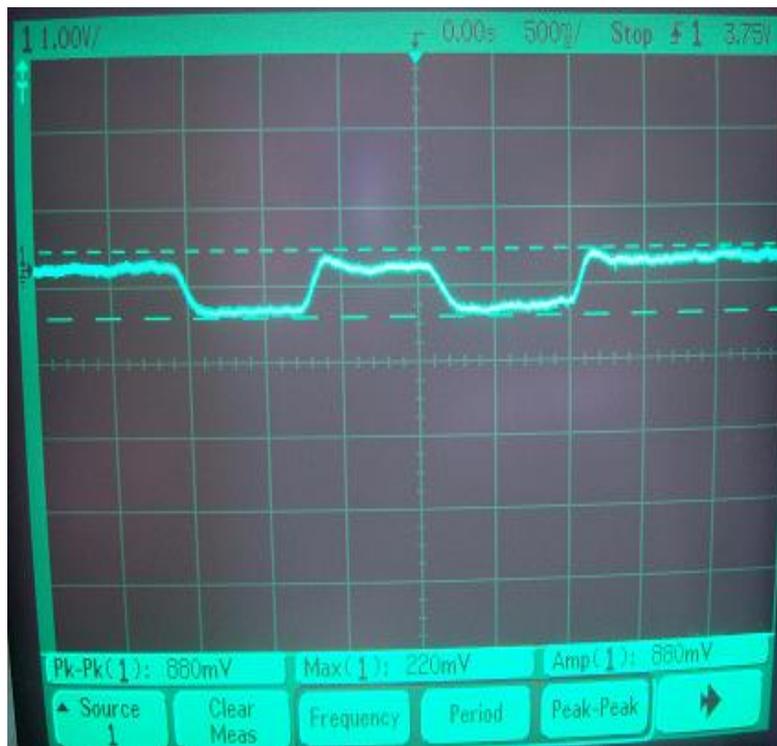
a



B



c



d

**Figura 3.4 a) Visualización del movimiento ocular hacia la izquierda, b) Visualización del movimiento ocular hacia la derecha, c) Visualización del**

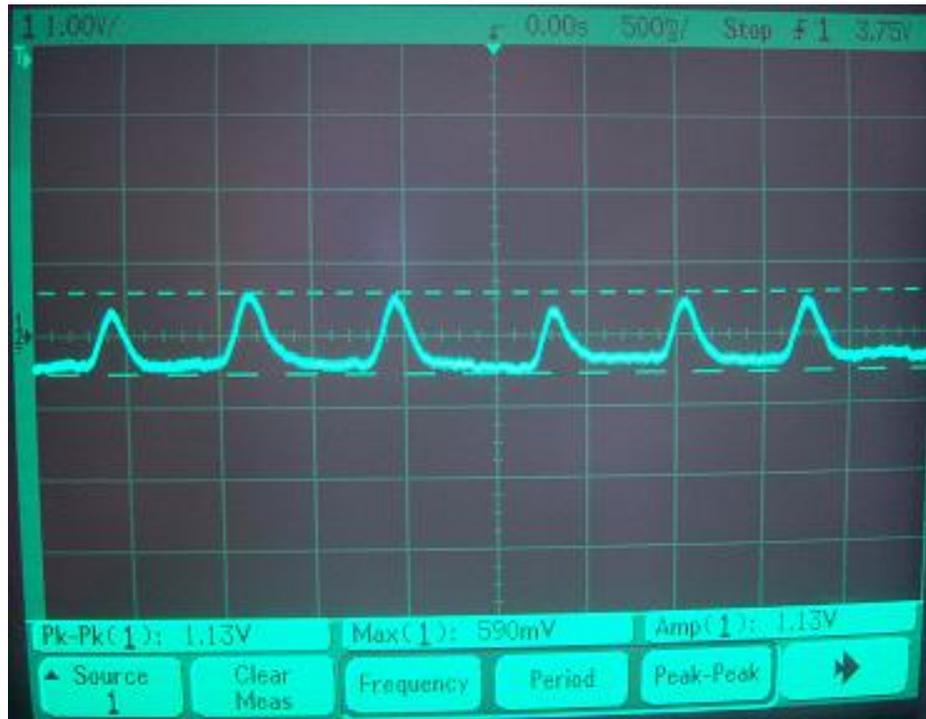
**movimiento ocular hacia arriba, d) Visualización del movimiento ocular  
hacia abajo**

La figura 3.5 muestra la señal del electrooculograma cuando no se han producido cambios en la posición de los ojos.



**Figura 3.5 EOG en estado de reposo**

La figura 3.6 muestra el análisis del movimiento sacádico.



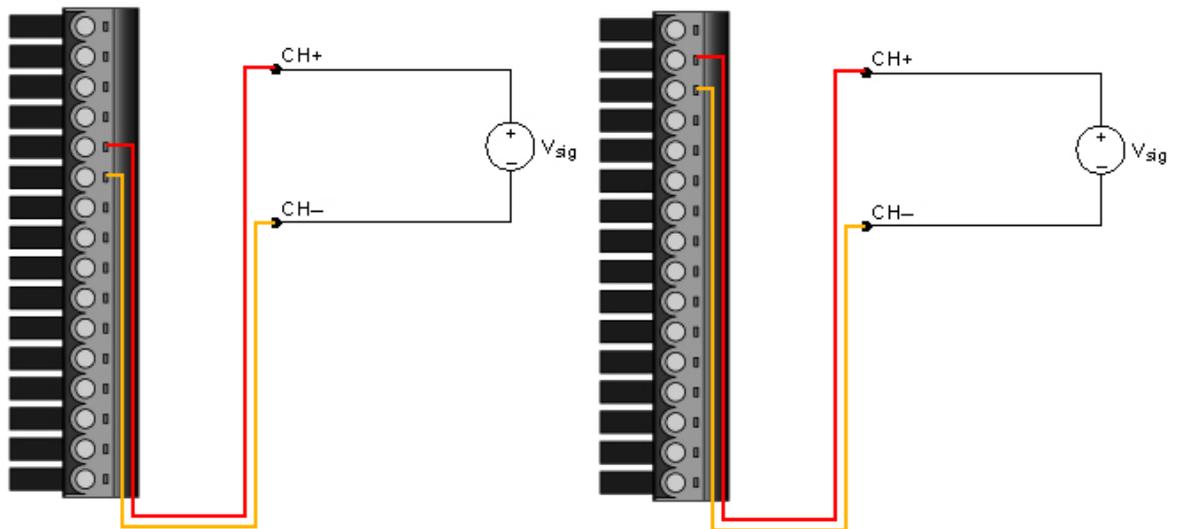
**Figura 3.6 Obtención del movimiento sacádico**

### **3.3 CONEXIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA INTEGRADO**

Los cables de los electrodos que se encuentran ubicados en el rostro se conectarán a las borneras de entrada que se indican en el dispositivo de acondicionamiento, al igual que las salidas de éste se conectarán a las entradas de la DAQ (AI0:2, GND:3, AI1:5, GND:6) la forma de conexión de las mismas se indican en la figura 3.7.

Channels in Task	Connections List
Voltage	Point 1
	Point 2
	Voltage/CH+
	Voltage/CH-
	16PinCombicon/5
	16PinCombicon/6

Save to HTML...



**Figura 3.7 Conexión de las entradas analógicas de la DAQ**

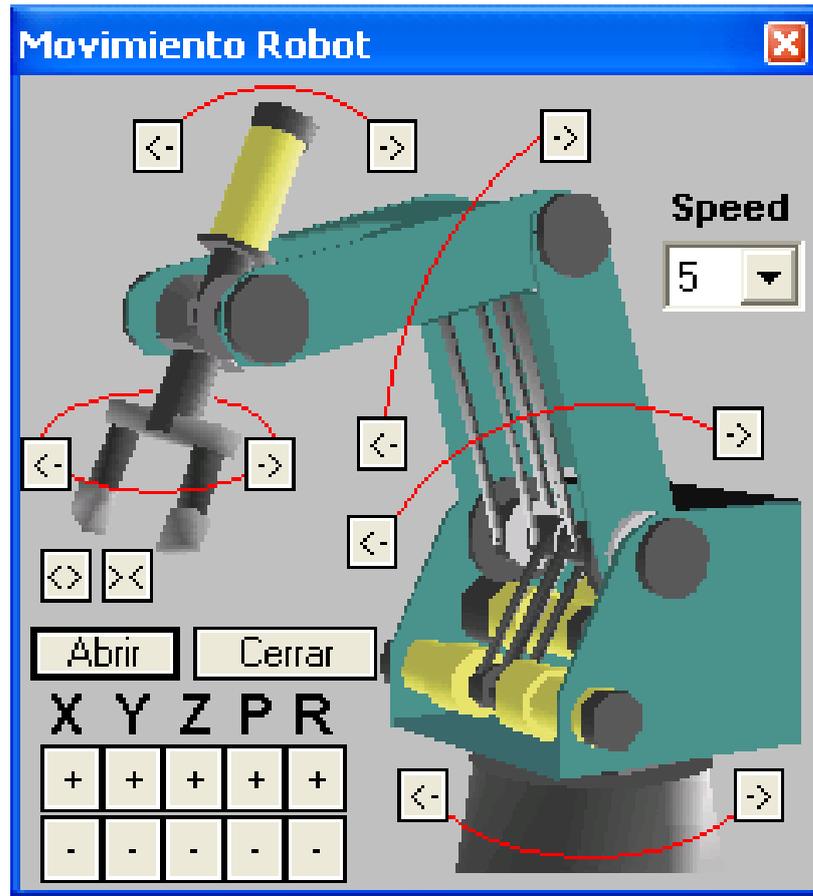
Se usan cinco salidas digitales (PO0:17, PO1:18, PO2:19, PO3:20, PO4:21 y GND:32) las cuales están dirigidas a controlar las acciones que realizará el brazo robótico. La conexión de las salidas de control y el módulo del brazo robótico se realiza mediante un aislamiento óptico lo cual evita que el mal funcionamiento del sistema de control afecte al controlador del brazo y viceversa.

GND	1	17	P0.0
AI 0/AI 0+	2	18	P0.1
AI 4/AI 0-	3	19	P0.2
GND	4	20	P0.3
AI 1/AI 1+	5	21	P0.4
AI 5/AI 1-	6	22	P0.5
GND	7	23	P0.6
AI 2/AI 2+	8	24	P0.7
AI 6/AI 2-	9	25	P1.0
GND	10	26	P1.1
AI 3/AI 3+	11	27	P1.2
AI 7/AI 3-	12	28	P1.3
GND	13	29	PFI 0
AO 0	14	30	+2.5 V
AO 1	15	31	+5 V
GND	16	32	GND

**Figura 3.8 Terminales de la tarjeta NI - USB 6008**

Con el software del brazo robótico SCORBASE se controla, busca y fijan las posiciones para cada movimiento ocular previsto.

Los movimientos fijados y guardados dentro del programa están asociados a los ejes principales del brazo robótico como son la base (EJE 1), hombro (EJE 2), codo (EJE 3), muñeca (EJE 4) y pinza (EJE 6). Cada secuencia de movimiento será ejecutada mediante la activación de las entradas digitales del controlador del brazo robótico, en la figura 3.9 se detallan los ejes que posee el brazo robótico.



**Figura 3.9 Ejes del brazo robótico**

A continuación se describe la vinculación de las entradas digitales del módulo con la secuencia de programa que se ejecuta en cada movimiento.

En la figura 3.10 se detallan las líneas de programa a seguir cuando la entrada digital 1 del controlador del brazo robótico se activa mediante el movimiento ocular de parpadeo, en este caso el movimiento a realizarse es a la posición de inicio (HOME).



Figura 3.10 Líneas de programa para el parpadeo

En la Figura 3.11 se muestran las líneas de programa a seguir cuando la entrada digital 2 del controlador del brazo robótico se activa mediante el movimiento ocular hacia arriba, en este caso el movimiento a realizarse es una conjunción de tres ejes, tal combinación resulta en un movimiento de elevación de los ejes 2, 3 y 4.



Figura 3.11 Líneas de programa para el movimiento del ojo hacia arriba

En la figura 3.12 se muestran las líneas de programa a seguir cuando la entrada digital 3 del controlador del brazo robótico se activa mediante el movimiento ocular hacia abajo, en este caso el movimiento a realizarse es una conjunción de tres ejes, tal combinación resulta en un movimiento de descenso del los eje 2, 3 y 4.



**Figura 3.12 Líneas de programa para el movimiento del ojo hacia abajo**

En la figura 3.13 se muestra las líneas de programa a seguir cuando la entrada digital 4 del controlador del brazo robótico se activa mediante el movimiento ocular hacia la derecha, en este caso el movimiento se realiza en el eje 1.



**Figura 3.13** Líneas de programa para el movimiento ocular hacia la derecha

En la Figura 3.14 se muestran las líneas de programa a seguir cuando la entrada digital 5 del controlador del brazo robótico se activa mediante el movimiento ocular hacia la izquierda, en este caso el movimiento se realiza en el eje 1.



**Figura 3.14** Líneas de programa para el movimiento ocular hacia la izquierda

### 3.4 ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO

Este análisis se realiza en base a la cantidad de elementos eléctricos y electrónicos utilizados para el diseño e implementación del prototipo, así como también a la realización del documento escrito.

En la tabla 3.1 se detalla el costo de cada uno los componentes usados en este proyecto.

**Tabla 3.1 Costo de los elementos del proyecto**

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario(\$)</b>	<b>Valor Total(\$)</b>
1	ELECTRODOS	12	1,00	12,00
2	AMPLIFICADORES DE INSTRUMENTACIÓN	4	11,50	46,00
3	AMPLIFICADORES OPERACIONALES	6	0,80	4,80
4	TARJETA DE ADQUISICIÓN	1	300,00	300,00
5	CABLES	6	10,00	50,00
6	RESISTENCIAS	20	0,03	0,60
7	CONDENSADORES	20	0,25	5,00
8	CIRCUITO IMPRESO	2	30,00	60,00
9	ESTAÑO	5m	0,30	1,50
10	FUENTE DE +/- 15V	1	40,00	40,00
			<b>TOTAL:</b>	519,90

Para la documentación, que consta de la realización y corrección del escrito, se incurrieron en los gastos que constan en la tabla 3.2.

**Tabla 3.2 Costo de la documentación**

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>N de Correcciones</b>	<b>Valor Unitario (\$)</b>	<b>Valor Total (\$)</b>
<b>1</b>	<b>Capítulo 1</b>	<b>2</b>	<b>0,10</b>	<b>7,20</b>
<b>2</b>	<b>Capítulo 2</b>	<b>2</b>	<b>0,10</b>	<b>5,20</b>
<b>3</b>	<b>Capítulo 3</b>	<b>2</b>	<b>0,10</b>	<b>4,00</b>
<b>4</b>	<b>Capítulo 4</b>	<b>2</b>	<b>0,10</b>	<b>4,00</b>
<b>5</b>	<b>Anillados</b>	<b>2</b>	<b>1,50</b>	<b>3,00</b>
<b>6</b>	<b>Empastados</b>	<b>2</b>	<b>10,00</b>	<b>20,00</b>
<b>Total</b>				<b>43,40</b>

El costo neto de los componentes adquiridos para este proyecto es de 519,90/100 dólares americanos. Para conocer el costo total del proyecto, se debe añadir el rubro de la mano de obra de ingeniería y montaje del proyecto.

Aún, cuando no existe una regla definida para la estimación del costo del software y de la ingeniería se aplica la regla de Cocomo. Dicha regla establece la siguiente expresión:

$$\text{Costo (USD)} = K * \text{No horas persona} \quad (\text{EC.3.1})$$

Siendo:

K = Valor hora profesional en USD, estimado en 5.00 USD

Para calcular el costo de la mano de obra del montaje e instalaciones eléctricas, se utiliza el mismo criterio, pero asignando a K un valor de 3.00 USD.

En la tabla 3.3, se detalla el costo de la mano de obra del proyecto, considerando que para el rubro de ingeniería intervienen dos personas con una carga laboral neta de 30 días y 5 horas diarias.

Para el montaje e instalaciones eléctricas se calcula con dos personas, con una carga laboral de 4 días y 5 horas diarias.

**Tabla 3.3 Costo de la mano de obra del proyecto**

<b>ÍTEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>K (USD)</b>	<b>NO.HORAS HOMBRE</b>	<b>SUBTOTAL (USD)</b>
1	Ingeniería del proyecto	5.00	300.00	1.500.00
2	Montaje e instalaciones eléctricas	3.00	40.00	120.00
<b>TOTAL:</b>				<b>1.620.00</b>

Por lo tanto, el costo total del proyecto es la suma de los rubros de los componentes y de la mano de obra, obteniendo la cantidad de **2183,30 /100** dólares americanos.

### **3.5 ALCANCES Y LIMITACIONES**

Una vez que ha sido puesto en funcionamiento el prototipo del electrooculograma se obtienen los siguientes alcances y limitaciones:

#### **3.5.1 Limitaciones**

- La adquisición de los potenciales eléctricos producidos por el ojo humano no se podrán cuantificar a través de este sistema, debido a que el objetivo del mismo es únicamente la obtención de dichas señales el análisis por su presencia mas no por su valor.
- El programa desarrollado en LABView únicamente se podrá aplicar cuando las señales del EOG se encuentren en los rangos especificados en la interfaz del programa.

- El circuito de filtrado y acondicionamiento de la señal del EOG se podrá utilizar únicamente cuando los electrodos estén bien referenciados y colocados.
- El ajuste del sistema de acondicionamiento a través de los potenciómetros es necesario, debido a las interferencias de potenciales que existen al contacto del electrodo y la piel.
- El área de trabajo, al igual que las instrucciones para la programación del brazo robótico, son limitadas, por lo que este tipo de robot se usa a nivel educativo.
- Los ejes no pueden ser manipulados de forma separada de tal manera que se pueda controlar gradualmente sus movimientos.

### **3.5.2 Alcances**

- Se puede modificar el programa de monitoreo, para que al poseer un robot más robusto, en cuanto a las instrucciones de programación, cada movimiento ocular pueda controlar la acción de los ejes independientemente y no de forma secuencial como se realizó en este proyecto.
- El proyecto se desarrolló de manera que la parte física del mismo no necesite de ninguna adecuación para su funcionamiento, ya que cualquier modificación para el uso de este sistema en el control de otra aplicación diferente a la realizada, sea únicamente en el software y en la tarjeta de adquisición.

## CAPÍTULO IV

Una vez finalizado el presente trabajo de " Diseño e implementación de una interfaz ocular para el control de movimiento del brazo robótico SCORBOT ER-4u", se obtuvieron las conclusiones y recomendaciones que se detallan a continuación.

### 4.1 CONCLUSIONES

- La posibilidad de captar señales biológicas y convertirlas en señales eléctricas fue la base para el desarrollo del proyecto, ya que de acuerdo a su intensidad se puede ejecutar diversos movimientos del brazo robotico.
- La electrooculografia EOG consiste en detectar la diferencia de potencial que se genera alrededor del ojo, cuando existe algún movimiento del mismo.
- Al visualizar los picos de tensión, en una primera experiencia, fue muy difícil distinguir entre parpadeos voluntarios e involuntarios, ya que sus amplitudes difieren entre sí en alrededor de 0.2V.
- Las interferencias originadas en los potenciales de contacto electrodo-piel son uno de los mayores problemas en el uso de las señales para el EOG.
- La señal del EOG es amplificada por un amplificador de instrumentación, el cual debe poseer una ganancia tal que él mismo no se sature debido a la componente continua, en caso de que esto ocurra existirá una pérdida de información.
- Gracias a las operaciones matemáticas realizadas por el software y el reajuste continuo de la señal, mediante la resta de la componente continua de la misma, es posible determinar la posición del ojo con respecto a cada variación de potencial producido por el movimiento de los mismos.
- La tensión del EOG cambia súbitamente su valor por cada movimiento ocular detectado, no siempre con la misma duración ya que esto depende de la reacción de cada persona.

- El movimiento sacádico se produce cuando ocurre un movimiento muy rápido de los ojos con el fin de adquirir un blanco determinado, produciendo la señal eléctrica que se asocia al movimiento ocular.
- El ajuste a través de un amplificador sumador es necesario debido a que el potencial existente en cada persona es diferente, al igual que la posición de los electrodos al momento de colocarlos, por este motivo al iniciar el sistema es indispensable un ajuste mediante los potenciómetros, lo que permite llevar los valores de voltaje obtenidos a valores de voltaje dentro del límite permisible.
- El filtrado de la señal adquirida a través de los electrodos se realizó mediante un filtro pasabajos activo, el mismo que permitió eliminar el ruido de la red y de otros factores presentes en el medio.
- El muestreo de la señal usando la DAQ es un factor muy importante, ya que mientras más muestras de la señal se tomen en determinado tiempo, la respuesta del sistema diseñado en software se vuelve más lenta porque se hace en tiempo real.
- El filtraje de la señal se la hizo de manera analógica; es decir, al mismo tiempo que la señal del ECG se recibía, en ese instante se filtraba, lo que permitió obtener un mejor resultado en la señal obtenida, ya que al digitalizar la misma existen pérdidas por muestreo y digitalización.
- El uso de optoacopladores permitió aislar la parte de control con la de potencia, básicamente para la protección de la DAQ que es mucho menos robusta que el controlador del brazo robótico.
- El uso de detectores de límites de la señal ingresada a la DAQ utilizados en la programación del software, permiten discriminar los movimientos oculares requeridos, el rango de estos límites se determinaron de manera experimental y a través de un redondeo.

## 4.2 RECOMENDACIONES

- El electrooculograma tiene que ser utilizado por lo menos por 20 minutos continuos, pues se estima que éste es el tiempo requerido para una sesión promedio.
- Los electrodos deben ser elegidos convenientemente a fin de minimizar costos de mantenimiento.
- Evitar cantidades de luz incidentes al ojo y contracción de músculos faciales.
- Limpiar la superficie de contacto de los electrodos en la piel, para favorecer la obtención de las señales eléctricas del movimiento ocular.
- Ajustar los potenciómetros en el transcurso de la operación y verificar siempre las alarmas de funcionamiento para un mejor desempeño.
- Cambiar los electrodos desechables cada 3 sesiones de operación, debido a las pérdidas de gel de los mismos, además de su adherencia.
- Evitar que el sujeto de prueba tenga contacto directo con conexiones eléctricas o a su vez se encuentre cargado de electricidad estática, ya que en este caso el sujeto podría recibir una descarga eléctrica en su ojo.
- Leer detenidamente el manual de operación antes de iniciar la operación del sistema, así se evitarán daños al equipo y lesiones al usuario.
- La tecnología adaptativa, mediante software y hardware especializados, puede permitir a personas con discapacidades motrices emplear los oculogramas para accionar herramientas con el movimiento de los ojos.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y ENLACES**

Intelitek Inc, "SCORBASE User Manual", Catalogo #100342, Manchester NH 03109-5317, Alemania, 2006.

Intelitek Inc, "RoboCell User Manual", Catalogo #100346-F, Manchester NH 03109-5317, Alemania, 2005.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Servomecanismo>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor\\_final\\_de\\_carrera](http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_final_de_carrera)

<http://es.wikipedia.org/wiki/Engranajes>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Encoder>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Eje\\_\(mec%C3%A1nica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Eje_(mec%C3%A1nica))

[http://www2.ing.puc.cl/~wwwicm/investigacion/proy\\_lc/brazo.html](http://www2.ing.puc.cl/~wwwicm/investigacion/proy_lc/brazo.html)

<http://ieeexplore.ieee.org/search/freeresult.jsp?history=yes&queryText=%28iee+729%29>

[http://www.intelitek.com/ProductDetails.asp?Product\\_ID=59&CategoryID=24&Industrial=yes&Education=yes&category\\_str\\_id=7;24](http://www.intelitek.com/ProductDetails.asp?Product_ID=59&CategoryID=24&Industrial=yes&Education=yes&category_str_id=7;24)

<http://sine.ni.com/nips/cds/print/p/lang/es/nid/14604>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Electrooculograma>

<http://www.intelitek.com>

<http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/079/html>

[http://www.datasheetcatalog.com/datasheets\\_pdf/A/D/6/2/AD620.shtml](http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/A/D/6/2/AD620.shtml)

[http://www.datasheetcatalog.com/datasheets\\_pdf/L/M/7/4/LM741.shtml](http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/L/M/7/4/LM741.shtml)

[http://www.datasheetcatalog.com/datasheets\\_pdf/4/N/2/5/4N25.shtml](http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/4/N/2/5/4N25.shtml)

## **ANEXOS**

**ANEXO A: PROGRAMAS DESARROLLADOS**

**PROGRAMA PARA EL CONTROL DEL BRAZO ROBOTICO**

**ANEXO B: ESPECIFICACIONES DEL CONTROLADOR DEL BRAZO  
ROBOTICO**

**ESPECIFICACIONES DEL BRAZO ROBOTICO**

**ANEXO C: HOJAS DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

**ANEXO D: MANUAL DE OPERACION**

# **ANEXO A**

- **PROGRAMA DEL BRAZO ROBOTICO EN EL SOFTWARE SCORBASE**

START:

Comentario: INICIO

Si Entrada 1 On salta a PARP

Si Entrada 2 On salta a UP

Si Entrada 3 On salta a DOWN

Si Entrada 4 On salta a RIGHT

Si Entrada 5 On salta a LEFT

Salta a START

UP:

Ir a la Posicion 4 velocid. 2

Mordaza 65 ( mm )

Espere 5 (10cent. de segundo)

Salta a START

DOWN:

Ir a la Posicion 5 velocid. 2

Espere 5 (10cent. de segundo)

Cerrar Pinza

Salta a START

PARP:

Ir a la Posicion 1 velocid. 4

Cerrar Pinza

Espere 5 (10cent. de segundo)

Salta a START

LEFT:

Ir a la Posicion 3 velocid. 5

Abrir Pinza

Salta a START

RIGHT:

Ir a la Posicion 2 velocid. 5

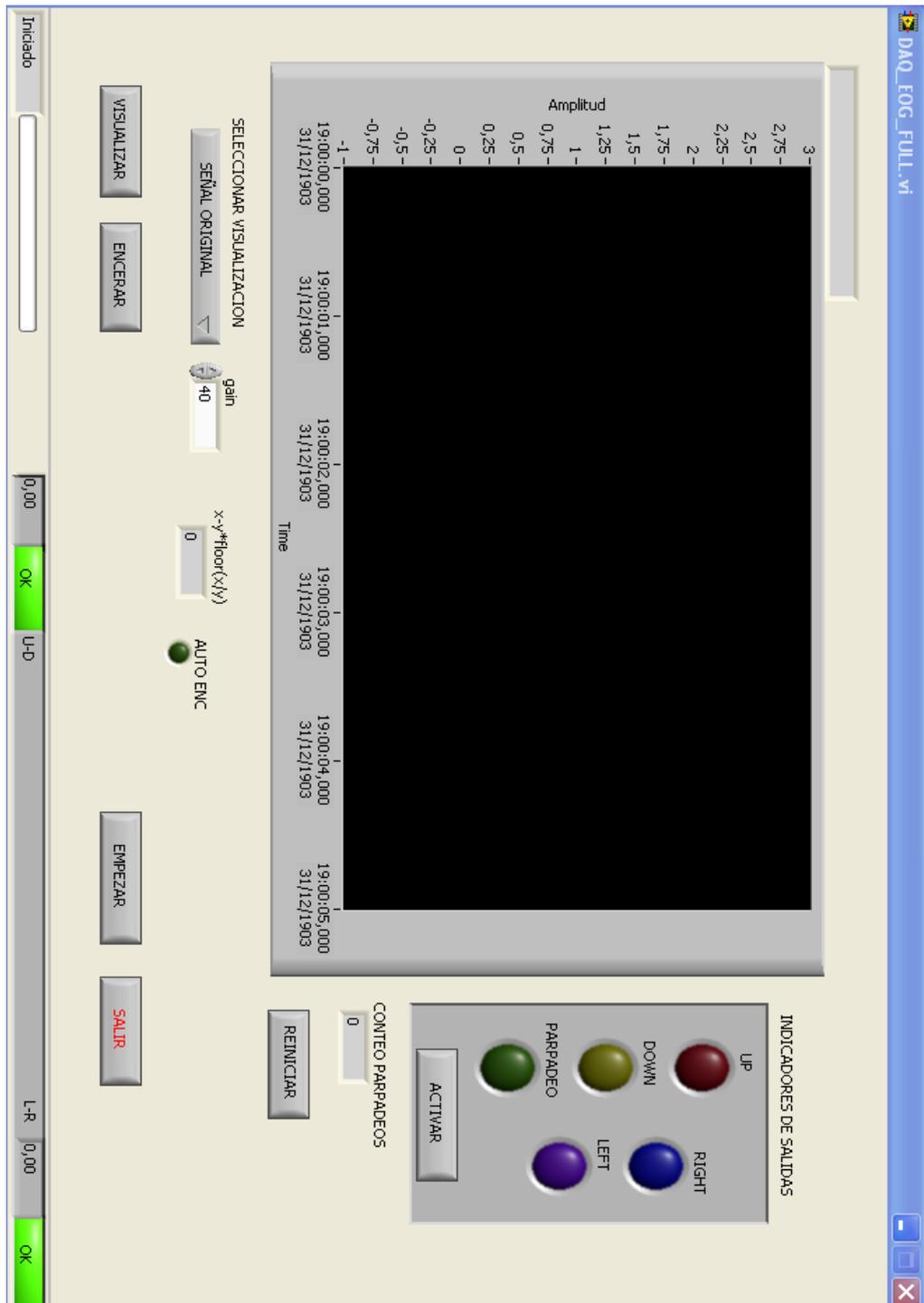
Cerrar Pinza

Salta a START

End

- PROGRAMA PARA A SUPERVISION DE MOVIMIENTOS EN EL SOFTWARE LABView

## PANEL FRONTAL





# **ANEXO B**

## • ESPECIFICACIONES DEL CONTROLADOR DEL BRAZO ROBOTICO

Contralor-USB	
Tipo de control	<ul style="list-style-type: none"> <li>en tiempo real; PID; PWM</li> </ul>
Servo eje conductores	<ul style="list-style-type: none"> <li>6 de robot</li> <li>2 de periféricos</li> </ul>
Ruta de control	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mixto</li> <li>Lineal</li> <li>Circular</li> </ul>
Control de la velocidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>10 velocidades</li> <li>El tiempo de viaje definiciones</li> </ul>
Parámetros de control	<ul style="list-style-type: none"> <li>160 accesible al usuario los parámetros</li> <li>Servo control PID, la velocidad, perfil de velocidad, suavizado; eje error de posición; operación de pinza; térmico, impacto, límite de la protección; homing; cartesiano cálculos.</li> </ul>
Requisitos de alimentación	<ul style="list-style-type: none"> <li>110/220 VAC, 50/60 Hz, 180W máx.</li> </ul>
Interna fuentes de alimentación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Servo: 24 V (dependiendo de la tensión de entrada y de carga)</li> <li>Digital: 5V, +15 V,-12V</li> </ul>
Microcontroladores	<ul style="list-style-type: none"> <li>una gama completa de opciones, NEC V853 RISC de 32 bits microcontrolador</li> </ul>
Comunicación	<ul style="list-style-type: none"> <li>USB tipo A cable de conexión a PC</li> <li>Plug y el juego sin reiniciar</li> <li>2 integrado RS232 canales: uno para enseñar colgante, un controlador de tarjeta I / O</li> </ul>
Entradas	<ul style="list-style-type: none"> <li>8 entradas digitales: 24 V max., Alta / baja configurable</li> <li>4 entradas analógicas: 8-bit; tensión de entrada 0-10V</li> </ul>
Productos	<ul style="list-style-type: none"> <li>8 salidas digitales: 24 V max., 4 relés, 4 colectores abiertos, sumidero / fuente configurable</li> <li>2 salidas analógicas: 8 bits, y la salida de voltaje 0-10V</li> </ul>
Usuario fuente de alimentación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dos terminales de +12 V CC, para la conexión remota de interruptores, sensores, etc</li> </ul>
Programación	<ul style="list-style-type: none"> <li>SCORBASE para Contralor-USB software</li> <li>RoboCell para Contralor-USB software de simulación 3D (opcional)</li> <li>Enseñe colgante para Contralor-USB (opcional)</li> </ul>
Posición definición	<ul style="list-style-type: none"> <li>coordenadas XYZ</li> <li>Conjunto de coordenadas (grados)</li> <li>Codificador cuenta</li> <li>posiciones absolutas y relativas</li> </ul>
LED indicadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>principal del poder, alternando los colores: el poder y la comunicación con el PC (verde), y no sobre el poder comunicarse con los PC (naranja)</li> <li>entradas digitales / salidas digitales</li> <li>Emergencia</li> </ul>
Peso	<ul style="list-style-type: none"> <li>7 kg (15,4 lb)</li> </ul>
Dimensiones	<ul style="list-style-type: none"> <li>L = 315 mm; W = 223,5 mm, H = 117 mm</li> <li>(L = 12,4 °, W = 8,8°, H = 4,6 °)</li> </ul>
Temperatura de funcionamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 ° - 40 ° C (36 ° - 104 ° F)</li> </ul>
Características de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Certificado CE de seguridad de cumplimiento</li> <li>interruptor de emergencia en el panel frontal del controlador</li> <li>Protección contra cortocircuitos</li> <li>cierre automático después de la detección de sobrecalentamiento, PC fracaso, error de comunicación, el impacto</li> </ul>

CARACTERÍSTICAS	
<b>Posición de grabación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las posiciones se pueden grabar tanto en línea como fuera de línea.</li> <li>Posiciones puede ser absoluta o relativa.</li> <li>Las coordenadas de posición puede ser para el brazo robot, ejes periféricos, o ambos.</li> <li>Número ilimitado de posiciones pueden ser grabadas</li> <li>El usuario puede mover manualmente a la ubicación deseada robot y controlador de instrucciones para registrar posición.</li> <li>El usuario puede introducir las coordenadas XYZ de posiciones.</li> <li>Posición lista muestra todas las posiciones registradas y sus coordenadas. Las diferentes opciones de visualización permite a los usuarios organizar y mostrar los datos de la posición en un formato fácil de entender.</li> <li>Posiciones registrada por enseñar colgante son automáticamente reconocidos por SCORBASE.</li> </ul>
<b>Manual de control de robot y periféricos ejes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Movimiento de las articulaciones y en coordenadas cartesianas y velocidades seleccionables</li> <li>Control de la circulación desde el cuadro de diálogo, teclado y enseñar colgante</li> <li>Imagen gráfica del robot; usuario hace clic sobre las flechas para mover el eje robot ejes.</li> </ul>
<b>Programa de ejecución</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los programas se pueden ejecutar tanto en línea como fuera de línea.</li> <li>Opciones para ejecutar un comando, de un solo ciclo o ciclo continuo.</li> <li>Mando actualmente en ejecución se pone de relieve en la ventana del programa.</li> <li>Ejecutar, pausar, reanudar y abortar el programa disponible en todo momento.</li> </ul>
<b>En tiempo real los datos de visualización</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>en tiempo real, visualización continua de las posiciones del robot y periféricos (codificador de los valores y las coordenadas XYZ) y la I / Os</li> <li>en tiempo real, visualización continua de casa cambia la situación, conjuntos ángulos, mando valor (PWM) y el error de posición</li> <li>Dinámica de los gráficos presentes codificador valores, el valor de mando (PWM) y el error de posición</li> </ul>
<b>Sistema abierto: la integración y el apoyo a los componentes workcell</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La plena integración ViewFlex máquina con sistema de visión, lo que permite robot orientación y control de la calidad de las aplicaciones</li> <li>La plena integración con el sistema automatizado de soldadura MIG</li> <li>Soporta la programación y el control de dos ejes servo periféricas</li> <li>Monitores y controles de E / S digital dispositivos</li> <li>Monitores y controles analógicos de E / S de dispositivos</li> <li>El usuario puede simular las entradas y salida de la condición de programa de pruebas fuera de línea.</li> <li>API de software de utilidad es que permite a los de C / C ++ para la interfaz de programación de controlador</li> </ul>
<b>Parámetros de manipulación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>160 accesible al usuario los parámetros, entre ellos: servo control PID, la velocidad, la velocidad de perfil; eje error de posición; operación de pinza; térmico, impacto, límite de la protección; homing; cartesiano cálculos</li> <li>Parámetros de las tablas pueden ser fácilmente vistos y manipulados; incluir descripciones detalladas</li> <li>Los parámetros pueden ser guardados y optimizado para diferentes funciones (por ejemplo, aprovechar al máximo la velocidad, la carga útil, la exactitud)</li> <li>Programa de comando se puede utilizar para modificar un valor de parámetro durante la ejecución del programa</li> <li>Programa de comando permite la selección y la activación de un conjunto de parámetros predefinidos durante la ejecución del programa</li> </ul>
<b>Interfaz de usuario</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Industrial funciones en una interfaz intuitiva diseñada para entornos de formación</li> <li>3 modos de funcionamiento: En <b>línea</b>: SCORBASE se comunica con el controlador. El robot, periféricas y ejes I / Os ejecutar todos los comandos. <b>Offline</b>: SCORBASE no se comunica con el controlador, a pesar de que se pueden conectar; ejes no se mueven; I / Os no se enciende, pero diferentes de E / S de los estados pueden ser Simulada por el usuario (útil para probar y depurar programas). <b>Simulación</b>: SCORBASE se comunica con software de simulación RoboCell, que ejecuta todos los comandos SCORBASE</li> <li>Varios niveles operativos, cada uno con cada vez más funciones de programación y operaciones, novatos y avanzados permiten a los usuarios trabajar en entornos en los que mejor se adapte a su nivel de conocimientos.</li> <li>Los usuarios pueden cambiar los niveles sin salir o volver a escribir los proyectos de software</li> <li>Icono de barras de herramientas usadas y de las operaciones</li> <li>predefinidas y el usuario puede configurar la pantalla de diseños</li> <li>Los programas y las posiciones se pueden guardar y cargar por separado o en conjunto</li> <li>Programas, posiciones y configuraciones gráficas de células se crean y almacenan como un "proyecto", los usuarios pueden abrir, ver y guardar los datos conexos en un solo clic del ratón</li> <li>Completa ayuda en línea</li> <li>Demostración de proyectos</li> <li>Impresión de los programas y posiciones</li> <li>Vista preliminar e impresión en 3D funciones de las células y configuraciones dinámicas gráficos</li> </ul>

<b>Idioma de la interfaz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inglés, español, portugués, alemán, coreano, vietnamita, polaco.</li> <li>• ¿Puede ser fácilmente traducidos a cualquier idioma de usuario</li> </ul>
<b>Programa de edición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Más de 40 comandos fácilmente seleccionados a través de los iconos, atajos de teclado y mando lista.</li> <li>• Command lista muestra todos los comandos disponibles SCORBASE agrupados por funcionalidad.</li> <li>• Un comando generador de caracteres calcula y enseña todas las posiciones necesarias para la producción de cualquier cadena de texto; robótico utilizado en la escritura, la pintura y la soldadura aplicaciones.</li> <li>• cuadros de diálogo de todos los comandos para incluir indicaciones y opciones para garantizar la correcta y completa sintaxis durante la edición de programas</li> <li>• Número ilimitado de programas pueden abrir y visualizar simultáneamente.</li> <li>• Número ilimitado de las líneas de programa</li> <li>• funciones estándar de Windows para la edición de programas (por ejemplo, cortar, copiar, pegar, encontrar).</li> </ul>
<b>REQUISITOS DE COMPUTADORAS</b>	
<b>Actual versión del software</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4.9.5</li> </ul>
<b>Notas de la versión</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enero 2004</li> <li>• pinzas pueden ahora cerca de los objetos más finos que los 4mm, y efectuar objeto de medición</li> <li>• Conjunto de XYZ y el movimiento manual de la configuración de permanecer en efecto si el cambio de cuadros de diálogo</li> <li>• idioma polaco interfaz añadido</li> <li>• Soporte total de e-learning</li> <li>• Varias correcciones de errores y mejoras en la interfaz de usuario</li> </ul>
<b>Requisitos del PC</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pentium II a 350 MHz, 64 MB de RAM, 100 MB disponibles en el disco duro, puerto USB, unidad de CD-ROM o acceso a la red para la instalación</li> <li>• Requisitos recomendados PC: Pentium III 600 Mhz, 128 MB de RAM, 100 MB disponibles en el disco duro, puerto USB, unidad de CD-ROM o acceso a la red para la instalación</li> <li>• Sistema operativo: Windows 98/2000/XP</li> </ul>

• **DESCRIPCIONES DEL BRAZO ROBOTICO SCORBOT ER-4u**

<b>ESPECIFICACIONES</b>	
<b>Estructura mecánica</b>	• verticalmente articulado
<b>Grados de libertad</b>	• 5 ejes de rotación + pinza
<b>Capacidad de carga útil</b>	• 2,1 kg (4,6 libras)
<b>Eje Rango</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eje 1: Base de rotación: 310 °</li> <li>• Eje 2: Hombro rotación: +130 ° / -35 °</li> <li>• Eje 3: codos de rotación: ± 130 °</li> <li>• Eje 4: la muñeca de tono: ± 130 °</li> <li>• Eje 5: rolo de la muñeca: Ilimitado (mecánica); ± 570 ° (eléctricamente)</li> </ul>
<b>Reach</b>	• 610mm (24 ") fin de pinza
<b>Velocidad</b>	• 700 mm / seg (27,6 "/ seg)
<b>Norma de pinzas</b>	• servo motor, paralelo dedos
<b>Apertura de pinzas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 75 mm (3 ") , sin pastillas</li> <li>• 65 mm (2,6 ") con almohadillas</li> </ul>
<b>Repetibilidad</b>	• ± 0,18 mm (0,007 ")
<b>Comentarios</b>	• Alta resolución codificador óptico incremental en cada eje y pinzas
<b>Homing</b>	• Microinterruptor casa sobre cada eje
<b>Actuadores</b>	• 12 VDC servo motor en todos los ejes y pinzas
<b>Transmisión</b>	• Caja de cambios, el calendario cinturones, plomo tornillo
<b>Peso</b>	• 10,8 kg (23,8 lb)
<b>Ambiente, la temperatura de funcionamiento</b>	• 2 ° - 40 ° C (36 ° - 104 ° F)
<b>Características adicionales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rodamientos de apoyo en todos los ejes</li> <li>• Anti-reacción sobre la base de sistema de cómputo eje</li> <li>• Robot se conecta a través de controlador único de 50-pin cable</li> <li>• Capacidades integradas de neumáticos de cableado permite la utilización de neumáticos efectores finales</li> </ul>

# **ANEXO C**

# **ANEXO D**

## MANUAL DE OPERACION

1. Asegúrese de hacer un reconocimiento general de las partes que forman el módulo del EOG antes de comenzar a usarlo.
2. La instalación del dispositivo se debe realizar siguiendo los pasos descritos a continuación:
  - Asegurarse de que el módulo del EOG no esté en lugares donde pueda estar en contacto con el agua u otros elementos que puedan ocasionar un corto circuito.
  - Evite colocar el equipo alrededor de dispositivos que emitan o reciban señales de radio frecuencia tales como celulares, equipos de radio comunicación, etc.
  - Revise que las entradas y salidas del módulo del EOG implementado se conecten correctamente con sus correspondientes en la DAQ.
3. Preparación antes de entrar en operación:
  - Verifique que las polaridades de alimentación esté bien conectadas.
  - Asegurarse de que la fuente tenga fijado los valores de voltaje que son +/- 12Vcd.
4. Cuidados durante la operación:
  - Vigile el HMI y al sujeto de prueba para localizar y actuar en caso de cualquier tipo de anomalía que pueda presentarse.
  - Cerciórese que el sujeto de prueba no tenga contacto con el equipo y/o ningún otro dispositivo eléctrico.
5. Cuidados después del uso:
  - Apague el equipo de forma adecuada.
  - Despegue los electrodos que se encuentran en el sujeto de prueba.
  - Mantenga el aparato limpio y listo para operar en otra ocasión.
6. Reporte cualquier problema del dispositivo al personal encargado.

## PREPARACION DEL EOG

1. Tener preparado el siguiente material:
  - Cinco cables
    - 2 cables para el movimiento vertical (White: UP, Red: DOWN).
    - 2 cables para el movimiento horizontal (Green: RIGHT, Brown: LEFT).
    - 1 cables de referencia (Black: GND).
  - Cinco electrodos desechables para los extremos de cada cable.
  - Una tarjeta NI - USB 6008.
  - Un computador con LABView 8.5 y el software desarrollado para el EOG.
  - Una fuente de alimentación para el módulo.
  - Alcohol antiséptico.
2. Hablar con el sujeto de prueba
  - Presentarse al mismo.
  - Informarle de manera rápida sobre qué es y para qué sirve un EOG, además de cómo deberá actuar en el proceso de ejecución de movimientos.
  - Pedirle su colaboración.
3. Evitar interferencias
  - Desconectar aparatos eléctricos cercanos al sujeto de prueba (evitando interferencias).
  - Evitar al sujeto de prueba ruidos molestos y cualquier distracción.
  - Asegurarnos de que el sujeto de prueba se siente seguro, cómodo y relajado.
4. Posicionar al sujeto de prueba
  - Recomendar que evite realizar movimientos oculares involuntarios bruscos.
  - Posicionar al sujeto de prueba delante del brazo robótico, de tal manera que al sentarse se encuentre cómodo y visualizando un punto de referencia o reposo.

## REALIZANDO EL EOG

1. Colocar los 5 electrodos con sus cables alrededor del ojo (ver anexo 1, figura 1).
  - Negro (Centro de la frente).
  - Blanco (Recto superior).
  - Rojo (Recto inferior).
  - Verde (Recto externo).
  - Café (Recto Interno).
  - Para captar de mejor manera los potenciales eléctricos a través de los electrodos es recomendable limpiar con alcohol la superficie donde estos van a ser colocados.
  - Evitar que los cables queden tirantes o enrollados.
  - La intensidad luminosa no debe causar molestias a la persona, así se evitarán movimientos oculares involuntarios.
2. Encender el módulo del EOG y correr el programa en LABView 8.5 para la visualización en la computadora:
  - Tomar en cuenta que una vez ejecutado el programa para la visualización del EOG en LABView se dispondrá de botones de control para iniciar la adquisición.
  - Examine que la señal obtenida del EOG trabaje de manera apropiada; es decir, que las alarmas no se encuentren activadas, caso contrario se deberá ajustar el potenciómetro del módulo hasta verificar que la alarma ha sido desactivada.

En presencia de interferencia en el EOG, verificar:

- Que el sujeto de prueba no esté nervioso (ayudarle para que se relaje).
- Si la posición y contacto de los electrodos es el adecuado.
- Que los cables no estén tirantes ni muy enrollados entre sí.
- Que no interfieran objetos electrónicos sobre el sujeto de prueba.

Para disminuir el nerviosismo se recomienda:

- Pedir al sujeto de prueba que cierre los ojos durante 30 segundos, que se relaje y que respire normalmente.
- Permitirle también que realice movimientos de estiramiento corporal para favorecer la relajación.

3. Errores en la visualización del EOG:

- Colocar invertidos los cables horizontales o verticales produce el cambio de polaridad de la onda obtenida, en este caso se deberá intercambiar la posición y conexión de los cables al electrodo.
- El exceso de gel conductor en el área produce que el electrodo no tenga un buen contacto con la piel, por lo cual se obtendrá interferencia.

**ELABORADO POR:**

---

Mullo Panoluisa Francisco Germán

---

Vega Criollo William Omar

**EL DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN  
ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN**

---

Ing. Armando Álvarez Salazar

**EL JEFE DE LA UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTRO DE LA  
ESPE SEDE LATACUNGA**

---

Dr. Eduardo Vásquez Alcázar