



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

Facultad de Ciencia y Tecnología

Diseño de Herramientas y Procesos Para el Apoyo al Trabajo en Clubes de Robótica (Fase Diseño de Hardware).

Tesis presentada por

Sandra Paulina Quintero Maltés

Para obtener el título en

Licenciatura en Electrónica

Director de Tesis

Diego Mauricio Acero - Ingeniero Electrónico

Bogotá, Colombia

Diciembre de 2013

Nota de Aceptación

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá D.C., Diciembre 2013

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por haberme brindado la oportunidad de encontrar el camino hacia una carrera que realmente me llenaba de felicidad, y por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, ha sido mi fortaleza en los momentos de debilidad y me ha brindado una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo una vida llena de felicidad.

Me gustaría también expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a mi querido esposo Alex, que ha sido una persona clave en el desarrollo de esta meta que me propuse, y me ha brindado su ayuda incondicional y sincera, y ha sido mi punto de apoyo, mi inspiración y un ejemplo a seguir.

Le agradezco también a mi querido hijo Giovann por su paciencia, su amor y su apoyo, que me sirvieron para seguir adelante en los momentos más difíciles de mi carrera.

Le agradezco al profesor Diego Mauricio Acero, por haberme dado la oportunidad de desarrollar esta tesis, que engrandeció mi amor por la electrónica, por su apoyo y dedicación, muchas gracias.

Y un agradecimiento especial a mis compañeras y amigas, Lorena y Yuli, que estuvieron conmigo en las buenas y en las malas.

TITULO EN ESPAÑOL: Diseño de Herramientas y Procesos Para el Apoyo al Trabajo en Clubes de Robótica (Fase Diseño de Hardware).

TITULO EN INGLÉS: Design Tools and Processes To Support Work Robotics Clubs (Phase Hardware Design).

RESUMEN

El presente proyecto de grado, consiste en el diseño y construcción de los módulos de apoyo didáctico para facilitar la ilustración de conceptos básicos enseñados en los clubes de robótica de la Universidad Pedagógica Nacional.

A estos módulos se les denominará en adelante "HAD" (Hardware de apoyo didáctico), y serán utilizados por el instructor para permitir al estudiante la visualización de los conceptos de manera tangible en el mundo real.


Se han diseñado y construido 17 HAD para cubrir los principales conceptos de electrónica y mecánica aplicados en el campo de la robótica.

BRIEF

This project consists in the design and development of didactic modules in order to support basic concept presentation learned in the robotic clubs of the Universidad Pedagógica Nacional.

These modules are called "HAD" (Hardware de Apoyo Didáctico) and they will be utilized for the instructor for allow to the students to get a real view of the concepts in the real world.

17 HADs has been designed and building in order to include the main electronics and mechanics concepts used in robotics.

| | | |
|--|---|--|
|  UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Calidad y excelencia</small> | FORMATO | |
| | RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE | |
| Código: FOR020GIB | Versión: 01 | |
| Fecha de Aprobación: 10-10-2012 | Página 1 de 4 | |

| 1. Información General | |
|-------------------------------|---|
| Tipo de documento | Trabajo de grado. |
| Acceso al documento | Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central |
| Título del documento | Diseño de Herramientas y Procesos Para el Apoyo al Trabajo en Clubes de Robótica (Fase Diseño de Hardware). |
| Autor | Quintero Maltés, Sandra Paulina |
| Director | Diego Mauricio Acero |
| Publicación | Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2013, 61 páginas. |
| Unidad Patrocinante | Universidad Pedagógica Nacional. |
| Palabras Claves | Robótica, hardware, electrónica, HAD (hardware de apoyo didáctico) |

| 2. Descripción |
|--|
| <p>Trabajo de grado que se propone para optar por el título de Licenciado en Electrónica, consiste en el diseño y construcción de 17 módulos de Hardware de apoyo didáctico (HAD) para facilitar la ilustración y enseñanza de los conceptos básicos de electrónica y mecánica aplicados a la robótica, como material de apoyo para ser utilizados en los clubes de robótica de la Universidad Pedagógica Nacional.</p> <p>Los HAD desarrollados son:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Circuito eléctrico básico 2. El interruptor 3. El circuito serie 4. El circuito paralelo 5. El transistor ON-OFF 6. El motor DC 7. El puente H 8. La prensa hidráulica |

9. La retroexcavadora
10. El sensor-automatismo móvil.
11. El regulador de Voltaje
12. El Circuito Integrado 555
13. La celda solar
14. Transmisión de movimiento
15. El servomotor
16. Brazo robótico
17. Robot móvil programable (RMP)

1. Fuentes

- [1] William H. Hayt, Jr. Jack E. Kemmerly, “Análisis de circuitos en ingeniería” Cuarta Edición. México McGraw-Hill, 1998.
- [2] Richard C. Dorf, James A. Svoboda “Circuitos eléctricos” Quinta edición. México D.F. Alfaomega, 2003.
- [3] Robert L. Boylestad, “Introducción al análisis de circuitos” décima edición, México, Pearson, 2004.
- [4] Robert L. Boylestad, Louis Nashlsky, “Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos” décima edición, México, Pearson, 2009.
- [5] Aníbal Ollero Baturone. “Robótica Manipuladores y robots móviles”. Editorial Alfaomega, Marcombo. Primera Edición. Barcelona 2007
- [6] Antonio Barrientos, Luis Felipe Peñín, Carlos Balaguer Rafael Aracil. “Fundamentos de Robótica”. Editorial Mc Graw Hill. Segunda Edición. España 2007.
- [7] Salvador Cardona Foix, Daniel Clos Costa. “Teoría de máquinas”. Ediciones UPC. Primera Edición. Barcelona Febrero de 2001.
- [8] Data sheet, PIC 18f4550, PIC 16f877,

2. Contenidos

Los pasos desarrollados en el presente proyecto son:

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
2. MARCO REFERENCIA
3. ASPECTOS METODOLOGICOS
4. DESARROLLO DEL PROYECTO
5. BIBLIOGRAFIA
6. GLOSARIO
7. ANEXOS

3. Metodología

La metodología utilizada para el desarrollo del proyecto de grado fue el modelo en cascada, esta metodología tiene un enfoque sistemático y secuencial y permite tener una retroalimentación entre la etapa actual y las fases ya desarrolladas y así obtener un producto de calidad, se divide en las siguientes etapas.

Obtención de información: Se realiza la adquisición, organización y clasificación de toda la información relativa al proyecto para su futura utilización.

Análisis: Se organiza y estudia la información obtenida para determinar el entorno en el cual será desarrollado el proyecto y definir los requisitos a cumplir.

Diseño: Se estudian los requisitos definidos en la fase anterior para determinar las especificaciones que permitirán realizar el proyecto.

Implementación: Se realizan las tareas de construcción de los montajes de hardware de acuerdo a las especificaciones.

Prueba: Se verifica el correcto funcionamiento de los montajes de hardware para validar que cumplan con las especificaciones de diseño y los criterios de calidad.

4. Conclusiones

1. Los HAD diseñados pueden ser clasificados como materiales didácticos ya que cumplen con las funciones y características definidas para éstos. Su propio diseño y construcción atiende a dichos requerimientos y especificaciones.
2. Los HAD construidos permiten enriquecer el proceso de enseñanza de la robótica, ya que facilitan la ilustración de conceptos, permiten la experimentación y estimulan la investigación en los estudiantes.
3. Para la elaboración de los HAD se debe tener en cuenta los temas de mayor importancia de acuerdo a la temática a ser enseñada, la audiencia a la cual irán dirigidos y los materiales y procesos más adecuados para su construcción.
4. Los HAD construidos corresponden con una visión general de la robótica donde los conceptos nuevos se apoyan en los conceptos previamente aprendidos, encadenándolos en una secuencia progresiva que permite partir de los elementos más simples y evolucionar hacia los más complejos.
5. Los análisis, procesos, materiales y metodologías utilizadas en el presente proyecto de grado establecen una base clara y consistente que puede ser utilizada en futuras propuestas de trabajos de grado para ser aplicados a otros ámbitos de aprendizaje.

| | |
|-----------------------|---------------------------------------|
| Elaborado por: | Sandra Paulina Quintero Maltés |
| Revisado por: | Diego Mauricio Acero |

| | | | |
|--|----|----|------|
| Fecha de elaboración del Resumen: | 09 | 16 | 2013 |
|--|----|----|------|

CONTENIDO

| | |
|---|----|
| 0. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 1 |
| 1.1 Identificación del problema..... | 1 |
| 1.2 Descripción y formulación del problema..... | 3 |
| 1.3 Justificación | 3 |
| 1.4 Delimitación..... | 3 |
| 1.5 Objetivos del Proyecto | 4 |
| 1.6 Antecedentes | 5 |
| 2. MARCO DE REFERENCIA | 6 |
| 2.1 Elementos Tecnológicos..... | 6 |
| 2.2 Elementos pedagógicos..... | 10 |
| 3. ASPECTOS METODOLÓGICOS | 14 |
| 4. DESARROLLO DEL PROYECTO | 15 |
| 4.1 Desarrollo técnico/pedagógico | 15 |
| 4.2 Proyecciones..... | 42 |
| 4.3 Presentación de resultados | 45 |
| 4.4 Conclusiones | 46 |
| 5. BIBLIOGRAFÍA | 47 |
| 5.1 Libros y artículos | 47 |
| 5.2 Cibergrafía | 48 |
| 6. GLOSARIO | 49 |
| 7. ANEXOS | 50 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Estructura general de un robot..... | 7 |
| Figura 2. Microcontrolador..... | 8 |
| Figura 3. Tipos de robot con base en locomoción/manipulación..... | 8 |
| Figura 4. Efectores..... | 9 |
| Figura 5. Actuadores..... | 9 |
| Figura 6. Modelo metodológico en cascada..... | 14 |
| Figura 7. Configuración general de un robot..... | 17 |
| Figura 8. Configuración general de un robot con realimentación..... | 18 |
| Figura 9. Síntesis de la etapa de diseño del proyecto..... | 27 |
| Figura 10. Proceso de fabricación de un HAD..... | 28 |
| Figura 11. Funcionamiento del puente H..... | 30 |
| Figura 12. Selección del motor DC para el HAD del puente H..... | 30 |
| Figura 13. Selección de transistores para el HAD del puente H..... | 31 |
| Figura 14. Diagrama electrónico del puente H..... | 32 |
| Figura 15. Trayectoria para análisis de voltajes en puente H..... | 33 |
| Figura 16. Diseño de circuito impreso para HAD de puente H..... | 34 |
| Figura 17. Diseño conceptual de la carcasa para el HAD del puente H..... | 36 |
| Figura 18. Diseño original acotado de la carcasa para el HAD del puente H..... | 36 |
| Figura 19. Montaje de prueba del circuito electrónico para HAD del puente H..... | 37 |
| Figura 20. Prototipo de la carcasa para HAD del puente H..... | 37 |
| Figura 21. Dispositivo para visualización de sentido de giro de motor..... | 38 |
| Figura 22. HAD del puente H terminado..... | 39 |
| Figura 23. Relación con otros trabajos de grado..... | 42 |
| Figura 24. Proyección para futuros trabajos de grado..... | 44 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Mapa de estudio recomendado para los estudiantes de los clubes de robótica..... | 19 |
| Tabla 2. HAD a ser desarrollados..... | 20 |
| Tabla 2. HAD a ser desarrollados (continuación)..... | 21 |
| Tabla 3. Características (especificaciones) de los materiales didácticos..... | 22 |
| Tabla 4. Especificaciones generales de los HAD..... | 25 |
| Tabla 5. Especificaciones particulares de los HAD..... | 26 |
| Tabla 6. Especificaciones del HAD puente H..... | 29 |
| Tabla 7. Control del puente H..... | 32 |
| Tabla 8. Evaluación de materiales para las carcasas de los HAD..... | 35 |
| Tabla 9. Verificación del cumplimiento de especificaciones..... | 40 |

0. INTRODUCCIÓN

La enseñanza en el campo de la robótica representa un reto singular, debido a la gran cantidad de conceptos que se deben explorar, combinar y complementar. Dichos conceptos abarcan diferentes áreas (electrónica, mecánica, programación, etc.) y se presentan con diferentes niveles de complejidad. Resulta fundamental entonces, el uso de herramientas (materiales didácticos) que faciliten esta misión tanto para el profesor como para el estudiante, optimizando la fijación de conceptos y partiendo de lo más elemental hacia lo más complejo, de una manera clara y progresiva como estrategia para una apropiada enseñanza de la robótica.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A continuación se presentan los elementos que originaron el objeto de estudio del presente proyecto, estableciendo sus orígenes, importancia, pronóstico y finalmente la solución propuesta.

1.1 Identificación del problema

La Universidad Pedagógica Nacional realiza actualmente sesiones semanales para la enseñanza de robótica, a las cuales asisten estudiantes de grado decimo y once de diferentes colegios, con el objetivo de fomentar los clubes de robótica en dichas instituciones y despertar en los jóvenes el desarrollo de la creatividad y el espíritu de investigación.

Una de las dificultades detectadas en estas sesiones es la carencia de materiales didácticos que permitan al estudiante observar, de primera mano, como actúan los conceptos básicos de electrónica y mecánica utilizados comúnmente en los sistemas robóticos.

Aunque la Universidad cuenta con algunos materiales de apoyo comerciales tales como NXT de LEGO®, se evidencia que estas soluciones no permiten al estudiante entender con claridad los conceptos básicos de electrónica y mecánica utilizados, pues se basan en diferentes piezas diseñadas para ensamblar montajes predefinidos, que no ilustran los conceptos teóricos en los que se fundamentan. El resultado final es que aunque el estudiante puede construir un proyecto con estructuras y mecanismos complejos, ignora completamente los principios teóricos de electrónica y mecánica que fueron utilizados.

Otra consecuencia directa de esta carencia de fundamentación, al usar únicamente estas soluciones comerciales durante el aprendizaje, es que los estudiantes encuentran muchas dificultades para diseñar y construir sus propios proyectos de robótica, que es dónde se evidencia la creatividad, innovación y por supuesto, el aprendizaje.

Se requiere entonces, de herramientas que ilustren los principios y conceptos fundamentales, antes de pasar al uso de dichos productos comerciales como ejemplos de aplicación.

Por tanto, una oportunidad de mejoramiento en este proceso de enseñanza, consiste en la utilización de modelos, que permitan al instructor, ilustrar claramente los conceptos teóricos de manera sencilla, con el propósito de obtener una comprensión real por parte de los estudiantes, de lo explicado en cada una de las sesiones para los clubes de robótica.

1.2 Descripción y formulación del problema

Se requiere diseñar y construir una serie de materiales didácticos que sirvan como herramientas al estudiante, para optimizar su proceso de aprendizaje y aplicación de los conceptos básicos requeridos en el campo de la robótica.

1.3 Justificación

El uso de los HAD (Hardware de Apoyo Didáctico) es una oportunidad identificada, que constituye una poderosa herramienta para la enseñanza de la robótica, que permite ilustrar los conceptos elementales y llevar al estudiante progresivamente hacia aplicaciones más complejas, de una manera clara y estructurada.

En otros proyectos de grado previos se ha identificado la necesidad y utilidad de los materiales didácticos para la enseñanza de la robótica. Tales propuestas han estado orientadas a facilitar el proceso de enseñanza de programación de robots mediante kits, pero aún no se han desarrollado proyectos de grado en la Universidad Pedagógica Nacional que estén orientados al diseño de materiales didácticos tipo HAD (Hardware de Apoyo Didáctico) para soportar la enseñanza de los conceptos electrónicos y mecánicos requeridos en la robótica.

1.4 Delimitación

El alcance del presente proyecto está limitado al diseño, construcción y entrega de 17 HAD que ilustran los conceptos básicos de electrónica y mecánica más comúnmente utilizados en los sistemas robóticos.

1.5 Objetivos del Proyecto

A continuación se presentan los objetivos planteados como meta a cumplir en el desarrollo del presente proyecto de grado.

1.5.1 Objetivo General

Diseñar y construir 17 HAD (Hardware de Apoyo Didáctico) para las sesiones de robótica que se realizan dentro del plan de formación de clubes de robótica escolar promovidos por la Universidad Pedagógica Nacional.

1.5.2 Objetivos Específicos

1. Determinar el conjunto de elementos técnicos básicos que constituirán los sistemas eléctricos, electrónicos y mecánicos de los HAD.
2. Determinar el conjunto mínimo de conceptos que se pretenden enseñar y los elementos técnicos que servirán de facilitadores.
3. Analizar y definir los materiales y métodos de construcción adecuados para la fabricación de los HAD.
4. Diseñar y complementar con el grupo de trabajo los elementos comunes al proyecto.

1.6 Antecedentes

[Trabajo de grado] Diseño y construcción de un kit de robótica "RoboPed" enfocado hacia los estándares en tecnología e informática propuestos por el ministerio de educación nacional. (Fabián Camilo Nieto Peña, Jaime Alberto Gallego Tovar, Edwin Fernando Reyes Samacá, Universidad Pedagógica Nacional, Licenciatura en Electrónica, Bogotá 2008) El proyecto está enfocado hacia el diseño y la construcción de un kit de robótica "RoboPed", que consta de un único módulo de hardware que es programado desde un PC mediante ambiente gráfico, permitiendo traducir diagramas de flujo en funciones específicas que ejecutarán sensores y actuadores conectados a dicho módulo de hardware.

[Trabajo de grado] Validación de un kit didáctico para la integración de las asignaturas de mecánica, electrónica e informática a través de la robótica. (John Alexander Garzón Vásquez, Cesar Andrés Molano, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá 2006). Este trabajo propone validar un kit didáctico para la integración de las asignaturas de mecánica, electricidad y electrónica e informática a través de la robótica, en los grados once de la Institución Educativa Distrital Miguel Antonio Caro. El kit didáctico elaborado comprende interfaces de usuario tanto de hardware como de software, estando la primera compuesta por un dispositivo electrónico programable y la segunda por una interfaz gráfica computacional de usuario que permiten controlar elementos como sensores, motores e indicadores, de uso frecuente en prototipos robóticos.

[Trabajo de grado] Diseño y construcción de un brazo robot de 6 grados de libertad con fines educativos para aplicaciones en nivel medio superior. (Aguilar Galicia Víctor Jordán Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica México 2011). Este trabajo de grado presenta el diseño y desarrollo de un brazo robot de 6 grados de libertad que será utilizado para difundir de una manera abierta y fácil la cultura de la robótica en las aulas.

2. MARCO DE REFERENCIA

A continuación se presentan los elementos conceptuales que permiten desarrollar los objetivos propuestos.

2.1 Elementos Tecnológicos

Como punto de partida, el presente proyecto de grado se desarrolla con base en una visión técnica de la robótica, de carácter general aplicable para la enseñanza a estudiantes de grado décimo y once de educación media.

2.1.1 Definición de Robot

Un robot es un sistema artificial programable que permite efectuar operaciones y/o movimientos basados en secuencias predeterminadas o en decisiones que responden a lecturas del entorno.

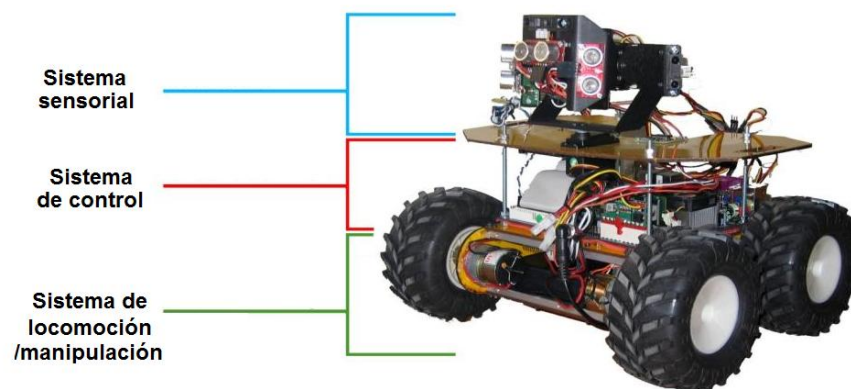
2.1.2 Estructura general de un robot¹

A nivel general se puede afirmar que un robot está conformado por los siguientes sistemas:

- Sistema sensorial
- Sistema de control
- Sistema de locomoción/manipulación

¹ RUIZ DEL SOLAR, Javier. Introducción a la robótica. Capítulo 1 Estructura Interna de un robot.

Figura 6. Estructura general de un robot



Fuente: <http://robots10.galeon.com/moviles.html>

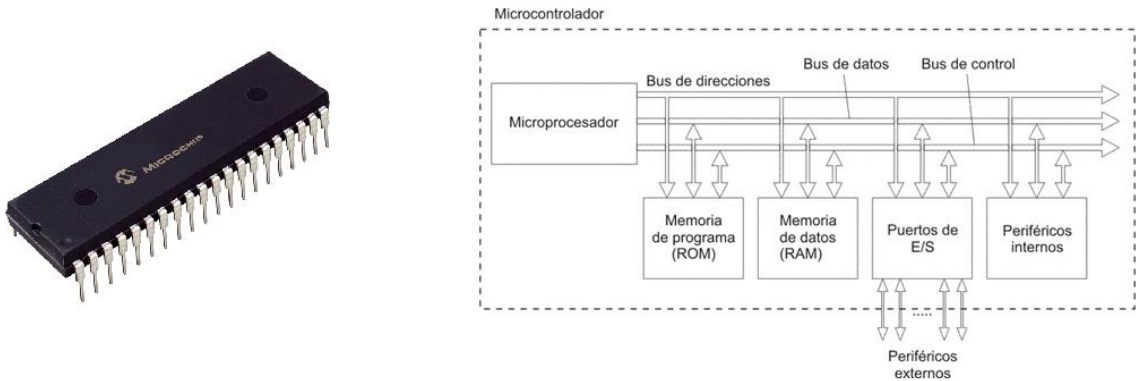
Sistema sensorial: Le permite al robot obtener información de su entorno mediante dispositivos llamados sensores que traducen condiciones ambientales (luz, sonido, calor, humedad, etc.) en señales eléctricas que pueden ser leídas, interpretadas y procesadas. El tipo de sensor a ser usado depende de la propiedad física que se pretende capturar del entorno.

Sistema de control: Establece cada una de las acciones que debe ejecutar el robot con base en:

- Un programa que define secuencias específicas de instrucciones.
- Lecturas del entorno obtenidas mediante los sensores.

El sistema de control normalmente está constituido por un sistema digital que integra capacidades de procesamiento y almacenamiento de información. Se usan para este fin chips tipo microcontrolador e incluso se usan computadores, aunque en aplicaciones muy simples, un sistema digital basado en compuertas lógicas podría llegar a ser suficiente.

Figura 7. Microcontrolador



Fuente: <http://www.troutsas.com/store/microcontroladores/14-microcontrolador-pic18f452i-p.html>

Sistema de locomoción/manipulación: Le permite al robot desplazarse a través del espacio y/o modificar la posición de otros objetos cercanos a él. Con base en estas características los robots se clasifican en:

- Robots móviles y
- Manipuladores robóticos.

Figura 8. Tipos de robot con base en locomoción/manipulación



Robot móvil



Manipulador robótico

Fuente: <http://roboc.es/ruedas-orugas-y-motores/>

Los robots más complejos son una combinación de ambos tipos, ya que poseen tanto sistema de locomoción como sistema de manipulación. Tal es el caso de los robots *Spirit* y *Opportunity* utilizados para explorar la superficie de Marte.

El sistema de locomoción/manipulación a su vez está compuesto por dos elementos:

- **Efector:** Es cualquier dispositivo que afecte o modifique al medio ambiente, por ejemplo piernas, ruedas, brazos, dedos y pinzas.

Figura 9. Efectores



Fuente: <http://www.arghys.com/articulos/robot-hexapodo.html>

- **Actuador:** Es el mecanismo que acciona al efector, tal es el caso de los motores eléctricos (servomotores, de paso, de corriente continua, etc.), cilindros neumáticos y cilindros hidráulicos.

Figura 10. Actuadores



Servomotor



Cilindro hidráulico



Cilindro neumático

Fuente: <http://www.galilmc.com/products>

2.2 Elementos pedagógicos

Los módulos HAD (Hardware de Apoyo Didáctico) a ser diseñados y construidos en el presente proyecto de grado corresponden con la definición educativa de "Material Didáctico" según sus funciones y características.

2.2.1 Definición de material didáctico²

Los materiales didácticos son los elementos empleados por los docentes para facilitar y conducir el aprendizaje de los alumnos. Permiten presentar y desarrollar los contenidos para que los alumnos trabajen con ellos en la construcción de los aprendizajes significativos.

2.2.2 Clasificación de los materiales didácticos

Los materiales didácticos pueden clasificarse según su uso, de la siguiente forma:

- **Materiales impresos:** Son todos aquellos materiales en papel que contienen textos acompañados en algunos casos de graficas como libros de texto, lecturas, diccionarios, enciclopedias, atlas, monografías, folletos, revistas, boletines, guías, etc.
- **Materiales de áreas:** Son todos aquellos materiales físicos que permiten interacción con el mundo real mediante contacto táctil como materiales de laboratorio, bloques lógicos, juegos, aros, pelotas, juegos de simulación, maquetas, acuarios, terrarios, murales, etc.³

² GUERRERO ARMAS, Alberto. Los Materiales didácticos en el Aula. Revista profesional para profesionales de la enseñanza No. 5. Noviembre 2009

³ Nota del autor: Los materiales didácticos HAD desarrollados en el presente proyecto se pueden categorizar como materiales de áreas.

- **Materiales de trabajo:** Son todos aquellos materiales de uso general empleados por los estudiantes en todas sus asignaturas tales como cuadernos de trabajo, carpetas, lápiz, colores, borradores, bolígrafos, etc.
- **Materiales del docente:** Leyes, Disposiciones oficiales, Resoluciones, guías didácticas, bibliografías, ejemplificaciones, etc.

2.2.3 Características de los materiales didácticos

Los materiales didácticos presentan las siguientes características:

- **Facilidad de uso.** Si es controlable o no por los profesores y alumnos, o si por el contrario se necesita personal especializado.
- **Uso individual o colectivo.** Si se puede utilizar a nivel individual, pequeño grupo, gran grupo.
- **Versatilidad.** Adaptación a diversos contextos: entornos, estrategias didácticas, alumnos.
- **Apertura.** permitiendo la modificación de los contenidos a tratar.
- **Posibilidad de expansión.** Que promuevan el uso de otros materiales (fichas, diccionarios...) y la realización de actividades complementarias (individuales y en grupo cooperativo).
- **Capacidad de motivación.** Los materiales deben despertar y mantener la curiosidad y el interés hacia su utilización, sin provocar ansiedad y evitando que los elementos lúdicos interfieran negativamente en los aprendizajes.

- Adecuación al ritmo de trabajo de los alumnos. Los buenos materiales tienen en cuenta las características psicoevolutivas de los alumnos a los que van dirigidos (desarrollo cognitivo, capacidades, intereses, necesidades...) y los progresos que vayan realizando.
- Esfuerzo cognitivo. Los materiales de clase deben facilitar aprendizajes significativos y transferibles a otras situaciones mediante una continua actividad mental en consonancia con la naturaleza de los aprendizajes que se pretenden alcanzar.

2.2.4 Funciones de los materiales didácticos

Los materiales didácticos deben estar orientados a un fin y organizados en función de los criterios de referencia del currículo. Su valor pedagógico está íntimamente relacionado con el contexto en que se usan, más que en sus propias cualidades y posibilidades intrínsecas.

La inclusión de los materiales didácticos en un determinado contexto educativo exige que el profesor o el equipo docente correspondiente tengan claros cuáles son las principales funciones que pueden desempeñar los medios en el proceso de enseñanza-aprendizaje:

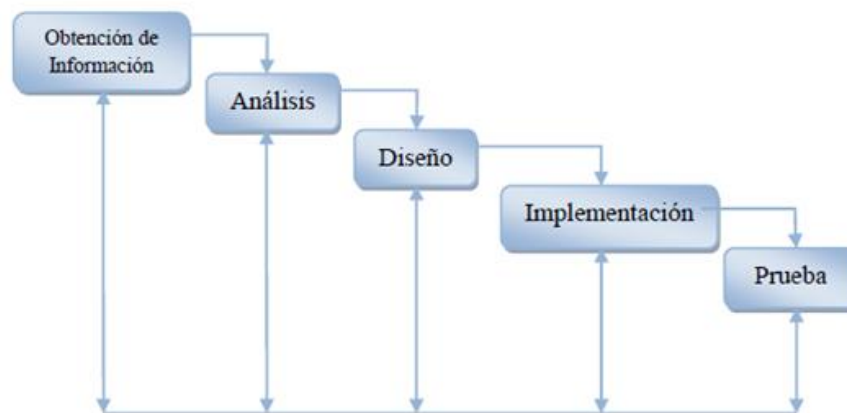
- Innovación. Cada nuevo tipo de material plantea una nueva forma de innovación. En unas ocasiones provoca que cambie el proceso, en otras refuerza la situación existente;
- Motivación. Se trata de acercar el aprendizaje a los intereses de los estudiantes y de contextualizarlo social y culturalmente, superando así el verbalismo como única vía.

- Estructuración de la realidad. Al ser los materiales didácticos mediadores de la realidad, el hecho de utilizar distintos medios facilita el contacto con distintas realidades, así como distintas visiones y aspectos de las mismas.
- Facilitadora de la acción didáctica. Los materiales didácticos facilitan la organización de las experiencias de aprendizaje, actuando como guías, no sólo en cuanto nos ponen en contacto con los contenidos, sino también en cuanto que requieren la realización de un trabajo físico manual sobre el propio medio.
- Formativa. Los distintos medios permiten y provocan la aparición y expresión de emociones, informaciones y valores que transmiten diversas modalidades de relación, cooperación o comunicación.

3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

Para el desarrollo de este proyecto de grado se aplicó el modelo en cascada, esta metodología tiene un enfoque sistemático y secuencial y permite tener una retroalimentación entre la etapa actual y las fases ya desarrolladas y así obtener un producto de calidad, se divide en las siguientes etapas:

Figura 6. Modelo metodológico en cascada.



Fuente: <http://fasesmodelocascada.blogspot.com/>

Obtención de información: Se realiza la adquisición, organización y clasificación de toda la información relativa al proyecto para su futura utilización.

Análisis: Se organiza y estudia la información obtenida para determinar el entorno en el cual será desarrollado el proyecto y definir los requisitos a cumplir.

Diseño: Se estudian los requisitos definidos en la fase anterior para determinar las especificaciones que permitirán realizar el proyecto.

Implementación: Se realizan las tareas de construcción de los montajes de acuerdo a las especificaciones.

Prueba: Se verifica el correcto funcionamiento de los montajes para validar que cumplan con las especificaciones de diseño y los criterios de calidad.

4. DESARROLLO DEL PROYECTO

El presente proyecto se desarrolla con base en una visión general de la robótica y el uso una perspectiva pedagógica que se ajusta al tipo de audiencia al cual está dirigido. En este caso, estudiantes de grado décimo y once pertenecientes a los últimos niveles de educación secundaria.

4.1 Desarrollo técnico/pedagógico

4.1.1 Obtención de información para el desarrollo del proyecto

Como punto de partida, se dispone de dos tipos de información recolectada:

- Notas tomadas durante una serie de visitas realizadas a las sesiones de los clubes de robótica para establecer las necesidades a cubrir.
- Información teórica (consignada en el marco de referencia del capítulo 2) de la cual se pueden derivar los conceptos que deberían ser atendidos durante las sesiones de los clubes de robótica.

Los principales hallazgos de las visitas realizadas fueron⁴:

- Las sesiones ofrecidas a los estudiantes están muy enfocadas a dos temas específicos: Lógica digital y el uso del kit NXT de LEGO®.
- Para el tema de lógica digital se utilizan algunas guías escritas como único material didáctico para desarrollar las prácticas respectivas.
- Para el tema del kit NXT LEGO®, se les explica a los estudiantes los procesos de armado y programación y se realizan algunos ejercicios de formulación de problemas a resolver mediante el uso de dicho kit.

⁴ Los formatos de valoración de conocimientos básicos de robótica pueden ser consultadas en el ANEXO 4

4.1.2 Análisis de información

Cuando se examinan los hallazgos de las visitas a las sesiones de robótica y se enmarcan dentro de los conceptos de la teoría general de la robótica que deberían ser atendidos se concluye que:

- Se requiere diseñar un temario estructurado que cubra los principales conceptos de la robótica, al menos de forma general.
- Los temas ofrecidos presentan poca relación entre si y es difícil ubicarlos dentro de un marco de referencia general de la teoría robótica.
- El énfasis teórico está concentrado en pocos temas como por ejemplo el estudio de la lógica digital y se deja de lado el estudio de otros dispositivos electrónicos y mecánicos.
- Aunque el uso de los kit de LEGO® permite a los estudiantes construir proyectos con estructuras y mecanismos complejos, éstos desconocen la mayoría de los principios teóricos de electrónica y mecánica que dichos módulos integran.

De acuerdo con lo anterior, se definen los siguientes **requisitos** para el desarrollo del presente proyecto:

1. Se debe establecer un marco de referencia que permita definir qué temas deben ser enseñados y en qué orden. Esto será el punto de partida para establecer cuáles HAD deben ser construidos.
2. Los HAD a ser construidos deben cubrir una mayor cantidad de conceptos, más allá de la Lógica Digital.
3. Los HAD a ser construidos deben cumplir con las características propias de los materiales didácticos⁵.

⁵ Ver numeral 2.2 Elementos pedagógicos

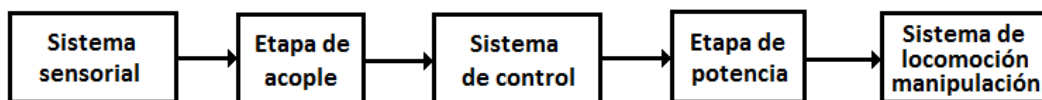
4.1.3 Diseño general del proyecto

Como se estableció en el capítulo 2 (marco de referencia) un robot, a nivel general, está conformado por los siguientes sistemas:

- Sistema sensorial
- Sistema de control
- Sistema de locomoción/manipulación

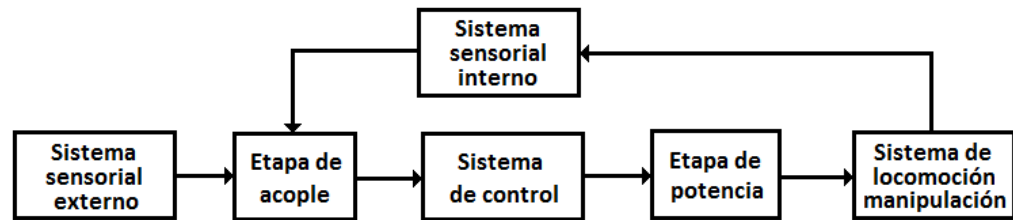
Estos sistemas normalmente se interconectan entre sí mediante interfaces electrónicas para el ajuste de los niveles de voltaje o potencia. Por ejemplo, el sistema de sensores necesita una etapa de acople (acondicionamiento) para brindar los niveles adecuados de señal al sistema de control; por otra parte, los sistemas de locomoción y manipulación requieren para su funcionamiento niveles de potencia que el sistema de control no puede suministrar. Por esta razón, usualmente se requiere una etapa de potencia que los interconecte.

Figura 7. Configuración general de un robot



Normalmente, en un sistema robótico se requiere conocer el estado o posición de los elementos de locomoción/manipulación, por lo cual resulta necesario introducir un sistema de sensores "interno" que produzca esta información para ser procesada por el sistema de control. En ese caso la configuración del robot incluiría un lazo de realimentación.

Figura 8. Configuración general de un robot con realimentación



Si se considera que cada uno de estos sistemas y etapas está integrado por elementos individuales que desempeñan funciones específicas, obtenemos un “mapa de estudio” de los elementos técnicos⁶ usados en la ciencia robótica.

Se han seleccionado los elementos técnicos más utilizados teniendo en cuenta la audiencia a la que irá dirigido el presente proyecto, en este caso, estudiantes de grados décimo y once.

La tabla 1 presenta dicho conjunto de elementos técnicos básicos que constituirán los sistemas eléctricos, electrónicos y mecánicos a ser presentados en los HAD.⁷

⁶ Se entiende por elemento técnico un dispositivo electrónico o mecánico o un conjunto de estos dispositivos interconectados que desempeña una función específica.

⁷ Objetivo específico No. 1 del presente proyecto.

Tabla 1. Mapa de estudio recomendado para los estudiantes de los clubes de robótica

| Sistema | Subsistema | Elementos técnicos |
|-------------------------|--------------------------|-----------------------|
| Sistema Sensorial | Sensores internos | Sensores mecánicos |
| | | Sensores electrónicos |
| | Sensores externos | Sensores mecánicos |
| | | Sensores electrónicos |
| Etapa de acople | Componentes electrónicos | resistor |
| | | diodo |
| | | Transistor on-off |
| Sistema de control | procesador | Microcontrolador |
| | memoria | |
| | lógica digital | Compuertas lógicas |
| Etapa de potencia | Driver de actuadores | Transistor on-off |
| | | Puente H |
| Sistema de locomocion | Actuador | Motor DC |
| | Efector | Rueda |
| | | Engranajes |
| | | correas |
| | | levas |
| Sistema de manipulación | Actuador | Servomotor |
| | | Cilindro hidráulico |
| | Efector | Pinza |
| | | Brazo |

Este es el listado de los elementos técnicos más relevantes de estudio para una fundamentación conceptual de la robótica de acuerdo al nivel de la audiencia establecido. Como se mencionó antes, el tema de lógica digital es actualmente atendido mediante guías escritas y montajes de laboratorio, razón por la cual será excluido de los materiales didácticos tipo HAD a construir.

De acuerdo con lo anterior, se determina en la siguiente tabla los 17 HAD a construir de acuerdo con el conjunto mínimo de conceptos que se pretenden enseñar y los elementos técnicos que servirán de facilitadores.⁸

⁸ Objetivo específico No. 2 del presente proyecto.

Tabla 2. HAD a ser desarrollados

| HAD # | Nombre del HAD | Elementos técnicos | Conceptos expuestos |
|-------|---------------------------|--------------------------|--|
| 1 | Circuito eléctrico básico | Diodo | Fuente de alimentación Sentido de la corriente Polaridad de la fuente Funcionamiento del diodo Funcionamiento del LED |
| 2 | El interruptor | Interruptores pulsadores | el interruptor como sensor mecánico el interruptor como accionador eléctrico pulsador normalmente abierto pulsador normalmente cerrado |
| 3 | Circuito Serie | Resistor | Corriente de componentes en serie Divisor de voltaje conexión del voltímetro conexión del amperímetro Resistencia equivalente en serie |
| 4 | Circuito Paralelo | Resistor | Voltaje de componentes en paralelo Divisor de corriente conexión del voltímetro conexión del amperímetro Resistencia equivalente en paralelo |
| 5 | El transistor on-off | Transistor | Corriente de base Corriente de colector Corriente de emisor β del transistor corte y saturación del transistor |
| 6 | El motor DC | Motor DC | Velocidad del motor DC Sentido de giro Inversión de giro por polaridad de fuente |
| 7 | El puente H | Puente H | Etapa de potencia Inversión de giro por control electrónico |
| 8 | La prensa hidráulica | Actuador hidráulico | Principio de pascal Amplificación de fuerza |
| 9 | Retroexcavadora | Efecto hidráulico | Aplicación del principio de pascal Brazos y articulaciones |

Tabla 2. HAD a ser desarrollados (continuación)

| HAD # | Nombre del HAD | Elementos técnicos | Conceptos expuestos |
|-------|---------------------------|---|---|
| 10 | El Sensor | sensor mecánico | Etapa de acople tipos de sensores |
| | | Sensor electrónico | |
| | Automatismo móvil | Motor DC | Aplicación de conceptos aprendidos |
| | | Puente H | |
| | | Sensores | |
| | Interruptores | | |
| | rueda | | |
| 11 | El regulador | regulador de voltaje | Regulación de voltaje Ruido eléctrico |
| 12 | El CI 555 | Circuitos integrados | Circuito monostable multivibrador astable |
| 13 | La celda solar | Fotocelda motor DC rueda | Efecto fotovoltaico Transmisión de movimiento Eje |
| 14 | Transmisión de movimiento | Transmisión actuador / efector | Funcionamiento del engranaje cónico Funcionamiento del engranaje de tornillo sinfín Funcionamiento de la leva de disco Funcionamiento del Resorte Funcionamiento del engranaje plano Funcionamiento de la transmisión por correa Funcionamiento del conjunto piñón cremallera |
| 15 | El servomotor | Servomotor | Modulación por ancho de pulso Posicionamiento del servomotor |
| 16 | Brazo robótico | Pinza Brazo | manipulador robótico Secuencias programables grados de libertad |
| 17 | Robot Móvil Programable | Microcontrolador Motor DC Puente H Sensores Interruptores rueda regulador de voltaje multivibrador astable | Aplicación de conceptos aprendidos |

Una vez establecidos cuales son los HAD a construir desde una perspectiva técnica, se analizarán las especificaciones que deben cumplir éstos desde una perspectiva pedagógica.

Los HAD deben cumplir con las funciones y características propias de los materiales didácticos como se explica a continuación:

- **Función de los HAD:** El enfoque de este proyecto se centra en la función facilitadora de la acción didáctica que presentan los materiales didácticos⁹, ya que se ofrece la posibilidad al estudiante de enriquecer su experiencia de aprendizaje, al ponerlo en contacto real con los contenidos examinados, mediante la interacción directa con elementos tangibles. Como resultado, se espera reforzar, aclarar y fijar los conceptos que el docente ha expuesto previamente a su grupo de estudiantes.
- **Características de los HAD:** corresponden a las mismas de los materiales didácticos enunciadas en el capítulo 2 y resumidas en la siguiente tabla:

Tabla 3. Características (especificaciones) de los materiales didácticos¹⁰

| Características de los materiales didácticos | |
|--|--|
| Facilidad de uso. | Si es controlable o no por los profesores y alumnos, o si por el contrario se necesita personal especializado. |
| Uso individual o colectivo. | Si se puede utilizar a nivel individual, pequeño grupo, gran grupo. |
| Versatilidad. | Adaptación a diversos contextos: entornos, estrategias didácticas, alumnos. |
| Apertura. | permitiendo la modificación de los contenidos a tratar. |
| Posibilidad de expansión. | Que promuevan el uso de otros materiales y la realización de actividades complementarias. |
| Capacidad de motivación. | Los materiales deben despertar y mantener la curiosidad y el interés hacia su utilización. |
| Adecuación al ritmo de trabajo de los alumnos. | Los buenos materiales tienen en cuenta las características psicoevolutivas de los alumnos a los que van dirigidos (desarrollo cognitivo, capacidades, intereses, necesidades...) y los progresos que vayan realizando. |
| Esfuerzo cognitivo. | Los materiales de clase deben facilitar aprendizajes significativos y transferibles a otras situaciones mediante una continua actividad mental en consonancia con la naturaleza de los aprendizajes que se pretenden. |

⁹ Las funciones de los materiales didácticos se establecen en el numeral 2.2.4 del marco de referencia. Aunque los HAD en general cumplen con todas las funciones de los materiales didácticos, la atención se centrará en la función facilitadora de la acción didáctica.

¹⁰ GUERRERO ARMAS, Alberto. Los Materiales didácticos en el Aula. Revista profesional para profesionales de la enseñanza No. 5. Noviembre 2009

En cuanto a la facilidad de uso:

- **Los HAD deben ser controlables por el profesor**, no requerirán de personal especializado para su operación, sin embargo no se recomienda el uso no supervisado de los mismos por parte de los estudiantes, ya que los HAD involucran componentes que requieren una adecuada manipulación.
- **Los HAD deben contar con una guía de uso** que explique las características técnicas del HAD, contenga las indicaciones de operación, y especifique cómo exponer los conceptos que se pretende ilustrar.
- **Los HAD deben contar con señalización o etiquetados** para facilitar su uso y evitar confusiones en su operación.

En cuanto a su uso individual o colectivo:

- **Los HAD deben permitir su uso para pequeños grupos**. Algunos HAD requieren lecturas de instrumentos, por lo cual deben ser ubicados frente a un grupo de no más de 3 estudiantes. Por otra parte, aquellos HAD que no requieran lecturas precisas, serán diseñados para ser observados hasta por 6 estudiantes ubicados en diferentes ángulos. Exceder estas cantidades puede generar deterioro de la experiencia sensorial de los estudiantes y facilitar la aparición de elementos de distracción propios de grupos de trabajo más grandes.

En cuanto a su versatilidad:

- **Los HAD deben permitir ser usados para otras asignaturas** además de la robótica. Los HAD de este proyecto podrán ser usados como apoyo en diferentes asignaturas del programa de Licenciatura en Electrónica.

En cuanto a su apertura:

- **Los HAD deben integrar diferentes conceptos** para permitirle al estudiante ampliar su capacidad de análisis y establecer relaciones entre elementos.

En cuanto a la posibilidad de expansión:

- **Los HAD deben promover el espíritu de investigación** para que los estudiantes realicen consultas en libros o internet fuera de las sesiones.
- **Los HAD debe promover el espíritu de experimentación** mediante un diseño que invite al estudiante a interactuar con éste (conectar, accionar y graduar) y le permita verificar la validez de los conceptos ilustrados.

En cuanto a la capacidad de motivación:

- **Los HAD deben ilustrar los conceptos de manera sencilla** ya que presentar los conceptos de forma compleja y confusa genera frustración en el proceso de aprendizaje.

En cuanto a la adecuación al ritmo de trabajo de los alumnos:

- **Los HAD deben seguir una secuencia evolutiva** que permita al estudiante un aprendizaje gradual, a través de elementos conceptuales sencillos que se mezclen para generar nuevos elementos cada vez más complejos.

En cuanto al esfuerzo cognitivo:

- **Los HAD deben permitir aprendizajes significativos y transferibles a otras situaciones.** Para ello se debe presentar cada nuevo concepto de forma integrada con los ya existentes.

Las anteriores especificaciones, derivadas directamente de las características de los materiales didácticos, deben ser tenidas en cuenta al construir todos los HAD. Por esta razón se les denomina “especificaciones generales de los HAD”.

Tabla 4. Especificaciones generales de los HAD

| Especificaciones generales |
|--|
| El HAD debe ser controlable por el profesor. |
| El HAD debe contar con un documento guía para su uso. |
| El HAD debe contar con señalización o etiquetados. |
| El HAD deben permitir su uso para pequeños grupos. |
| El HAD debe permitir ser usado para otras asignaturas. |
| El HAD debe integrar diferentes conceptos. |
| El HAD debe promover el espíritu de investigación. |
| El HAD debe promover el espíritu de experimentación. |
| El HAD debe ilustrar los conceptos de manera sencilla. |
| El HAD debe seguir una secuencia evolutiva. |
| El HAD debe permitir aprendizajes significativos. |

En adición, cada HAD de manera aislada, debe cumplir con otro conjunto de especificaciones particulares que se derivarán de su propia naturaleza, tales como:

- Conceptos que se pretende ilustrar,
- Capacidades de fuerza
- Peso
- Accionamiento
- Voltaje de alimentación

A continuación se presentan las principales especificaciones particulares que se han definido para la construcción de los 17 HAD.

Tabla 5. Especificaciones particulares de los HAD

| HAD # | Nombre del HAD | Especificaciones particulares |
|-------|---------------------------|---|
| 1 | Circuito eléctrico básico | El HAD debe ilustrar la trayectoria cerrada del circuito básico. El HAD debe ilustrar el concepto de polaridad El HAD debe operar con una fuente del laboratorio (6 VDC) |
| 2 | El interruptor | El HAD debe presentar diferentes tipos de interruptor El HAD debe ilustrar el concepto de pulsador normalmente abierto El HAD debe ilustrar el concepto de pulsador normalmente cerrado El HAD debe incluir un diagrama circuital para mayor claridad El HAD debe operar con una fuente del laboratorio (6 VDC) |
| 3 | Circuito Serie | El HAD debe permitir visualizar la corriente del circuito El HAD debe permitir visualizar el concepto de divisor de voltaje El HAD debe permitir verificar la ley de Ohm El HAD debe permitir verificar la ley de voltajes El circuito debe permitir visualizar el efecto de adicionar resistencia en serie El HAD debe operar con una fuente del laboratorio (12 VDC) |
| 4 | Circuito Paralelo | El HAD debe permitir visualizar la corriente del circuito El HAD debe permitir visualizar el voltaje sobre los resistores en paralelo El HAD debe permitir verificar la ley de Ohm El HAD debe permitir visualizar el efecto de adicionar resistencia en paralelo El HAD debe operar con una fuente del laboratorio (12 VDC) |
| 5 | El transistor on-off | El HAD debe permitir visualizar VCE e IC del transistor en corte El HAD debe permitir visualizar VCE e IC del transistor en estado de saturación El HAD debe permitir visualizar el efecto obtenido al pasar de un estado al otro El HAD debe operar con una fuente del laboratorio (12 VDC) |
| 6 | El motor DC | El HAD debe permitir ilustrar el concepto de inversión de giro del motor DC. El HAD debe permitir visualizar la relación entre la polaridad y el sentido de giro El HAD debe operar con una fuente del laboratorio (6 VDC) |
| 7 | El puente H | El HAD debe permitir ilustrar el concepto de sentido de giro del motor DC. El HAD debe reproducir el esquema circuital del puente H. El HAD debe operar con una fuente del laboratorio (6 VDC) |
| 8 | La prensa hidráulica | El HAD debe permitir accionamiento externo El HAD debe utilizar diferentes diámetros en los pistones |
| 9 | Retroexcavadora | El HAD debe ilustrar el uso de la fuerza hidráulica El HAD debe ser liviano para permitir un accionamiento correcto |
| 10 | El Sensor | El HAD debe presentar diferentes tipos de sensores El HAD debe permitir ajuste de sensibilidad para la fotoresistencia El HAD debe operar con una fuente del laboratorio (6 VDC) |
| | Automatismo móvil | El HAD debe accionar los sensores uno a uno |
| 11 | El regulador | El HAD debe ilustrar la relación entre el voltaje de entrada y el de salida El HAD debe operar con una fuente del laboratorio variable (0 a 12VDC) |
| 12 | El CI 555 | El HAD debe permitir ajustar las bases de tiempo El HAD debe operar con una fuente del laboratorio (12 VDC) |
| 13 | La Celda solar | El HAD debe ser muy liviano para optimizar la potencia generada por la celda solar |
| 14 | Transmisión de movimiento | El HAD debe ilustrar diferentes sistemas mecánicos utilizados en la robótica El HAD debe permitir el accionamiento manual de los sistemas. |
| 15 | El servomotor | El HAD debe permitir ajustar la posición del servomotor de forma manual El HAD debe permitir visualizar cual es su posición en grados El HAD debe operar con una fuente del laboratorio (6 VDC) |
| 16 | Brazo robótico | El HAD debe permitir programar diferentes secuencias El HAD debe tener al menos 3 grados de libertad |
| 17 | Robot Móvil Programable | El HAD debe permitir la extracción del microcontrolador para su programación El HAD debe tener botón de encendido apagado El HAD debe tener botón para inicio de secuencias |

Antes de pasar a la siguiente etapa metodológica (Implementación) se hará una breve síntesis de lo explicado en la presente etapa (diseño) a fin de mostrar de manera global, el avance realizado hasta este punto del proyecto.

Síntesis de la etapa de diseño del proyecto:

Primero se determinaron los elementos técnicos a ser presentados en los HAD a partir del análisis de la configuración básica de un robot¹¹. Luego, usando dichos elementos técnicos como facilitadores, se definió el conjunto mínimo de conceptos que se pretenden enseñar¹²; posteriormente, se estableció el listado de los 17 HAD a construir, usando como base dicho conjunto de conceptos mínimos; y finalmente, se establecieron las especificaciones (derivadas de las características de los materiales didácticos) que deben cumplir los HAD.

Figura 9. Síntesis de la etapa de diseño del proyecto.



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Herramienta>

A continuación se analizarán y definirán los materiales y métodos de construcción para la fabricación de los HAD.¹³

¹¹ Cumpliendo con el objetivo específico No. 1 del presente proyecto

¹² Cumpliendo con el objetivo específico No. 2 del presente proyecto

¹³ Cumpliendo con el objetivo específico No. 3 del presente proyecto.

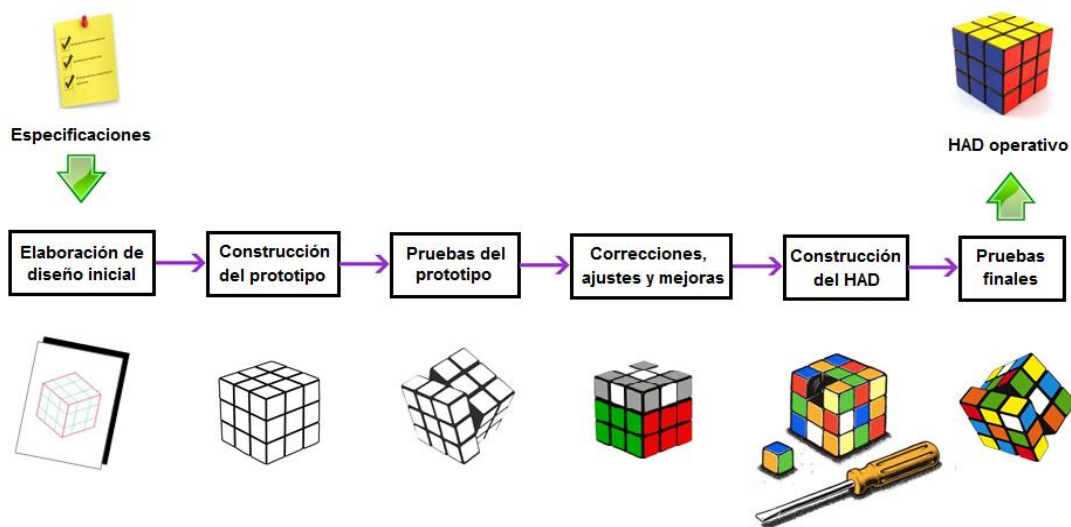
4.1.4 Implementación del proyecto

El proceso de fabricación inicia con la elaboración de un diseño específico para cada HAD en particular, que debe cumplir, por una parte, con las especificaciones generales que fueron establecidas en el numeral anterior y por otra, con las especificaciones particulares que se establezcan según el caso.

Este diseño inicial permite la construcción física de los prototipos electrónicos y mecánicos sobre los cuales se verifican las funcionalidades requeridas, se corrigen parámetros y se incorporan mejoras.

Una vez se ha verificado que los prototipos realizan correctamente todas las funciones para las que fueron creados y cumplen con todas las especificaciones generales y particulares, se procede a construir el HAD con las técnicas y materiales definitivos. El HAD ya construido se prueba nuevamente para garantizar que el producto final está conforme.

Figura 10. Proceso de fabricación de un HAD.



Fuente: <http://www.taringa.net/posts/hazlo-tu-mismo/13856691/Armar-Cubo-Rubik---Facil.html>

A continuación se explica cada una de las fases de construcción en más detalle, utilizando uno de los HAD fabricados como ejemplo. Para este propósito se ha seleccionado el HAD que ilustra el puente H.

4.1.4.1 Elaboración de diseño inicial

El diseño inicial es una solución conceptual, normalmente soportada por planos y diagramas que busca cumplir con las especificaciones generales y particulares que han sido planteadas para cada HAD. En este caso las del puente H.

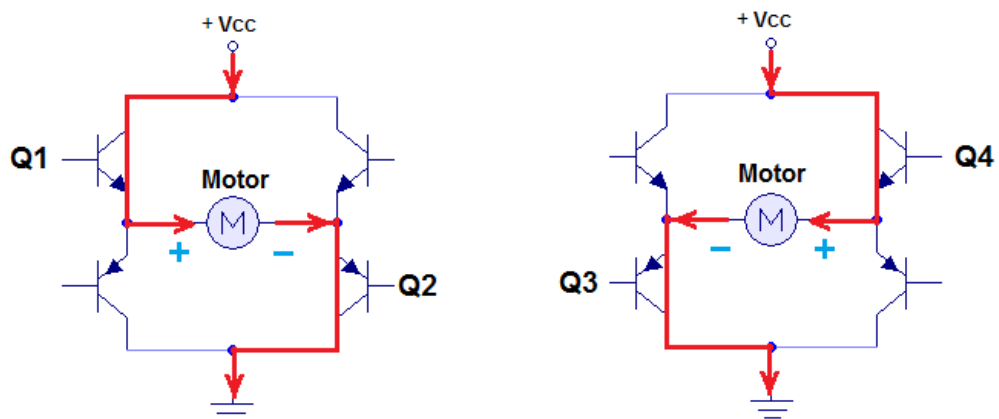
Tabla 6. Especificaciones del HAD puente H

| Especificaciones generales |
|--|
| El HAD debe ser controlable por el profesor. |
| El HAD debe contar con un documento guía para su uso. |
| El HAD debe contar con señalización o etiquetados. |
| El HAD deben permitir su uso para pequeños grupos. |
| El HAD debe permitir ser usado para otras asignaturas. |
| El HAD debe integrar diferentes conceptos. |
| El HAD debe promover el espíritu de investigación. |
| El HAD debe promover el espíritu de experimentación. |
| El HAD debe ilustrar los conceptos de manera sencilla. |
| El HAD debe seguir una secuencia evolutiva. |
| El HAD debe permitir aprendizajes significativos. |
| Especificaciones particulares |
| El HAD debe permitir ilustrar el concepto de sentido de giro del motor DC. |
| El HAD debe reproducir el esquema circuital del puente H. |
| El HAD debe operar con una fuente del laboratorio (6 VDC) |

Como puede verse las especificaciones particulares se generan a partir de las características propias del HAD en cuestión. El cumplimiento de todas estas especificaciones debe ser verificado a lo largo del proceso de implementación.

El puente H permite accionar un motor DC en ambos sentidos por lo que es muy utilizado en robótica. Su funcionamiento se basa en los estados de corte y saturación del transistor y opera mediante cuatro transistores que trabajan en parejas de modo que cuando por ejemplo Q1 y Q2 conducen, Q3 y Q4 bloquean el paso de corriente y viceversa, proporcionando ambos sentidos de giro al motor.

Figura 11. Funcionamiento del puente H.



Una de las especificaciones particulares que se establecieron fue que el circuito debe ser alimentado con 6VDC, con el propósito de hacerlo compatible con los valores comerciales de los adaptadores de voltaje y baterías (4 baterías de 1.5VDC). A partir de esto, se selecciona un motor convencional de 3.6VDC:

Figura 12. Selección del motor DC para el HAD del puente H.



Motor C.C. para RC Plane-3.6V-21, 500RPM

Especificaciones:

Voltaje clasificado: 3.6V

Ninguna corriente de la carga: 0.045A

Ninguna velocidad de la carga: 21, 500RPM

En la corriente máxima de la eficacia: 0.15A

A la velocidad máxima de la eficacia: 16500RPM

En el esfuerzo de torsión máximo de la eficacia: 1.4G. Cm

En la eficacia máxima hecha salir: 0.24A

Fuente: http://es.made-in-china.com/co_xdmotor/product_DC-Motor-for-RC-Plane-3-6V-21-500RPM_hessoesy.html

De acuerdo con estas especificaciones, se sabe que el motor funciona alrededor de los 3 VDC y que su consumo de corriente sin carga es de 0.045A. Como en este HAD se trabajará con una carga mínima, se pueden definir los siguientes valores para el diseño:

$$I_{\text{motor}} = 45 \text{ mA}$$

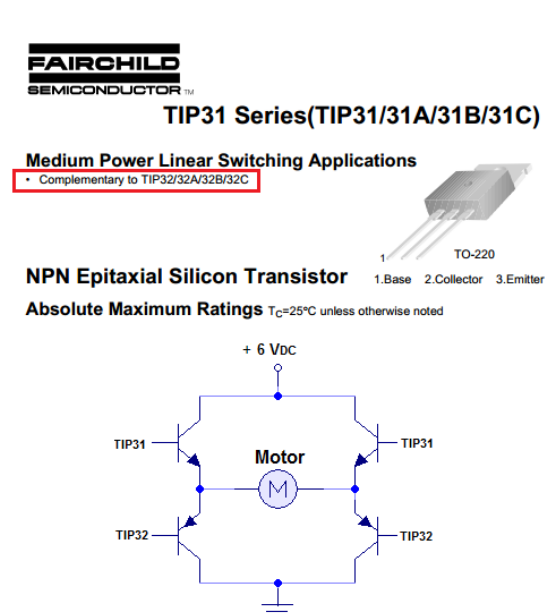
$$V_{\text{motor}} = 3.0 \text{ V}$$

De acuerdo con esto, la corriente de colector de los transistores también será de 45 mA (puesto que $I_c \approx I_E$ y $I_E = I_{\text{motor}}$).

Se eligen para el HAD los transistores TIP31 (NPN) y TIP32 (PNP) que pueden manejar hasta 3.0 Amperios de corriente de colector con una ganancia de corriente DC (h_{FE}) máxima de 50.

$$h_{FE} = 50$$

Figura 13. Selección de transistores para el HAD del puente H.



Absolute Maximum Ratings $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

| Symbol | Parameter | Value | Units |
|-----------|--|-----------|------------------|
| V_{CB0} | Collector-Base Voltage : TIP31 | 40 | V |
| | : TIP31A | 60 | V |
| | : TIP31B | 80 | V |
| | : TIP31C | 100 | V |
| V_{CE0} | Collector-Emitter Voltage : TIP31 | 40 | V |
| | : TIP31A | 60 | V |
| | : TIP31B | 80 | V |
| | : TIP31C | 100 | V |
| V_{EB0} | Emitter-Base Voltage | 5 | V |
| I_C | Collector Current (DC) | 3 | A |
| I_{CP} | Collector Current (Pulse) | 5 | A |
| I_B | Base Current | 1 | A |
| P_C | Collector Dissipation ($T_C=25^\circ\text{C}$) | 40 | W |
| P_C | Collector Dissipation ($T_s=25^\circ\text{C}$) | 2 | W |
| T_J | Junction Temperature | 150 | $^\circ\text{C}$ |
| T_{STG} | Storage Temperature | -65 - 150 | $^\circ\text{C}$ |

Electrical Characteristics $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

| Symbol | Parameter | Test Condition | Min. | Max. | Units |
|----------------|--|---|---------------------------------------|------|---------------|
| $V_{CE0(sus)}$ | * Collector-Emitter Sustaining Voltage | $I_C = 30\text{mA}, I_B = 0$ | : TIP31 | 40 | V |
| | | | : TIP31A | 60 | V |
| | | | : TIP31B | 80 | V |
| | | | : TIP31C | 100 | V |
| I_{CEO} | Collector Cut-off Current | $V_{CE} = 30\text{V}, I_B = 0$ | : TIP31/31A | 0.3 | mA |
| | | | : TIP31B/31C | 0.3 | mA |
| I_{CES} | Collector Cut-off Current | $V_{CE} = 40\text{V}, V_{EB} = 0$ | : TIP31 | 200 | μA |
| | | | : TIP31A | 200 | μA |
| | | | : TIP31B | 200 | μA |
| | | | : TIP31C | 200 | μA |
| I_{EBO} | Emitter Cut-off Current | $V_{EB} = 5\text{V}, I_C = 0$ | | 1 | mA |
| | | | | | |
| h_{FE} | * DC Current Gain | $V_{CE} = 4\text{V}, I_C = 1\text{A}$ | $V_{CE} = 4\text{V}, I_C = 3\text{A}$ | 25 | |
| | | | | 10 | 50 |
| $V_{CE(sat)}$ | * Collector-Emitter Saturation Voltage | $I_C = 3\text{A}, I_B = 375\text{mA}$ | | 1.2 | V |
| $V_{BE(sat)}$ | * Base-Emitter Saturation Voltage | $V_{CE} = 4\text{V}, I_C = 3\text{A}$ | | 1.8 | V |
| f_T | Current Gain Bandwidth Product | $V_{CE} = 10\text{V}, I_C = 500\text{mA}$ | 3.0 | | MHz |

* Pulse Test: PW<300 μs , Duty Cycle<2%

Fuente: https://courses.cit.cornell.edu/ee476/FinalProjects/s2007/aw259_bkr24/TIP31.pdf

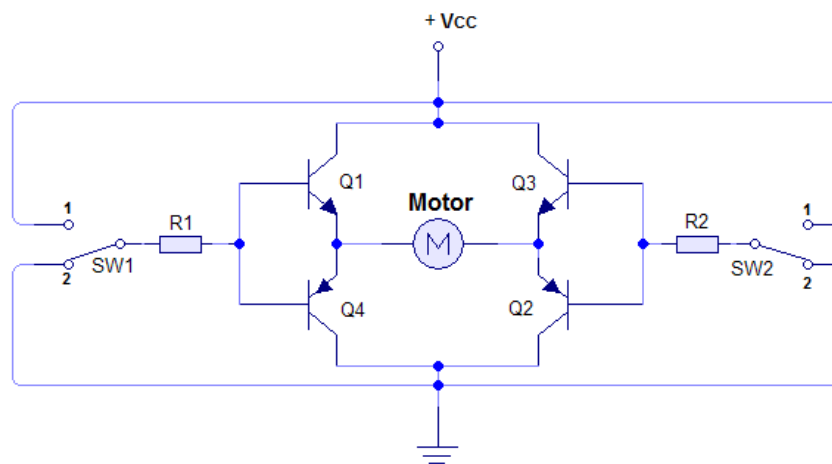
La corriente de base obtenida en los transistores será entonces:

$$I_B = I_C / h_{FE} = 45\text{mA} / 50$$

$$I_B = 900 \mu\text{A}$$

Este valor de corriente se obtiene conectando una resistencia en la base de los transistores para permitir el control del puente H mediante dos interruptores de 2 posiciones como se indica en la figura:

Figura 14. Diagrama electrónico del puente H.



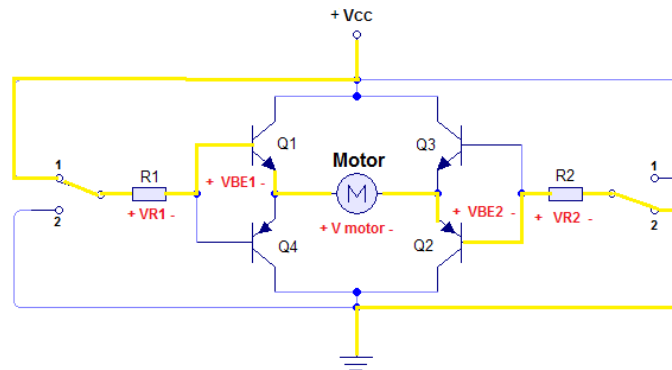
Nótese que los interruptores SW1 y SW2 pueden ser accionados a las posiciones 1 y 2. A partir de estas convenciones el funcionamiento del circuito se explica de manera simple mediante la siguiente tabla:

Tabla 7. Control del puente H

| SW1 | SW2 | Estado del motor |
|-----|-----|-----------------------------|
| 1 | 1 | Detenido |
| 1 | 2 | gira en un sentido |
| 2 | 1 | invierte su sentido de giro |
| 2 | 2 | Detenido |

Finalmente se debe calcular el valor de las resistencias R1 y R2. Primero se aplica la ley de voltajes a la trayectoria amarilla para obtener el valor del voltaje sobre cada una de ellas:

Figura 15. Trayectoria para análisis de voltajes en puente H.



$$V_{CC} = V_{R1} + V_{BE1} + V_{\text{motor}} + V_{BE2} + V_{R2}$$

Como: $V_{BE1} = V_{BE2} = V_{BE}$ y $V_{R1} = V_{R2} = V_R$ Se tiene que:

$$V_R = (V_{CC} - V_{\text{motor}} - 2 V_{BE}) / 2$$

$$V_R = (6 \text{ V} - 3 \text{ V} - 2 [0.6 \text{ V}]) / 2$$

$$V_R = 0.9 \text{ V}$$

Entonces el valor de la Resistencia a ser usada en la base de los transistores es:

$$R_1 = R_2 = V_R / I_B$$

$$R_1 = R_2 = 0.9 \text{ V} / 900 \mu\text{A}$$

$$R_1 = R_2 = 1\text{K}\Omega$$

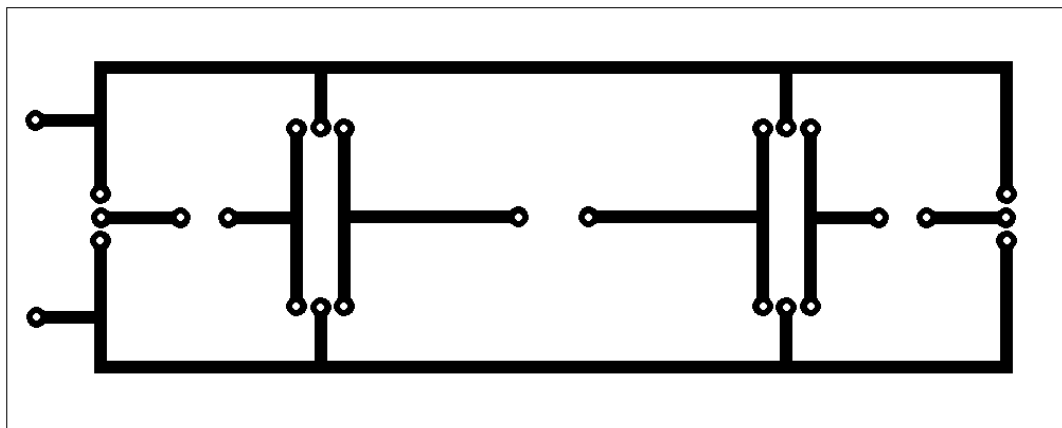
Con esto se ha completado el diseño del puente H desde el punto de vista de componentes electrónicos, ahora se procede a diseñar su circuito impreso.

Aunque el prototipo del HAD a nivel electrónico corresponde al montaje del circuito en *protoboard* para poder realizar las pruebas, correcciones, ajustes y adiciones, en el diseño del HAD debe contemplar el circuito impreso que será utilizado para el montaje final.

El diseño del circuito impreso debe contemplar las posiciones de los diferentes componentes, para mantener una semejanza conceptual con el diagrama de la Figura 14. Esto permite una asociación rápida de los conceptos expuestos por el profesor y es la razón por la cual, es un requerimiento específico de este HAD.

El diseño del circuito impreso debe considerar también otros componentes que serán conectados mediante cables, como por ejemplo los interruptores y bornes para la alimentación de voltaje.

Figura 16. Diseño de circuito impreso para HAD de puente H.



Con base en las dimensiones finales del circuito impreso (20cm x 10 cm) y la ubicación final de los componentes que éste defina, se procede a diseñar la carcasa del HAD.

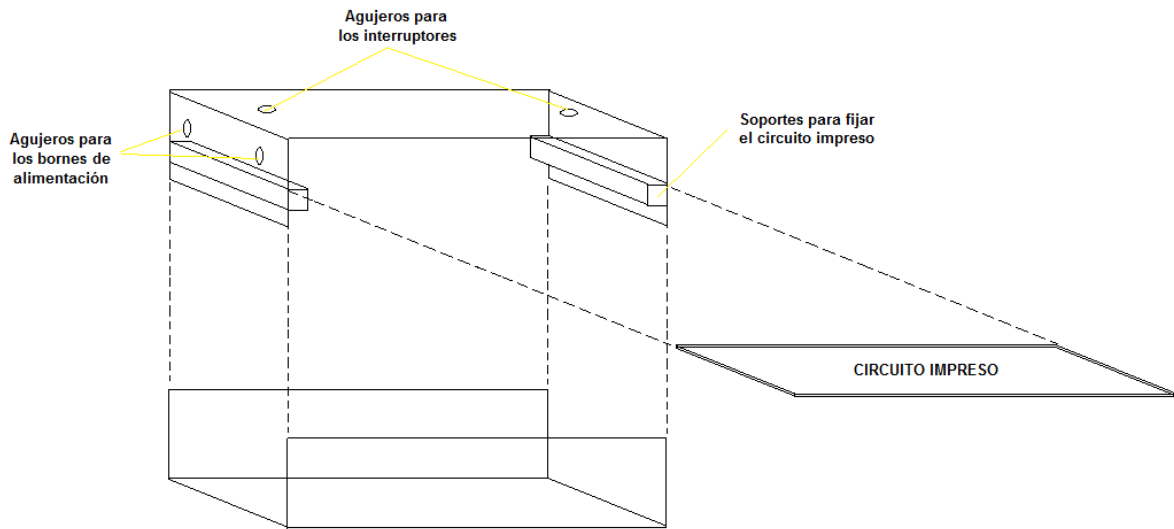
Para el diseño de la carcasa del HAD también se deben tener cuenta las especificaciones generales y particulares relacionadas en la Tabla 4. Una de las principales especificaciones generales de los HAD es que puedan ser utilizados por pequeños grupos (máximo 6 estudiantes) y en este caso específico debe poderse observar su interior desde cualquier ángulo. Por esta razón su carcasa debe ser transparente. Sólo el vidrio y el acrílico cumplen con este cometido, sin embargo el acrílico presenta algunas ventajas sobre el vidrio por lo cual se convierte en el material más apropiado para la construcción de los HAD. A continuación se presentan los materiales que se consideraron para la elaboración de las carcasas de los HAD y su evaluación frente a las propiedades de interés, utilizando una escala de 1 a 3, siendo 1 lo menos apropiado y 3 lo más adecuado.

Tabla 8. Evaluación de materiales para las carcasas de los HAD.

| Características | Acrílico | Vidrio | Madera |
|------------------------|-----------------|---------------|---------------|
| Transparencia | 3 | 3 | 1 |
| Rigidez | 3 | 3 | 3 |
| Estética | 3 | 3 | 2 |
| Versatilidad | 3 | 1 | 3 |
| Fragilidad | 2 | 1 | 3 |
| Total | 14 | 11 | 12 |

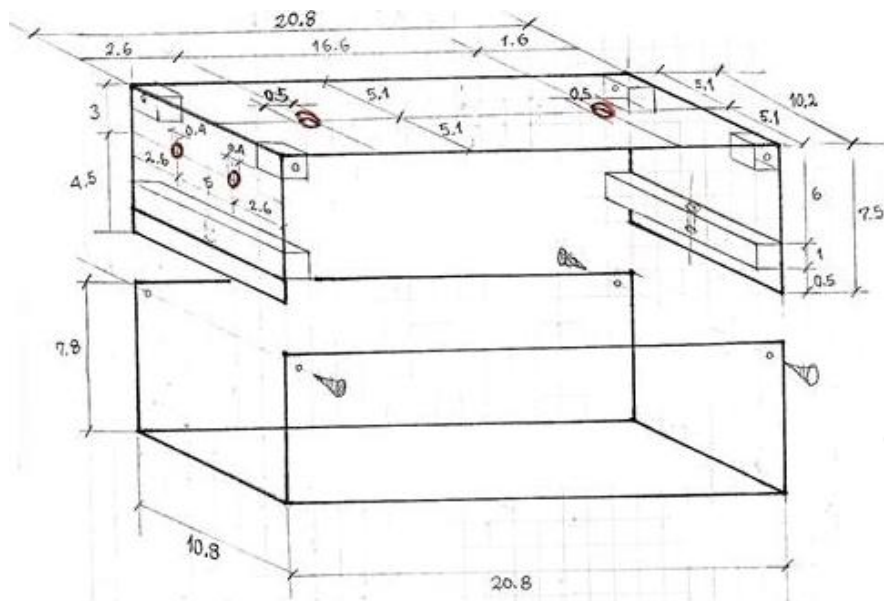
El acrílico resulta ser el material más adecuado para la construcción final de los HAD. Sin embargo, en algunos casos antes de construir los HAD definitivos en acrílico, conviene hacer una evaluación preliminar de las carcasas mediante prototipos elaborados en madera de balsa, ya que ésta es muy fácil de trabajar y permite tener rápidamente una perspectiva espacial de la carcasa.

Figura 17. Diseño conceptual de la carcasa para el HAD del puente H.



A partir de este diseño conceptual de la carcasa se dibuja un plano más detallado que incluya las medidas exactas y otros detalles como los tornillos de ajuste.

Figura 18. Diseño original acotado de la carcasa para el HAD del puente H.



4.1.4.2 Construcción del prototipo del HAD

El prototipo está constituido por los diferentes montajes de prueba que permiten establecer si los diseños realizados requieren algún ajuste adicional y realizar fácilmente cambio de componentes, perforaciones, etc.

Figura 19. Montaje de prueba del circuito electrónico para HAD del puente H.

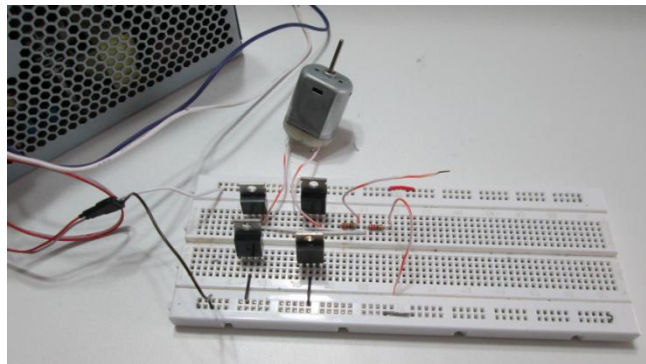


Figura 20. Prototipo de la carcasa para HAD del puente H.



Como se explicó anteriormente, se utilizó madera de balsa para la construcción de los prototipos de las carcasas, este material permite realizar rápidamente ajustes y visualizar tridimensionalmente cómo se verá la carcasa final de forma aproximada.

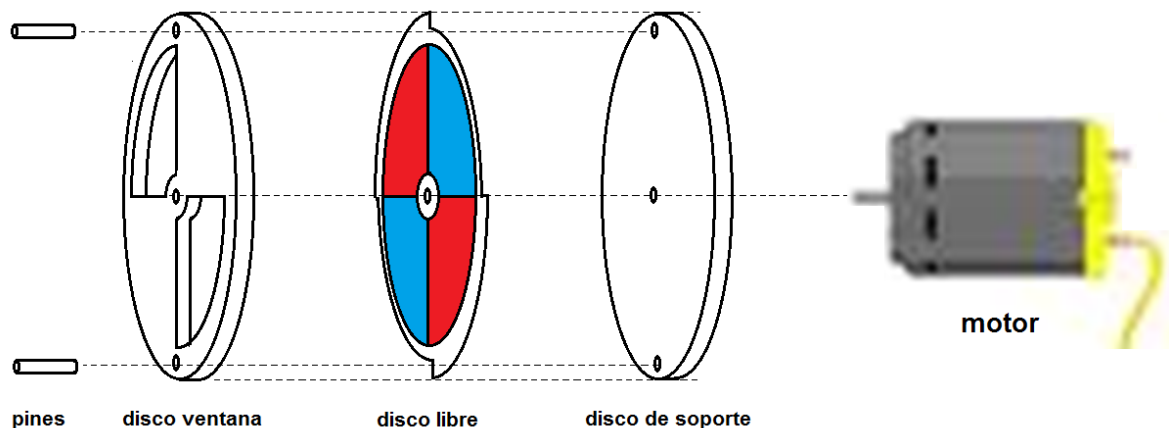
4.1.4.3 Pruebas del prototipo

Los montajes de prueba se utilizan para verificar el cumplimiento de las funcionalidades que han sido establecidas y al mismo tiempo, detectar si son requeridos ajustes, mejoras o correcciones. En este caso por ejemplo, se identificó la necesidad de elaborar un dispositivo que permitiera visualizar el sentido de giro del motor de una forma didáctica.

4.1.4.4 Correcciones, ajustes y mejoras

El dispositivo que se construyó,¹⁴ para permitir la visualización del sentido de giro del motor, está compuesto por dos discos rígidos acoplados al motor y un disco “libre” entre ellos que es accionado por la inercia del sistema, de esta forma cuando el motor gira en un sentido el sistema toma un color rojo y cuando gira en el otro, el sistema toma un color azul.

Figura 21. Dispositivo para visualización de sentido de giro de motor.

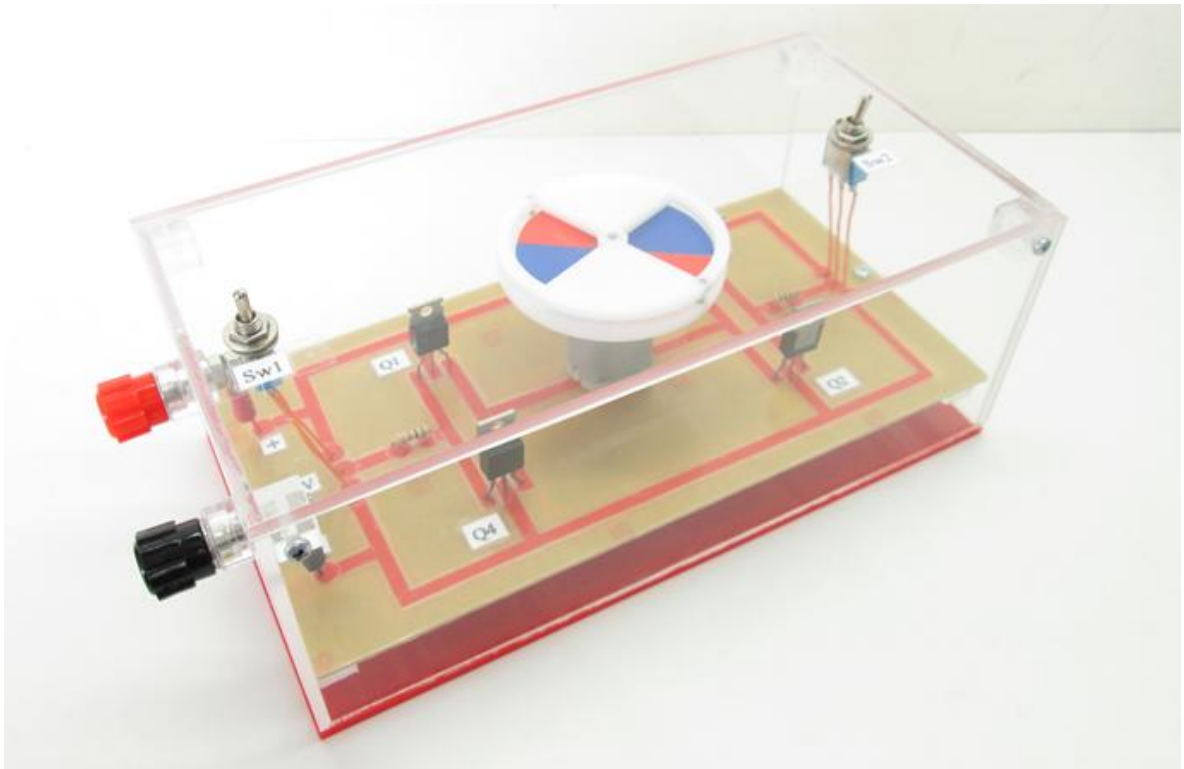


¹⁴ Este dispositivo fue diseñado por el autor.

4.1.4.5 Construcción del HAD

Una vez realizados los ajustes, correcciones y mejoras que se identificaron mediante los montajes de prueba (prototipo), se procede a construir la versión definitiva del HAD utilizando los materiales definitivos.

Figura 22. HAD del puente H terminado.



Finalmente, se adiciona la señalización y marcado de los elementos del HAD para identificar los componentes importantes, polaridades y los valores de voltaje para la alimentación y se realiza la guía de uso del HAD (Ver anexo 1).

4.1.4.6 Pruebas finales del HAD

Se verificó el correcto funcionamiento del HAD en todos sus aspectos técnicos, físicos y pedagógicos. A continuación se presenta verificación completa del cumplimiento del HAD de todas las especificaciones generales y particulares.

Tabla 9. Verificación del cumplimiento de especificaciones.

| Especificaciones generales | Check | Cumplimiento |
|--|-------|---|
| El HAD debe ser controlable por el profesor. | ✓ | El HAD cuenta con dos interruptores para controlar el sentido de giro y bornes de alimentación señalizados. |
| El HAD debe contar con un documento guía para su uso. | ✓ | El HAD del puente H cuenta con su respectiva guía escrita que puede ser consultada en el ANEXO 1. |
| El HAD debe contar con señalización o etiquetados. | ✓ | El HAD ha sido señalado con polaridades, voltaje de alimentación, interruptores de control y transistores. |
| El HAD deben permitir su uso para pequeños grupos. | ✓ | El HAD ha sido construido en material traslúcido que permite visualizarlo 360 grados. |
| El HAD debe permitir ser usado para otras asignaturas. | ✓ | El HAD puede ser utilizado para otras asignaturas del programa de Licenciatura en Electrónica. |
| El HAD debe integrar diferentes conceptos. | ✓ | El HAD del puente H integra los conceptos de corte y saturación del transistor y sentido de giro del motor DC. |
| El HAD debe promover el espíritu de investigación. | ✓ | La guía escrita del HAD plantea preguntas de investigación con base en los temas explorados. |
| El HAD debe promover el espíritu de experimentación. | ✓ | El HAD proporciona a los estudiantes la claridad conceptual para realizar sus propios montajes e incorporarle mejoras. |
| El HAD debe ilustrar los conceptos de manera sencilla. | ✓ | El HAD presenta el funcionamiento del puente H y los conceptos asociados de manera sencilla |
| El HAD debe seguir una secuencia evolutiva. | ✓ | El HAD puente H es el No.7 y se debe presentar después del HAD del interruptor (No.2), el HAD del transistor (No.5), y el HAD del motor DC (No.6) |
| El HAD debe permitir aprendizajes significativos. | ✓ | El HAD permite integrar los conceptos vistos en otros HAD anteriores (transistor on-off, interruptores y sentido de giro de motor DC.) |
| Especificaciones particulares | Check | Cumplimiento |
| El HAD debe permitir ilustrar el concepto de sentido de giro del motor DC. | ✓ | El HAD cuenta con un dispositivo para identificar el sentido de giro del motor DC. |
| El HAD debe reproducir el esquema circuital del puente H. | ✓ | El HAD reproduce las conexiones y posiciones de los elementos según el esquema circuital del puente H. |
| El HAD debe operar con una fuente del laboratorio (6 VDC) | ✓ | El HAD ha sido diseñado para alimentarse con 6VDC. |

4.1.5 Pruebas finales del proyecto

Se realizó una sesión con los estudiantes de los clubes de robótica para probar la aplicabilidad de los HAD al proceso de enseñanza. Para ello se seleccionaron tres HAD como conjunto de muestra y se siguió el proceso de exposición planteado.

El profesor realizó la presentación de los conceptos para luego usar los HAD como material de ilustración y experimentación, permitiendo a los estudiantes, interactuar de manera tangible y real con dichos elementos teóricos. Las guías asociadas a los HAD permitieron a los estudiantes y al profesor utilizar efectivamente el material, desarrollar la actividad planteada y en adición establecer puntos de partida para ampliación de los temas explicados.

Se solicitó a los participantes de la sesión evaluar el cumplimiento de las cualidades de los HAD respecto a las expectativas del presente proyecto y se obtuvieron los siguientes resultados¹⁵:

1. Los HAD cumplen con su propósito de servir como material didáctico para la enseñanza de los conceptos de robótica.
2. Los HAD pueden ser operados fácilmente por el profesor y los estudiantes organizados en pequeños grupos.
3. Los HAD ilustran conceptos de gran importancia para el entendimiento de la robótica, enfocados a estudiantes de grados décimo y once.
4. Los HAD permiten dar mayor dinamismo a las sesiones, despiertan el interés de los estudiantes alrededor de los temas expuestos.
5. Los HAD facilitan el proceso de asociar los nuevos conceptos con los ya existentes, siguiendo una secuencia que facilita el aprendizaje.
6. Las guías escritas asociadas a los HAD facilitan su uso, permiten plantear ejercicios de experimentación y consulta, invitando al estudiante a ampliar sus conocimientos.

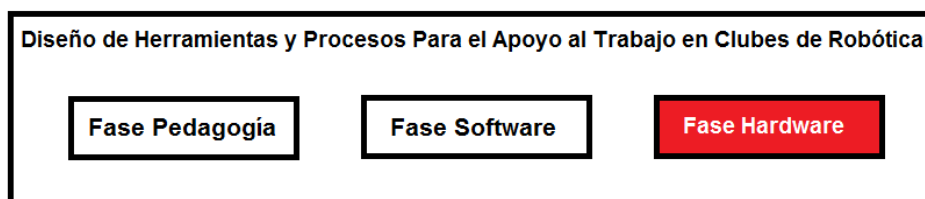
¹⁵ Los formatos de evaluación diligenciados por los estudiantes pueden ser consultadas en el ANEXO 3

4.2 Proyecciones

El presente proyecto de grado establece el uso de bases metodológicas para el diseño y construcción de materiales didácticos que pueden ser aplicables a futuros proyectos de grado, donde se identifiquen necesidades semejantes y se requiera establecer los conceptos a soportar, los materiales a usar y los procesos a seguir, pudiéndose aplicar a temáticas diferentes a la robótica.

De la misma forma, este proyecto de grado puede ser complementado e integrado con otras propuestas, de hecho, este proyecto de grado parte de una iniciativa mayor, planteada por la Universidad Pedagógica Nacional donde se busca realizar el diseño de Herramientas y Procesos Para el Apoyo al Trabajo en Clubes de Robótica. Donde este trabajo de grado específico, corresponde a lo que se denominó la "Fase Diseño de Hardware".

Figura 23. Relación con otros trabajos de grado.



Fase Pedagógica: Encargada de desarrollar los modelos pedagógicos, metodologías y unidades didácticas para la enseñanza en los clubes de robótica.

Fase Software: Encargada del desarrollo de los programas, simulaciones y el software para mejorar la enseñanza en los clubes de robótica.

Fase Hardware: Encargada del desarrollo del hardware de apoyo didáctico (HAD) para mejorar la enseñanza en los clubes de robótica, motivo del presente proyecto de grado.

A continuación se definirán los elementos comunes al presente proyecto que deben ser tenidos en cuenta por las otras fases¹⁶.

Simplicidad en la presentación de conceptos

Cada concepto individual debe ser presentado de la forma más sencilla posible, evitando enmarcarlo dentro de procesos extremadamente complejos que puedan conducir a confusiones y frustraciones en el proceso de aprendizaje.

Presentación evolutiva de los conceptos

Los conceptos deben presentarse de manera gradual y siguiendo una secuencia lógica de enseñanza que presente primero los conceptos básicos y luego su aplicación y combinación.

Relacionamiento entre conceptos nuevos con los existentes

Los conceptos nuevos deben presentarse de forma tal que se puedan establecer sus relaciones con los conceptos ya existentes a fin de integrarlos dentro de la estructura mental del estudiante. Esto permite que el concepto se comprenda mejor y se pueda aplicar más ampliamente.

Incentivo para la experimentación y la investigación.

Las estrategias pedagógicas usadas deben motivar a los estudiantes para que experimenten alrededor de los conceptos examinados durante las sesiones y consulten otros temas relacionados para complementar su aprendizaje.

Habilitación para el diseño y construcción de montajes propios.

Complementario con el punto anterior, el incentivo a experimentar y la claridad conceptual deben conducir al estudiante a realizar sus propios montajes saliendo del límite que establecen los productos prediseñados.

¹⁶ Cumpliendo con el objetivo específico No. 4 del presente proyecto

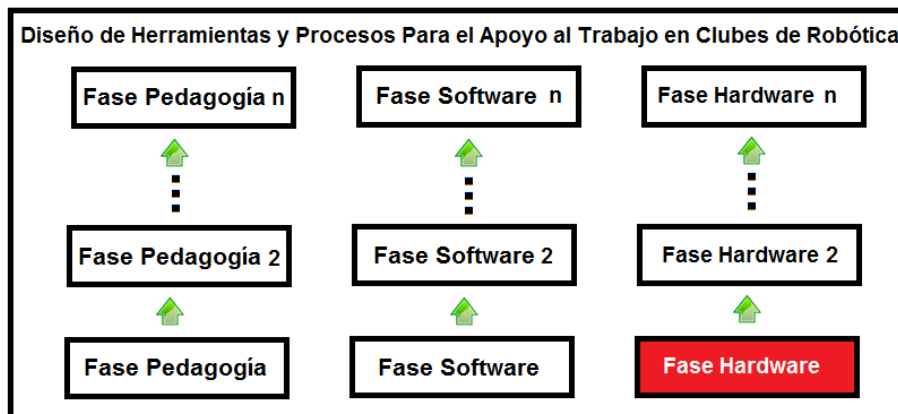
Las fases de diseño de software y pedagógica de la iniciativa general se articulan con los elementos del presente proyecto (fase diseño de hardware) desde las siguientes perspectivas:

1. El mapa de estudio recomendado para las sesiones de los clubes de robótica definido en la Tabla 1.
2. El listado de los 17 HAD que están asociados al mapa de estudio y que fueron establecidos en la Tabla 2.
3. Las funciones y características de los materiales didácticos utilizadas para determinar las especificaciones de los HAD.

A modo de ejemplo, en el proyecto de grado de la fase software, actualmente se está desarrollando la simulación gráfica del HAD No. 16 (brazo robótico) y del HAD No. 17 (Robot móvil programable).

En adición, cada una de las tres fases planteadas podría incentivar desarrollos futuros, de acuerdo con la evolución de la iniciativa general y con los resultados obtenidos a medida que se apliquen al entorno definido. De esta manera futuros proyectos de grado pueden apoyarse en los desarrollados obtenidos aquí.

Figura 24. Proyección para futuros trabajos de grado.



4.3 Presentación de resultados

Objetivo general cumplido: Se diseñaron y construyeron los 17 HAD (Hardware de Apoyo Didáctico) para las sesiones de robótica que se realizan dentro del plan de formación de clubes de robótica escolar promovidos por la Universidad Pedagógica Nacional.

Objetivo específico cumplido: Se determinó el conjunto de elementos técnicos que constituyen los sistemas eléctricos, electrónicos y mecánicos de los HAD.

Objetivo específico cumplido: Se determina el conjunto mínimo de conceptos que se pretenden enseñar y los elementos técnicos que sirvieron de facilitadores.

Objetivo específico cumplido: Se analizaron y definieron los materiales y métodos de construcción adecuados para la fabricación de los HAD.

Objetivo específico cumplido: Se diseñó y complementó con el grupo de trabajo los elementos comunes al proyecto.

El presente proyecto fue desarrollado siguiendo la metodología en cascada como fue establecido, siguiendo cada una de las etapas que la constituyen, desde la recolección inicial de información hasta la prueba final del proyecto y de los productos (HAD) elaborados.

El desarrollo del presente proyecto utilizó como punto de partida los conceptos presentados en el marco de referencia tanto para la parte técnica como para la parte pedagógica, permitiendo un desarrollo coherente y progresivo de las ideas expuestas.

4.4 Conclusiones

De acuerdo con lo expuesto en el presente proyecto, se generan las siguientes conclusiones:

- Los HAD diseñados pueden ser clasificados como materiales didácticos ya que cumplen con las funciones y características definidas para éstos. Su propio diseño y construcción atiende a dichos requerimientos y especificaciones.
- Los HAD construidos permiten enriquecer el proceso de enseñanza de la robótica, ya que facilitan la ilustración de conceptos, permiten la experimentación y estimulan la investigación en los estudiantes.
- Para la elaboración de materiales didácticos (en este caso: HAD) se debe tener en cuenta los temas de mayor importancia de acuerdo a un marco general de la asignatura, el programa de contenidos, la audiencia a la cual irán dirigidos y los materiales y procesos más adecuados para su construcción.
- Los HAD construidos corresponden con una visión general de la robótica donde los conceptos nuevos se apoyan en los conceptos previamente aprendidos, encadenándolos en una secuencia progresiva que permite partir de los elementos más simples y evolucionar hacia los más complejos.
- Los análisis, procesos, materiales y metodologías utilizadas en el presente proyecto de grado establecen una base clara y consistente que puede ser utilizada en futuras propuestas de trabajos de grado para ser aplicados a otros ámbitos de aprendizaje.

5. BIBLIOGRAFÍA

5.1 Libros y artículos

[1] Ruiz del Solar, Javier. Introducción a la robótica. Capítulo 1 Estructura Interna de un robot.

[2] Guerrero Armas, Alberto. Los Materiales didácticos en el Aula. Revista profesional para profesionales de la enseñanza No. 5. Noviembre 2009

[3] Nieto Peña, Fabián Camilo; Gallego Tovar, Jaime Alberto y Reyes Samacá, Edwin Fernando. Tesis **“Diseño y construcción de un kit de robótica “RoboPed” enfocado hacia los estándares en tecnología e informática propuestos por el ministerio de educación nacional”** Universidad Pedagógica Nacional, Licenciatura en Electrónica, Bogotá 2008.

[4] Garzón Vásquez, John Alexander y Molano, César Andrés. Tesis **“Validación de un kit didáctico para la integración de las asignaturas de mecánica, electrónica e informática a través de la robótica”** Universidad Pedagógica Nacional, Licenciatura en Electrónica, Bogotá 2006).

[5] Aguilar Galicia, Victor. Tesis **“Diseño y construcción de un brazo robot de 6 grados de libertad con fines educativos para aplicaciones en nivel medio superior”** Jordán Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica México 2011

[6] William H. Hayt, Jr. Jack E. Kemmerly, “Análisis de circuitos en ingeniería” Cuarta Edición. México McGraw-Hill, 1998.

[7] Richard C. Dorf, James A. Svoboda “Circuitos eléctricos” Quinta edición. México D.F. Alfaomega, 2003.

[8] Robert L. Boylestad, "Introducción al análisis de circuitos" décima edición, México, Pearson, 2004.

[9] Robert L. Boylestad, Louis Nashlsky, "Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos" décima edición, México, Pearson, 2009.

[10] Aníbal Ollero Baturone. "Robótica Manipuladores y robots móviles". Editorial Alfaomega, Marcombo. Primera Edición. Barcelona 2007

[11] Antonio Barrientos, Luis Felipe Peñín, Carlos Balaguer Rafael Aracil. "Fundamentos de Robótica". Editorial Mc Graw Hill. Segunda Edición. España 2007.

[12] Salvador Cardona Foix, Daniel Clos Costa. "Teoría de máquinas". Ediciones UPC. Primera Edición. Barcelona Febrero de 2001.

[13] Data sheet, PIC 18f4550, PIC 16f877,

[14]Data sheet PIC 31

5.2 Cibergrafía

<http://robotica.li2.uchile.cl/EL63G/capitulo1.pdf>

<http://www2.fe.ccoo.es/andalucia/docu/p5sd6415.pdf>

<http://www.wordreference.com/>

6. GLOSARIO

AC

Es la abreviación de alternate current, corriente alterna en inglés.

DC

Es la abreviación de direct current, corriente directa en inglés.

DIODO

Un diodo es un componente electrónico de dos terminales que permite la circulación de la corriente eléctrica a través de él en un solo sentido.

HAD

Hardware de Apoyo Didáctico: Es un material didáctico que ilustra conceptos relacionados a la enseñanza de temas tecnológicos.

IC

Se refiere a la corriente de colector de un transistor.

KIT

Conjunto de piezas o instrumentos que sirven para realizar alguna función o desarrollar alguna actividad.

LED

Proviene del acrónimo en idioma inglés Light-Emitting Diode: diodo emisor de luz.

OFF

Desconectado, fuera de funcionamiento.

ON

Conectado, en funcionamiento.

TRANSISTOR

Componente electrónico que amplifica las señales eléctricas.

VCE

Voltaje medido entre los terminales de colector y emisor de un transistor.

VDC

Notación usada para indicar un voltaje continuo o DC.

7. ANEXOS

ANEXO 1 - Guías de operación de los HAD

ANEXO 2 - Manuales de usuario de los HAD

ANEXO 3 - Evaluación de la efectividad de los HAD

ANEXO 4 - Evaluación de conceptos básicos de robótica

ANEXO 5 – Fotos de los HAD.