

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN TECNOLÓGICA EN ELECTRICIDAD,
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
CARRERA DE LICENCIATURA EN CONTROLES INDUSTRIALES

IIINFORME DE PROYECTO DE GRADO: «GUÍA DE LABORATORIO DEL
BRAZO ROBOT SCORBOT-ER 4u», PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE LICENCIADO EN CONTROLES INDUSTRIALES.

Autor:

Camilo David Arellano Arroba

Guayaquil – Ecuador
27 de julio de 2009

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Msc. Washington Enriquez Machado
Presidente

Msc. Eloy Moncayo Triviño
Director de Tesis

Tecnlg. Edmundo Durán Lamota
Vocal Principal

Dedicatoria:

A mi amada esposa, quien con su apoyo permanente me ha impulsado a culminar esta laboriosa preparación profesional.

DECLARACIÓN EXPRESA

«La responsabilidad del contenido de este Trabajo Final de Graduación, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral».

Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL

Camilo David Arellano Arroba

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES	1
Antecedentes	1
Definición del proyecto	2
Objetivos	2
Justificación	2
Metodología	3
CAPÍTULO II: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA SCORBOT	4
Características del brazo robot	4
Características del Controlador-USB	8
Características de los accesorios	10
Ambiente de programación	14
Seguridad	15
CAPÍTULO III: GUÍAS DE LABORATORIO	16
Introducción al ambiente de programación	16
Movimientos del brazo robot mediante comandos	21
Sistemas de coordenadas	25
Base lineal de 1m	30
Tabla de experimentos	33
Banda transportadora	35
Mesa giratoria	39
Entradas y salidas análogas	41
Sistema neumático	46
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
BIBLIOGRAFÍA	50

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de grado ha sido desarrollado por la necesidad de tener un prontuario para la utilización del brazo robot Scorbot-ER 4u en las prácticas de laboratorio de robots manipuladores. Para ello, se ha dividido el informe de este proyecto en tres capítulos.

En el primer capítulo se verá todo lo relacionado a los aspectos generales relacionados con la presentación de una tesis o proyecto de grado. Es decir, los antecedentes, la definición del proyecto, los objetivos, justificación y la metodología que utilicé para desarrollarlo.

En el capítulo dos trataremos las características de todo el sistema Scorbot. Esto es, las condiciones físicas, ambientales, eléctricas, para una óptima operación del brazo robot, del Controlador-USB, y de los accesorio. También se proporcionará de manera rápida el ambiente de programación del sistema Scorbot y las precauciones a considerar.

Para finalizar, en el último capítulo, se presentará ejercicios prácticos de programación, a fin de utilizar el brazo robot y todos sus accesorios.

Deseo aclarar que he asumido que los estudiantes o investigadores que usen este material gozan de conocimientos fundamentales de matemáticas, física, electrónica, instrumentación, control, neumática, y programación.

Espero que este esfuerzo de investigación y dedicación sirva de ayuda a todos quienes deseen introducirse en el mundo de los robots manipuladores.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

I.1 Antecedentes

Durante la evolución de las máquinas industriales, el hombre se ha sentido fascinado por las maquinarias y dispositivos capaces de realizar actividades y movimientos de los seres vivos. De esta manera, hoy tenemos en muchas de las industrias del mundo, robots diseñados con particularidades humanas, como es el caso de los brazos robots.

Estos «equipos», por darle un calificativo, que en su tiempo fue un elemento de inspiración de la ciencia ficción, hoy es una realidad empleada en los procesos industriales con toda una infraestructura compleja, necesaria en conocer para todos quienes laboramos en el campo industrial.

Al involucrarse en la utilización de robots, uno de los aspectos importantes que hay que tomar en cuenta es «las leyes de la robótica¹», que se expresa de la siguiente manera:

1. Un robot no puede perjudicar a un ser humano, ni con su inacción permitir que un ser humano sufra daño.
2. Un robot ha de obedecer las órdenes recibidas de un ser humano, excepto si tales órdenes entran en conflicto con la primera ley.
3. Un robot debe proteger su propia existencia mientras tal protección no entre en conflicto con la primera y segunda ley.

Por otro lado, si se desea definir el concepto de robot industrial, la Federación Internacional de Robótica (FIR) lo determina de la siguiente manera: «Por robot industrial de manipulación se entiende a una máquina de manipulación automática,

¹ **BARRIENTOS, Antonio y otros.** *Fundamentos de robótica.* Madrid: España, 1997. p. 20

reprogramable y multifuncional con tres o más ejes que pueden posicionar y orientar materias, piezas, herramientas o dispositivos especiales para la ejecución de trabajos diversos en las diferentes etapas de la producción industrial, ya sea en una posición fija o de movimiento.»²

Ahora bien, debido a las necesidades de actualizarse y prepararse en el control de los procesos industriales, el PROTEL ha adquirido un brazo robot de la casa Intelitek Inc., modelo Scorbot-ER 4u, junto con algunos accesorios adicionales. Es la primera vez que esta unidad académica de tecnología cuenta con un equipo de esta naturaleza y no dispone de las guías necesarias para su oportuna utilización.

Mediante este proyecto se aspira contribuir con un material didáctico para el entrenamiento del Scorbot-ER 4u y sus accesorios.

I.2 Definición del proyecto

El proyecto se define como un aporte oportuno y aplicable para las prácticas de laboratorio con el brazo robot del Scorbot-ER 4u y sus accesorios.

I.3 Objetivos del proyecto

El objetivo general del proyecto es la elaboración de las guías para las prácticas del laboratorio con el brazo robot Scorbot-ER 4u.

Como **objetivos específicos** tenemos:

- Instalar y adecuar las computadoras para la operación del laboratorio de robótica.
- Grabar en un CD todas las guías y el material teórico para su respectiva utilización.
- Adecuar el brazo robot con sus accesorios para las prácticas.

I.4 Justificación del proyecto

Como se ha mencionado, el PROTEL no cuenta con un material didáctico y de aplicación para las sesiones de laboratorio de la materia robots manipuladores. Con la compra del brazo robot vinieron cuatro manuales que se menciona a continuación:

² IBID, p. 26

1. Scorbot-ER 4u. User Manual
2. Controller-USB. User Manual
3. SCORBASE. User Manual
4. RoboCell. User Manual

Todos ellos están en inglés y no detalla ni presenta ejemplos de aplicaciones industriales para la operación de un brazo robot, por lo que la oportunidad de contar con este valioso recurso de laboratorio y entrenamiento debe ser explotado al máximo.

A partir de este proyecto se dispondrá de un laboratorio y sus respectivas guías para el entrenamiento de los estudiantes del PROTEL en el área de la robótica.

I.5 Metodología

Para conseguir los objetivos de este proyecto fue necesario:

- Estudiar todos los manuales en inglés.
- Investigar información relacionada en libros e Internet.
- Instalar el brazo robot y sus accesorios en un laboratorio del PROTEL.
- Aprender mediante la experimentación los comandos del programa RoboCell.
- Desarrollar las guías de laboratorio que implica la manipulación del brazo robot y la aplicación de los periféricos.

CAPÍTULO II

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA ROBÓTICO SCORBOT

II.1 Características del brazo robot Scorbot-ER 4u



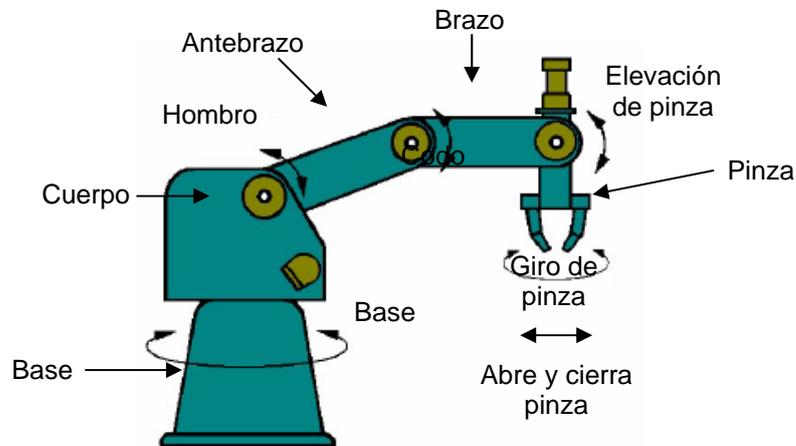
Este robot es una herramienta versátil para el aprendizaje. El modelo Scorbot-ER 4u ha sido utilizado como un recurso de introducción para los principiantes en la formación de los conocimientos de robótica. «Su estructura de carcasa abierta, su software fácil de programar y la posibilidad de controlar el robot de forma sencilla a través de una interfaz USB, convertirán en poco tiempo a sus estudiantes en unos expertos en el manejo de robots.»³

El Scorbot-ER 4u es robot articulado vertical, similar a un brazo, con 6 articulaciones para su movimiento, que se describen en la siguiente tabla:

No. del eje	Nombre articulación	Movimiento	No. del motor
1	Base	Rota el cuerpo	1
2	Hombro	Levanta y baja el ante brazo	2
3	Codo	Levanta y baja el brazo	3

³ http://www.christiani.es/product_info.php/products_id/5997

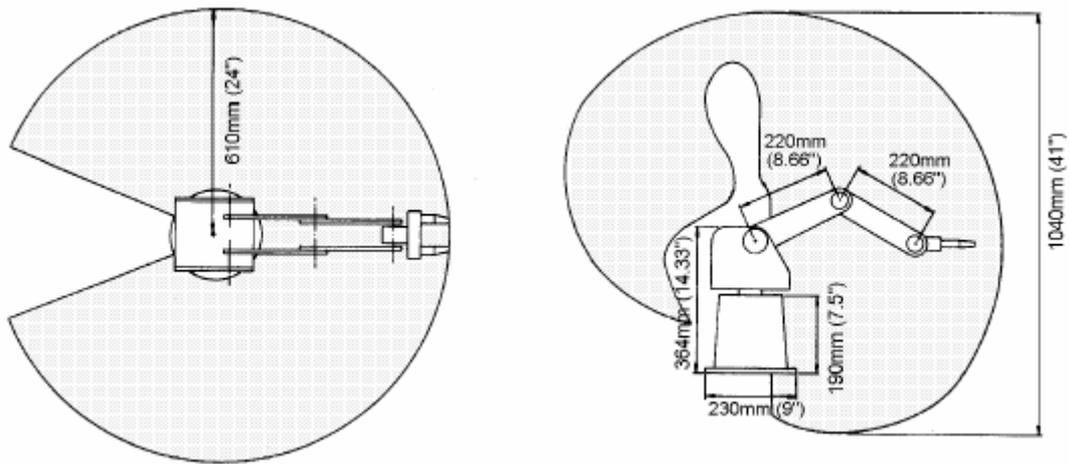
4	Elevación	Levanta y baja la pinza	4 + 5
5	Giro	Gira la pinza	4 + 5
6	Pinza	Abre y cierra la pinza	6



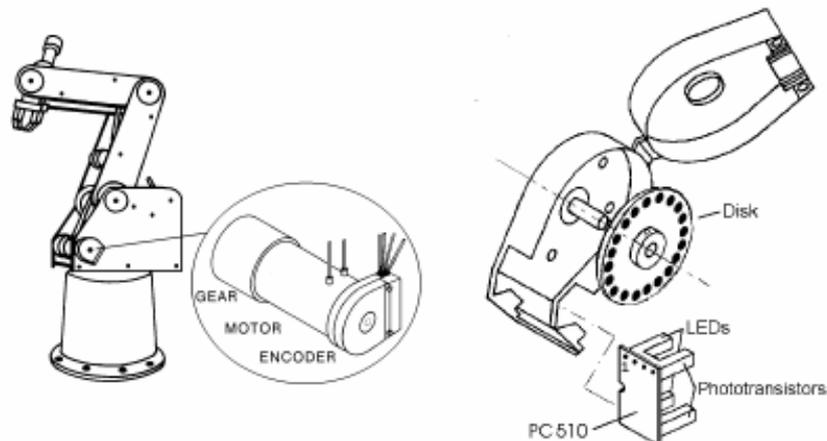
Las especificaciones técnicas del brazo robot Scorbot ER 4u son:

- Estructura mecánica: articulación vertical, carcasa abierta
- Número de ejes: 5 + pinza (se puede considerar 6 ejes)
- Capacidad de carga: 2.1 Kg.
- Movimiento de los ejes
 - Eje 1 (Base): 310°
 - Eje 2 (Brazo inferior): +130° / -35°
 - Eje 3 (Brazo superior): ±130°
 - Eje 4 (Elevación de pinza): ±130°
 - Eje 5 (Giro de pinza): ±570°
- Radio de alcance: 610mm (con pinza)
- Velocidad: 700 mm/sec
- Repetibilidad: +/- 0,18 mm
- Pinza: servo motor de cd, 2 pinzas paralelas
- Accionadores: 12 Vcd servo motor
- Transmisión: engranajes, correas, husillo madre
- Sistema información de posición: codificador óptico incremental
- Peso: 10,8 kg
- Temperatura de operación: 2° a 40° C

El brazo robot tiene un área de operación definida, sus dimensiones físicas no le permiten excederse fuera de esta área. La siguiente figura muestra sus dimensiones y área de operación vista de arriba y de frente.

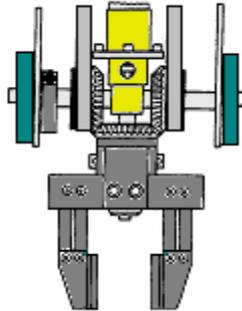


Los ejes del brazo robot son operados por servo motores cd, permitiendo girar en dos direcciones. Para conocer la localización de cada motor se dispone de un codificador (*encoder*) óptico para cada motor. Además, cuenta con cinco micro-interruptores a fin de identificar la posición de «inicio» (*home*) de cada eje.



El movimiento de la pinza es particular: Se desarrolla mediante los motores 4 y 5. Cuando estos motores funcionan en dirección opuesta se produce la elevación o bajada de la pinza. Si los motores 4 y 5 se conducen en la misma dirección, hace que la

pinza gire a favor o en contra las manecillas del reloj. El motor 6 produce que la pinza se abra o cierre; se encuentra en la parte superior de la pinza.



Precauciones de seguridad que hay que tener presente para operar con el brazo robot Scorbase ER-4u:

- Compruebe que la base del brazo robot esté debidamente asegurada en la mesa de operación.
- Asegúrese que el brazo robot tenga el debido espacio para moverse dependiendo a sus dimensiones.
- Es conveniente que el área de trabajo del brazo robot esté enmallada, o rodeada por una pared transparente, o debidamente marcada.
- No entre al área de operación del brazo robot cuando esté trabajando. Para esto, compruebe el Led indicador de motores de la parte frontal del Controlador-USB esté apagado.
- Sujétese el cabello o la ropa cuando trabaje con el brazo robot.
- No use el brazo robot fuera de sus características de operación: temperatura, ambiente, capacidad de carga, etc.
- No use la fuerza física para mover o detener el brazo robot mientras está energizado.
- Evite trabajar a la máxima velocidad. Una velocidad de 5 es recomendable.
- Detenga los movimientos del brazo robot cuando choca con un obstáculo.

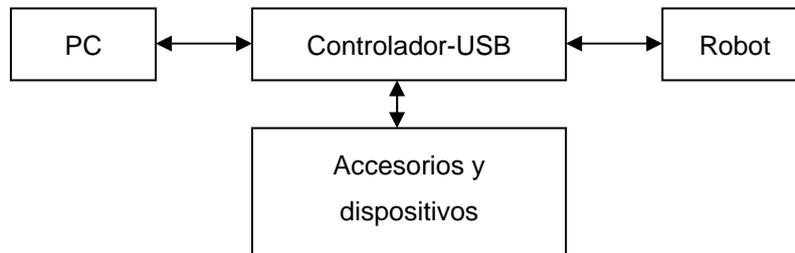
II.2 Características del Controlador-USB



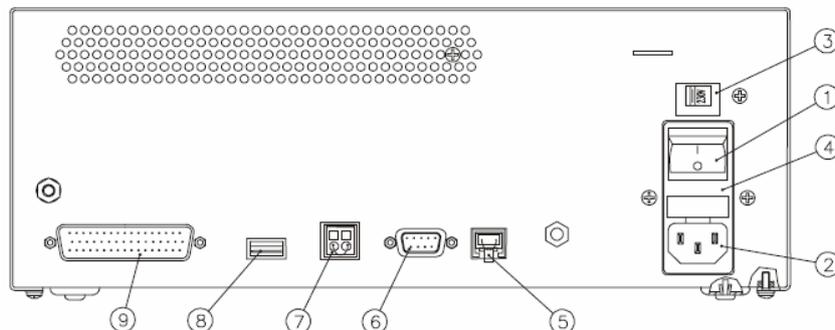
El Controlador-USB es parte del sistema robótico Scrobot, sirve para operar el brazo robot y los accesorios. Se lo conecta a un computador vía conector USB. Posee una fuente de alimentación que suministra los 24 Vcd para los motores del brazo robot, y dos conexiones adicionales, eje 7 y eje 8, para los motores de dos accesorios.

Además, posee puertos de entrada y salida, digital y análoga, para conectarse a accesorios adicionales como sensores, interruptores, actuadores, transmisores, etc.

El siguiente diagrama de bloques presenta la conexión del Controlador-USB:

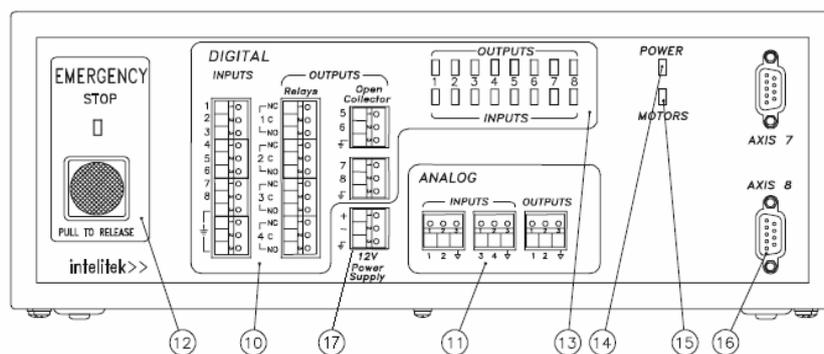


Disposición de partes del Controlador-USB



Identificación de la parte posterior	
1	Interruptor de energía
2	Alimentador 110/220 VAC
3	Selector del Voltaje de línea

4	Fusible de entrada AC (110V, 2A; 220V, 1A)
5	Conexión «Teach pendant»
6	Puerto RS232, para uso futuro
7	Conector de emergencia remota
8	Conector USB para el PC
9	Conector DB62 para el brazo robot



Identificación de la parte frontal	
10	Terminales de Entrada/Salida digital
11	Terminales de Entrada/Salida analógica
12	Botón de Emergencia y LED indicador
13	LED indicadores de las Entradas/Salidas digital
14	LED indicador de la potencia
15	LED indicador de motor
16	Conectores DB9 para los ejes 7 y 8
17	Voltaje de 12V auxiliar. 0.1 A máx.

Especificaciones técnicas del Controlador USB:

- Microcontrolador: NEC V853 RISC
- Interfaz: 1 USB
- Entradas/Salidas:
 - Digital: 8 entradas, 8 salidas (24 Vcd, 1,5 A máx)
 - Análoga: 4 entradas (0 a 10 V), 2 salidas (0 a 10 V, 20 mA máx)
- Control servo-eje: 8, tiempo real, PID, PWM
- Medidas seguridad
 - Interruptor emergencia
 - Protección cortocircuito
 - Auto-off tras detección impacto

- Sobrecalentamiento
- Error en PC o pérdida conexión
- Control de trayectoria: lineal, junta, circular
- Software programación: SCORBASE, simulación 3D RoboCell.
- Peso: 7 kg

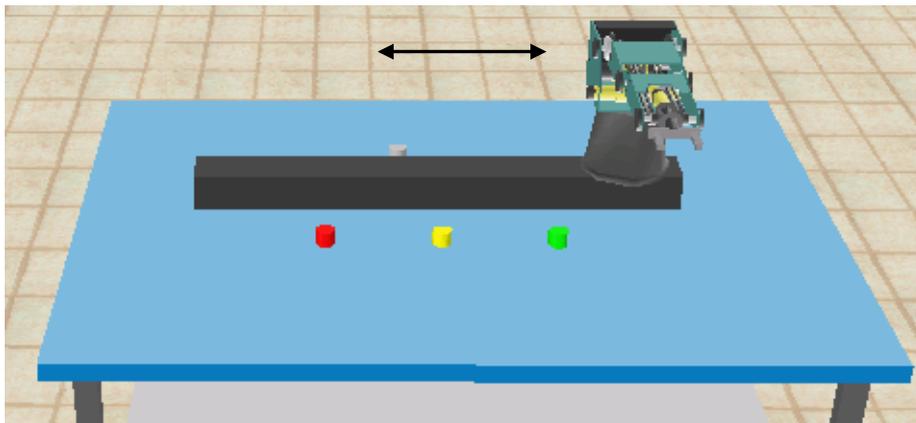
Algunas consideraciones de seguridad para operar con el Controlador-USB:

- No instale ni trabaje con el Controlador-USB fuera de sus características de operación: temperatura, ambiente, voltaje, corriente, etc.
- Apague el Controlador-USB antes de conectar alguna entrada o salida.
- Nunca conecte voltaje directamente de una fuente externa a las salidas de colector abierto. Utilice una carga de acuerdo a las especificaciones.

II.3 Características de los accesorios

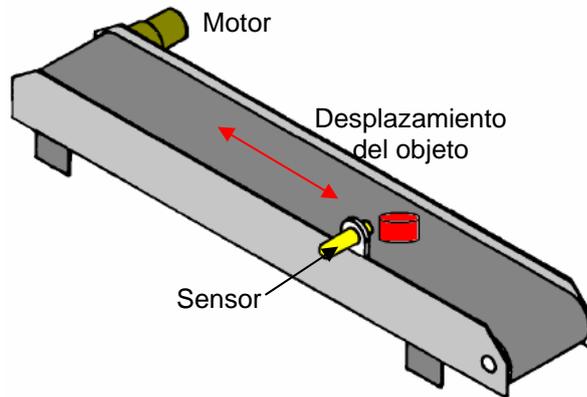
Base lineal de 1m

La base lineal de 1m es un dispositivo que permite ampliar el campo de acción del brazo robot. El brazo robot va montado sobre este accesorio. Tiene un cable de comunicación con conector DB9 que se conecta al eje 7 de entrada del Controlador USB a fin de manipular los motores que producen el desplazamiento horizontal del brazo.



Banda transportadora

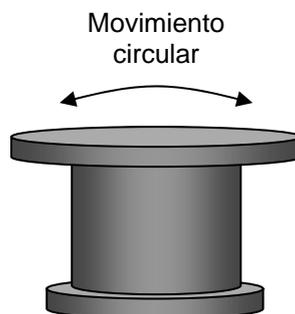
La banda transportadora es un accesorio que funciona por medio de un motor de 24 Vcd para desplazar objetos sobre ella. El movimiento lo puede realizar en ambas direcciones. Se lo puede conectar al eje 7 u 8 del Controlador-USB.



Cuando se usa la banda transportadora es recomendable operar junto con un sensor óptico para indicar que un objeto ha llegado a la posición deseada y pueda ser manipulado por el brazo robot. El sensor óptico se lo conecta a una de las entradas digitales del Controlador-USB.

Mesa giratoria

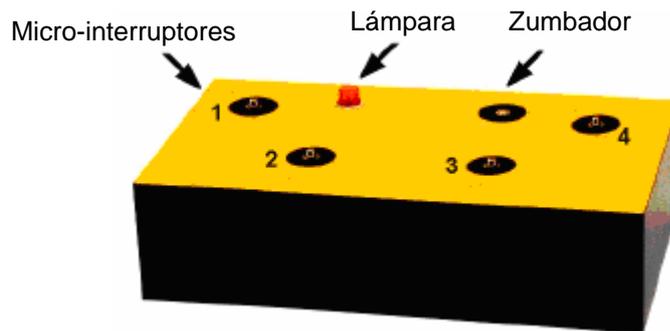
La mesa giratoria consiste en un disco que gira en ambas direcciones por medio de un motor de 24 Vcd. Se conecta a una de las entradas de los ejes (eje 7 o eje 8) del Controlador-USB. Para programar la mesa giratoria se emplea el mismo comando que la banda transportadora.



Se debe tener cuidado en ubicar, por lo menos una porción del área del disco superior de la mesa giratoria, dentro del área de operación del brazo robot. También conviene que se emplee un sensor óptico.

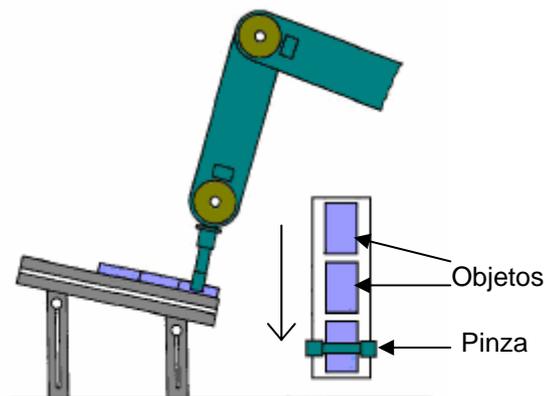
Tabla de experimentos

Este dispositivo contiene cuatro micro-interruptores que sirven como señal digital de entrada al Controlador-USB; también posee una lámpara y un zumbador que responde a la salida digital del Controlador-USB. Es usado para simular las señales de entradas y salidas que provee la comunicación de los dispositivos y máquina del ambiente robotizado.



Alimentador por gravedad

Este accesorio suministra objetos por acción de la gravedad. Tiene un micro-interruptor que indica al Controlador-USB, mediante una de sus entradas digitales, que un objeto está en posición para ser manipulado.

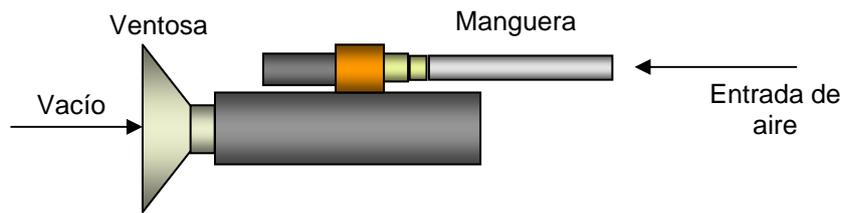


Sistema neumático

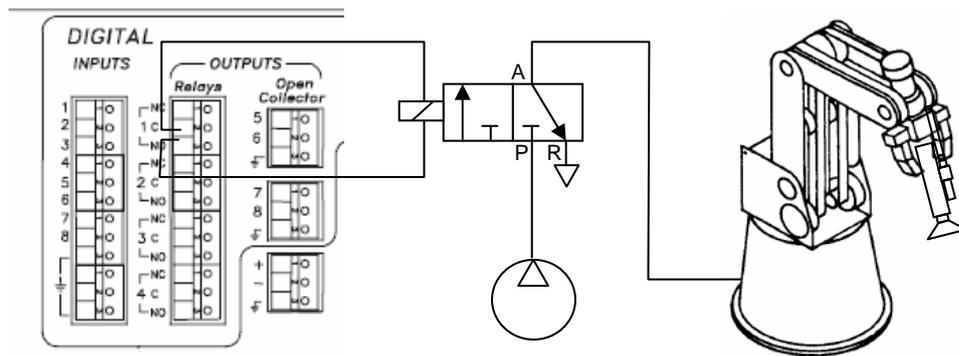
El sistema neumático es empleado para manipular objetos que la pinza del robot no puede agarrar, convirtiéndose en una pinza neumática.

Los componentes que conforman el sistema neumático son: compresor, mangueras para conducir aire, electro válvula 3x2, fuente de energía para electro válvula, y generador de vacío.

Funcionamiento: El vacío es producido mediante la aplicación del principio de Venturi, al hacer pasar el aire comprimido por una boquilla cónica, produciendo aumento de velocidad y caída de presión.



Conexiones: El generador de vacío es sujetado por la pinza del brazo robot. Los terminales eléctricos de la válvula se conectan a una de las salidas digitales del Controlador-USB. La manguera de salida de la válvula se conecta en la parte posterior inferior de la base del brazo robot (entrada de aire). La manguera del generador de vacío va conectado a la salida de aire del brazo robot que está unido al motor 6 que abre y cierra la pinza.



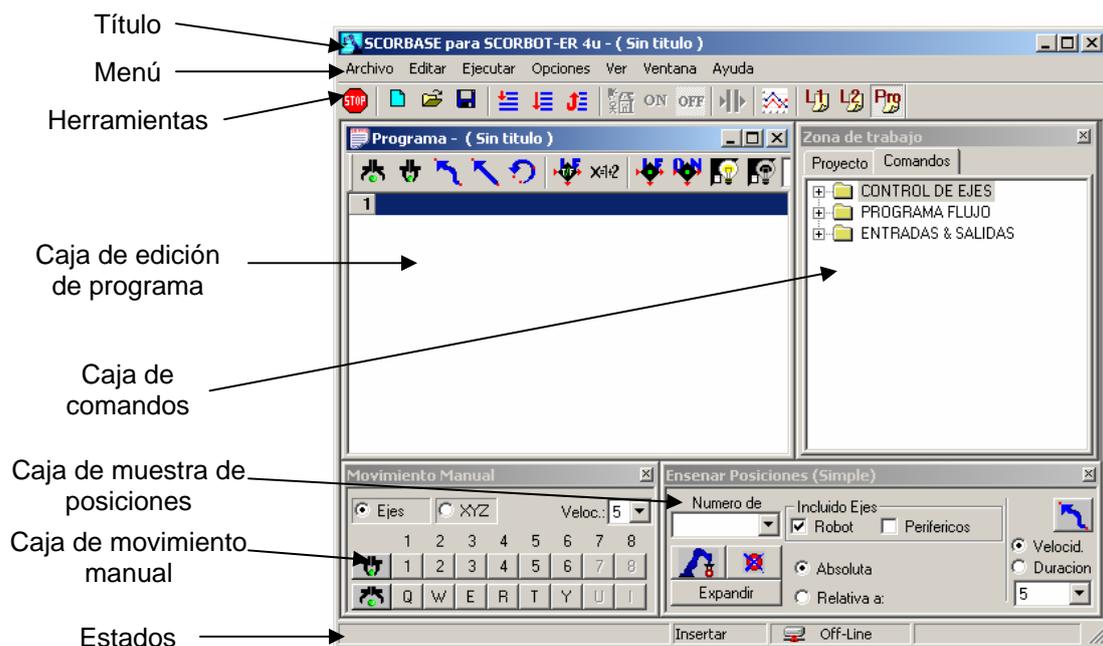
Precaución: Instale el sistema de vacío en la pinza después que el brazo robot ha hecho *home* para evitar dañar la manguera.

II.4 Ambiente de programación

La programación se desarrolla mediante el software RoboCell, el cual consiste en un paquete de programa que integra cuatro componentes:

- SCORBASE, es un paquete de programa de control robótico, proporciona una herramienta sencilla para la programación y operación de robots y sus accesorios.
- Un módulo de exhibición gráfica que provee simulación en 3D del robot y otros dispositivos en un ambiente de trabajo virtual. Opera por sólo 14 días de demostración.
- CellSetup para crear y modificar los ambientes de trabajo virtual. Válido también por 14 días.
- Un programa de demostración temporal para la simulación en 3D.

El ambiente de programación es muy sencillo y amigable, similar a las aplicaciones para Windows. En el programa SCORBASE, por lo general se encuentra una pantalla que muestra los siguientes elementos:



II.5 Seguridad

La seguridad en los sistemas robotizados comprende dos secciones:

- a) La seguridad referente al brazo robot y sus periféricos. Se la encuentra definida en los manuales del fabricante.
- b) La seguridad que involucra la instalación de todo el sistema robotizado, su utilización y el mantenimiento. Esto depende del usuario.

Para este efecto, es conveniente considerar las normativas de seguridad legal que existen en diferentes medios:

- Normativa legal ISO 10218:1992. Creada en 1992 por el Organismo Internacional de Estandarización (ISO_92).
- Normativa americana ANSI/RIA R15.06-1992. Realizada por el Instituto Nacional de Normalización de los Estados Unidos (ANSI).
- Normativa europea EN 775 y española UNE-EN 775. Consiste en una adaptación de la norma ISO 10218:1992 por el Comité Europeo de Normalización (CEN).

Estas normas comprenden las siguientes consideraciones:

- Determinación de los límites del sistema: intención de uso, espacio de operación, tiempo de trabajo, ambiente, etc.
- Identificación y descripción de los posibles peligros que pueda generar el sistema robotizado durante su operación.
- Comprobación que las medidas de seguridad son adecuadas.

CAPÍTULO III

GUÍAS DE LABORATORIO

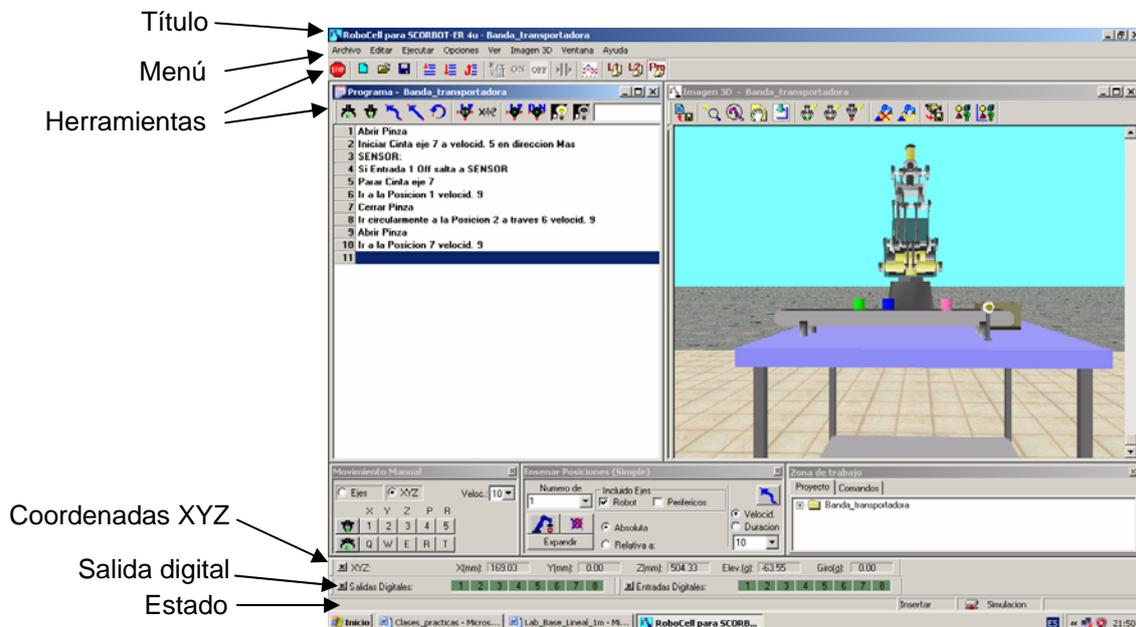
III.1 Práctica No. 1: Introducción al ambiente de programación

Objetivo: Familiarizarse con la utilización del software de manipulación del brazo robot.

Introducción

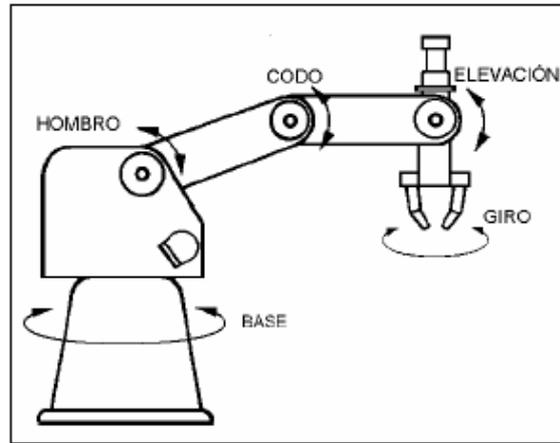
Es recomendable, en las prácticas de laboratorio, operar primero con el simulador virtual de RoboCell hasta obtener los resultados esperados. Esto es debido, porque al comienzo se presentarán errores en la manipulación del brazo y así se evitarán daños de los equipos. Luego de que funcione la simulación, se puede trabajar con el brazo robot real.

La pantalla de operación del programa puede presentar los siguientes elementos:



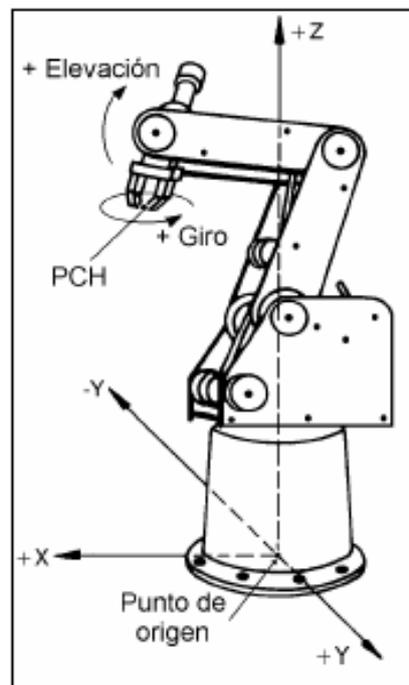
Sistemas de coordenadas de Ejes

Cuando un eje se mueve, el codificador unido al eje del motor genera una serie de pulsos. La cantidad de estos pulsos generados es proporcional al número de grados que se ha movido el eje. Esta señal es procesada por el controlador del robot para determinar cuánto y hacia donde se ha movido el eje tomando en cuenta una referencia predefinida.



Las coordenadas de ejes especifican la posición de cada eje en pasos del codificador. Cuando se trabaja con este sistema de coordenadas los controles de movimiento del robot mueven cada eje independientemente. Cabe señalar que las posiciones y movimientos de los ejes accesorios conectados al Controlador-USB (base lineal de 1m, banda transportadora, y mesa giratoria), son siempre en coordenadas de ejes.

Sistemas de coordenadas XYZ



Las coordenadas cartesianas XYZ, son un sistema geométrico de coordenadas, que es utilizado para especificar la posición del PCH (punto central de la herramienta) definiendo su distancia en unidades lineales, tomando como referencia el origen del sistema (centro de la base del robot). El software de programación realiza un cálculo matemático para los movimientos de los ejes y llegar al punto deseado. La posición se completa con la elevación y el giro de la pinza, en unidades angulares.

Precauciones

- Asegúrese que el brazo robot tenga el debido espacio para moverse dependiendo a sus dimensiones.
- No entre al área de operación del brazo robot cuando esté trabajando.
- Sujétese el cabello o la ropa cuando trabaje con el brazo robot.
- No use el brazo robot fuera de sus características de operación: temperatura, ambiente, capacidad de carga, etc.
- No use la fuerza física para mover o detener el brazo robot mientras está energizado.
- Evite trabajar a la máxima velocidad. Una velocidad de 5 es recomendable.
- Detenga los movimientos del brazo robot cuando choca con un obstáculo.

Procedimiento

Operación de brazo robot virtual:

Ejecute RoboCell y utilice el programa «Movimiento_brazo» que le presentará un ejemplo de manipulación del brazo robot.

Movimiento del brazo robot:

Usted puede mover manualmente el brazo robot mediante el control de los seis ejes:

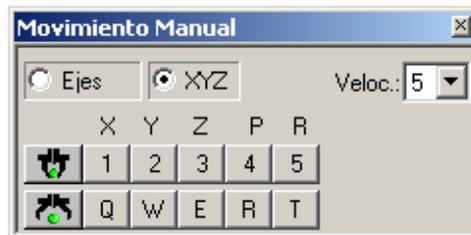
1. Giro de base
2. Giro de hombro
3. Giro de codo
4. Elevación de pinza



5. Giro de pinza
6. Abre o cierra pinza

Las filas superiores realizan el movimiento en un sentido, las filas inferiores desarrollan el movimiento en sentido contrario.

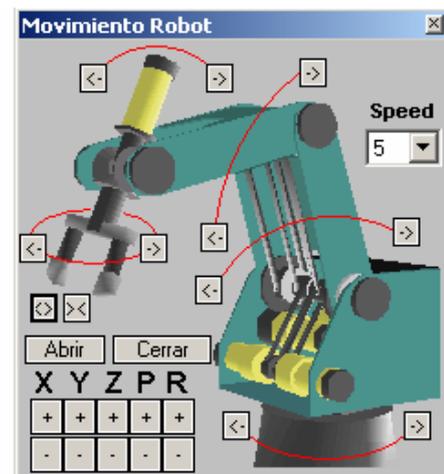
También se puede efectuar el movimiento del bazo mediante la aplicación de un sistema de coordenadas XYZ. La elevación de la pinza se lo realiza con la coordenada P, y el giro con la coordenada R.



En ambas opciones se puede agarrar  o aflojar  una pieza mediante los botones que se encuentran en la parte izquierda. Mediante este método no se puede manipular de forma progresiva la pinza.

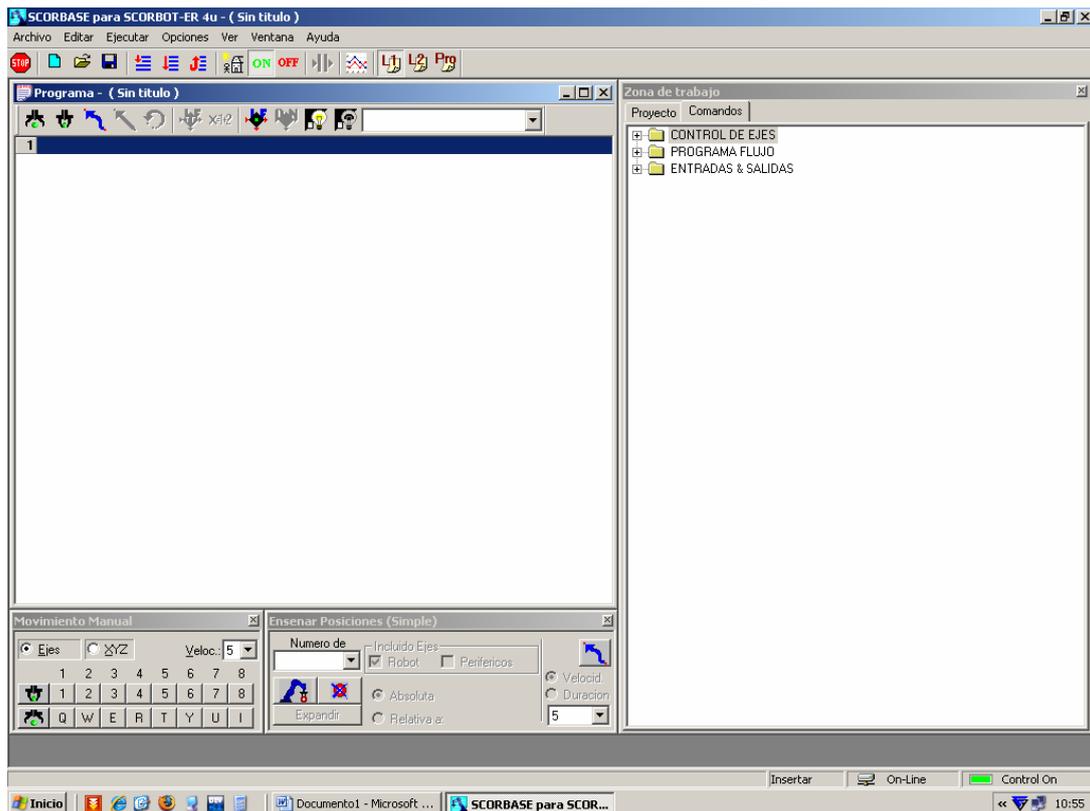
Otra manera de manipular el brazo robot de forma manual es mediante el cuadro que aparece en la izquierda obtenido del menú principal mediante: «Ver >>Movimiento Robot». Prácticamente hace lo mismo explicado arriba.

Realice todos los movimientos para que se familiarice con la manipulación del brazo robot.



Operación con el brazo robot real:

Ejecute el programa SCORBASE que está en el Escritorio, le aparecerá la siguiente pantalla:



En la barra de menú escoja «Option»>>Configuración Hardware». Configure los «Accesorios» y el «Robot», conforme lo indica el gráfico.



Para operar de manera apropiada el brazo robot y sus accesorios lo primero que se debe hacer es inicializar los codificadores de los motores de cada eje. Esta operación se la conoce como «Ir a home». Se lo realiza mediante la barra de menú: Ejecutar>>Buscar Home – Todos los ejes, o Ejecutar>>Ir a Home – Todos los ejes. Otra manera de inicializar los ejes es mediante la barra de herramientas con el botón de home: 

Otro factor a considerar es el «Nivel de programación». Scorbot tiene tres niveles: Nivel 1, nivel 2 y Pro; obtenidos de la barra de menú «Opciones» o con los

botones  de la barra de herramientas. Estos niveles permiten la utilización de cierta cantidad de «comandos» y, está orientado a la pericia del programador, siendo el Nivel 1 es más bajo y Pro el más complejo (con mayor cantidad de comandos).

Asegúrese que en la barra de herramientas (Toolbar) esté siempre activado el botón «Pro», y la velocidad de movimiento sea 5.

Desarrolle algunos movimientos del brazo robot de forma manual, mediante el cuadro de movimiento por ejes y por coordenadas, tal como lo hizo con el brazo robot virtual.

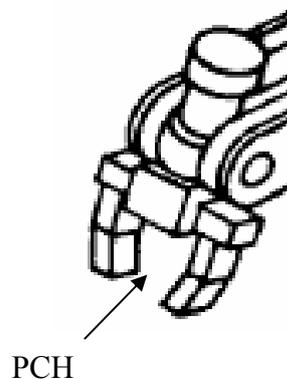
III.2 Práctica No. 2: Movimientos del brazo robot mediante comandos

Objetivo: Manipular el PCH (punto central de la herramienta) por medio de diferentes trayectorias.

Introducción

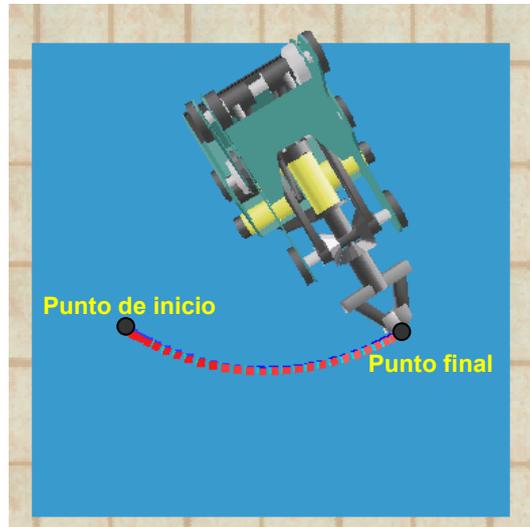
En la práctica anterior se realizaron movimientos del brazo robot de forma manual. Ahora se lo efectuará mediante programación empleando comandos (instrucciones) de la «zona de trabajo».

Cuando se emplea un comando de movimiento para el brazo robot, el punto que se desplaza se llama «punto central de herramienta» o TCP (Tool Center Point). El PCH es el centro de la punta de la pinza, como muestra la figura:

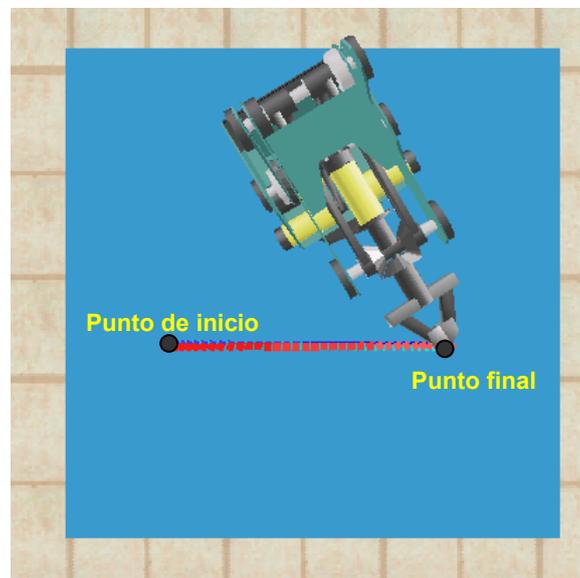


Existen tres comandos: Ir a la posición, ir linealmente a la posición, e ir circularmente a la posición.

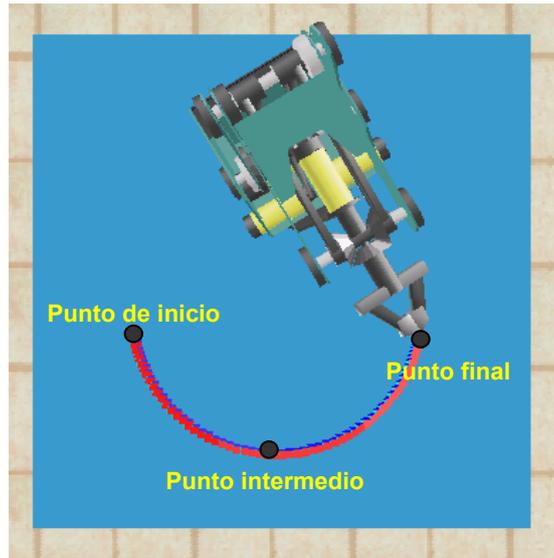
El comando «Ir a la posición» desliza la punta de la pinza generando una curva como lo muestra la figura.



El comando «Ir linealmente a la posición» realiza el movimiento de manera lineal.



El comando «Ir circularmente a la posición» necesita de un tercer punto intermedio y desliza la trayectoria de manera circular.



Precauciones

- Asegúrese que el brazo robot tenga el debido espacio para moverse dependiendo a sus dimensiones.
- No entre al área de operación del brazo robot cuando esté trabajando.
- Sujétese el cabello o la ropa cuando trabaje con el brazo robot.
- No use el brazo robot fuera de sus características de operación: temperatura, ambiente, capacidad de carga, etc.
- No use la fuerza física para mover o detener el brazo robot mientras está energizado.
- Evite trabajar a la máxima velocidad. Una velocidad de 5 es recomendable.
- Detenga los movimientos del brazo robot cuando choca con un obstáculo.

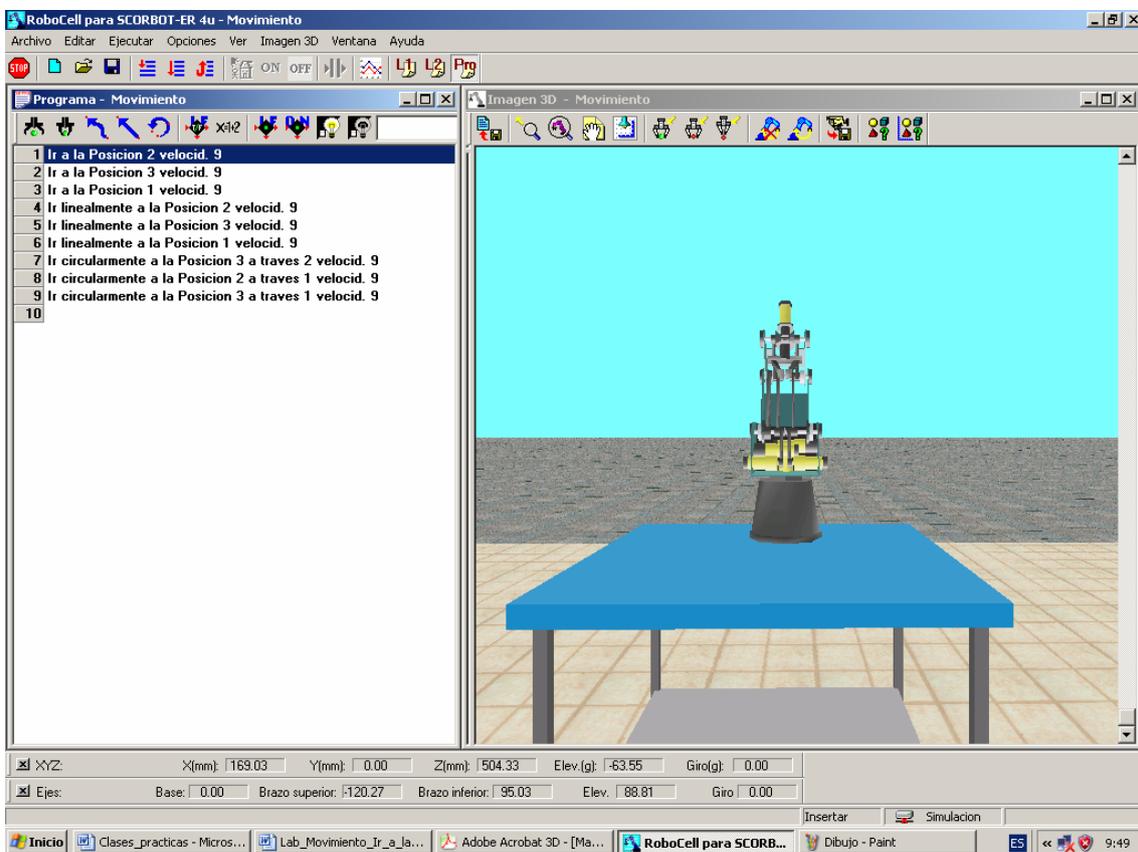
Procedimiento

Para realizar los movimientos mediante programación, hay que definir las posiciones. En esta práctica las posiciones ya estaban definidas; pero, cuando se requiera especificarlas se lo puede realizar por medio el cuadro «Enseñar Posiciones», donde se establece el número de la posición, qué se desplazará a esa posición (robot, periférico o ambos), y la velocidad.



Ir a la Posición:

Ejecute el programa «RoboCell» y abra el archivo «Movimiento», le aparecerá la siguiente pantalla:



Presione el botón «Mostrar trayectoria del Robot»  de la Imagen 3D.

Ejecute las tres primeras instrucciones paso a paso. 

Ir linealmente a la Posición:

Borre la trayectoria del robot. Ejecute las tres siguientes instrucciones paso a paso.

¿Qué figura dibujó el movimiento del brazo? ¿Existe una diferencia con la instrucción anterior?

Ir circularmente a la Posición:

Borre nuevamente la trayectoria del robot. Ejecute paso a paso las instrucciones restantes.

¿Cómo es la trayectoria de los movimientos?

Para fortalecer lo observado, dé doble click sobre la instrucción de la línea 7. Aparecerá el siguiente cuadro:



Esto indica que el PCH pasará por la posición 2 hasta llegar a la posición 3 de manera circular.

Estas instrucciones son importantes cuando existan objetos que interrumpan la trayectoria, se lo puede esquivar haciendo un movimiento lineal o circular, según sea conveniente.

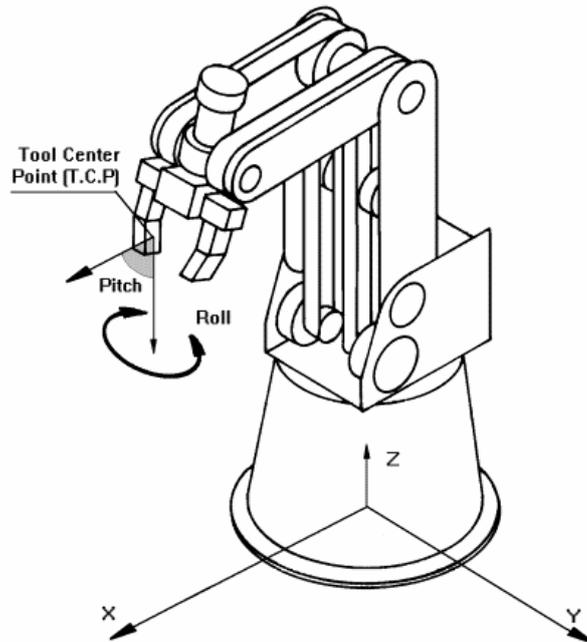
Haga la prueba con el brazo robot real.

III.3 Práctica No. 3: Sistemas de Coordenadas

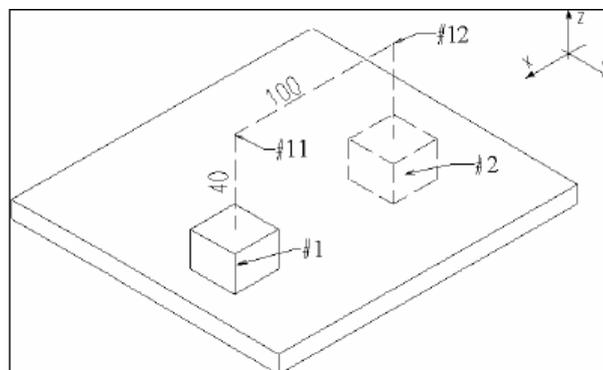
Objetivo: Emplear las coordenadas cartesianas para la manipulación del brazo robot

Introducción

Una posición del robot en la coordenada cartesiana XYZ está definida por la distancia del Punto Central de Herramienta (PCH o TCP) del robot desde un punto de origen (el centro de la base inferior del robot) hasta el punto tridimensional en el espacio (X, Y, Z), y los ángulos de elevación (P) y giro (R) de la pinza. Observe la siguiente figura:



Esto es, que el movimiento de un objeto considerando las coordenadas XYZ de la posición 1 hasta la posición 2 sería: posición 1, posición 11, posición 12 y posición 2.

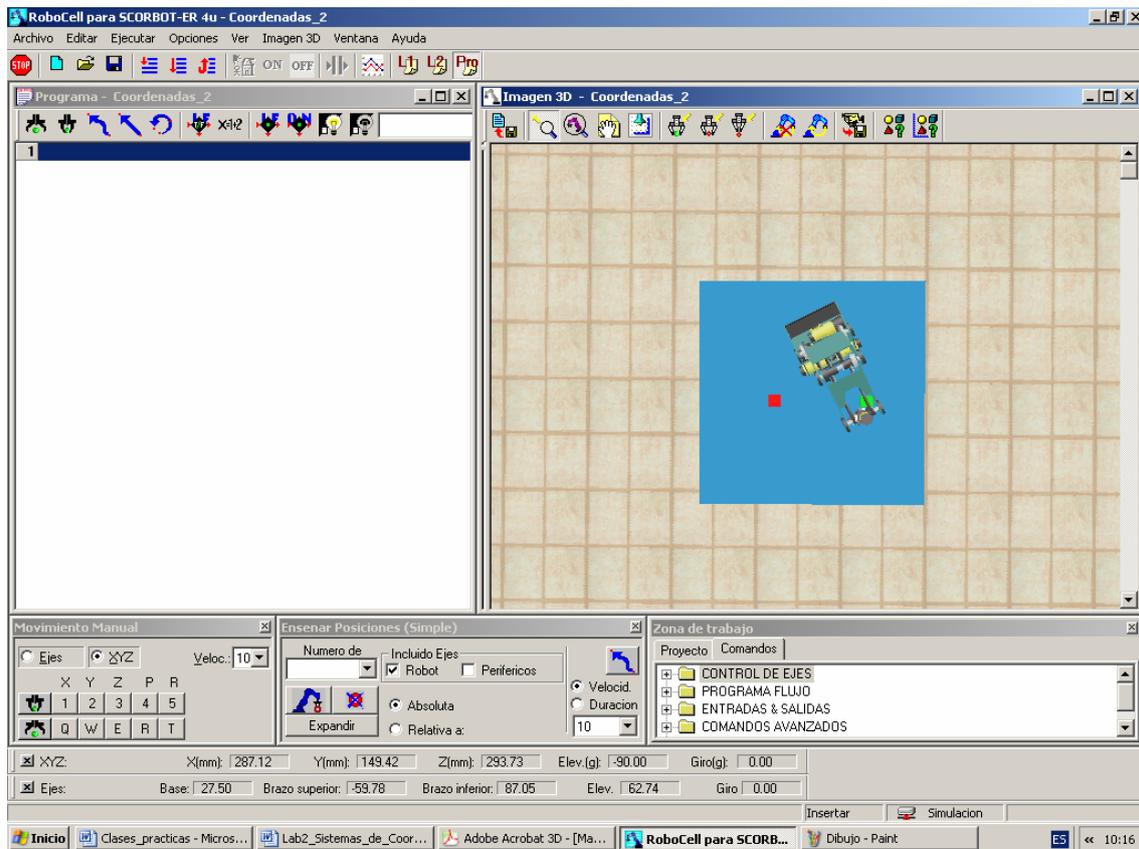


Precauciones

- Asegúrese que el brazo robot tenga el debido espacio para moverse dependiendo a sus dimensiones.
- No entre al área de operación del brazo robot cuando esté trabajando.
- Sujétese el cabello o la ropa cuando trabaje con el brazo robot.
- No use el brazo robot fuera de sus características de operación: temperatura, ambiente, capacidad de carga, etc.
- No use la fuerza física para mover o detener el brazo robot mientras está energizado.
- Evite trabajar a la máxima velocidad. Una velocidad de 5 es recomendable.
- Detenga los movimientos del brazo robot cuando choca con un obstáculo.

Procedimiento

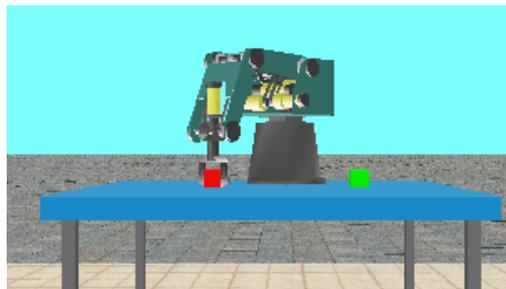
Para entrenarse con las coordenadas ejecute el programa RoboCell y abra el archivo «Coordenadas». Aparecerá la siguiente pantalla:



Presione el botón «Muestra Posiciones Objeto» de la Imagen 3D.  Escriba las coordenadas que aparecerán. Cabe mencionar que los valores presentados son para X e Y. Es decir (X, Y).

Objeto	Coordenada
Base robot	
Cubo rojo	
Cubo verde	

Abra la pinza del robot y presiones el botón «Envía Robot a Objeto» , lleve el cursor al cubo rojo y dé un click. Deslice la Imagen 3D para ver el brazo robot de frente. Observará que la pinza del robot está lista para tomar el cubo rojo.



Llene la tabla indicando las coordenadas de la posición del cubo rojo. Realice lo mismo para obtener las coordenadas del cubo verde.

Coordenada	X[mm]	Y[mm]	Z[mm]	Elev.[g]	Giro[g]
Cubo rojo					-4500
Cubo verde					-4500

Con estos datos ya podemos realizar un programa que nos permita manipular los objetos conociendo las coordenadas de sus posiciones. Cabe anotar que con el programa SCORBASE no se puede encontrar las posiciones de la misma manera.

En la «Zona de trabajo» ejecute la instrucción TX (Teach Position By XYZ). Con este comando se puede obtener todas las coordenadas de una posición; pero también se consigue definir una posición deseada escribiendo las coordenadas.



Escriba las coordenadas de los objetos anotados en la tabla de arriba. No tome en cuenta el punto decimal. Es decir, 200.00 se escribirá 20000. Para el cubo rojo el número de posición será 1, y para el cubo verde el número puede ser 2.

Es necesario establecer las coordenadas de tres posiciones adicionales. Dos posiciones que se establezcan encima de cada cubo, y la tercera que será una posición intermedia. La dimensión de los cubos es de 50 x 50 x 50.



Desarrolle un programa que pueda desplazar el cubo rojo exactamente sobre el cubo verde. Esto es, de la posición 1, pasando a la posición 5, hasta la posición 4. Utilice las instrucciones de movimiento «Ir...» conocidas.

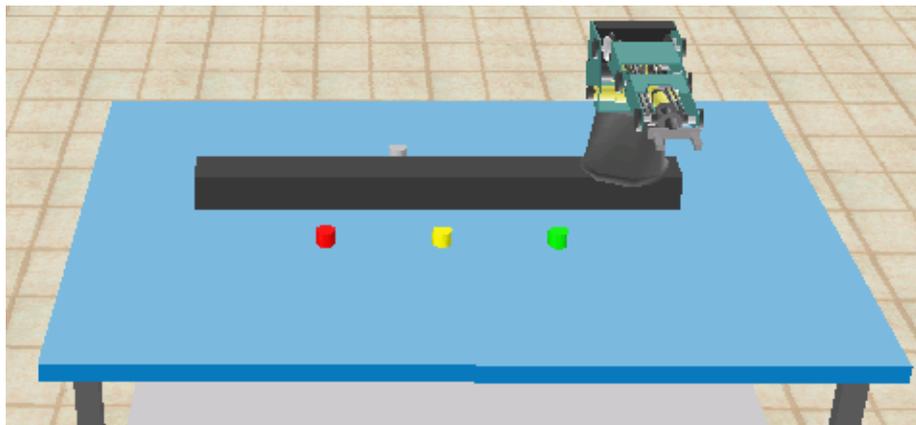
Cuando termine, practique desplazando los objetos a la posición donde estaba el cubo rojo. Es decir, para mover el cubo rojo: posición 4, posición 5 y posición 1. Para mover el cubo verde: posición 2, posición 5 y posición 3.

III. 4 Práctica No. 4: Base lineal de 1m

Objetivo: Emplear la base lineal de 1m a fin de ampliar el área de operación del brazo robot.

Introducción

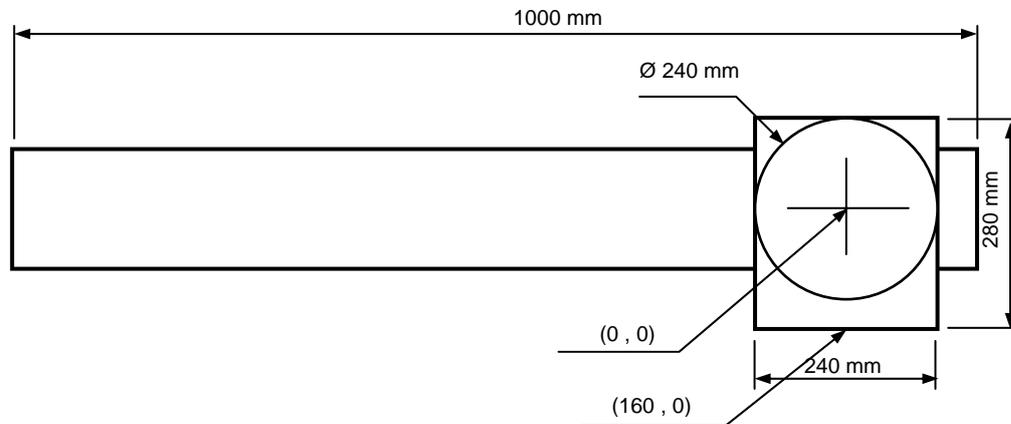
La base lineal de 1m es un dispositivo que permite ampliar el campo de acción del brazo robot. Por lo general se conecta al eje 7 de entrada del Controlador-USB.



La base lineal de 1m se la manipula con el cuadro «Movimiento manual» en «Ejes» mediante el eje 7. Para grabar la posición del eje 7 hay que seleccionar la opción «Periféricos» del cuadro «Enseñar Posiciones».



Debemos considerar las dimensiones de la estructura de la base lineal y donde queda ubicado la coordenada de referencia (0,0) para que el movimiento del brazo robot no tenga problemas.



Altura de la base lineal: 100 mm.

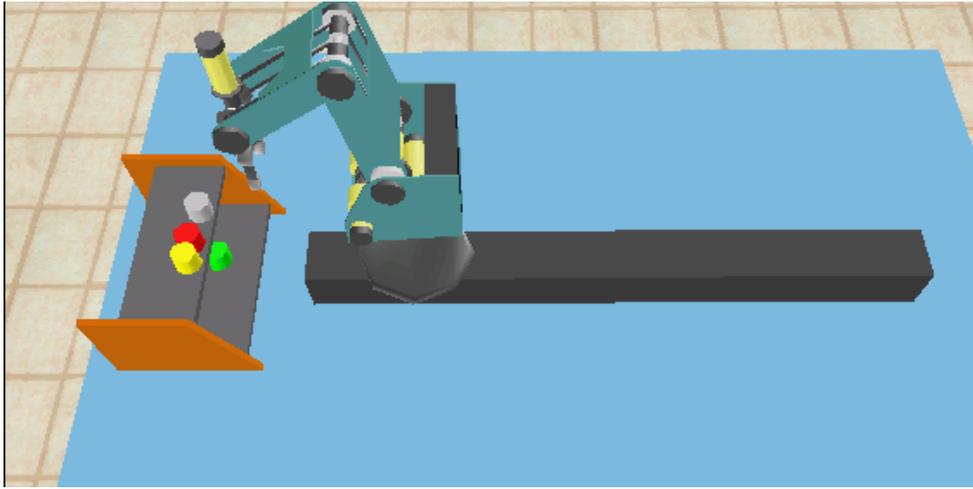
Nota: Apague el Controlador USB antes de conectar la base lineal.

Precauciones

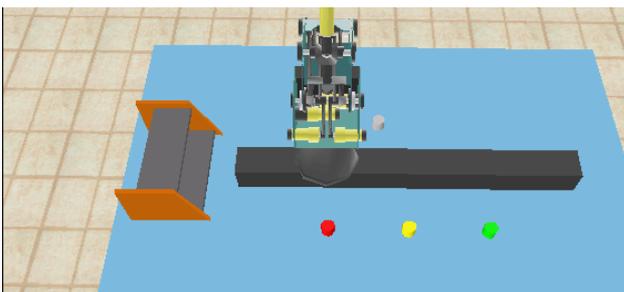
- Asegúrese que el brazo robot tenga el debido espacio para moverse dependiendo a sus dimensiones.
- No entre al área de operación del brazo robot cuando esté trabajando.
- Sujétese el cabello o la ropa cuando trabaje con el brazo robot.
- No use el brazo robot fuera de sus características de operación: temperatura, ambiente, capacidad de carga, etc.
- No use la fuerza física para mover o detener el brazo robot mientras está energizado.
- Evite trabajar a la máxima velocidad. Una velocidad de 5 es recomendable.
- Detenga los movimientos del brazo robot cuando choca con un obstáculo o en caso de emergencia.
- No instale ni trabaje con el Controlador-USB fuera de sus características de operación: temperatura, ambiente, voltaje, corriente, etc.
- Apague el Controlador-USB antes de conectar alguna entrada o salida.
- Nunca conecte voltaje directamente de una fuente externa a las salidas de colector abierto. Utilice una carga de acuerdo a las especificaciones.

Procedimiento

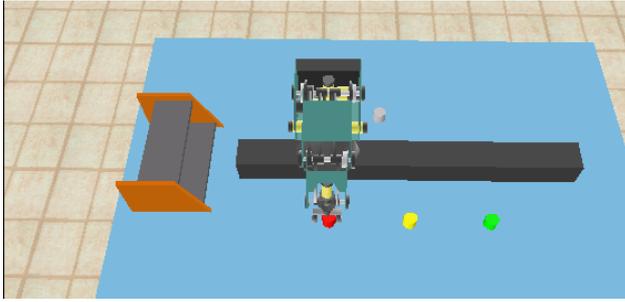
A manera de entrenamiento ejecute RoboCell y abra el archivo «Base_lineal». Se requiere que los cilindros queden ubicados como muestra el gráfico. Desarrolle el programa.



Se recomienda que existan posiciones para ubicar el brazo cerca de cada cilindro y otras posiciones para tomar cada cilindro. Es decir, para tomar el cilindro rojo son necesarias dos posiciones, una para el accesorio y otra para el brazo.



Posición del accesorio,
frente al objeto



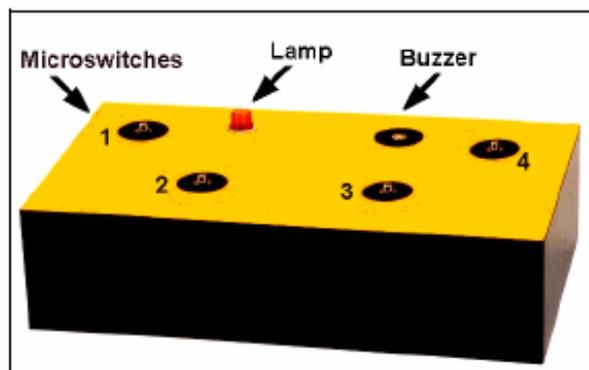
Posición del brazo robot,
listo para tomar el objeto.

III.5 Práctica No. 5: Tabla de experimentos

Objetivo: Emplear la tabla de experimentos para manejar las entradas y salidas digitales del Controlador-USB

Introducción

La tabla de experimentos posee 4 micro-interruptores, 1 lámpara y 1 zumbador. Los terminales de estos elementos se conectan al Controlador-USB.



Los terminales de los 4 micro-interruptores se conectan a las entradas del Controlador-USB, un terminal a la entrada de tierra y el otro a la entrada digital del controlador. Los terminales están codificados por colores:

Micro-interruptores 1 → violeta y gris

Micro-interruptores 2 → verde y azul

Micro-interruptores 3 → amarillo y naranja

Micro-interruptores 4 → rojo y café

La lámpara y el zumbador se conectan a la salida digital del Controlador-USB, un terminal al común C y el otro terminal a la salida NO (Normalmente abierto). También tiene su codificación de colores:

Lámpara → rojo y café

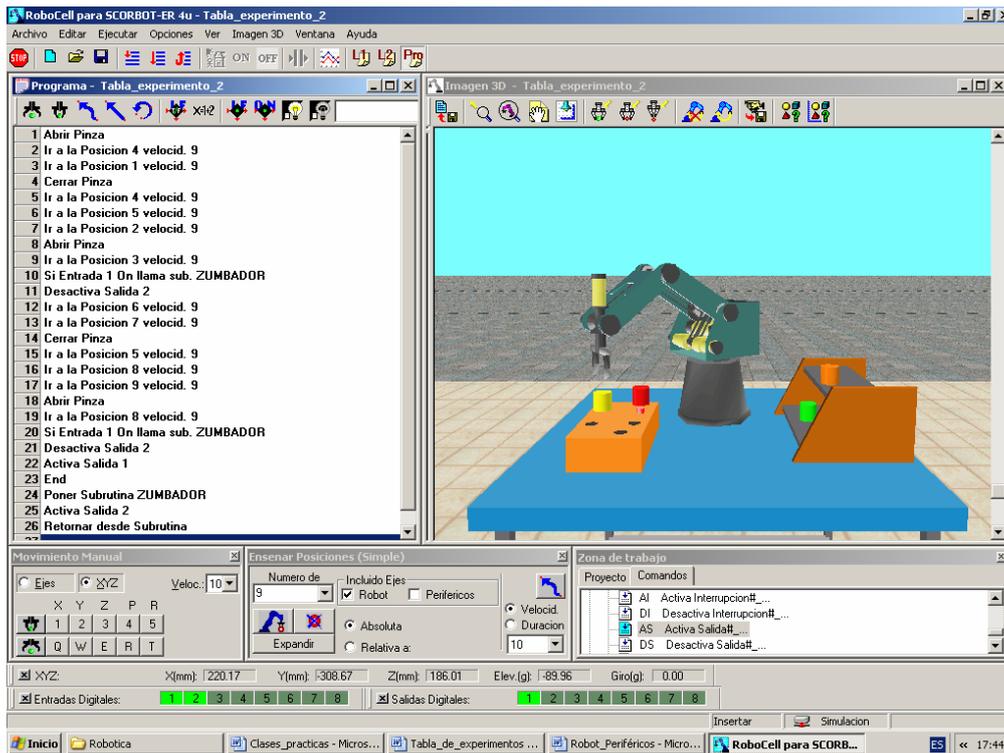
Zumbador → negro y blanco

Precauciones

- Asegúrese que el brazo robot tenga el debido espacio para moverse dependiendo a sus dimensiones.
- No entre al área de operación del brazo robot cuando esté trabajando.
- Sujétese el cabello o la ropa cuando trabaje con el brazo robot.
- No use el brazo robot fuera de sus características de operación: temperatura, ambiente, capacidad de carga, etc.
- No use la fuerza física para mover o detener el brazo robot mientras está energizado.
- Evite trabajar a la máxima velocidad. Una velocidad de 5 es recomendable.
- Detenga los movimientos del brazo robot cuando choca con un obstáculo o en caso de emergencia.
- No instale ni trabaje con el Controlador-USB fuera de sus características de operación: temperatura, ambiente, voltaje, corriente, etc.
- Apague el Controlador-USB antes de conectar alguna entrada o salida.
- Nunca conecte voltaje directamente de una fuente externa a las salidas de colector abierto. Utilice una carga de acuerdo a las especificaciones.

Procedimiento

Mediante RoboCell abra el archivo «Tabla_experimento». El programa tiene comandos de condición y subrutina. Analícelo.



Desarrolle un programa para ejecutarlo con el robot real en el que se emplee dos micro-interruptores, la lámpara y el zumbador de tal manera que cuando se activa el micro-interruptor 1 se encienda la lámpara, y cuando se active el micro-interruptor 2 suene el zumbador.

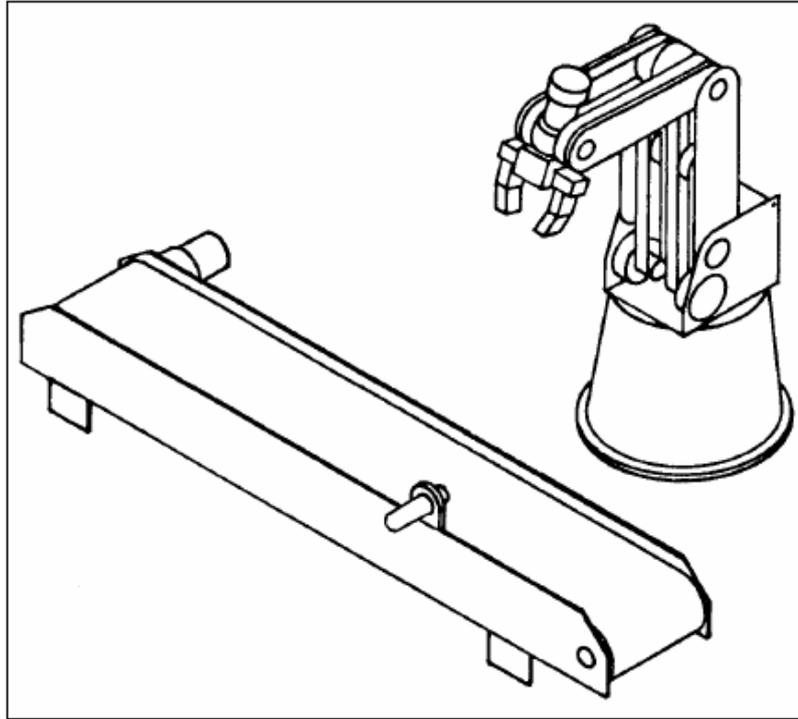
Conecte los micro-interruptores 1 y 2 a las entradas 1 y 2 del Controlador-USB, y la lámpara y zumbador a dos salidas del Controlador-USB.

III.6 Práctica No. 6: Banda Transportadora

Objetivo: Emplear la banda transportadora y la entrada digital del Controlador-USB

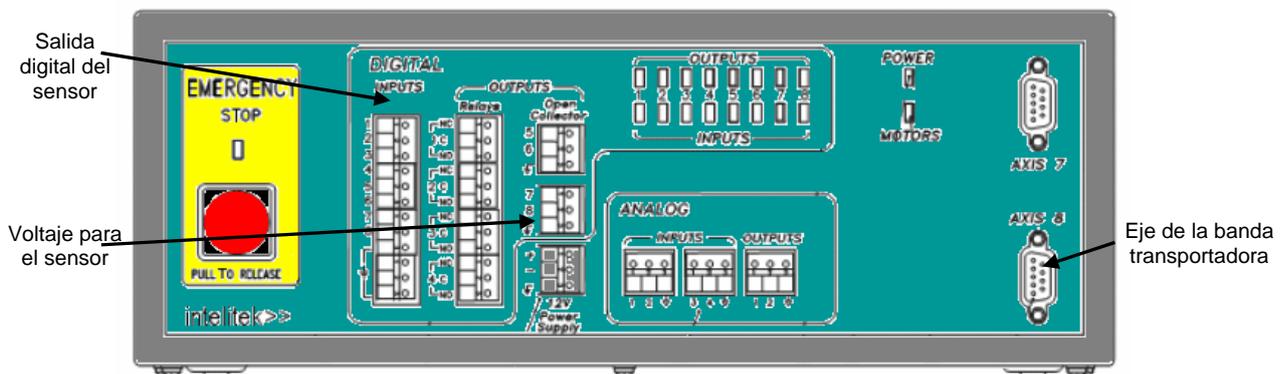
Introducción

La banda transportadora es un dispositivo que funciona por medio de un motor de 24 Vcd para desplazar objetos sobre ella. El movimiento lo puede realizar en ambos sentidos. Conéctelo al eje 8 del Controlador-USB.



Es recomendable operar junto con un sensor óptico cuando se utilice la banda transportadora. El sensor óptico se lo conecta a una de las entradas digitales del Controlador-USB.

La conexión se debe realizar de la siguiente manera:



Nota: Apague el Controlador-USB antes de conectar la banda transportadora.

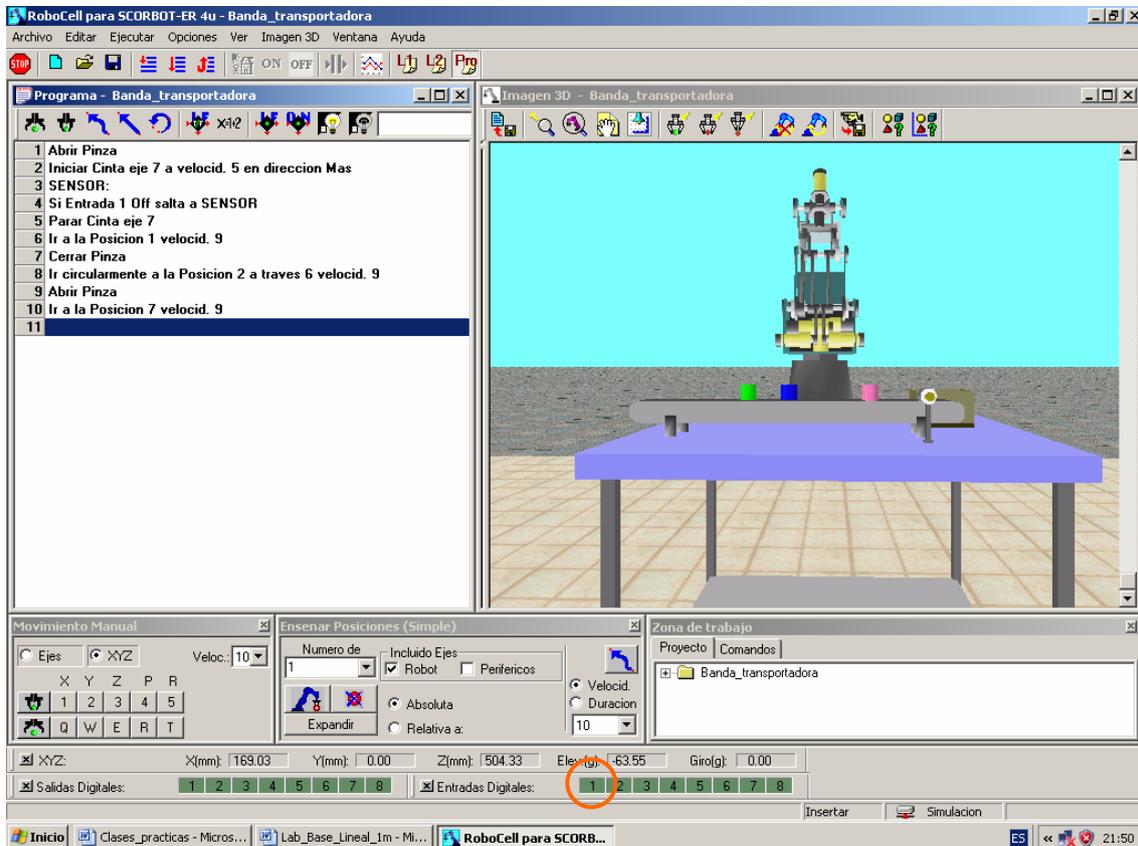
Precauciones

- Asegúrese que el brazo robot tenga el debido espacio para moverse dependiendo a sus dimensiones.
- No entre al área de operación del brazo robot cuando esté trabajando.
- Sujétese el cabello o la ropa cuando trabaje con el brazo robot.

- No use el brazo robot fuera de sus características de operación: temperatura, ambiente, capacidad de carga, etc.
- No use la fuerza física para mover o detener el brazo robot mientras está energizado.
- Evite trabajar a la máxima velocidad. Una velocidad de 5 es recomendable.
- Detenga los movimientos del brazo robot cuando choca con un obstáculo o en caso de emergencia.
- No instale ni trabaje con el Controlador-USB fuera de sus características de operación: temperatura, ambiente, voltaje, corriente, etc.
- Apague el Controlador-USB antes de conectar alguna entrada o salida.
- Nunca conecte voltaje directamente de una fuente externa a las salidas de colector abierto. Utilice una carga de acuerdo a las especificaciones.

Procedimiento

Ejecute el programa RoboCell y abra el archivo «Banda_transportadora». Aparecerá la siguiente pantalla:

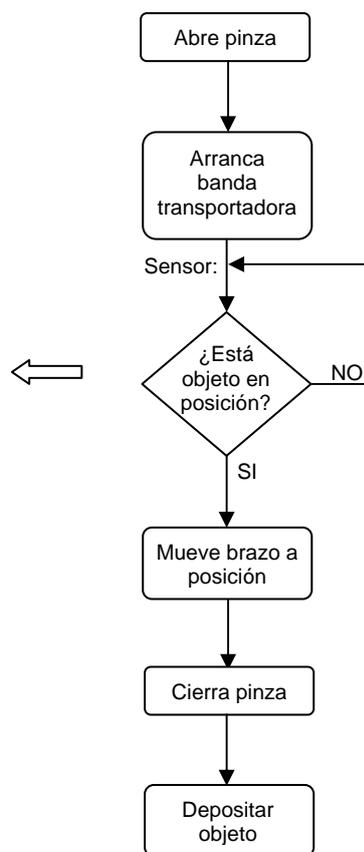


El programa está configurado para que la entrada digital 1 se active cuando el sensor identifique la presencia de un objeto. Mientras ejecuta el programa cambie la visualización para que pueda observar donde se deposita el primer objeto.

Estudie el programa de muestra y ubique los restantes tres objetos en la caja de depósito. Los objetos deberán ubicarse cerca, no encima. Se está empelando una etiqueta (SENSOR) y un comando de condición (Si... salta a...).

El programa tiene la siguiente lógica:

*Explicación: Si el objeto no está en posición regresa a la etiqueta SENSOR porque la entrada 1 está en **off**. Cuando el objeto llega a posición, la entrada 1 está en **on**, entonces pasa a la siguiente línea.*

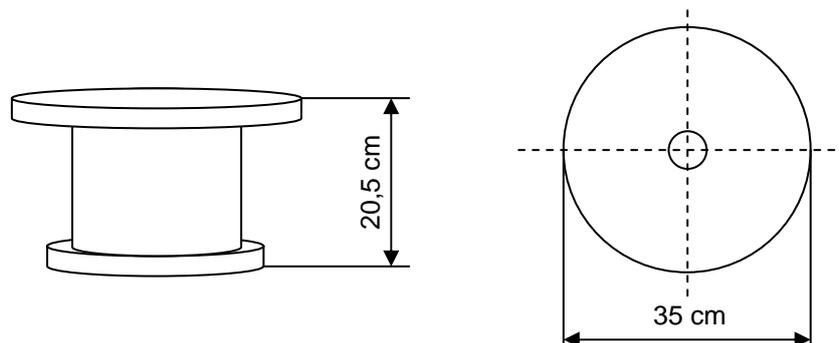


III.7 Práctica No. 7: Mesa giratoria

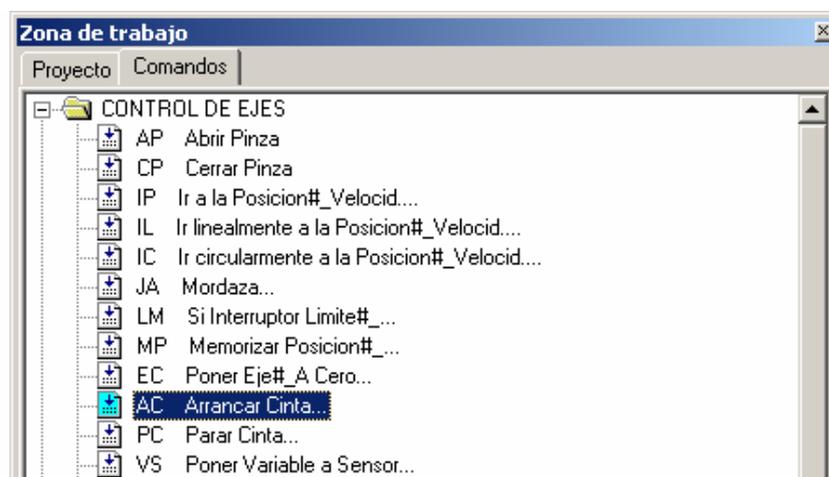
Objetivo: Utilizar la mesa giratoria de 24 Vcd para la operación de un proceso

Introducción

La mesa giratoria consiste en un disco que gira en ambos sentidos por medio de un motor. Se conecta al eje 8 del Controlador-USB. Para la programación con coordenadas hay que tomar en cuenta las dimensiones.



La instrucción para activar y desactivar la mesa giratoria es la misma empleada para la cinta transportadora.



Por lo general, se suele emplear un sensor óptico para determinar cuándo un objeto ha llegado a la posición deseada en el disco de la mesa giratoria.

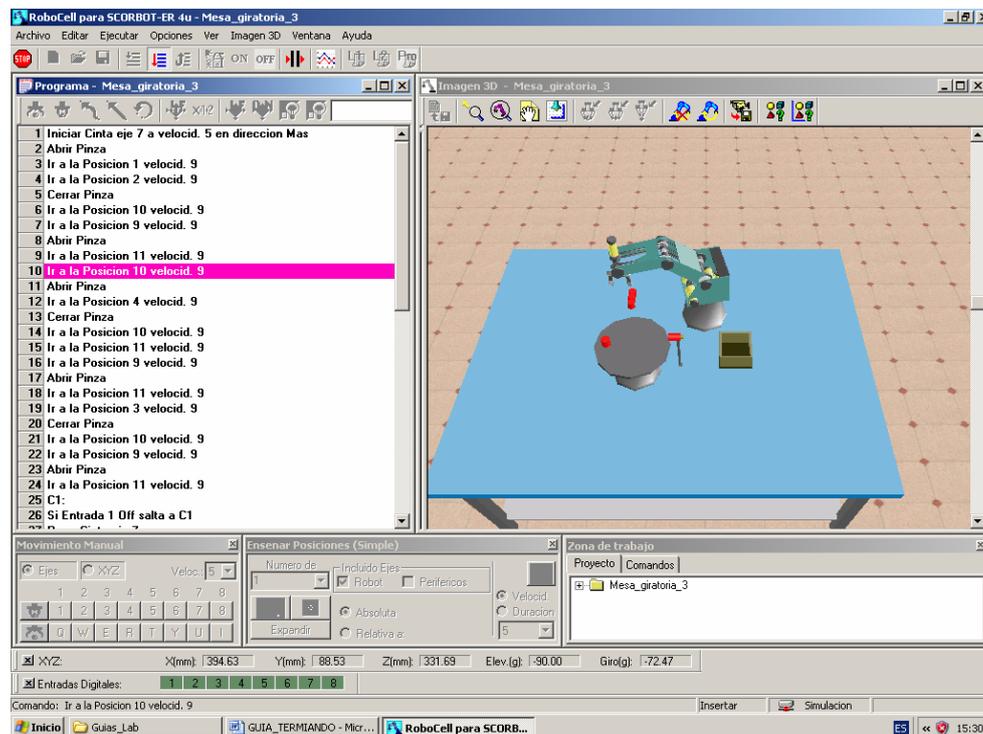
Precauciones

- Asegúrese que el brazo robot tenga el debido espacio para moverse dependiendo a sus dimensiones.

- No entre al área de operación del brazo robot cuando esté trabajando.
- Sujétese el cabello o la ropa cuando trabaje con el brazo robot.
- No use el brazo robot fuera de sus características de operación: temperatura, ambiente, capacidad de carga, etc.
- No use la fuerza física para mover o detener el brazo robot mientras está energizado.
- Evite trabajar a la máxima velocidad. Una velocidad de 5 es recomendable.
- Detenga los movimientos del brazo robot cuando choca con un obstáculo o en caso de emergencia.
- No instale ni trabaje con el Controlador-USB fuera de sus características de operación: temperatura, ambiente, voltaje, corriente, etc.
- Apague el Controlador-USB antes de conectar alguna entrada o salida.
- Nunca conecte voltaje directamente de una fuente externa a las salidas de colector abierto. Utilice una carga de acuerdo a las especificaciones.

Procedimiento

Un ejemplo de su utilización se encuentra en el archivo «Mesa_giratoria_1». Al ejecutarlo encontrará la siguiente pantalla.



Después de haber practicado resuelva el problema en el sistema real: Abra el archivo «Mesa_giratoria_2». El sensor está conectado a la entrada digital 1. La mesa giratoria está en el eje 8. Se desea que los tres cilindros sean tomados por el robot cuando lleguen a la posición de alcance del sensor y sean depositados en la caja de depósito. Las coordenadas de los objetos están en la tabla de abajo.

<u>Objetos</u>	<u>Coordenadas</u>
Mesa giratoria	350, -750
Sensor	350, -990
Depósito	280, -430

Necesitará operar con la base lineal de 1m en el eje 7. Establezca las coordenadas de los objetos para ser tomado y depositado. Desarrolle y programa.

III.8 Práctica No. 8: Entradas y salidas análogas

Objetivo: Utilizar las entradas y salidas análogas para el monitoreo y control de un proceso.

Introducción

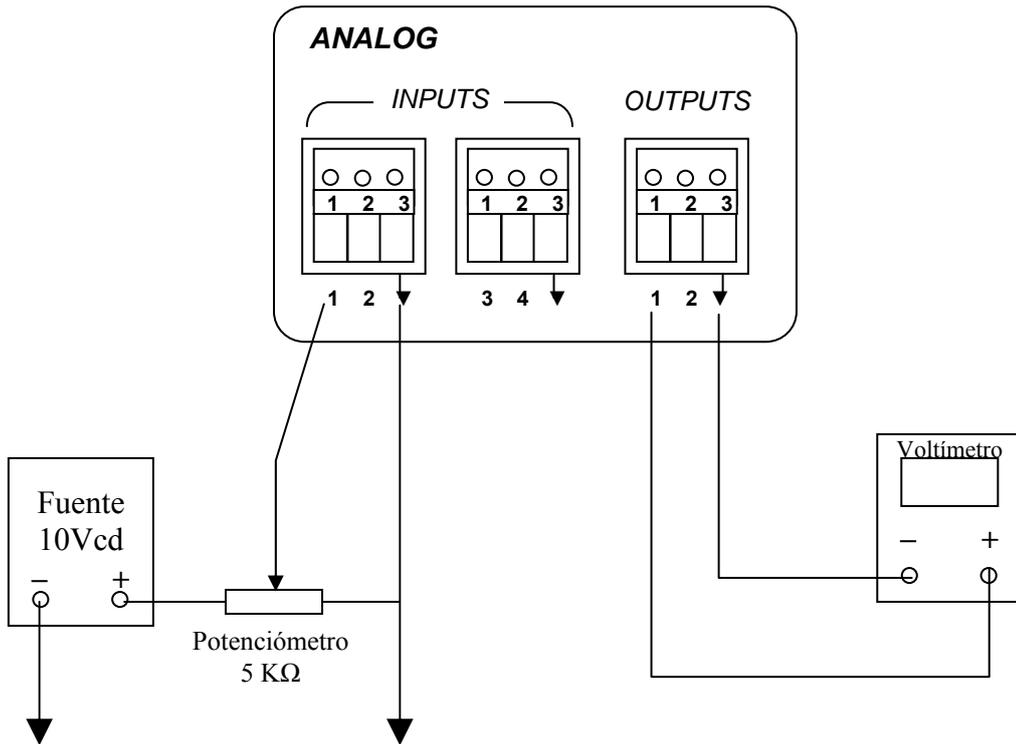
El Controlador-USB tiene 4 entradas análogas de resolución 8 bits, con un rango de 0 a 10V. Es decir, que se presentará un cambio cada 39,22 mV.

$$R = \frac{F.S.}{2^n - 1} = \frac{10}{255} = 39,22 \text{ mV}$$

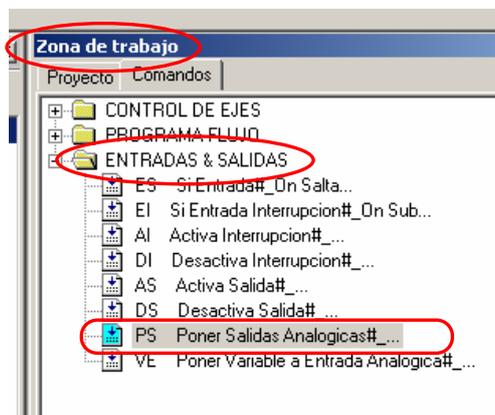
Además, cuenta con 2 salidas análogas de resolución 8 bits y un rango de 0 a 10V, y una corriente máxima de 20 mA.

Antes de realizar cualquier conexión a las entradas y salidas análogas del Controlador-USB asegúrese que esté apagado. Nunca conecte voltaje superior a los 10V a las entradas análogas.

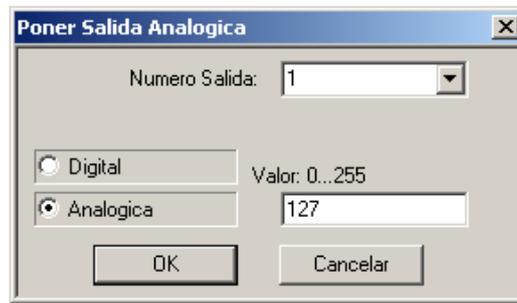
Desarrolle el siguiente circuito que servirá de entrenamiento para operar las entradas y salidas análogas del Controlador-USB.



Las instrucciones empleadas son: PS (Poner salida análoga) y VE (Poner variable a entrada análoga) de los comandos «ENTRADAS Y SALIDAS» de la «Zona de trabajo».



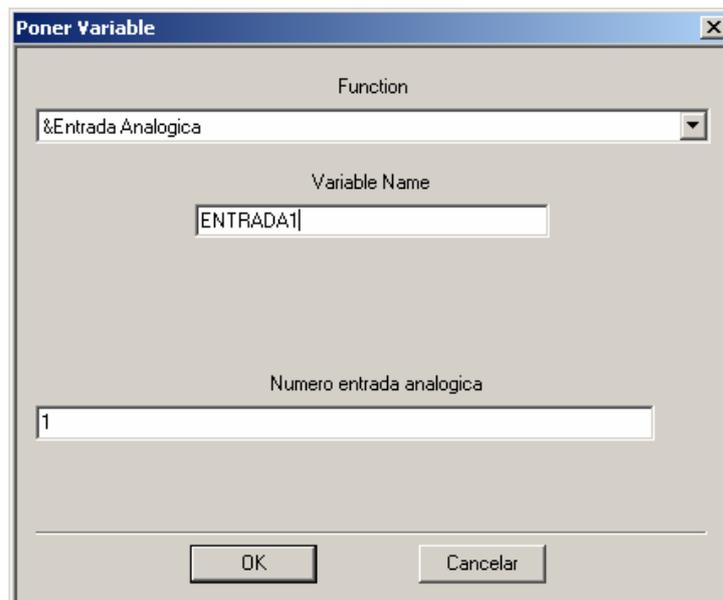
Para poner un valor en la Salida Análoga hay que escoger una salida y determinar un número de 0 a 255 que representará 0 a 10V.



El voltaje de salida está determinado por la fórmula siguiente:

$$\text{Voltaje} = \frac{\text{Valor}}{255} \times 10 = \text{Valor} \times 39,22\text{mV}$$

Para obtener un valor de la entrada análoga es necesario indicar el número de la entrada análoga y definir un nombre para la variable donde se almacenará la información. En la figura de abajo la variable se llama «ENTRADA1», pero puede tener cualquier nombre.



Se puede calcular el «valor» que representa el voltaje de entrada con la siguiente ecuación:

$$\text{Valor} = 25,5 \times \text{Voltaje}$$

Precauciones

- Asegúrese que el brazo robot tenga el debido espacio para moverse dependiendo a sus dimensiones.
- No entre al área de operación del brazo robot cuando esté trabajando.
- Sujétese el cabello o la ropa cuando trabaje con el brazo robot.
- No use el brazo robot fuera de sus características de operación: temperatura, ambiente, capacidad de carga, etc.
- No use la fuerza física para mover o detener el brazo robot mientras está energizado.
- Evite trabajar a la máxima velocidad. Una velocidad de 5 es recomendable.
- Detenga los movimientos del brazo robot cuando choca con un obstáculo o en caso de emergencia.
- No instale ni trabaje con el Controlador-USB fuera de sus características de operación: temperatura, ambiente, voltaje, corriente, etc.
- Apague el Controlador-USB antes de conectar alguna entrada o salida.
- Nunca conecte voltaje directamente de una fuente externa a las salidas de colector abierto. Utilice una carga de acuerdo a las especificaciones.

Procedimiento

Verifique que el circuito de entrenamiento esté debidamente conectado a las entradas y salidas análogas del Controlador-USB.

Ejecute SCORBASE y active «Ver»>>Barra de diálogo>>Entrada y Salida análoga». Escriba el siguiente programa:



Cambie el voltaje en la entrada análoga y observe los valores en los cuadros de entrada y salida análoga.



Llene la tabla y compruebe lo obtenido con los valores teóricos.

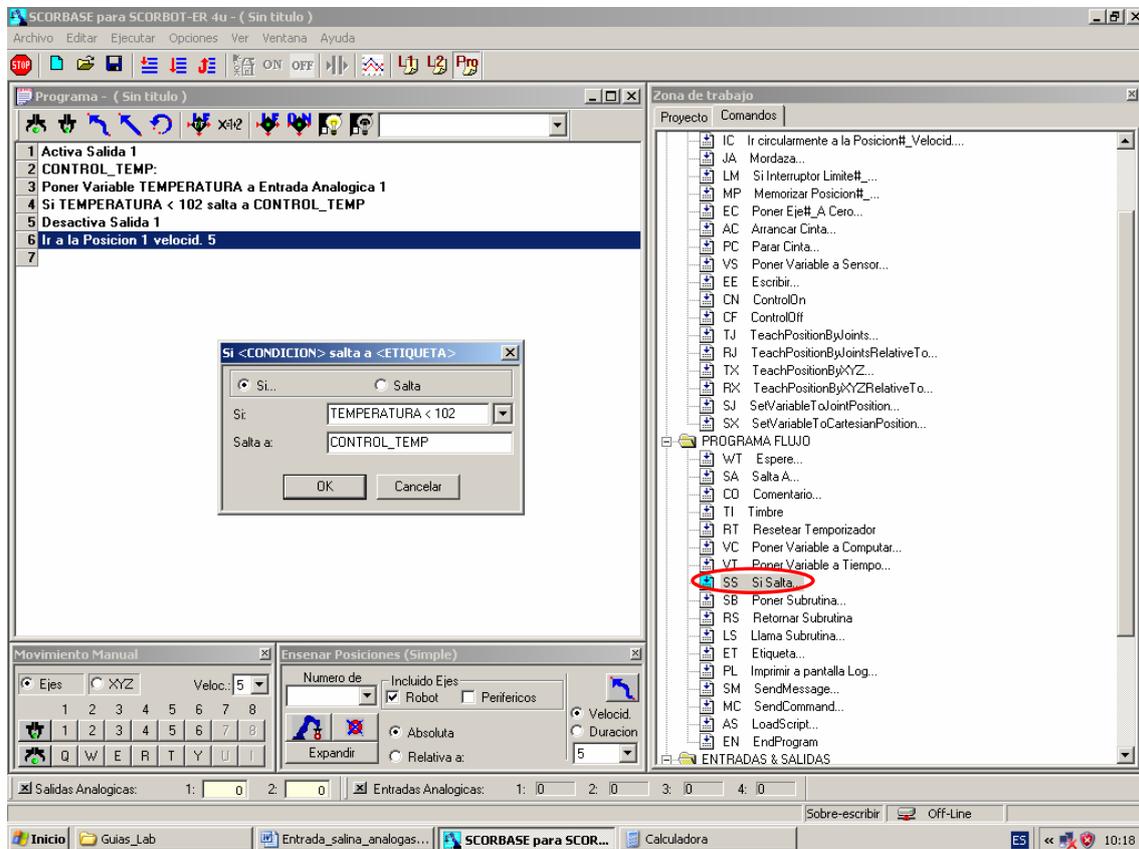
Voltaje [V]	Entrada análoga	Valor teórico
2		
4		
6		
8		
10		

Consideremos ahora que se está controlando un proceso con temperatura, y que el brazo robot tiene que realizar una determinada acción cuando la temperatura llegue a un valor prefijado (por ejemplo 100° C que representa 4 V del transmisor de temperatura). Será necesario un programa con comando de condición para apagar el calefactor (salida digital 1) y desplazar el brazo robot.

$$\text{Valor} = 25,5 \times \text{Voltaje} = 25,5 \times 4V = 102$$

	Programa	Comentario
1	Activa Salida 1	Enciende el calefactor
2	CONTROL_TEMP:	Etiqueta
3	Poner Variable TEMPERATURA a Entrada Análoga 1	Lee entrada análoga 1
4	Si TEMPERATURA < 102 salta a CONTROL_TEMP	Comparación
5	Desactiva Salida 1	Apaga calefactor
6	Ir a la Posición 1 velocid. 5	Mueve el brazo robot

El comando de condición SS se lo emplea especificando la condición (TEMPERATURA < 102) y la etiqueta (CONTROL_TEMP) donde brincara mientras se cumpla la condición.



III.9 Práctica No. 9: Sistema neumático

Objetivo: Emplear el sistema neumático como herramienta de ayuda para la manipulación del brazo robot de objetos que no son posibles tomar con las pinzas.

Introducción

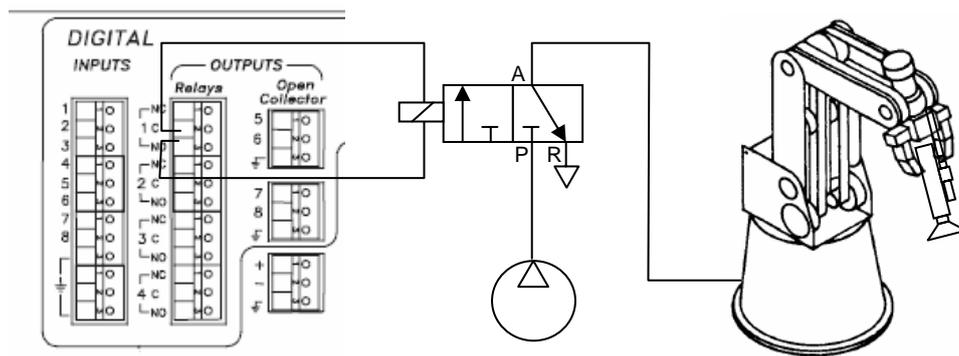
Los componentes que conforman el sistema neumático son: compresor, mangueras para conducir el aire, electro válvula 3x2, fuente de energía para electro válvula, y generador de vacío. Todo debe estar debidamente conectado. Para programar la manipulación del sistema neumático, necesariamente hay que trabajar con SCORBASE.

Precauciones

- Asegúrese que el brazo robot tenga el debido espacio para moverse dependiendo a sus dimensiones.
- No entre al área de operación del brazo robot cuando esté trabajando.
- Sujétese el cabello o la ropa cuando trabaje con el brazo robot.
- No use el brazo robot fuera de sus características de operación: temperatura, ambiente, capacidad de carga, etc.
- No use la fuerza física para mover o detener el brazo robot mientras está energizado.
- Evite trabajar a la máxima velocidad. Una velocidad de 5 es recomendable.
- Detenga los movimientos del brazo robot cuando choca con un obstáculo o en caso de emergencia.
- No instale ni trabaje con el Controlador-USB fuera de sus características de operación: temperatura, ambiente, voltaje, corriente, etc.
- Apague el Controlador-USB antes de conectar alguna entrada o salida.
- Nunca conecte voltaje directamente de una fuente externa a las salidas de colector abierto. Utilice una carga de acuerdo a las especificaciones.

Procedimiento

Conecte el sistema neumático como muestra la figura.



Realice la manipulación manual de CD's para familiarizarse con este sistema. Luego, desarrolle un programa para efectuar un proceso de almacenaje de CD's en una caja.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- Para la utilidad del presente material es necesario el conocimiento básico de electrónica, instrumentación, control, matemáticas y física.
- Es conveniente utilizar la secuencia de las prácticas en el orden que se presenta para mejor comprensión, ya que han sido diseñadas en un estilo de avance, de menos a más.
- Es necesario tener a la mano el manual de Scorbase para mejor comprensión de los comandos.
- El uso del programa RoboCell, en su aplicación virtual, es una herramienta útil para el entrenamiento de la manipulación del brazo robot.

Recomendaciones:

- Se puede adicionar otros accesorios que sean compatibles con las características eléctricas del Controlador-USB, tales como: sensores ópticos, sensores de proximidad, motores, actuadores, etc.
- Es posible acondicionar otros dispositivos de mayor potencia mediante «manejadores de acoplamiento» o interfaces.
- Sería conveniente adquirir otro robot de un modelo diferente (Scorbot-ER 9u, 2u, etc.) para enriquecer la experiencia de operar los robots manipuladores. Además de obtener la licencia de RobCell.
- Para la utilización del sistema neumático sugiero adquirir un compresor de menor capacidad.

- Establecer mantenimientos periódicos del sistema robotizado a fin de alargar su vida.
- Definir, en el laboratorio donde se encuentra el brazo robot, las normas de seguridad básicas como: señalización, alarmas, letreros, comunicados de seguridad que sean visibles para todos, advertencia de que sólo pueden operar el brazo las personas calificadas, etc. Adjunto un Anexo para este fin.
- Desarrollar proyectos con los alumnos de tecnología que ayuden a enriquecer la utilidad del sistema robot.

BIBLIOGRAFÍA

BARRIENTOS, Antonio y otros. “*Fundamentos de robótica*”. Madrid: España. 1997.

INTELITEK Inc. “*Scorbase user manual*”. 2006

INTELITEK Inc. “*Scorbot-ER 4u user manual*”. 2001

INTELITEK Inc. “*RoboCell user manual*”. 2005

INTELITEK Inc. “*Controller USB user manual*”. 2005

XIE, Ming. “*Fundamentals of robotics. Linking perception to action*”. Edit. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. Singapore. 2003.

Páginas Web

URL: http://www.christiani.es/product_info.php/products_id/5997

URL: <http://www.oni.escuelas.edu.ar/2001/bs-as/hombre-vs-maquina/segunorm.htm>.
"Seguridad en las instalaciones robotizadas"

ANEXO

PRECAUCIONES PARA LA OPERACIÓN DEL BRAZO ROBOT Y SUS PERIFÉRICOS

- No entre al área de operación del brazo robot cuando esté moviéndose.
- Sujétese el cabello o la ropa cuando trabaje con el brazo robot.
- No use el brazo robot ni el Controlador-USB fuera de sus características de operación: temperatura, ambiente, capacidad de carga, voltajes, etc. Vea los manuales de operación.
- No use la fuerza física para mover o detener el brazo robot mientras está energizado.
- Evite trabajar a la máxima velocidad. Una velocidad de 5 es recomendable.
- Detenga los movimientos del brazo robot cuando choca con un obstáculo o en caso de emergencia con el botón rojo del Controlador-USB.
- Apague el Controlador-USB antes de conectar alguna entrada o salida.
- Nunca conecte voltaje directamente de una fuente externa a las salidas de colector abierto. Utilice una carga de acuerdo a las especificaciones.
- Conecte el sistema de vacío en la pinza del brazo robot sólo después de haber hecho *home*.