



03063
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO 1
29.

**UNIDAD ACADÉMICA DE LOS CICLOS PROFESIONALES Y DE
POSGRADO DEL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN MATEMÁTICAS
APLICADAS Y SISTEMAS.**

**ALDEGUNDA:
UNA MARIONETA ROBOTIZADA
CON VOCACION DOCENTE**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACION
P R E S E N T A
OMAR LUCIO CABRERA JIMENEZ
DIRECTOR: DR. ENRIQUE RUIZ VELASCO SANCHEZ

MEXICO, D. F.

MAYO 1997

**TESIS CON
FALLA EN COPIA**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Enrique Ruiz Velasco Sánchez, Director de esta tesis, por el gran interés que mostró en este trabajo, por todo el apoyo que brindó a la realización del mismo y por ser un gran maestro y un gran amigo.

A Magdalena por ser quien me ayuda y me impulsa para que pueda alcanzar las metas que me he propuesto.

A mis padres y hermanos por encontrar siempre palabras para alentarme.

A los maestros de la Maestría en Ciencias de la Computación del IIMAS, particularmente a la Dra. Hanna Oktaba y a la M. en C. Guadalupe Ibarguengoitia González, por representar un ejemplo de superación digno de imitar.

“ALDEGUNDA : UNA MARIONETA ROBOTIZADA CON VOCACIÓN DOCENTE”.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 0.- La problemática	4
La problemática	4
Objetivos	5
Supuestos básicos.....	5
CAPITULO I.- La Robótica Pedagógica como herramienta de la enseñanza. ...	6
I.1 Antecedentes de la robótica.....	7
I.2 Robots en educación.....	11
I.3 Estado del arte de la Robótica Pedagógica	13
CAPITULO II.- Consideraciones de orden tecnológico	22
II.1 El puerto Paralelo de una PC	23
II.2 Los motores de paso.....	30
II.3 La comunicación a través del puerto paralelo de una PC con propósitos de control y monitoreo	32
CAPITULO III.- Concepción, desarrollo y creación de Aldegunda.....	36
III.1 Estructura mecánica de ALDEGUNDA	37
III.2 La estructura electrónica de ALDEGUNDA	42
III.3 La estructura de control de ALDEGUNDA	45

CAPITULO IV.- Ejemplos de aplicaciones de la marioneta robotizada	49
IV.1 Aldegunda como geógrafa	49
IV.2 Aldegunda como computóloga	55
IV.3 Aldegunda como matemática	61
CONCLUSIONES	64
VÍAS DE DESARROLLO	66
REFERENCIAS	68

INTRODUCCIÓN

La robótica despierta en todos los estudiantes un gran interés, pues el diseño, construcción y programación de un robot involucra diferentes disciplinas, todas ellas de gran importancia como la electrónica, la mecánica y los lenguajes de programación entre otras. Además el funcionamiento de los prototipos robóticos puede estar enfocado a transmitir otro tipo de conocimientos como veremos más adelante.

La idea de "aprender jugando" resulta muy atractiva para todos los estudiantes, independientemente de su edad o formación, es por ello que los prototipos robóticos logran captar su atención y despertar su interés por el proceso de diseño, construcción y programación del robot. Asimismo el funcionamiento del robot puede ser orientado hacia la transmisión de diversos conocimientos.

Aldegunda puede considerarse un robot de suelo educacional. Se trata de un prototipo robótico antropomórfico que fue desarrollado con el esquema de una marioneta robotizada que se controla a través del puerto paralelo de una Computadora Personal (PC) y cuyas funciones realiza frente al Monitor para simular estar dando clases de diversos temas que pertenecen a diferentes

disciplinas, entre las que podemos señalar la geografía, las matemáticas, la programación estructurada de un lenguaje informático y la Inteligencia Artificial.

Es así, que en el presente trabajo, se pretende dar cuenta de la concepción, creación, diseño, desarrollo y control de un dispositivo tecnológico (en este caso un robot educativo). Para ello, el trabajo se ha desarrollado en siete partes fundamentales, a saber :

El Capítulo 0 es donde se plantea la problemática que vamos a tratar a lo largo de este trabajo, así como los objetivos que se persiguen.

En el Capítulo 1 tratamos los aspectos de orden educativo. Se destacará por qué es bueno trabajar con un robot en la enseñanza, analizando las ventajas desde el punto de vista didáctico y apuntaremos las opiniones de destacados investigadores del área.

Las consideraciones de orden tecnológico están expuestas en el Capítulo 2. En este apartado se detallan los puntos que se han investigado respecto a la comunicación bidireccional entre un dispositivo externo y la PC a través del puerto paralelo, así como el funcionamiento de los motores de paso (step motor) que se han utilizado en la construcción del prototipo.

El Capítulo 3 se aboca a la presentación y la descripción de los elementos que conforman al robot Aldegunda, es decir, sus componentes mecánicos, sus componentes electrónicos, y de las instrucciones que puede reconocer el prototipo, también abordaremos cómo está construido, por qué se pensó de esta manera y cómo es que se utiliza para apoyar la enseñanza de los temas que se han mencionado.

Más adelante, en el Capítulo 4, exponemos el desarrollo de algunos ejemplos de aplicación del robot; veremos a Aldegunda como geógrafa, como computóloga y como matemática, es decir, en este capítulo expondremos tres aplicaciones que hemos desarrollado para ver al robot en funcionamiento.

Finalmente presentamos las Conclusiones a la que hemos llegado al realizar este trabajo. La robótica pedagógica es una disciplina que presenta, por una parte, un vasto campo para la investigación y el desarrollo y, por otro lado, un nuevo enfoque tendiente a simplificar la enseñanza con el apoyo de prototipos adecuados tanto a los educandos como al material que se pretende dar a conocer. En esta disciplina la computadora y los avances tecnológicos de la electrónica representan herramientas invaluableles que nos apoyan a construir de manera cada vez más sencilla prototipos cuyas posibilidades y alcances son cada vez mayores.

En las Vías de Desarrollo, presentamos algunas líneas de investigación, que derivan de la posibilidad de volver más robusta desde el punto de vista electromecánico y computacional a la marioneta robotizada Aldegunda.

En el apartado de referencias, se menciona la bibliografía que sirvió de apoyo para el desarrollo de este trabajo.

Es así, estimado lector que no me resta más que someter a su juicio este trabajo que no tiene otra pretensión que la de hacer una pequeña aportación en los campos de la robótica educativa y de las ciencias de la computación.

O

LA PROBLEMÁTICA

- LA PROBLEMÁTICA
 - OBJETIVOS
 - SUPUESTOS BÁSICOS
-

El presente trabajo es un proyecto de investigación en *Robótica Pedagógica* enfocado, por una parte, a conocer lo que existe acerca de esta disciplina y por otro lado al desarrollo tecnológico de una aplicación, es decir, generar un prototipo robótico que de alguna manera sea capaz de despertar el interés de los educandos y transmita algún tipo de conocimiento.

0.1 LA PROBLEMÁTICA

Ante la necesidad de la integración de distintas áreas del conocimiento, surge la *Robótica Pedagógica*. En efecto, para hacer robótica es necesario conocer y dominar distintas áreas del conocimiento, entre otras : la mecánica, la electricidad, la electrónica y la informática. Esta integración no es trivial. No obstante, si seguimos la metodología que propone la *Robótica Pedagógica*, seríamos eventualmente capaces de concebir, desarrollar y controlar dispositivos tecnológicos que cumplen cabalmente con los requisitos que impone la *Robótica Industrial*. Es así que para motivar e incentivar a los estudiantes en el dominio de la tecnología en general y de la *Robótica Pedagógica* en Particular, iniciaremos la concepción, desarrollo y puesta en funcionamiento *paso a paso* de una

marioneta robotizada misma que permitirá a los estudiantes adentrarse en el conocimiento de la Robótica Pedagógica y de otras áreas del conocimiento. Las ventajas didácticas del trabajo con prototipos robóticos nos obligan a construir y programar este tipo de mecanismos, intentando realizar sistemas con los cuales a los estudiantes se les puedan transmitir diversos conocimientos no sólo relacionados con el diseño, construcción y programación de los robots sino también acerca de otras disciplinas.

0.2 OBJETIVOS

Los objetivos que se persiguen en este trabajo son :

Exponer lo que existe en diversos centros de investigación alrededor de todo el mundo acerca de investigaciones sobre la robótica pedagógica.

Diseñar, construir y controlar una marioneta robotizada que simule dar lecciones de diferentes temas transmitiendo conocimientos de diversas disciplinas tales como la geografía, las matemáticas y en particular la informática.

0.3 SUPUESTOS BÁSICOS

La idea de "aprender jugando" resulta muy atractiva para todos los estudiantes, independientemente de su edad o formación, es por ello que los prototipos robóticos logran captar su atención y despertar su interés por el proceso de diseño, construcción y programación del robot. Así mismo, el funcionamiento del robot puede ser orientado hacia la transmisión de diversos conocimientos.

1

LA ROBÓTICA PEDAGÓGICA COMO HERRAMIENTA DE LA ENSEÑANZA.

- **ANTECEDENTES DE LA ROBÓTICA.**
 - **ROBOTS EN EDUCACIÓN.**
 - **ESTADO DEL ARTE DE LA ROBÓTICA PEDAGÓGICA.**
-

La transmisión de conocimientos acerca de conceptos que pertenecen a las matemáticas y a otras disciplinas formales, como la programación de computadoras, requiere de grandes esfuerzos, tanto de parte de los maestros como de parte de los alumnos. Lo anterior obliga a idear metodologías y herramientas de enseñanza apropiadas a las condiciones del aprendizaje, en función del tipo de principios que se intenta dar a conocer, de la edad de los educandos y de su nivel de escolaridad.

Los robots generalmente son concebidos para hacer aquellas tareas que resulten complicadas o peligrosas para el ser humano y en aquellas áreas en las que la velocidad y la precisión de los mecanismos automatizados superen a las habilidades del hombre.

La noble tarea de la enseñanza no puede ser encomendada a un robot, sin embargo, sí podemos apoyarnos en ellos para enseñar algo en especial, sobre

todo en las áreas que están involucradas en el proceso de construcción y de programación de robots, esto es en las áreas de la mecánica, de la electrónica y de la informática.

La robótica pedagógica es, actualmente, una disciplina en la que se está trabajando, con gran empeño, en diferentes partes del mundo, prueba de esto son los trabajos que se han presentado en los diferentes congresos internacionales que han hecho, con gran éxito, los estudiosos de esta disciplina y de los cuales exponemos, más adelante, algunos trabajos.

1.1 ANTECEDENTES DE LA ROBÓTICA

La palabra robot se encuentra emparentada con la palabra gótica *árbi* que significa herencia y, también, con la palabra gótica *arbaiths* = trabajo, faena, pena, apuro. Una palabra alemana afín es *Arbeit* = trabajo, y la equivalente en eslavo antiguo es *rabota*; en checo y en polaco, *robota* = servidumbre, trabajo forzado [4]

En la antigüedad existió, en varias culturas, la idea de poseer aparatos que se asemejaban a los hombres o a los animales para que éstos se encargaran de hacer las tareas de la vida cotidiana: En la india se hablaba de hombres de madera que caminaban cantaban y danzaban; en china se decía que los hombres sabios podían infundir vida a las estatuas y utilizarlas como esclavos y en la mitología griega se encuentran sirvientes mecánicos que servían en las casas de los dioses, por mencionar sólo algunos ejemplos.

Los robots tal como se conciben hoy en día son un conjunto de mecanismos capaces de realizar alguna tarea, por lo tanto la construcción de un robot involucra dos aspectos fundamentales: el robot debe mantener un movimiento preciso en condiciones que varían y el robot debe responder de acuerdo a una secuencia de operaciones previamente determinadas, es decir, a un programa.

En la época de la invención de los telares automáticos, existían las cajas musicales cuyos mecanismos daban la facilidad de intercambiar sus carretes logrando con esto ejecutar diferentes melodías. En 1801 Jacquard se inspiró en tales mecanismos para lograr por medio de tarjetas perforadas intercambiables controlar la secuencia de operación de los telares para obtener diferentes diseños. Esta misma idea fue utilizada por Herman Hollerith en 1886 para construir una máquina perforadora electromecánica con la que tabularon el censo de los E.U.A. de 1890 y fundó la empresa Tabulating Recording Company la cual cambió su nombre en 1924 por el de International Business Machine (IBM).

La principal contribución de Jacquard fue el separar la parte mecánica (que en computación correspondería al hardware) de la parte de la realización de un programa de control (correspondiente al software). Posteriormente Charles Babbage, quien es considerado como el padre de las computadoras, intentó aplicar los mismos conceptos de manera más general creando a través de sistemas de engranes una máquina para hacer operaciones aritméticas.

John Von Neumann en 1947 apoyado en las ideas de Babbage estableció el modelo que es la forma de diseño en la cual están basadas todas las computadoras modernas. El Modelo de Von Newman también es conocido como Modelo de Computadora de Programa Almacenado y está compuesto por cuatro unidades básicas:

- **Unidad de entrada.**
- **Unidad Central de Procesamiento**
- **Memoria**
- **Unidad de salida**

La idea del modelo es tener almacenados, en la memoria, tanto los datos que se van a procesar como el código de las instrucciones que van a ser ejecutadas y contar con dispositivos que permitan la comunicación entre esta computadora y los usuarios, es decir, una unidad que permita introducir información a la computadora y otra que permita que la computadora entregue sus resultados.

La ingeniería mecánica ha aportado una serie de avances que aunados al desarrollo de la tecnología de las computadoras han podido contribuir a la construcción de los robots que son utilizados actualmente.

La mayoría de los robots fabricados actualmente se destinan a las industrias (destaca entre todas ellas la industria automotriz) en donde podemos ver impresionantes ejemplos del tipo de trabajo, la precisión y la velocidad que puede tener uno de estos mecanismos y es por esta razón que los centros de educación en los cuales los profesores y estudiantes centran su atención en la robótica sólo se interesan por el desarrollo de robots industriales.

Las tareas que más a menudo realizan los robots industriales son :

Soldadura por puntos. El robot se encarga de unir dos trozos de lámina, primero sujetando, con mucha presión, las piezas a unir y luego haciendo pasar a través de los puntos presionados una corriente eléctrica.

Moldeo por inyección. Se calientan gránulos de un polímero hasta alcanzar la viscosidad correcta y se rellena un molde. El robot abre el molde y vierte en él el polímero, a continuación cierra las piezas del molde para obtener la figura deseada y mueve el molde cerrado a donde se enfríe, finalmente abre el molde y toma la pieza para colocarla en el lugar adecuado.

Revestimiento de superficies. Esto incluye el pintado y esmaltado de superficies así como la aplicación de selladores e impermeabilizantes sobre diferentes tipos de superficies.

Operación de máquinas herramientas. Un robot puede operar a otra máquina la cual puede ser, por ejemplo, un torno. En cuanto el torno tiene lista una pieza envía una señal al robot, éste abre la puerta del torno, sujeta la parte, el torno la libera y el robot la mueve hacia donde se realizará la siguiente operación.

Ensamble. Los robots pueden ser capaces de unir diferentes partes de un sistema para armarlo haciendo este tipo de tareas repetitivas a gran velocidad.

Empaque y acomodo. El robot coloca dentro de una caja o paquete las diferentes piezas que se le presentan.

Inspección. Los avances que existen en materia de dispositivos opto-electrónicos permiten que la visión artificial de un robot pueda ser ajustada para examinar algún sistema o para explorar en lugares que sean particularmente difíciles y esto es aprovechado, actualmente, en distintas industrias para llevar a cabo un riguroso control de calidad de los productos.

1.2 ROBOTS EN EDUCACIÓN

Como ya se ha mencionado los robots son servidores del hombre que han sido creados para apoyarlo en tareas que requieren ser ejecutadas a gran velocidad o bien con una gran precisión y en aquellas que resultan peligrosas para los seres humanos. Una tarea muy noble que no puede ser encomendada del todo a los robots es la de la enseñanza, no obstante, sí podemos auxiliarnos de tales mecanismos para transmitir el conocimiento de algunas áreas muy particulares tales como las matemáticas, la cinemática, la geometría, la física, la electricidad, la electrónica, la mecánica, y en particular la informática.

En 1968 en el Stanford Research Institute se construyó el primer robot móvil sofisticado que poseía una cámara de televisión de determinación óptica de la distancia, detectores de choque y un enlace por radio con una computadora. Algunos años después Nolar Bushnell realizó un robot doméstico al que llamó TOPO controlado desde una computadora por medio de un enlace de infrarrojos, siendo estos los primeros ejemplos de robots cuya finalidad fue puramente educativa, pues ilustraba de manera muy práctica los conceptos teóricos en los cuales estaba basado.

Los brazos de robots educacionales tienen la ventaja de ser de tamaño pequeño y por lo tanto poseen poca capacidad de carga, por regla general son adquiridos por instituciones educativas y por aficionados, éstos pueden ser usados en experimentos que involucren simulación de robots industriales.

Los robots de suelo son los dispositivos periféricos más divertidos y didácticos, pues con ellos puede una persona entretenerse a la vez que se familiariza con las ideas de la programación informática. Existen varios robots de suelo disponibles comercialmente, entre ellos la tortuga LOGO que sirve para dibujar líneas en el

suelo de acuerdo a las instrucciones del lenguaje LOGO y que tiene un enlace de cable con la computadora, el Piper Mouse tiene un enlace ultrasónico con una terminal y la Tortuga Valiant que es muy parecida a una tortuga real que tiene un enlace de infrarrojos con la computadora.

Algunas personas han aprendido los primeros conceptos de programación apoyándose en herramientas sencillas que de alguna manera utilizan a un robot. Durante algunos años Macintosh ha utilizado un sistema que tiene una tortuga virtual como herramienta para apoyar la enseñanza de la programación estructurada y a últimas fechas la tortuga apoya también la enseñanza de la Programación Orientada a Objetos. El sistema KAREL también es un robot virtual que tiene un pequeño conjunto de instrucciones y condiciones, así como un conjunto de estructuras de control muy básicas además tiene la capacidad de aprender tareas hechas en base a sus primitivas, lo cual lo convierte en un robot muy poderoso. El sistema KAREL soporta todos los conceptos de la programación estructurada y para muchos de nosotros fue la primera herramienta para el aprendizaje de conceptos de programación estructurada usando una computadora personal.

En mi experiencia como profesor de Informática en la Universidad Tecnológica de Nezahualcóyotl he utilizado, en diferentes ocasiones, como una herramienta de enseñanza al robot Karel en los cursos de Lógica de Programación y he encontrado enormes ventajas al utilizar este tipo de apoyo didáctico, dado que a los alumnos les resulta muy atractivo el hecho de interactuar con un robot, aunque en el caso de Karel sólo se trate de un robot virtual muy sencillo. Sin embargo de esta experiencia podemos concluir que a los estudiantes de todas las edades les atrae la idea de aprender-jugando.

1.3 ESTADO DEL ARTE DE LA ROBÓTICA PEDAGÓGICA

En años recientes muchos investigadores de diversos países han creado como una nueva disciplina a la *Robótica Pedagógica*. Ésta surgió con la finalidad de explotar el deseo de los educandos por interactuar con un Robot para favorecer los procesos cognitivos. En este documento presentaremos algunos de los trabajos que han realizado los investigadores de esta disciplina y que han sido dados a conocer en los diferentes congresos internacionales de Robótica Pedagógica:

El primero se hizo en Le Mans, Francia, en 1989 y fue coordinado por Martial Vivet y Pierre Nonnon.

El segundo en Montreal, Canadá, en 1990, también fue coordinado por Martial Vivet y Pierre Nonnon en colaboración con Paul D'Amour.

El tercero en La ciudad de México en 1991 fue coordinado por Enrique Ruiz Velasco Sánchez.

Martial Vivet nos propone la siguiente definición de Robótica Pedagógica:

"Es la actividad de concepción, creación y puesta en funcionamiento con fines pedagógicos de objetos tecnológicos que son reproducciones reducidas muy fieles y significativas de los procesos y herramientas robóticos que son usados cotidianamente, sobre todo, en el medio industrial."

Dada la definición anterior debemos reconocer que la primera actividad dentro de la Robótica Pedagógica es encargarse de estudiar el proceso de producción (concepción, creación y puesta en funcionamiento) de los mecanismos robóticos.

La segunda función que se debe realizar en Robótica Pedagógica es la de constatar que efectivamente dichos mecanismos cumplan con los fines pedagógicos, esto involucra investigaciones en las disciplinas del conocimiento, de la educación y del aprendizaje, áreas que competen también a las Ciencias Sociales y en particular a la Psicología.

A continuación presentamos las seis principales áreas de estudio de la Robótica Pedagógica que acertadamente han propuesto los investigadores que trabajan dentro de esta disciplina, así como algunos ejemplos de las investigaciones que se han realizado en dichas áreas.

1.3.1. La Robótica Pedagógica en la enseñanza en primaria y secundaria.

La problemática que se ha observado en los niveles básicos de la educación se encuentra en el hecho de que a los alumnos *se les pide en un primer momento memorizar el contenido del material que cubren los programas escolares en los cuales ellos están inscritos, y en un segundo momento recitarlos con fines de evaluación.*

En esta área de la Robótica Pedagógica se pretende enseñar a los niños conceptos importantes, principalmente de programación y de matemáticas, entre otras materias, utilizando para esto herramientas que resulten interesantes para los alumnos y que faciliten el aprendizaje. La aplicación de esta disciplina tiene como objetivo el explotar lo atractivo que resulta para los educandos la idea de *"aprender jugando"*. Esta es el área en la cual los investigadores se han enfocado con mayor frecuencia.

Enrique Ruiz Velasco Sánchez desarrolló *UN ROBOT PEDAGÓGICO PARA EL APRENDIZAJE DE CONCEPTOS INFORMÁTICOS*. Él creó un ascensor

miniatura que puede ser programado por los alumnos (niños de primaria) y con esto ha demostrado que una herramienta nos puede permitir agilizar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Se empieza con problemas y conceptos muy sencillos y se va aumentando la complejidad de los primeros, así como el alcance de los segundos para que el alumno llegue a construir programas muy poderosos para resolver problemas complejos apoyado por importantes conceptos informáticos.[1]

El trabajo de Paul D' Amour dentro de esta área es un estudio acerca de *LA ROBÓTICA PEDAGÓGICA COMO SOPORTE AL APRENDIZAJE DE CONCEPTOS EN CIENCIA Y EN MATEMÁTICAS PARA ESTUDIANTES DE 12 Y 13 AÑOS*. En este trabajo se apunta que en un programa de ciencias y de matemáticas de una escuela primaria están contenidos una importante cantidad de conceptos y objetivos que están inmersos en el proceso de concebir-fabricar-programar un Robot. Esta idea genera gran interés en los alumnos y facilita el proceso cognitivo de tipo deductivo, un procesos que requiere que el alumno atienda una serie de explicaciones, retenga los principios enseñados y los aplique en ejercicios prácticos que favorecen todo su proceso de aprendizaje. [3]

1.3.2. La Robótica aplicada a los adultos en formación profesional.

Se mencionó anteriormente que la Robótica Pedagógica puede apoyar la enseñanza en diversas disciplinas del conocimiento y que puede utilizarse con personas de cualquier edad. No son pocas las ocasiones en que los maestros de niveles de educación superior han utilizado herramientas robóticas para facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Luis Guillermo Pedraza Moctezuma y Francisco Javier Fernández Puerto nos presentan sus investigaciones sobre las aplicaciones de la robótica en la enseñanza de la medicina así como también acerca de los problemas de salud

que son consecuencia de trabajo con las nuevas herramientas tecnológicas. En este trabajo se hace la descripción de un Robot-Workstation desarrollado para enseñar las funciones cerebrales. Este trabajo también menciona un robot que sirve para simular y enseñar el proceso de contracción muscular. El nombre del trabajo de estos investigadores es *ROBÓTICA Y MEDICINA: ESTADO DEL ARTE*. [3]

Daniel Marchand creó a ROMÉO, un Robot Manipulador, su concepción y su realización están enfocadas hacia la enseñanza de los conceptos tecnológicos más que de los conceptos informáticos. ROMÉO posee una pinza que baja y sube para tomar objetos, tiene la facilidad de girar hacia la izquierda y hacia la derecha, también posee un sistema para detectar la presencia de los objetos que puede afianzar y cuenta con la facilidad de reconocer diferentes colores. ROMÉO es un instrumento que puede ilustrar a los alumnos la manera de utilizar los conocimientos que poseen (y aquellos que pueden adquirir) en las áreas de mecánica, electricidad, electrónica, informática y optoelectrónica para desarrollar sistemas robóticos que hagan diversas tareas. [1]

1.3.3. La Robótica aplicada a las personas discapacitadas.

En esta área la investigación se enfoca a la explotación de las propiedades de los mecanismos robóticos para ayudar a que las personas minusválidas puedan desenvolverse de una forma más normal a pesar de sus limitaciones. Lo que se refiere a Pedagogía en esta área se puede ver enfocando la atención en el trabajo de los investigadores en cuanto al planteamiento de metodologías que apoyen la formación de personal capacitado para el entrenamiento.

Michel Gilbert y Richard Howell han realizado un trabajado sobre el **DISEÑO Y USO DE ROBOTS MANIPULADORES COMO APOYOS COGNITIVOS Y**

FÍSICOS PARA ESTUDIANTES ORTOPÉDICAMENTE DISCAPACITADOS. En este documento estos científicos proponen reunir esfuerzos y conocimientos de educadores, ingenieros y terapeutas para desarrollar herramientas robóticas de rehabilitación y de educación. Dichas herramientas deben ayudar a resolver algunos de los problemas de los discapacitados, es decir, deben cumplir con alguno de los siguientes requerimientos:

- ser auxiliares en la realización de Actividades de la Vida Diaria.
- ayudar a obtener una actividad remunerada.
- Ser educacionales y/o terapéuticos.

Esta investigación también propone mezclar las diferentes metodologías de trabajo de las disciplinas que pueden intervenir en el proceso de creación de estos robots. [2]

1.3.4. La Robótica como herramienta de laboratorio.

Hemos mencionado la importancia que tiene en Robótica Pedagógica hacer mecanismos parecidos a los robots industriales con una finalidad didáctica. El lugar en donde puede hacerse mejor esta tarea es el laboratorio. Un laboratorio nos da la facilidad de poder practicar los conceptos aprendidos en las aulas. Además, los fenómenos del mundo real pueden ser representados por medio del funcionamiento de un mecanismo robótico, por lo tanto, estos mecanismos pueden apoyar en gran medida la enseñanza acerca del comportamiento de muchos sistemas y de simular algunas formas de los procesos de producción de la industria, apoyando didácticamente a diversas disciplinas.

José Nieto en la Universidad de Montreal tiene su robot de laboratorio llamado *El PÉNDULO : UN SISTEMA ROBÓTICO PEDAGÓGICO PARA INICIAR EL*

ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LOS FENÓMENOS PERIÓDICOS. Este sistema robótico posee un gran potencial didáctico, pues permite a los estudiantes ver el funcionamiento periódico de un péndulo con la facilidad de poder controlar elementos que intervienen en este tipo de movimiento. [1]

En su laboratorio , Eric Bruillard y Loïc Lepennec hicieron un proyecto con la idea de fomentar un conjunto de actividades creativas: Su investigación lleva el nombre de *Concebir, Programar, Recortar : El proyecto filicouper*

En francés fil significa hilo y couper significa cortar. El filicouper es un hilo que se calienta y puede recortar placas de poliestireno. Este dispositivo es controlado por una computadora. Esta herramienta tiene las siguientes características :

- es muy poderosa para enseñar geometría plana.
- es productiva, y posee además gran precisión .
- es didáctica en áreas como la geografía, las artes plásticas, las matemáticas y la informática.

En un primer momento, el usuario debe diseñar un molde, es decir, *Concebir* algún tipo de figura plana. El siguiente paso es *Programar* en un lenguaje de comandos numéricos las instrucciones que reproduzcan en la pantalla de la computadora el diseño que se ha hecho. Finalmente se le solicita a la computadora que active el filicouper para *Recortar* la figura tal como se ha visto en la pantalla. [1]

Jean-Baptiste La Palme y Maurice Belanger entrenan a grupos de estudiantes cuyas edades oscilan entre los 13 y los 17 años en un laboratorio en el que desarrollan un proyecto llamado : *UN TEATRO ROBOTIZADO DE MARIONETAS CONSTRUIDO Y PROGRAMADO POR LOS ALUMNOS CON AYUDA DEL*

LENGUAJE ANDROIDE. La idea de este proyecto es, en una primera parte, proporcionar a los alumnos conocimientos relacionados con la construcción y la programación de algunos mecanismos robóticos muy sencillos y después, en una segunda parte, hacer que los alumnos realicen prácticas en la cuales apliquen los conceptos que han aprendido. [2]

1.3.5. La Robótica Pedagógica para facilitar el desarrollo de los procesos cognitivos y de representación.

La construcción y la utilización de herramientas robóticas permiten que el educando de cualquier edad pueda crear sus propios "micromundos", es decir, fabricar sus propias representaciones de algunos fenómenos del mundo que le rodea y esto con la consecuente ventaja de facilitar la adquisición de conocimientos acerca de dichos fenómenos.

En : *LA ROBÓTICA INTEGRADA AL APRENDIZAJE Y A LA ENSEÑANZA*, una investigación de Monique Noël y Guy Bergeron, se exponen las ventajas que existen en la fabricación y el uso de estas herramientas robóticas pedagógicas para capacitar a los alumnos desde temprana edad para tratar y resolver problemas. Estas actividades generan una importante cantidad de conocimientos en los niños y desarrollan sus aptitudes en el análisis, el cuestionamiento y la síntesis. [2]

Pierre Nonnon y Jean Pierre Theil afirman que el aprendizaje de muchos conceptos abstractos de tecnología y de ciencias pueden ser enormemente favorecidos por la robótica pedagógica, aún en las personas que aprenden con muchas dificultades. Exponen cómo puede ayudar la robótica pedagógica en la *FORMACIÓN DE EMPLEADOS DE BAJO NIVEL DE CUALIFICACIÓN*. Los

elementos del proceso de enseñanza-aprendizaje que están favorecidos por esta disciplina son :

La integración de lo teórico con lo práctico. Es mucho más fácil aprender de fenómenos observables que de teorías complejas y abstractas.

La enseñanza del Proceso Científico. Se debe conocer cuál es el orden en que debe realizarse el trabajo que permita llevar a cabo el proceso de transmisión de los conocimientos por parte de quienes los poseen para que los obtengan aquellas personas que carecen de ellos .

La manipulación directa de los mecanismos. Se puede proporcionar capacitación en un laboratorio para efectuar tareas que impliquen el manejo de diversos sistemas.

La explotación de las representaciones gráficas. Se debe enseñar a interpretar información gráfica (curvas, esquemas, tablas, ecuaciones) para poder utilizarla proporcionando una adecuada instrucción en el manejo de ésta.

Utilización de representaciones matemáticas. Las persona deben ser capaces de crear sus propias representaciones matemáticas de los fenómenos que pueden observar en su derredor. [3]

Se han desarrollado herramientas robóticas que pueden elevar la cantidad y la calidad de los conocimientos de las personas, independientemente de su edad y su preparación lo cual, en el caso de los obreros, puede servirles para aspirar a un mejor nivel de vida.

1.3.6. Análisis y reflexiones sobre la Robótica Pedagógica y sus aplicaciones.

Hemos expuesto la importancia que tiene la robótica pedagógica como apoyo en la adquisición de conocimientos en diferentes áreas y a diferentes niveles de formación. Los diferentes investigadores de esta disciplina analizan sus propios trabajos y vislumbran las múltiples maneras de seguir explotando las facilidades de ella.

Daniel Marchand ha trabajado en un laboratorio que posee computadoras, tarjetas de adquisición de datos y algunos sensores para impartir clases a alumnos del segundo ciclo de secundaria; los conocimientos que los alumnos deben obtener sobre algunos fenómenos físicos (como el comportamiento de las resistencias y los diodos) han sido ampliamente favorecidos por el uso de los equipos de este laboratorio y han permitido además que los alumnos obtengan conocimientos adicionales sobre electricidad, mecánica e informática. Marchand expuso los positivos resultados que obtuvo en una presentación titulada LABORATORIO-SALÓN DE CLASES : BALANCE DE UN AÑO DE UTILIZACIÓN DE UN SALÓN DE CLASES INFORMATIZADO DE TRABAJOS PRÁCTICOS DE CIENCIAS FÍSICAS. [3]

Haciendo un análisis de las aplicaciones y las implicaciones de la Robótica Pedagógica algunos investigadores plantean la necesidad de establecer metodologías de trabajo dentro de esta disciplina que determinen la manera en que deben hacerse los desarrollos científicos y tecnológicos que apoyen el proceso de enseñanza-aprendizaje. Gilbert Couture propone una metodología y plantea las ventajas didácticas de ésta en : LA ROBÓTICA Y LA ADQUISICIÓN DE UN CONCEPTO MATEMÁTICO EN LA ESCUELA PRIMARIA. [3]

2

CONSIDERACIONES DE ORDEN TECNOLÓGICO

- EL PUERTO PARALELO DE UNA PC
- LOS MOTORES DE PASO
- LA COMUNICACIÓN A TRAVÉS DEL PUERTO PARALELO CON PROPÓSITOS DE CONTROL Y MONITOREO

Se puede utilizar el puerto paralelo de una computadora personal (PC) para el monitoreo y control de dispositivos externos, para esto las PC's cuentan con direcciones de memoria específicas para enviar señales hacia el exterior a través de las líneas de salida de datos. Asimismo se pueden enviar señales externas hacia los circuitos de la computadora por medio de la líneas de estado. Toda PC tiene también líneas de control que sirven para una comunicación bidireccional y en algunas computadoras las líneas de datos también pueden emplearse de modo bidireccional como veremos más adelante.

Los sistemas externos que podemos controlar y monitorear requieren, en algunas ocasiones, movimientos de mucha precisión, en estos casos, se utilizan motores de paso (Step Motors). En este capítulo también se hará una descripción del funcionamiento de este tipo de motores.

2.1 EL PUERTO PARALELO DE UNA PC

El puerto paralelo de una PC fue concebido originalmente para tener una interfase con la impresora y todavía sigue siendo ésta su función principal, sin embargo, las ocho líneas de salida, las cinco líneas de entrada y las cuatro líneas bidireccionales son suficientes para muchas aplicaciones de monitoreo, control y transferencia de datos.

El sistema operativo MS-DOS se refiere al puerto paralelo como LPT1 (de línea printer 1) o LPT2 e inclusive LPT3 para puertos adicionales. Otro nombre para el puerto paralelo es el puerto de impresora lo cual refleja su uso más común.

Cuando se hace que se inicie el funcionamiento de la computadora, una rutina del BIOS checa, para el puerto número uno, cada una de las tres direcciones en el siguiente orden. El BIOS determina la existencia de un puerto escribiendo en este y luego regresa a leer lo que se escribió si la lectura es exitosa entonces el puerto existe. El primer puerto es llamado LPT1 y corresponde a la dirección de memoria 3BC, si existe el segundo puerto será LPT2 y corresponderá a 378 y cuando exista el tercer puerto será LPT3 y sólo puede corresponder a 278 aunque lo anterior puede ser modificado a través de un programa o moviendo los correspondientes jumpers.

El conector de puerto paralelo en el panel trasero es un conector de cubierta D de 25 pines hembra. En la tabla 2.1 se presenta la configuración del puerto paralelo, sus señales y sus pines para el conector que se ha mencionado. Cada señal tiene un nombre que sugiere una función en particular aunque no siempre se tiene que usar para el propósito que fueron creadas. Por ejemplo se puede usar la señal Paper-End para algún tipo de entrada que no sea avisar que la impresora se ha quedado sin papel.

Conector Cubierta-D			Conector Cubierta-D		
PIN	Señal	Función	I / O	Registro	Bit en el Registro
1	-STB	Strobe	I / O	Control	0
2	D0	Bit Dato 0	O*	Datos	0
3	D1	Bit Dato 1	O*	Datos	1
4	D2	Bit Dato 2	O*	Datos	2
5	D3	Bit Dato 3	O*	Datos	3
6	D4	Bit Dato 4	O*	Datos	4
7	D5	Bit Dato 5	O*	Datos	5
8	D6	Bit Dato 6	O*	Datos	6
9	D7	Bit Dato 7	O*	Datos	7
10	-ACK	Acknowledge	I	Estado	6
11	BSY	Printer Busy	I	Estado	7
12	PE	Paper-End	I	Estado	5
13	SEL	Printer Selected	I	Estado	4
14	-AUTOLF	Automatic Line Feed After CR	I / O	Control	1
15	-ERR	Error	I	Estado	3
16	-INIT	Inicializa Impresora	I / O	Control	2
17	-SELIN	Selecciona Impresora	I / O	Control	3
18-25	GND	Ground	I	-	

* Algunos registros de datos son bidireccionales

TABLA 2.1. LAS SEÑALES DEL PUERTO PARALELO DE UNA PC

ENTRADAS Y SALIDAS. Se puede acceder al puerto paralelo a través del MS-DOS y el BIOS. La interrupción del DOS 21h, función 05 también escribe un byte a la impresora, la función 40h puede direccionar un bloque de datos al puerto paralelo, sin embargo para acceder completamente a las 17 señales del puerto se necesita ignorar las funciones DOS y del BIOS y leer y escribir directamente en los registros de datos estado y control del puerto.

LÍNEAS DE DATOS. Las líneas de datos que van desde D0 hasta D7 son ocho salidas que acarrean los datos que serán impresos. Para otras aplicaciones se pueden usar las líneas de datos como salidas de propósito general. Para controlar los estados de los pines 2 hasta el 9 del conector paralelo se debe escribir el dato deseado en el registro de datos cuya dirección base del puerto; por ejemplo: para forzar los estados desde D4 hasta D7 a HiGH (1 lógico) y forzar D0 hasta D3 a LOW (0 lógico) se escribe FO en el registro de datos, utilizando la sentencia OUT de BASIC tenemos:

OUT &h3BC, &hFO.

Algunos puertos paralelos tienen líneas de datos bidireccionales las cuales pueden usarse como entradas y también como salidas.

Las direcciones de memoria posibles para el registro de datos en el puerto paralelo de una PC solamente puede ser, como dijimos anteriormente alguno de estos tres valores hexadecimales: 3BC, 378 o 278. A esta dirección le llamamos dirección base, las líneas de estado pueden ser referenciadas por el valor hexadecimal consecutivo de la dirección base, es decir, la dirección puede ser 3BD, 379 y 279 en hexadecimal respectivamente para los diferentes valores de la dirección base.

Las señales de control que pueden manejar el puerto paralelo también corresponden a una dirección particular de la PC cuyo valor esta dado por el valor de la dirección base en hexadecimal aumentando en dos unidades (Tabla 2.2).

DATOS (Dirección Base)	ESTADO (Base +1)	CONTROL (Base + 2)
3BC H	3BD H	3BE H
378 H	379 H	37A H
278 H	279 H	27A H

TABLA 2.2 DIRECCIONES POSIBLES DE LOS REGISTROS

Los pines que se utilizan para las ocho líneas de datos son los números 2,3,4,5,6,7,8,9 mientras el registro de entrada de las líneas de estado son 11,10,12,13,15 finalmente los pines del conector del puerto paralelo que se utilizan para el registro de control contiene 4 líneas bidireccionales cuyos números son 17,16,14,1 (Fig. 2.1).

Las computadoras que usan Super Set 386SLO y 486SL de Intel tienen un subsistema que incluye un puerto paralelo cuyas líneas de datos son bidireccionales. Para poder efectuar el uso de un puerto paralelo para establecer una comunicación bidireccional a través de las ocho líneas de datos se debe primero correr un programa Setup o mover un jumper para configurar el puerto para operación bidimensional.

Activando o desactivando un bit se selecciona entrada o salida en el registro de control comúnmente será el bit 5 aunque algunos puertos utilizan el bit 7.

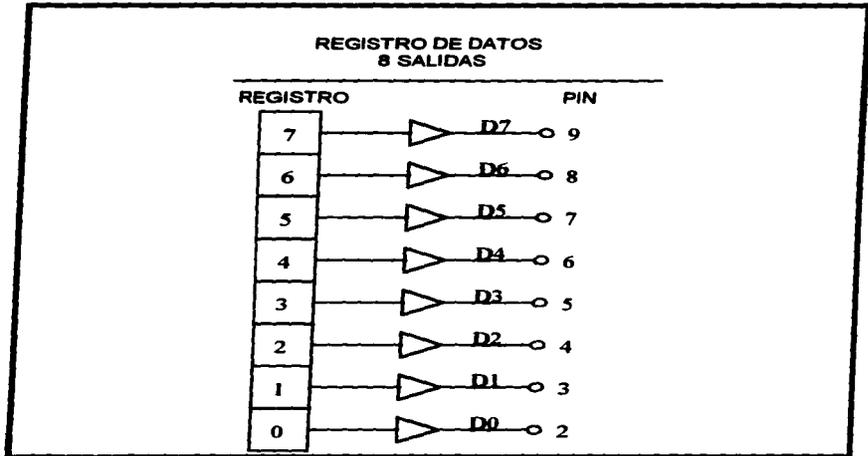


FIGURA 2.1 LAS LÍNEA DE DATOS DEL PUERTO PARALELO

LÍNEAS DE ESTADO. Las líneas de estado son 5 entradas que se leen en un registro de estado las cuales tienen una dirección igual a la dirección base más 1. Es decir que puede tomar el valor 3BD, 379 o 279 en hexadecimal. El registro de estado es sólo para lectura o sea que escribir en él no tiene sentido. Las 5 líneas de estado usan del bit 3 al bit 7 en el registro y corresponden a las pines 10 a 13 y 15 del conector los bits 0, 1 y 2 no son usados. Usando la función INP y la sentencia PRINT del lenguaje BASIC para leer el número que se encuentra en el registro de estado y escribir en la pantalla de la PC el dato que se está observando tenemos:

`PRINT INP (&h3BD).`

Aunque los valores que se leen no coinciden exactamente con los estados lógicos en el conector los bits 3 a 6 se leen normalmente el bit 7 contiene el complemento del estado lógico del PIN 11 para encontrar el estado lógico actual del conector se complementa o invierte el bit 7 (Fig. 2.2).

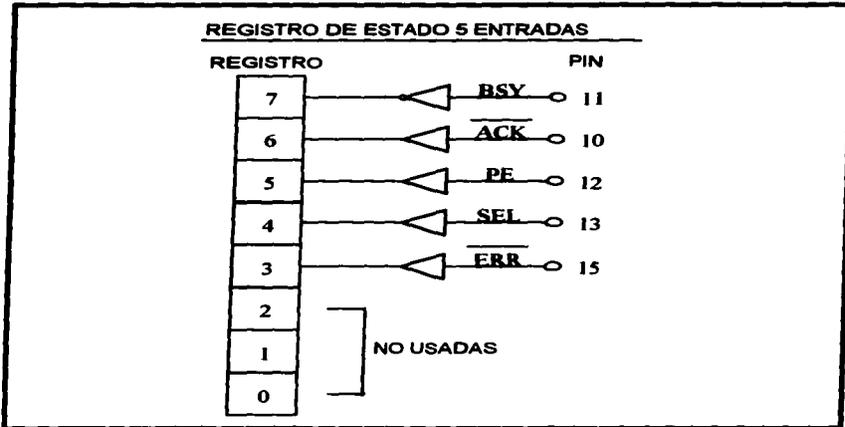


FIGURA 2.2 LAS LÍNEA DE ESTADO DEL PUERTO PARALELO

LÍNEAS DE CONTROL. Además de los registros de estado y datos, el puerto paralelo contiene un registro bidireccional de control; se pueden usar las cuatro líneas como entradas o salidas o bien en una combinación. La dirección de la memoria que ha sido asignada al registro de control, es la dirección base más 2. Las 4 líneas usan los bits 0 a 3 en el registro, el cual corresponde a los pines 1, 14, 16 y 17 en el conector (Fig. 2.3).

Para escribir en las líneas de control se escribe en el registro de control, de acuerdo a los valores de la tabla 2.2 y utilizando otra vez la sentencia OUT de BASIC, tenemos para escribir el valor binario 1010:

OUT &h3BE, &hOA

En el uso de este registro se debe considerar que en el conector los valores de los dígitos binarios en los bits 0, 1 y 3 (pines 1, 14 y 17 respectivamente) son los complementos de sus estados lógicos y que solamente el valor binario del bit 2 (pin 16) se lee normalmente.

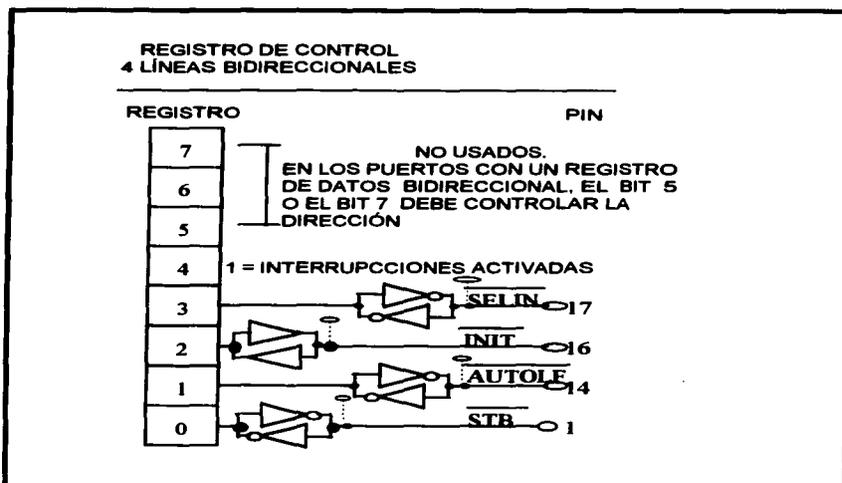


FIGURA 2.3 LAS LÍNEA DE CONTROL DEL PUERTO PARALELO

2.2 LOS MOTORES DE PASO (STEP MOTORS)

En el desarrollo de este proyecto utilizamos las líneas de datos del puerto paralelo para enviar las señales que controlen motores de paso (STEP MOTOR). Puesto que el robot tiene dos motores de éstos para hacer algunas de sus funciones como describiremos más adelante (cap 3).

Los motores de paso son una variante de los motores de corriente directa con algunas ventajas y otras desventajas; podemos mencionar como desventajas que los movimientos son discontinuos, es decir, son discretos y por lo tanto la velocidad, la aceleración y la desaceleración son discontinuas. También la torca depende de la posición del rotor.

Entre lo que podemos mencionar como ventajas de los motores de paso tenemos que los movimientos controlables son muy precisos, existiendo motores que, para cada secuencia correcta de señales en sus entradas, giran en un ángulo cuyo valor esta entre 1.8° y 7.5° .

Los motores de paso se han clasificado en tres categorías:

1 Motores con rotores magnéticos permanentes.

2 Motores con reluctancia variable.

3 Motores híbridos o motores con reluctancia polarizada. Estos combinan las propiedades de los otros dos tipos.

La reluctancia variable es una característica de cada uno de estos tipos, sin embargo tiene una importancia secundaria en el primer tipo de motor.

Los motores de paso presentan la dificultad de que no existen comercialmente mas que unos cuantos circuitos para controlarlos, por lo tanto, este escrito pretende ser un apoyo para quienes están interesados en controlar motores de paso utilizando para esto el puerto paralelo de una PC.

Los motores de paso que hemos encontrado tienen 4 o 5 cables para conectarse; para los que tienen 4, cada uno de los cables se conectan directamente a las señales binarias que llamaremos Q's y en el caso de los de 5 cables alguno de estos se conecta a GND. Para determinar cuál debe ser conectado a GND medimos la resistencia a través de los cables y determinamos cuál es el valor menor, este valor debe ser el mismo entre el cable que nos interesa y cada uno de los otros. Si el motor no avanza probamos diferentes combinaciones de los cables con las señales Q's.

Las secuencias que corresponden al funcionamiento de los motores de paso están dadas por la tabla 2.3; en ésta los *modos* indican los diferentes sentidos de rotación que puede tener uno de estos motores.

Secuencia de conteo	Modo LO				Modo HI			
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
0	L	H	L	H	L	H	L	H
1	H	L	L	H	L	H	H	L
2	H	L	H	L	H	L	H	L
3	L	H	H	L	H	L	L	H
0	L	H	L	H	L	H	L	H

TABLA 2.3 SECUENCIAS PARA ACTIVAR MOTORES DE PASO.

2.3 LA COMUNICACIÓN A TRAVÉS DEL PUERTO PARALELO CON PROPÓSITOS DE CONTROL Y MONITOREO

En los diferentes Lenguajes de programación que existen comercialmente se encuentran mecanismos para comunicar a la computadora de manera bidireccional con sistemas externos conectados al puerto paralelo.

En el apartado anterior ilustramos la comunicación desde y hacia la PC apoyándonos en las instrucciones *OUT* que recibe como argumentos la dirección base del puerto o la dirección del registro de control y el dato a transmitir y en la instrucción *INP* que sólo recibe como argumento la dirección del puerto que corresponde al registro de estado del puerto paralelo. Las instrucciones mencionadas pertenecen al lenguaje BASIC y se utilizan especificando que tanto los datos como las direcciones de la memoria se van a representar en base hexadecimal.

En lenguaje llamado PASCAL también podemos comunicarnos desde y hacia la PC utilizando el puerto paralelo, para ello existe un arreglo especial denominado "*Port*" en el cual utilizamos direcciones de memoria como índice de los elementos del arreglo y podemos escribir datos en las direcciones correspondientes a las líneas de Datos y de Control de puerto paralelo y tomar los valores de las líneas de Estado y de Control.

En Lenguaje C la comunicación vía el puerto paralelo la hacemos apoyándonos en la instrucción *outportb* y en la instrucción *inport*. La primera función tiene dos argumentos que son la dirección del registro de Datos o la dirección del registro de control y el dato que deseamos enviar mientras que la segunda función tiene

como argumento el registro que corresponde al registro de Estado del puerto paralelo y después de ejecutarse devuelve el valor del registro correspondiente.

La tabla 2.4 contiene una tabla de las funciones deseables de realizar con el puerto paralelo y cómo se pueden hacer utilizando los lenguajes que hemos mencionado.

FUNCIÓN	BASIC	PASCAL	LENGUAJE C
Enviar F0 a través de las líneas de Datos.	OUT &h378, &hFO	Port{ź}:=ð	outportb(0x378,240);
Leer las señales de las líneas de Estado y desplegar	PRINT INP (&h379)	write(Port{Ż});	printf("%d",inport(0x379));
Enviar 10 a través de las líneas de Control.	OUT &h37A, &hOA	Port{%A}:=
	outportb(0x37A,10);

TABLA 2.4. FUNCIONES DE CONTROL Y MONITOREO A TRAVÉS DEL PUERTO PARALELO Y SU CODIFICACIÓN EN DIFERENTES LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN.

A continuación presentamos el código en PASCAL (fig. 2.4) y en Lenguaje C (fig. 2.5) que nos permite hacer funcionar un motor de pasos conectado al puerto paralelo de una PC en los pines 2,3,4 y 5 que corresponden a las líneas de datos D0 a D3. Cada programa mueve el motor de paso en ambos sentidos y ha sido probado con diferentes motores sin encontrar ninguna dificultad.

Los motores de paso que hemos utilizado para contruir los sistemas de nuestro prototipo se obtuvieron de algunos equipos que habían sido desechados y las pruebas realizadas con estos motores para comprobar la teoría acerca de los motores de paso fueron exitosas.

```

{
    PROGRAMA MOT_PAS.PAS
Este programa contiene las secuencias para mover un motor de pasos en ambos sentidos.
Program MOT_PAS;
USES
    DOS, CRT;
CONST Puerto = $378; { La dirección sólo puede ser 378, 379 o 3BC }
VAR
    Ret, Cont : INTEGER;
BEGIN
    Ret := 50;
    Cont := 1;
    Port[Puerto]:=0;          Delay (Ret);
    REPEAT { Secuencia para que el motor se mueva en el sentido del reloj }
        Port[Puerto] := 5;          Delay (Ret);
        Port[Puerto] := 9;          Delay (Ret);
        Port[Puerto] :=10;         Delay (Ret);
        Port[Puerto] := 6;          Delay (Ret);
        Inc (Cont);
    UNTIL (Cont =75);
    Cont :=1;
    Port[Puerto] := 0;          Delay (Ret);
    REPEAT { Secuencia para que el motor se mueva en el sentido contrario al del reloj }
        Port[Puerto] := 5;          Delay (Ret);
        Port[Puerto] := 6;          Delay (Ret);
        Port[Puerto] :=10;         Delay (Ret);
        Port[Puerto] := 9;          Delay (Ret);
        Inc (Cont);
    UNTIL (Cont =75);
END.

```

FIGURA 2.4 CÓDIGO EN PASCAL PARA MOVER UN MOTOR DE PASO EN AMBOS SENTIDOS

```
/****** PROGRAMA MOT_PAS.C ******/
```

Este programa contiene las secuencias para mover un motor de pasos en ambos sentidos*/

```
# include <stdio.h>
```

```
# include <dos.h>
```

```
# define Puerto 0x378 /* La dirección sólo puede ser 378, 379 o 3BC */
```

```
void main (void){
```

```
int ret=50, cont=1;
```

```
do {      /* Secuencia para que el motor se mueva en el sentido del reloj*/
```

```
    outputb(Puerto,0);      delay(ret);
```

```
    outputb(Puerto,5);      delay(ret);
```

```
    outputb(Puerto,9);      delay(ret);
```

```
    outputb(Puerto,10);     delay(ret);
```

```
    outputb(Puerto,6);      delay(ret);
```

```
    cont++;
```

```
    } while(cont <=25);
```

```
cont=1;
```

```
outputb(Puerto,0);      delay(ret);
```

```
do {      /* Secuencia para que el motor se mueva en el sentido contrario al del reloj*/
```

```
    outputb(Puerto,5);      delay(ret);
```

```
    outputb(Puerto,6);      delay(ret);
```

```
    outputb(Puerto,10);     delay(ret);
```

```
    outputb(Puerto,9);      delay(ret);
```

```
    cont++;
```

```
    } while(cont <=25);
```

```
}
```

FIGURA 2.6 CÓDIGO EN LENGUAJE C PARA MOVER UN MOTOR DE PASOS EN AMBOS SENTIDOS

3

CONCEPCIÓN, DESARROLLO Y CREACIÓN DE 'ALDEGUNDA'

- ESTRUCTURA MECÁNICA DE ALDEGUNDA
 - ESTRUCTURA ELECTRÓNICA DE ALDEGUNDA
 - ESTRUCTURA DE CONTROL DE ALDEGUNDA
-

Los robots generalmente son concebidos para hacer aquellas tareas que resulten complicadas o peligrosas para el ser humano y en aquellas áreas en las que la velocidad y la precisión de los mecanismos automatizados superan a las habilidades del hombre.

La noble tarea de la enseñanza no puede ser encomendada a un robot, sin embargo, si podemos apoyarnos en ellos para enseñar algo en especial, sobre todo en las áreas que están involucradas en el proceso de construcción de robots, es decir, en áreas de mecánica, electrónica y computación.

En este capítulo describiremos los diferentes sistemas que componen a la marioneta robotizada ALDEGUNDA. Se describe cómo son los sistemas mecánicos que permiten al robot hacer sus funciones. Asimismo explicaremos cómo funciona la interfase electrónica que nos permite la comunicación entre la PC y los sistemas del robot y por último presentaremos el software que se implementó para controlar al robot y para hacer que la marioneta simule dar lecciones de diferentes temas.

3.1 ESTRUCTURA MECÁNICA DE ALDEGUNDA

El robot ALDEGUNDA está conectado al puerto paralelo de una computadora. El prototipo fue construido utilizando *materia de recuperación* de algunos equipos que donó el Instituto de Geofísica de la UNAM a los estudiantes de la Maestría en Ciencias de la Computación del IIMAS.

La marioneta fue *creada* para realizar las siguientes funciones:

1 Moverse de derecha a izquierda y de izquierda a derecha.

Se mueve de un extremo a otro del monitor buscando las posiciones que debe señalar.

2 Girar sobre sí misma hacia la derecha y hacia la izquierda.

La marioneta voltea para ver de frente al público y luego se vuelve hacia el monitor para señalar las imágenes que se encuentran ahí.

3 Levantar y bajar su brazo derecho. En éste brazo lleva una batuta para señalar, en la pantalla, (con mucha precisión) el punto de interés.

4 Mover la cabeza. La cabeza se puede mover hacia adelante y hacia atrás en señal de afirmación.

5 Encender sus ojos en color verde y en color naranja.

Cada ojo del robot es un *led* de dos colores. En un momento podemos hacer que los ojos se vean de un color y luego hacer que cambien.

En este apartado describimos los sistemas mecánicos que se construyeron para

que ALDEGUNDA pueda realizar las primeras cuatro funciones mencionadas pues la quinta función es responsabilidad de un sistema electrónico y será descrita más adelante.

El vehículo del robot, es decir, *el sistema mecánico libre que permite el movimiento del prototipo* completo de la derecha hacia la izquierda o en el sentido contrario tomado del sistema que, en otro tiempo, movía la cabeza de una impresora de matriz (Figura 3.1). Este sistema posee un motor de corriente directa (DC, por las siglas en inglés de Direct Current) y un sistema de engranes que permiten un buen control de los movimientos.

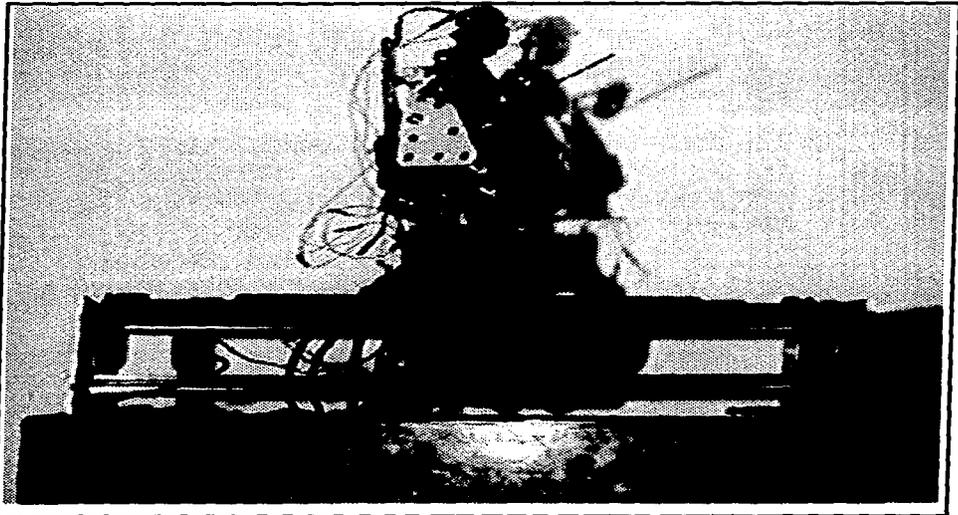


FIGURA 3.1 VEHÍCULO DEL ROBOT

ALDEGUNDA tiene la capacidad de girar sobre si misma gracias a que la base de la marioneta robotizada es un motor. Se trata de un motor de paso que obtuvimos de un Drive (una Unidad de Disco Flexible) de 5 ^{1/4} ". Por lo tanto el tamaño del ángulo que debe girar el prototipo se puede controlar de manera muy precisa (figura 3.2).

ALDEGUNDA necesita girar sobre su propio eje, según lo indique el programa que controla al robot, tanto para que el público la vea de frente como para voltear hacia el monitor de la PC y señalar las figuras que se encuentran dibujadas en la pantalla.

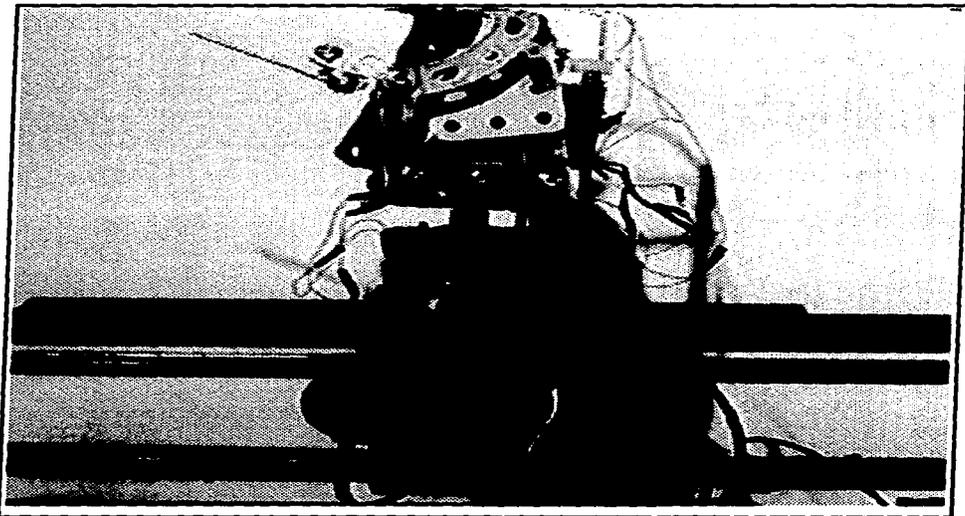


FIGURA 3.2 LA BASE DE LA MARIONETA

El brazo derecho de nuestro robot está controlado de la manera que se explica a continuación. Un motor de paso tiene sobre su eje rotatorio un *engrane sinfin* y este engrane, a su vez, mueve otro engrane normal que esta pegado a un eje metálico. En los extremos del eje se encuentran los brazos del robot pero solamente el brazo derecho se mueve conforme va girando el eje; el otro brazo no tiene movimiento (Figura 3.3).

En brazo derecho de la marioneta tiene una batuta para señalar las imágenes que se encuentran dibujadas en el monitor. A través de un programa controlamos el movimiento del brazo del robot haciendo funcionar el motor que se ha descrito y por ser éste un motor de paso tenemos una gran precisión para señalar .

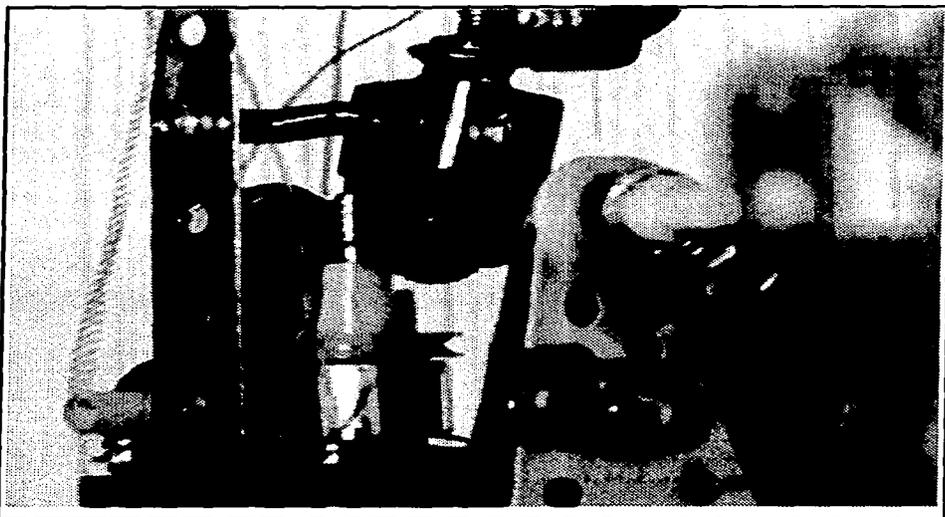


FIGURA 3.3 MECANISMO QUE MUEVE EL BRAZO DERECHO DE ALDEGUNDA

Describimos ahora el sistema que hace que ALDEGUNDA mueva la cabeza en señal de afirmación. Sobre el eje de los brazos se encuentra también la base de la cabeza del robot con la libertad de moverse unos cuantos grados hacia adelante o hacia atrás. Un motor de corriente directa, colocado en la parte de enfrente del robot, enreda un hilo que jala hacia atrás la cabeza y luego el mismo motor desenreda el hilo para que la cabeza se mueva hacia adelante. Este movimiento es apoyado por un resorte que se encuentra en la espalda de ALDEGUNDA, el cual se comprime cuando la cabeza se mueve hacia atrás (Figura 3.4).

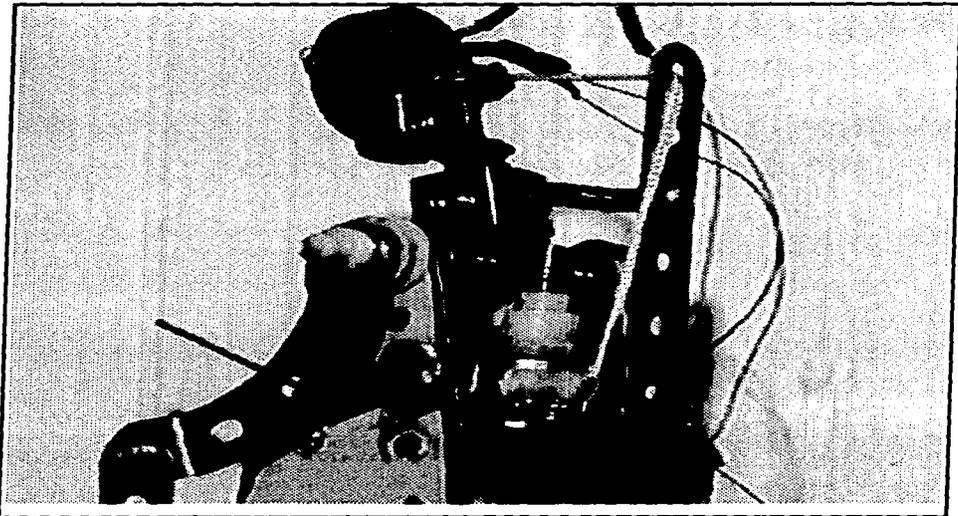


FIGURA 3.4 MECANISMO QUE MUEVE LA CABEZA DE ALDEGUNDA

3.2 ESTRUCTURA ELECTRÓNICA DE ALDEGUNDA

En este proyecto utilizamos una interfase entre la computadora y el robot; en esta parte del presente documento haremos una descripción de dicha interfase y abordaremos los principios tecnológicos en los cuales está basada.

El diagrama electrónico completo de la interfase lo tenemos en la figura 3.5.

El DB-25 del puerto paralelo de la PC se conecta a la interfaz electrónica y tomamos los PIN's que corresponden a las líneas de datos y a la línea de GND para recibir las señales.

Cada una de las señales pasa a través de un BUFFER de 3 estados. El circuito integrado 74126 posee, en su encapsulado, cuatro de éstos, así que para el sistema solamente requerimos 2.

La intención de utilizar este dispositivo es eliminar errores en los datos por atenuación o ruido. La tabla de verdad del Buffer se encuentra en la tabla 3.1.

E_1	Entrada	Salida
L	L	L
L	H	H
H	X	Z

TABLA 3.1 . ENTRADA Y SALIDA DE UN BUFFER 74126.

La Z significa alta impedancia es decir no se observaría señal a la salida por esto para cada circuito una de las entradas (E_1) está conectada a L (GND) de esta manera en la salida se observa la misma señal que en la entrada.

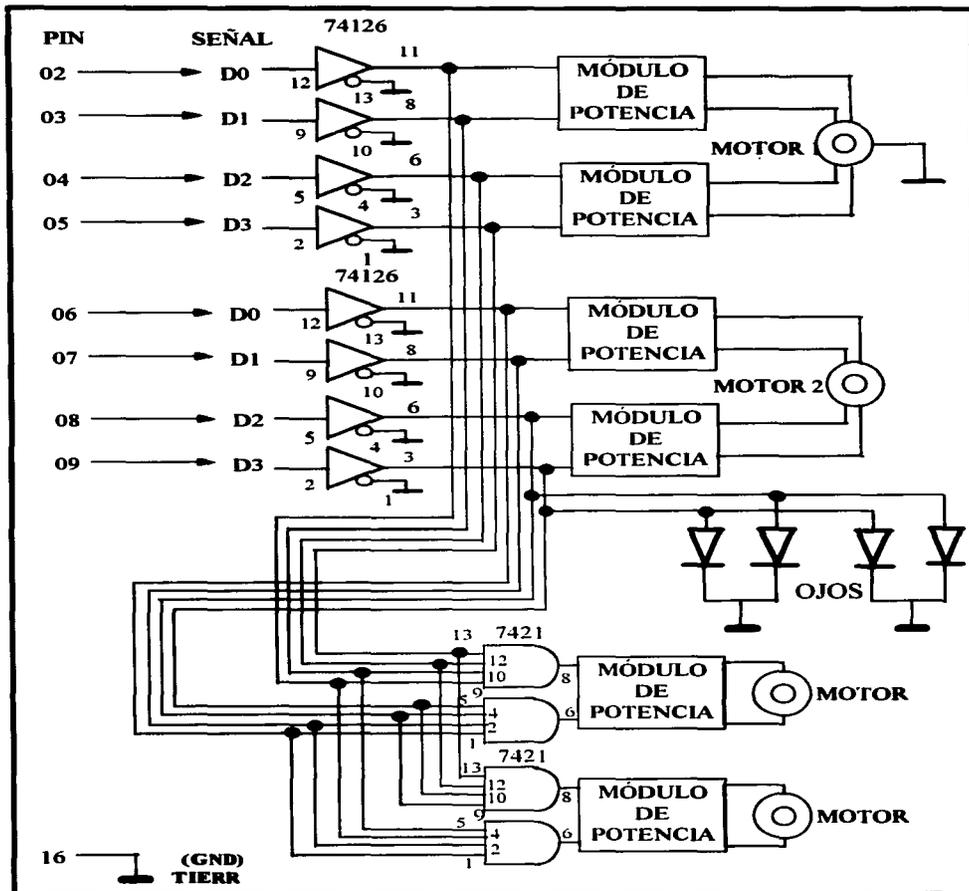


FIGURA 3.5 DIAGRAMA ELECTRÓNICO DE LA INTERFASE.

Utilizando las compuertas lógicas del circuito 7421 podemos combinar las señales para generar señales diferentes.

Cada uno de estos circuitos posee un par de compuertas AND de cuatro entradas. Tomamos diferentes combinaciones de las salidas de los BUFFERS para que se puedan alimentar otros dos módulos de potencia que permiten controlar dos motores más de corriente directa.

La forma en que se han hecho las combinaciones se planeó de manera que el funcionamiento de uno de los motores para alguna función determinada no interfiera la realización de otras funciones de ALDEGUNDA.

En la figura 3.6 tenemos el diagrama electrónico que corresponde a todos y cada uno de los módulos de potencia y en la última figura (fig. 3.7) vemos la imagen de cómo pudiera verse físicamente un módulo de potencia.

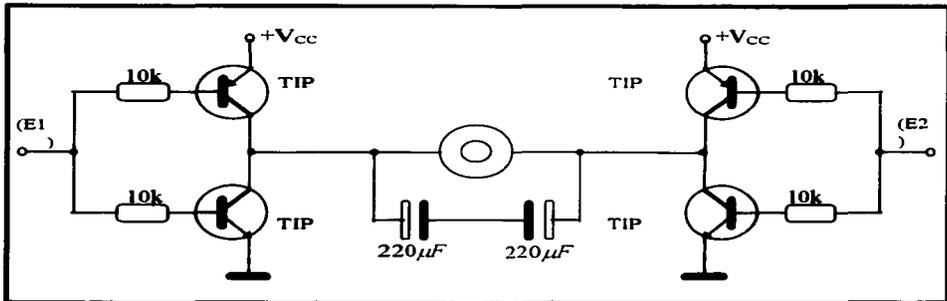


FIGURA 3.6 DIAGRAMA DEL MÓDULO DE POTENCIA.

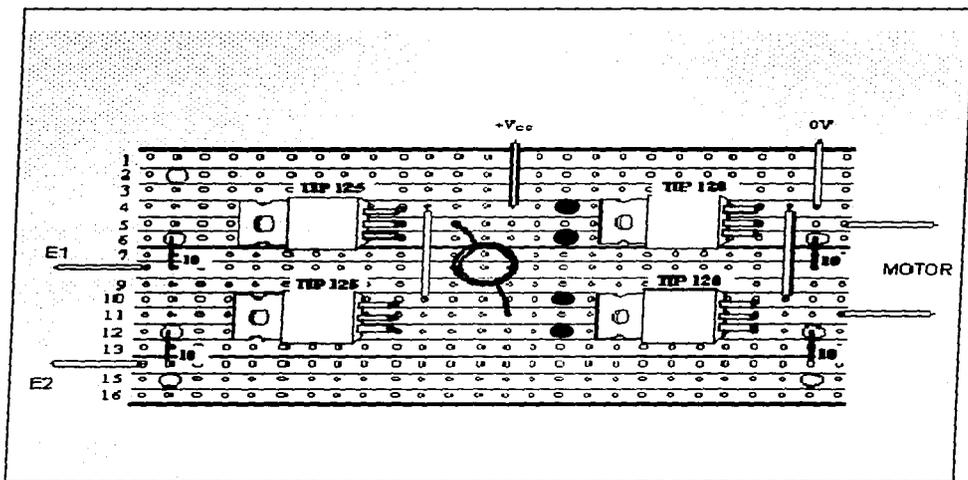


FIGURA 3.7 Placa del Circuito Impreso del módulo de potencia.

3.3 ESTRUCTURA DE CONTROL DE ALDEGUNDA

A continuación presentaremos el código de un programa en Lenguaje 'C' al que hemos llamado *ROBOT.C* y que contiene las funciones básicas del prototipo, así como algunas breves explicaciones de éstas. Esto obedece a que una característica de todos los robots es que poseen su propia Estructura de Control, es decir, en la *puesta en funcionamiento* del sistema éste obedece fielmente a un *programa* construido sobre sus propias funciones básicas.

El contenido de este archivo se incluye en todos los programas de las aplicaciones de ALDEGUNDA a través de la directiva `#include "robot.c"` para poder utilizar las funciones primitivas del robot de una manera más sencilla.

```

/* ROBOT.C Este archivo contiene las funciones del robot, mismas
que son usadas en todas la aplicaciones del prototipo */

# define Puerto 0x378 /* Direccion base del puerto paralelo */

int convbint(char cad[8]){
    int i,suma=0,pot=1;
    for (i=7;i>=0;i--){
        if (cad[i]=='1')
            suma+=pot;
        pot*=2;
    }
    return (suma);
}

void Decir_Si(int veces){
    int cont, instr;
    for (cont=0;cont<veces;cont++) {
        instr = convbint("10111101") ;
        outportb(Puerto,instr);          delay (50);
        instr = convbint("10011001") ;
        outportb(Puerto,instr);          delay (50);
    }
    instr = convbint("10011001") ;
    outportb(Puerto,instr);
}

void AvanzaDI(int num){
    int instr;
    instr = convbint("10011111") ;
    outportb(Puerto,instr);    delay (150*num);
    instr = convbint("10011001") ;
    outportb(Puerto,instr);
}

void AvanzaID(int num){
    int instr;
    instr = convbint("11111001") ;
    outportb(Puerto,instr);    delay (150*num);
    instr = convbint("10011001") ;
    outportb(Puerto,instr);
}
};

```

FIGURA 3.8 CÓDIGO DE LAS FUNCIONES BÁSICAS DE ALDEGUNDA (1)

```

void Gira_Der (int num){
    int ret=50, cont=1,instr;
    do { /* Secuencia para mover el motor en el sentido del reloj*/
        instr = convbint("10010101");
        outportb(Puerto,instr);    delay(ret);
        instr = convbint("10010110");
        outportb(Puerto,instr);    delay(ret);
        instr = convbint("10011010");
        outportb(Puerto,instr);    delay(ret);
        instr = convbint("10011001");
        outportb(Puerto,instr);    delay(ret);
        cont++;
    } while(cont <=num);
}

void Gira_Izq (int num){
    int ret=50, cont=1,instr;
    do { /* Secuencia para mover el motor en sentido contrario al reloj*/
        instr = convbint("10011010");
        outportb(Puerto,instr);    delay(ret);
        instr = convbint("10010110");
        outportb(Puerto,instr);    delay(ret);
        instr = convbint("10010101");
        outportb(Puerto,instr);    delay(ret);
        instr = convbint("10011001");
        outportb(Puerto,instr);    delay(ret);
        cont++;
    } while(cont <=num);
}

void Baja_Brazo (int num){
    int ret=25, cont=1,instr;
    do {
        instr = convbint("01011001");
        outportb(Puerto,instr);    delay(ret);
        instr = convbint("01101001");
        outportb(Puerto,instr);    delay(ret);
        instr = convbint("10101001");
        outportb(Puerto,instr);    delay(ret);
        instr = convbint("10011001");
        outportb(Puerto,instr);    delay(ret);
        cont++;
    } while(cont <=(num*5));
}

```

FIGURA 3.8 CÓDIGO DE LAS FUNCIONES BÁSICAS DE ALDEGUNDA (2)

```

void Levanta_Brazo (int num){
    int ret=25, cont=1,instr;
    do {
        instr = convbint("10101001");
        outputb(Puerto,instr);    delay(ret);
        instr = convbint("01101001");
        outputb(Puerto,instr);    delay(ret);
        instr = convbint("01011001");
        outputb(Puerto,instr);    delay(ret);
        instr = convbint("10011001");
        outputb(Puerto,instr);    delay(ret);
        cont++;
    } while(cont <=(num*5));
}

void Corregir_Pos(void){
    char aux;
    int direc;
    do{
        aux = getch();
        switch(aux){
            case 72 : Levanta_Brazo (1); break;
            case 80 : Baja_Brazo (1); break;
            case 77 : AvanzaID (1); break;
            case 75 : AvanzaDI (1); break;
            case 68 : Gira_Der(1);break;
            case 100 : Gira_Der(1);break;
            case 73 : Gira_Izq(1);break;
            case 105 : Gira_Izq(1);break;
        }
    } while (aux != 13);
}

```

FIGURA 3.6 CÓDIGO DE LAS FUNCIONES BÁSICAS DE ALDEGUNDA (3)

4

EJEMPLOS DE APLICACIONES DE LA MARIONETA ROBOTIZADA

- ALDEGUNDA COMO GEÓGRAFA.
 - ALDEGUNDA COMO COMPUTÓLOGA
 - ALDEGUNDA COMO MATEMÁTICA
-

En este capítulo exponemos cómo se desarrollaron y cómo funcionan algunas de las aplicaciones que se han implementado para el robot "Aldegunda". Esto es, veremos tres aplicaciones prácticas en donde ALDEGUNDA nos muestra su vocación docente como geógrafa, como computóloga y como matemática.

Para cada una de estas aplicaciones lo primero que aparece en la pantalla de la PC es el nombre del Robot (Figura 4.1) y al desvanecer el mensaje de la presentación aparecerá, como veremos a continuación, el nombre del tema que va a ser tratado.

4.1 ALDEGUNDA COMO GEÓGRAFA

En la ***puesta en funcionamiento*** del sistema, para esta aplicación, el robot nos da una clase de geografía, señalando la ubicación de cada uno de los Estados de

la República Mexicana y proporcionando el nombre del Estado y la capital del mismo.

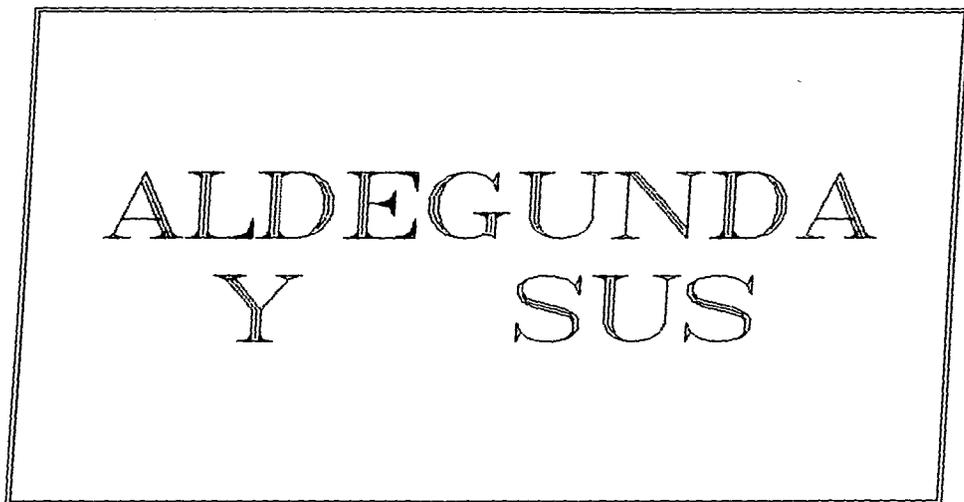


FIGURA 4.1 Presentación del nombre del robot.

La marioneta empieza a funcionar mediante el programa de control que también realiza los dibujos que aparecen en la pantalla. Este programa empieza como ya dijimos, con la presentación del nombre del robot y en la segunda pantalla aparece el nombre del tema que va a ser expuesto, en este caso se trata de "Clases de Geografía" (figura 4.2).

CLASES DE GEOGRAFIA

FIGURA 4.2 Presentación del tema acerca del cual será la lección que dará el robot.

Mientras se observa esta imagen, la marioneta, que originalmente está del lado derecho de la pantalla se mueve hacia el centro, voltea a ver al público y saluda con el movimiento de su cabeza mientras el nombre del tema se desvanece.

El dibujo que aparece a continuación (Figura 4.3) es un mapa de la República Mexicana. Para dibujar este mapa completo se dibuja el Distrito Federal y cada uno de los 31 Estados de la República de manera independiente y el público tiene da la idea de que se ha hecho un solo dibujo.

En esta parte se tomó un mapa de la República Mexicana y se pasó por un Scanner, posteriormente se imprimió en una hoja de papel milimétrico para apoyarnos en este dibujo y lograr reproducirlo en la pantalla de la PC.



FIGURA 4.3 Mapa de la República Mexicana.

Cada uno de los Estados (lo mismo que el Distrito Federal) fué analizado de manera independiente encontrando la posición de cada vértice del Estado como una pareja (x, y) , tomando la esquina superior izquierda, es decir, el lugar en que se encuentra el punto más alto (también más al oeste) de Baja California Norte como el punto $(0,0)$. Los valores de la x van aumentando de izquierda a derecha y los valores de la y de arriba hacia abajo. En la escala que tomamos para

encontrar los vértices hemos considerado que la mitad de un milímetro se representa con un pixel, es decir, un punto en la pantalla. Así procedimos a generar un **archivo para cada Entidad Federativa** conteniendo la información de todos sus vértices.

Es obvio que se requiere de mucho tiempo (y mucha paciencia) para localizar todos los puntos y generar los 32 archivos. El programa de control se encarga de manipular cada uno de estos archivos, es decir, hace la tarea de **abrir** el archivo, **extraer** su contenido y **cerrarlo** nuevamente. Esto se hace mientras el robot saluda al público y se lleva a cabo en menos de 2 segundos. Con este mecanismo tenemos la ventaja de poder presentar los dibujos con tal rapidez que el público no se da cuenta de los cambios. Cada dibujo, incluyendo el dibujo de la República Mexicana que requiere de 32 figuras, se realiza en fracciones de segundos.

Cuando aparece el mapa, el Robot voltea hacia la pantalla de la PC para empezar a dar las lecciones señalando con el brazo derecho las figuras que se van presentando en el monitor.

Las imágenes de la presentación de la figura 4.1 y la figura 4.2 se hacen con un fondo azul y las letras y el marco que aparece son de color amarillo. Los 32 dibujos de los estados también tienen azul como su color de fondo y el contorno es de color amarillo. Las letras en donde está el nombre del estado y de su capital son de color blanco.

A continuación, en el mapa, se resalta el dibujo del Distrito Federal (Figura 4.4), realizando otra vez esta figura sobre su misma posición tomando como color de fondo el amarillo para que sea diferente al resto del mapa y el robot señala con la batuta hacia esta dirección de no ser así en este momento el usuario debe corregir la posición del robot utilizando las flechas del teclado.

El pequeño mapa del Distrito Federal se re-dibuja después con el mismo color de fondo que el resto de la República (azul). A continuación será el Estado de Aguascalientes el que se dibuje con el color amarillo y el robot se traslada hacia la posición de este Estado y mueve su brazo para señalarlo. El presente estado vuelve a su color original para que inmediatamente se resalte el siguiente Estado y el prototipo se encamina a señalarlo.



FIGURA 4.4 Mapa de la República Mexicana donde se resalta el Distrito Federal.

Lo anterior se hace con cada uno de los Estados siguiendo el orden alfabético de sus nombres hasta llegar al Estado de Zacatecas (Figura 4.5). Después que éste estado vuelve a su color original, aparece un mensaje de terminación y el robot se dirige a la posición en donde empezó.



FIGURA 4.5 Mapa de la República Mexicana donde se resalta el Estado de Zacatecas.

4.2 ALDEGUNDA COMO COMPUTÓLOGA

La computación en sus diferentes disciplinas puede ser apoyada por un sistema como el de este robot. Presentamos aquí un pequeño ejemplo de cómo la marioneta Aldegunda puede ayudar a explicar algunos temas acerca de diferentes tópicos en computación, en este caso hablaremos del estudio de las *Estructuras de Datos*.

El ejemplo que a continuación presentaremos se refiere a la revisión de la información (o *Recorrido* en) un tipo especial de Estructura de Datos llamada *Árboles Binarios de Búsqueda*.(Figura 4.6).

RECORRIDOS DE ARBOLES

FIGURA 4.6 Presentación del tema de Recorridos de Árboles Binarios de Búsqueda.

En esta aplicación lo primero que aparece es la presentación que contiene el nombre del robot (Figura 4.1). Este mensaje se irá borrando de arriba hacia abajo y al terminar el borrado parecerá el nombre del tema (Figura 4.6) el cual será borrado de la misma manera que el mensaje anterior.

En la Figura 4.7 tenemos el dibujo de un Árbol Binario de Búsqueda; esta estructura de datos está compuesta por nodos, cada nodo en la figura está representado por un círculo. La información de cada nodo tiene la característica de que todos los datos que se sitúan a su izquierda son menores y todos los de la derecha son mayores. Al estar viendo esta pantalla se nos presenta un menú y entonces tenemos también la facilidad de seleccionar el tipo de recorrido que deseamos ver.

El árbol que tenemos en un árbol de orden 2 o **binario** ya que la máxima cantidad de nodos hijos que puede tener cualquier nodo no puede ser superior a dos.

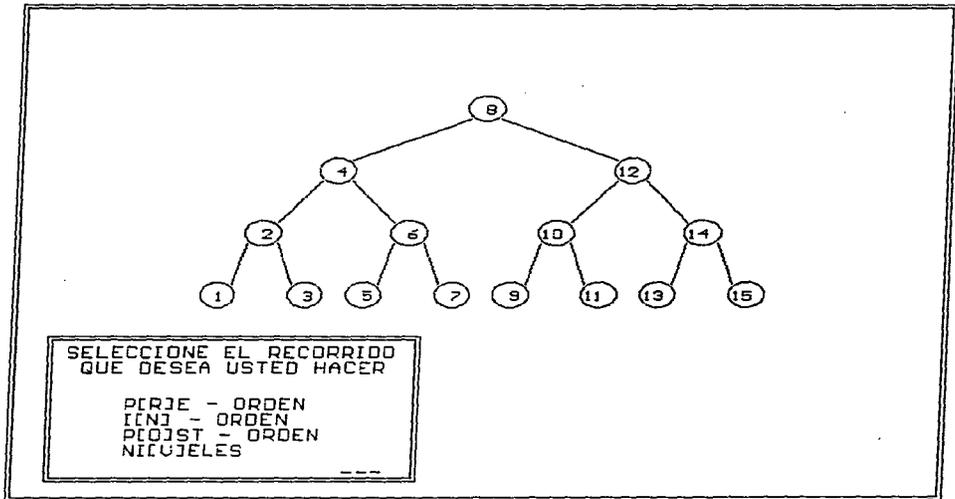


FIGURA 4.7 Dibujo de un Árbol Binario de Búsqueda.

El dibujo de un árbol se realiza tomando un nodo como referencia al cual le llamamos raíz y desde el cual podemos llegar hasta cualquier nodo del árbol.

La representación lógica del árbol suele hacerse dibujando un árbol invertido en el cual el nodo raíz queda en la parte superior y de él se desprenden las ramas o, dicho de otra manera, los sub-árboles.

Puesto que el recorrido de un Árbol Binario de Búsqueda se puede dar de cuatro maneras. El programa nos permite hacer los cuatro tipos de recorrido que a saber

son pre-orden, in-orden, post-orden y el recorrido por niveles. Los primeros tres recorridos mencionados se realizan mediante algoritmos *recursivos*, es decir, con funciones que para realizar una tarea se apoyan en la misma función.

En cada uno de los recorridos el trabajo de Aldegunda consiste en ir señalando todos de los nodos del árbol de acuerdo al orden en que deben ser examinados dado un tipo especial de recorrido. Al mismo tiempo el nodo que esté siendo señalado por el robot será dibujado en la parte inferior de la pantalla.

El recorrido en el modo **Pre-Orden** (Figura 4.8) se realiza escribiendo el valor del nodo actual, luego se visita el sub-árbol izquierdo y luego el sub-árbol derecho de manera recursiva.

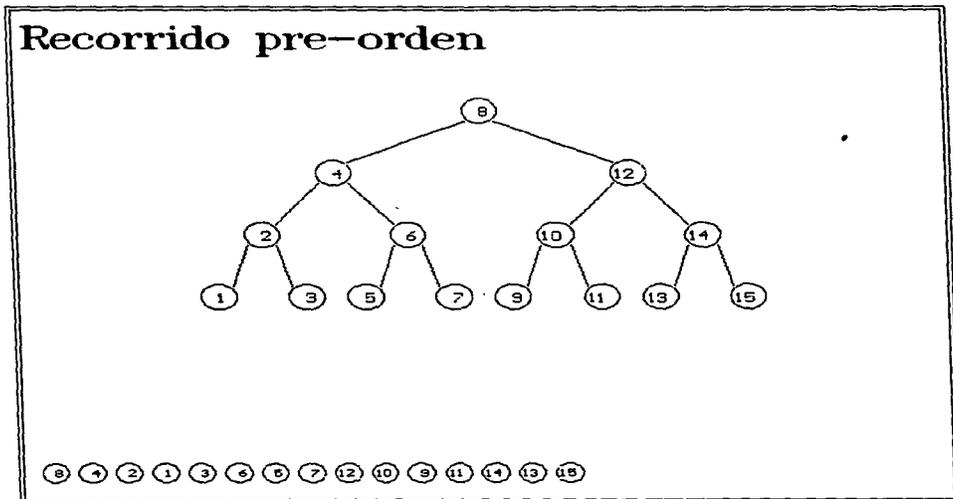


FIGURA 4.8 Resultado del recorrido completo de un árbol binario de búsqueda en modo PRE-ORDEN

El recorrido en el modo *In-Orden* (Figura 4.9) se realiza visitando sub-árbol izquierdo, luego se escribe el valor del nodo actual y luego se visita el sub-árbol derecho de manera recursiva.

La salida de este tipo de recorrido para cualquier árbol binario de búsqueda nos dará los números ordenados de manera ascendente como se puede ver en la figura 4.9 para el árbol que se ha propuesto como ejemplo en esta aplicación de la marioneta robotizada.

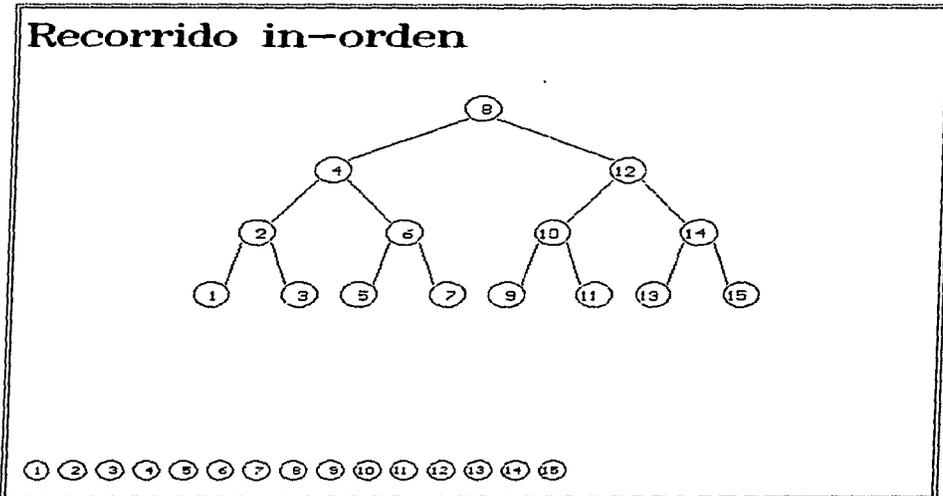


FIGURA 4.9 Resultado del recorrido completo de un árbol binario de búsqueda en modo IN-ORDEN

El tercer tipo de recorrido que veremos es el modo **Post-Orden**.

El recorrido en el modo **Post-Orden** (Figura 4.10) se realiza visitando sub-árbol izquierdo, luego se visita el sub-árbol derecho y luego se escribe el valor del nodo actual repitiendo esto de manera recursiva.

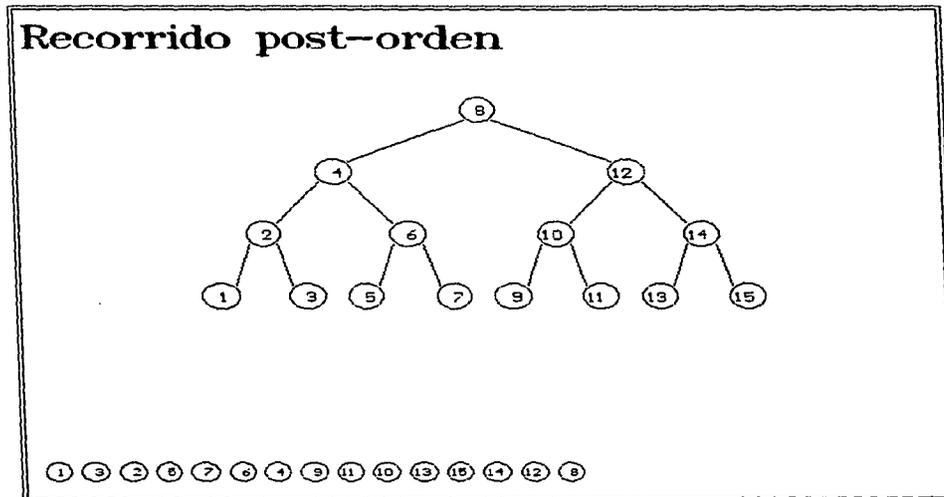


FIGURA 4.10 Recorrido completo de un árbol binario de búsqueda en modo POST-ORDEN

A continuación presentamos el **Recorrido Por Niveles** de un **Árbol Binario de Búsqueda**. El nivel de un nodo de un árbol binario de búsqueda se define como la cantidad de líneas que hay que seguir para llegar a él empezando en la raíz del árbol más la unidad ya que por definición al nodo raíz se le ha asignado el nivel 1.

El recorrido por niveles de un árbol consiste en visitar todos los nodos de un árbol que tengan el mismo nivel. De acuerdo a la forma lógica que tiene un árbol como el que hemos pintado se puede ver que el recorrido de cada nivel se realiza de izquierda a derecha. Este recorrido se lleva a cabo empezando por la raíz hasta llegar al último nivel (figura 4.11).

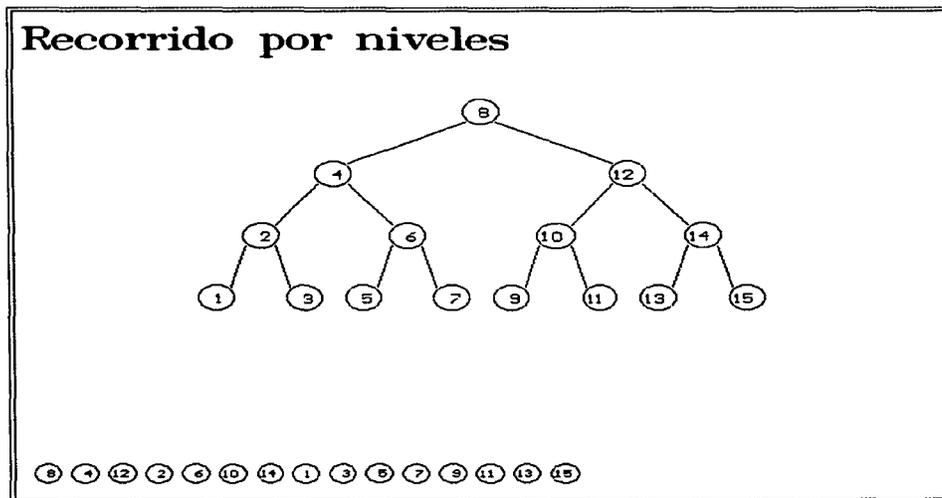


FIGURA 4.11 Resultado del recorrido completo de un árbol binario de búsqueda POR NIVELES

4.3 ALDEGUNDA COMO MATEMÁTICA

La aplicación que hemos desarrollado para ejemplificar el tipo de conceptos que pueden ser enseñados apoyándonos en la marioneta robotizada se refiere a la

localización de coordenadas en el primer cuadrante de un plano cartesiano (figura 4.12). Este tema se revisa en los primeros cursos de matemáticas que toman los alumnos en la escuela primaria.

La idea de esta aplicación es muy simple. La computadora estará leyendo parejas de dígitos que interpreta como una pareja ordenada (x, y) y el robot se desplazará



FIGURA 4.12 Presentación del tema de LOCALIZACIÓN DE COORDENADAS

y apuntará con la batuta de su brazo derecho la posición que corresponda a cada una de las coordenadas que ha leído.

En la figura 4.13 tenemos la imagen que aparece en la pantalla al correr esta aplicación. El robot debe ser colocado al inicio señalando al origen (coordenada 0,0) y a partir de esta posición señalará sobre esta figura las coordenadas que se le soliciten, lo cual hace que esta aplicación se realice de manera interactiva.

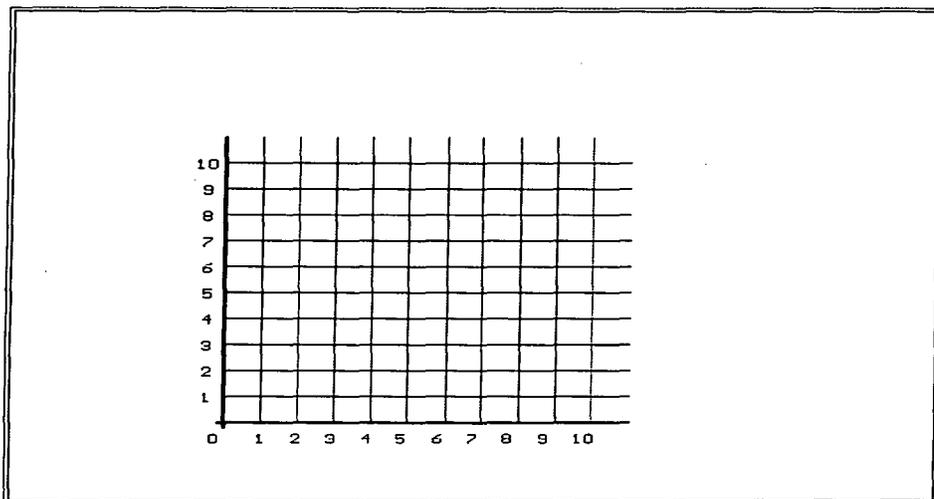


FIGURA 4.13 Imagen del primer cuadrante del plano cartesiano .

CONCLUSIONES

Un robot es un sistema compuesto por mecanismos que le permiten hacer movimientos y realizar las tareas para las cuales ha sido diseñado, también tiene incluida la posibilidad de ser programable y eventualmente cada vez más inteligente.

Una noble tarea en la cual un robot nos puede auxiliar es la de la enseñanza, esto es porque la robótica despierta gran interés en los educandos sobre las áreas de fabricación, programación y aplicaciones de los robots y esta es la idea fundamental que se pretende seguir para hacer que los alumnos aprendan de manera divertida conocimientos de diversas disciplinas. En esta actividad se encuentran los objetivos de los investigadores que trabajan en la nueva disciplina que se llama Robótica Pedagógica.

La robótica pedagógica es una disciplina que presenta, por una parte, un vasto campo para la investigación y el desarrollo y, por otro lado, un nuevo enfoque tendiente a simplificar la enseñanza con el apoyo de prototipos adecuados tanto a los educandos como al material que se pretende dar a conocer. En esta disciplina la computadora y los avances tecnológicos de la electrónica representan herramientas invaluable que nos apoyan a construir de manera cada vez más sencilla prototipos cuyas posibilidades y alcances son cada vez mayores.

En este trabajo hemos hecho la descripción de la realización de un proyecto que se hizo siguiendo cuidadosamente las actividades que se establecen en la definición misma de la Robótica Pedagógica, es decir, hemos diseñado, construido y puesto a funcionar una marioneta robotizada a la que se le puso el nombre de **Aldegunda** que simula dar clases de diferentes temas frente al monitor de la PC, en el cual aparecen figuras relacionadas con el tema que el robot está exponiendo. La marioneta es controlada por señales que se envían a través del puerto paralelo de la PC, es decir, que la computadora contiene el sistema inteligente del pequeño robot.

Aldegunda ha despertado el interés de muchos estudiantes para realizar otros proyectos de investigación relacionados con el estudio de la Robótica Pedagógica y con todas las disciplinas que ésta involucra.

VÍAS DE DESARROLLO

La marioneta robotizada, Aldegunda, hasta el momento sólo recibe las señales de la PC y ejecuta las funciones correspondientes a éstas señales, sin embargo planteamos aquí la posibilidad de añadir sensores al prototipo de manera que también pueda enviar hacia la PC niveles de voltaje que permitan que la parte inteligente del robot, es decir, el CPU conozca el estado que guarda el robot en todo momento.

En este trabajo se han expuesto tres aplicaciones para el robot en las que hemos visto cómo **Aldegunda** puede impartir conocimientos de diferentes disciplinas; las facilidades con que cuenta el robot nos permiten pensar en desarrollar otras aplicaciones sin dificultad, pues sólo será cuestión de hacer gráficas y programar al robot para que actúe.

Por último apuntamos que la tecnología nos permite, actualmente, tener en una computadora (incluso en las que son muy económicas) una unidad para leer el contenido de un Disco Compacto (C. D.), de tal manera que podemos escuchar nuestra música favorita mientras trabajamos con la PC. Podemos plantear, entonces que es posible grabar un *guión* para el robot en un C. D. que se reproduzca mientras el robot realiza alguna de las aplicaciones que hemos

descrito (o alguna otra que se implemente) y entonces estaremos simulando que el robot es capaz de hablar para impartir su clase.

También podemos mencionar que **Aldegunda** fué concebida y está construida de tal forma que, adicionándole algunos recursos tecnológicos (como diversos sensores y sistemas lógicos) puede darnos muestras de ser realmente una marioneta robotizada inteligente.

REFERENCIAS

Vivet, M. y Nonnon, P. (1989) **"Actes du Premier Congrès Francophone de Robotique Pédagogique"** Université Du Maine. Le Mans, Francia.

Vivet, M. y Nonnon, P. (1990) **"Robotique Pédagogique Les Actes du IIe Congrès International"** Université de Montreal, Montreal Canadá.

Ruíz Velasco, E. (1991). **"Robotica Pedagógica Memoria de la 3a Conferencia Internacional"** UNAM, Ciudad de México.

Cohen, J. (1969) **"Los Robots en el Mito y en la Ciencia"** Grijalbo S.A. México.

Pawson, R. (1986). **"El Libro del Robot"** Gustavo Gili, S.A. Barcelona, España.

Grupo de Computación, Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa (1989). **"Sistema de Programación KAREL-UAMI"** México.

Levine, G. (1994), "Introducción a la Computación y a la Programación Estructurada", Mc. Graw Hill, México.

L'Hote, F. Kauffmann, J. André, P. y Taillard, J. (1983) "Robot Components and Systems", Prentice Hall Inc. USA.

González, L. (1969). "Robótica Control, Detección, Visión e Inteligencia", , Mc. Graw Hill. México.

Logsdon, T. (1986) "Robots : una revolución" Ediciones Orbis, Barcelona. España.

McCloy, D. y Harris, M. (1993) "Robótica, una introducción"., Editorial Limusa, México

Axelson, J. (1994) "How to use a PC's Parallel Port for Monitoring and Control Purposes (Part 1)", Revista Microcomputer Journal, USA.

Jamsa, K. y Nameroff, S. (1992) "Turbo Pascal, Biblioteca de programas". Mc.Graw Hill

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**