

DESARROLLO Y FABRICACIÓN DE MATERIAL DIDÁCTICO CON EL PROPOSITO DE
PROPORCIONAR AL ESTUDIANTE Y AL DOCENTE DE MECATRÓNICA, EQUIPOS
REALES PARA APLICAR Y COMUNICAR LOS CONOCIMIENTOS DE
PROGRAMACIÓN ADQUIRIDOS EN DIFERENTES CURSOS.

ANDRÉS MESA MONTOYA

Proyecto de grado

UNIVERSIDAD EAFIT
INGENIERÍA DE DISEÑO DE PRODUCTO
MEDELLIN
2008

DESARROLLO Y FABRICACIÓN DE MATERIAL DIDÁCTICO CON EL PROPOSITO DE PROPORCIONAR AL ESTUDIANTE Y AL DOCENTE DE MECATRÓNICA, EQUIPOS REALES PARA APLICAR Y COMUNICAR LOS CONOCIMIENTOS DE PROGRAMACIÓN ADQUIRIDOS EN DIFERENTES CURSOS.

ANDRÉS MESA MONTOYA

Proyecto de grado

Asesor:

Alejandro Velásquez López

Ingeniero Mecánico

MSc Mecatrónica

Co-asesor:

Hugo Alberto Murillo

Director Laboratorios de Física y Control

UNIVERSIDAD EAFIT
INGENIERÍA DE DISEÑO DE PRODUCTO
MEDELLIN
2008

Nota de aceptación:

Presidente del jurado

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Medellín, 25 Abril de 2008

AGRADECIMIENTOS

Para comenzar quiero agradecer a mis padres por el apoyo, la formación y la orientación que me han brindado no solo en este proyecto sino durante toda mi vida.

A Cristina Mesa Montoya mi hermana, una persona incansable que tiene todo mi respeto como persona y como profesional.

A Hugo Alberto Murillo co-asesor del proyecto por poner en mí la confianza para desarrollar equipo educativo, el cual tendrá una aplicación real y repercusiones importantes en la sociedad. Fue indispensable su ayuda y disposición durante el desarrollo del proyecto.

A Alejandro Velásquez López asesor del proyecto, por toda su cooperación, por compartir su conocimiento, su empeño a la hora de aportar en el proyecto, y su guía en la planeación de manera estratégica el desarrollo del proyecto.

Especiales agradecimientos, al decano de la escuela de Ingenierías Alberto Rodríguez, al jefe de carrera Juan Diego Ramos, al director de laboratorios Roberto Hernández, y a todos los docentes en general.

CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABLAS	IX
LISTA DE ANEXOS	X
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XII
INTRODUCCIÓN	1
1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
1.1 ANTECEDENTES	2
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.4 OBJETIVOS	4
1.4.1 Objetivo General	4
1.4.2 Objetivos Específicos	4
1.5 METODOLOGÍA	5
1.6 Especificaciones De Diseño De Producto (PDS)	7
2. CLARIFICACIÓN DE LA TAREA	10
2.1 ANÁLISIS DEL PROBLEMA GENERAL	10
2.2 ANÁLISIS DEL PROBLEMA	10
3. PÉNDULO INVERTIDO	10
3.1 ESTADO DEL ARTE	11
3.1.1 Péndulo invertido Universidad EAFIT	11
3.2 PRIMERAS APROXIMACIONES AL DISEÑO	12
3.2.1 Descripción del sistema	13
3.2.2 Sensor	14
3.2.3 Controlador	16

3.2.4 Operacional	17
3.3 DISEÑO DE LOS SISTEMAS	25
3.3.1 Montaje mecanico del sistema	27
3.4 CONSTRUCCIÓN	27
3.4.1 Componentes comerciales	28
3.4.2 Cartas de procesos	29
3.5 MODELACIÓN	35
3.6 CÁLCULOS	36
3.6.1 Modelo del sistema de control PID	37
3.7 SOLUCIÓN FINAL	38
3.8 MODELACIÓN 3D	39
4. ASCENSOR	40
4.1 ANÁLISIS DEL PROBLEMA Y ESTADO DEL ARTE	40
4.2 PRIMERAS APROXIMACIONES AL DISEÑO	42
4.3 COSTRUCCIÓN	43
4.4 SOLUCIÓN FINAL	48
4.5 MODELACIÓN 3D (ESTRUCTURA FINAL)	49
5. TARJETA DE COMUNICACIONES USB	49
5.1 ANÁLISIS DEL PROBLEMA	49
5. 2 DESCRIPCIÓN DEL DESARROLLO Y CONSTRUCCIÓN	53
5. 3 COMPARACIÓN: QUEMADOR Y TARJETA COMUNICACIONES	53
6. CONCLUSIONES	56
7. TRABAJOS FUTUROS	57
8. BIBLIOGRAFÍA	58
ANEXOS	59

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Algunos equipos didácticos existentes en el medio	11
Figura 2. Péndulo invertido lineal de la Universidad EAFIT	12
Figura 3. Diagrama de Péndulo invertido rotatorio	13
Figura 4. Sistema general del funcionamiento del péndulo	14
Figura 5. Algunos sensores existentes en el mercado	15
Figura 6. Algunos potenciómetros existentes en el mercado	16
Figura 7. Microcontrolador PIC16F818	17
Figura 8. Algunos motores existentes en el mercado y de propiedad de la Universidad EAFIT	18
Figura 9. Puente en H con MOSFETS y drivers	19
Figura 10. Puente en H con MOSFETS	19
Figura 11. Puente en H con MOSFETS y TIP122	20
Figura 12. Puente en H final TIP122 y TIP125	21
Figura 13. Puente en H sin MOSFETS	22
Figura 14. Puente en H y el flujo de energía	24
Figura 15. Diseño de tarjeta para microcontrolador (Esquema manual).	24
Figura 16. Diseño de tarjeta para microcontrolador (Esquemático EAGLE)	25
Figura 17. Conector Audio estéreo	26
Figura 18. Conector rotacional eléctrico (ver anexo 2)	27
Figura 19. Montaje mecánico del sistema de rotación	27
Figura 20. Componentes comerciales	28
Figura 21. Ensamble vista Frontal/Lateral.	35
Figura 22. Ensamble vista Isométrica I	35
Figura 23. Ensamble vista Isométrica II	36
Figura 24. Modelo del sistema de control PID	36

Figura 25. Prototipo del sistema final	38
Figura 26. Render del modelo final	39
Figura 27. Ascensor control digital 1	40
Figura 28. Ascensor control digital 2	41
Figura 29. Mecanismo de impresora Hewlett Packard Deskjet420	43
Figura 30. Diseño preliminar de la estructura del ascensor	44
Figura 31. Base torneada en aluminio	45
Figura 32. Acrílico transparente 2.5mm de espesor	45
Figura 33. Perfilera soldada y roscada con machuelo M5	46
Figura 34. Motor con reductor adaptado y original	46
Figura 35. Sensores (óptico y encoder)	47
Figura 36. Imán sobre el riel de movimiento horizontal	48
Figura 37. Proceso de acople a la estructura	48
Figura 38. Render del modelo final	49
Figura 39. Configuración conectores USB	50
Figura 40. Tarjeta quemadora de PIC con comunicación USB.	51
Figura 41. Puertos de entrada y salida computadores portátiles actuales.	52
Figura 42. Puertos y cables (serial, paralelo).	52
Figura 43. Comparación tarjeta quemadora y tarjeta de comunicaciones	54
Figura 44. Tarjeta USB para control y comunicación (Esquemático Eagle).	55
Figura 44. Tarjeta USB para control y comunicación	55

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.PDS	7
Tabla 2.Tabla de swiches de Puente en H y sus resultados	23
Tabla 3.Carta de procesos I	29
Tabla 4.Carta de procesos II	30
Tabla 5.Carta de procesos III	31
Tabla 6.Carta de procesos IV	32
Tabla 7.Carta de procesos V	33
Tabla 8.Carta de procesos VI	34
Tabla 9.Carta de procesos VII	34

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. PDF MICROCHIP	12
ANEXO 2. Data sheet PIC16F819	16
ANEXO 3. Conector Rotacional Eléctrico	27
ANEXO 4. Data sheet PIC18F2550	53
ANEXO 5. Lista de partes y planos (Péndulo).	
ANEXO 6. Lista de partes y planos (Ascensor).	
ANEXO 7. Documento USB.	
ANEXO 8. Presentación con Programa para USB.	

GLOSARIO

CAD: Design Assisted by Computer (Diseño asistido por computador)

PDS: Product Design Specifications (Especificaciones de Diseño de Producto)

PLC: Programmable Logic Control (Control Lógico Programable)

RESUMEN

A lo largo de este proyecto se muestra el proceso de desarrollo de un péndulo invertido como el principal equipo de profundización y de síntesis.

También se muestra de una manera práctica y rápida el ascensor y la tarjeta USB como parte del trabajo escrito y como parte del desarrollo práctico del proyecto completo.

Se debe tener en cuenta que este proyecto de diseño es un planteamiento especial, por sus características tanto de definición del problema como de metodología de diseño, y gracias a esto el mismo no puede cumplir con los esquemas que se plantean en las diferentes bibliografías aplicadas a lo largo de los diferentes cursos de ingeniería de diseño para el desarrollo del mismo; pero se adaptó a una metodología propia que funcionó bien y que trajo resultados positivos en cuanto a tiempo y optimización de recursos.

Se hizo una rigurosa labor de consulta para ver que existía en el medio respecto a equipos didácticos con características y especificaciones similares a las propuestas a desarrollar, que guiaran el desarrollo de los equipos del proyecto.

Se optimizaron materiales, recursos de trabajo para lograr a un buen nivel de diseño; a partir de esta optimización se adelantaron pruebas de diferentes tipos en todos los equipos que entregaron mayor confiabilidad y seguridad en su funcionamiento.

El diseño permitió llegar a un nivel de detalle de tal magnitud que se consumaron evidencias claras para la reproducción de los equipos de manera rápida, fácil y ceñida a los deseos y necesidades enunciadas en el PDS.

INTRODUCCION

La educación ha ido evolucionando de manera positiva, ya que se ha preocupado por entender las metodologías de aprendizaje y ha encontrado que los estudiantes necesitan una enseñanza más práctica, gráfica e interactiva.

Los llamados nuevos estudiantes requieren material de trabajo que motive el aprendizaje, que explique de una manera tangible lo que los docentes con tan pocas herramientas hacían en el pasado, dejando todas esas falencias y dudas lejos de la educación. Para esto se definieron una serie de equipos que se requerían en el laboratorio de control digital con los cuales se dará mayores herramientas para enfrentar el mundo laboral que asusta y crea temores a los futuros egresados.

Con los equipos planteados se va a poder explicar fenómenos físicos a partir de modelos matemáticos aplicando programas de, control, monitoreo y programación. Uno de los aportes más significativos del proyecto es mostrar ejemplos de hardware con la versatilidad de proporcionar ejemplos de un número importante de sensores y mecanismos aplicables a situaciones reales que se pueden presentar en un futuro a los estudiantes.

Estos son los motivos por los cuales este proyecto cobró vida, se materializó y tomó fuerza (riqueza educativa).

1. DEFINICION DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES

Es indiscutible que los alumnos que cursan la línea de énfasis en electrónica, tienen falencias para aplicar sus conocimientos en algunos de los temas que se explican dentro de cada uno de los cursos, esto se debe a que los equipos que existen actualmente no son suficientes para la cantidad de estudiantes.

Para los docentes, no es fácil explicar y dar a entender un tema que necesita de mucha aplicación (Prueba-Error) para ser asimilado, por parte del estudiante.

Es definitivo tanto para el estudiante como para el docente, lograr una total claridad en los diferentes temas expuestos ya que son temas acumulativos, que requieren conocimientos previos para sumar otros nuevos.

Dentro del departamento se han hecho diferentes intentos para dar explicación de los temas a los estudiantes de una manera didáctica, pero algunos de los equipos tienen un gran problema, y ese problema es el volumen que ocupan. Es un problema claro, pero no es este el único identificado, la reproducción de los mismos es prácticamente imposible, ya que aunque se cuentan con planos de taller y todas las especificaciones de los equipos, el espacio que ocupan es excesivo.

Un solo equipo para varios estudiantes (Control-Microcontroladores-Mecatrónica) no permite la interacción con el mismo, al mismo tiempo que se va explicando; esto dificulta el entendimiento y discernimiento de los temas.

Dadas las circunstancias el Director de Laboratorios de Física y Control, Hugo Alberto Murillo, planteó como propuesta, el desarrollo de equipos de aplicación rápida, de fácil reproducción, fácil almacenamiento y aplicables en varios de los cursos ofrecidos por el Departamento de Ingeniería de Diseño de Producto, específicamente de:

1. Péndulo invertido.
2. Ascensor (cuatro pisos).
4. Tarjeta de comunicaciones USB.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El proyecto consiste en desarrollar tres equipos para el Laboratorio de Control Digital de la Universidad EAFIT, de fácil reproducción, fácil almacenamiento y aplicables en varios de los cursos ofrecidos por el Departamento de Ingeniería de Diseño de Producto en la línea de énfasis de electrónica.

1.3 JUSTIFICACION

Enseñar un tema y dejar claridad sobre este ha sido siempre una labor compleja que demanda una atención especial por parte de los docentes, tanto a nivel de conocimiento como de material de soporte y preparación de clase. Tener la alternativa de asumir un curso con el apoyo de equipos didácticos que simulen la realidad, es simplemente una de las maneras más explícitas y directas para transmitir un conocimiento académico, pues en este caso el estudiante tiene la oportunidad de aplicar y practicar lo que en un futuro podrá experimentar como profesional.

Es para el departamento una necesidad contar con varios equipos pequeños de fácil reproducción que presten una ayuda en la enseñanza más personalizada. Esto con motivo de hacer cada clase más aplicativa, interactiva y didáctica.

La carencia de equipos, desmotiva a los estudiantes de ingeniería de diseño a la hora de tomar los cursos de electrónica básica, microcontroladores, mecatrónica y hardware y conexiones por su connotación aplicativa; materias pertenecientes al

énfasis de electrónica que ofrece el pensum de ingeniería de diseño de producto. Para la universidad y el departamento es una ventaja competitiva poder aportar nuevos desarrollos, donde la información que se recopilará en el transcurso del proyecto quedará dentro de la Institución y podrá ser utilizada para realizar mantenimientos, reproducción de piezas y equipos completos que se podrán implementar dentro del plantel educativo como parte de las ayudas de clase y de investigación.

La autoconstrucción de los equipos didácticos se prefiere por encima que la compra de los mismos en el mercado, por el costo que representa adquirirlos, el mantenimiento, la consecución a la medida de las necesidades y principalmente se justifica porque esos aspectos mencionados se encuentran pueden ser suplidos por la universidad.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General:

Desarrollar 3 equipos con fines pedagógicos y didácticos, en donde se puedan aplicar los conocimientos de programación adquiridos, teniendo en cuenta las necesidades específicas que presenta el Centro de Laboratorios.

1.4.2 Objetivos Específicos:

1. Definir con el personal de laboratorios los requerimientos técnicos especificados en el PDS.

2. Investigar el estado del arte de las tres propuestas de equipos: Ascensor, Péndulo invertido y tarjeta USB.
3. Realizar una serie de propuestas, bosquejos de posibles soluciones generales y por medio de una matriz morfológica, escoger la ruta más viable a partir de una evaluación técnico económica.
4. Diseñar los tres equipos a nivel de detalle mecánico y eléctrico, incluyendo planos de taller, planos de ensamble, considerando la flexibilidad para ser conectado a un control desde Microcontrolador, PLC, o Computador. Para ello se usará software CAD y electrónico, específicamente PRO-E e EAGLE.
5. Fabricación de un prototipo funcional de cada propuesta.
6. Puesta a punto del funcionamiento de dos equipos con un programa desarrollado en una de las tres opciones de control mencionadas en el objetivo 4.

1.5 METODOLOGIA

La metodología¹²³ que se propuso para el desarrollo de este proyecto es una metodología especial, ya que los equipos mencionados no tienen las mismas

¹ ROOZENBURG, N.F.M and EEKELS, J. *Product Design: Fundamentals and Methods*. Delft : John Wiley & Sons, 1996. 409p

² ULRICH, KARTT. y EPPINGER, Steven D. *Proceso de desarrollo de organizaciones: Diseño y desarrollo de productos*. EU, McGraw Hill, 1995. 11-32p.

características de los productos comunes del mercado. Por esta razón las diferentes metodologías propuestas por los autores referentes al tema no son aplicables de una forma puntual; como opción se tomó la determinación de fusionar algunos de los parámetros que aplicaban para este proyecto. Se retomaron algunas de las partes que conforman la metodología lógica para el desarrollo de los productos realizados durante los proyectos de INGENIERÍA DE DISEÑO DE PRODUCTO como se explica a continuación:

1. ANÁLISIS DEL PROBLEMA (REQUERIMIENTOS TÉCNICOS Y GENERALES).
2. PRIMERAS APROXIMACIONES DE DISEÑO (MATRIZ MORFOLÓGICA Y EVALUACIÓN).
3. VERIFICACIÓN DE MATERIAL EXISTENTE Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS PRIMARIOS (MOTORES, SENSORES, ETC).
4. MODELACION 3D.
5. VERIFICACIÓN DE LA PROPUESTA 3D.
6. PLANOS DE TALLER Y LISTA DE MATERIALES.
7. FABRICACIÓN.
8. ENSAMBLE.
9. PUESTA A PUNTO (PRUEBAS).

Es importante reconocer que las diferentes etapas no necesariamente se cumplieron de manera rígida una después de la otra. Frecuentemente se llevaron a cabo de manera iterativa, regresando a las anteriores y logrando de esta forma una optimización paso a paso de todo el sistema.

³ CROSS, N. *Métodos de Diseño, Estrategias para el diseño de producto*. México D.F.: Editorial Limusa, SA; 1999. 189 p.

1.6 Especificaciones De Diseño De Producto (PDS)

Tabla 1. PDS.

Fuente: Elaboración propia.

PDS

PRODUCT DESIGN ESPECIFICATIONS



NECESIDADES DESEOS



REQUERIMIENTOS



Que los dispositivos electrónicos o mecánicos no le causen daño a los usuarios de la máquina



Los sistemas deben tener los indicadores, advertencias y manual del usuario.



Que por ningún motivo el usuario corra peligro de electrocutarse con los dispositivos.



Cada equipo debe ser revisado e inspeccionado para no dejar ningún tipo de componente o cable que pueda causar un choque eléctrico o corto circuito.



Que la máquina se pueda detener en cualquier momento.



Instalar un pulsador de emergencia para detener el funcionamiento del equipo si se presenta un caso de emergencia.



Que los dispositivos electrónicos o mecánicos no se desajusten durante el transporte. (almacenamiento y uso)



Lograr un buen acople y sujeción de los componentes al sistema. Contar con carcasas protectoras.



Que se detenga automáticamente la máquina si está funcionando mal para que no se dañe.



Los equipos deben contar con dispositivos que detengan automáticamente un mal el funcionamiento, como microsuiches, sensores, etc.

SEGURIDAD



Que no se quede sin funcionar por falta de repuestos o partes.



Que los materiales y los componentes de la maquina sean de fácil consecución en el mercado



Que no se dañe al mas mínimo impacto con una superficie o con otro equipo.



Reforzar los elementos con protectores y materiales resistentes al impacto, con buena deformación plástica y elongación mayor al 20%



Que resista el funcionamiento continuo sin desajustarse ni presentar fallas.



Utilizar materiales resistentes al desgaste, y diseñar para el ensamble.

MATERIALES



Los equipos existentes son poco atractivos a excepción del puente grúa.



Los equipos deben ser llamativos y estéticamente agradables en todos los aspectos. (DETERMINAR GEOMETRÍA)



Que no sea un equipo que parezca sin terminar o sin vida.



Tener una presentación impecable (Muy buenos acabados), explorar las formas y el color.



Que transmita y comunique para que es o como funciona.



Dar claridad del equipo por medio de la forma y emplear los indicadores de funcionamiento para guiar al usuario.

ESTÉTICA Y ACABADOS

N Que se puedan aprovechar los recursos de la universidad tanto humanos como materiales.

R Implicar en el proceso de ensamble, personal disponible dentro de la universidad (ayudantes del laboratorio de física)

D Que las piezas puedan ser hechas y reparadas dentro de la misma universidad. (EN SU MAYOR PARTE aprovechando los procesos convencionales)

R La manufactura de las piezas mecánicas y la consecución de los componentes electrónicos será en un 80% dentro de la universidad y 100% en Colombia respectivamente.

MANUFACTURA

N Que la construcción de los equipos no se salga del presupuesto de la universidad.

R Cada uno de los equipos no debe pasar de los 2 millones de pesos.

D Que todos los elementos sean de origen nacional.

R Se requiere conseguir elementos nacionales para mantener el precio de los equipos por debajo del presupuesto planteado.

D Que se maximicen los recursos con los que se cuentan para el desarrollo, para bajar costos.

R Reducir componentes, gasto de materiales y tiempos de producción del producto.

COSTO OBJETIVO

D Que los controles y botones se puedan manipular fácilmente.

R Utilizar controles que se adapten a las medidas de la mano y dedos. (antropometría)

N Que no sea difícil de transportar e instalar en el puesto de trabajo

R Se deben disponer de manijas y elementos de sujeción para transporte y también para asegurarlo.

ERGONOMÍA

N Que el tamaño del producto no genere un problema de almacenamiento.

R Medidas máximas aproximadas 40cm longitud, 80cm de alto y 50cm de ancho.

D Que no se necesite hacer mucho esfuerzo para levantar y descargar cada equipo

R Los equipos deben tener un máximo de 5 kilogramos, lo cual es un peso adecuado para una persona promedio.

TAMAÑO Y PESO

D Que la maquina se relacione con los equipos del laboratorio donde se va ha utilizar.

R Usar colores, formas y diseños que impliquen relación con los otros equipos como los pistones, brazos, y demás.

N Que el equipo no emita señales que dañen el ambiente educativo y la salud de los estudiantes.

R El equipo no debe emitir ruidos por encima de los 60 Db, ni vibraciones excesivas.

D Que mejore la apariencia del lugar.

R Crear modelos llamativos, serios pero atractivos para los estudiantes. (Modernos y con tonos mate)

ENTORNO

N Que facilite el aprendizaje.

R Muestre de una manera clara los fenómenos que se quieren explicar. (Función de apoyo)

D Que interactúe con el estudiante.

R Utilizar señales sonoras (buzzers), señales luminosas (leds) que indiquen cambios o movimientos al estudiante.

N Que se beneficie el docente y estudiante al mismo tiempo.

R Facilitar el aprendizaje y la enseñanza de manera conjunta entregando como herramienta los equipos.

USUARIO

N Que se puedan explicar de una manera interactiva diversos temas.

R Aplicar diferentes temas del énfasis de electrónica con cada equipo de una forma personalizada

N Que se pueda emplear el método de programación que uno necesite.

R Poder programar desde un microcotrolador, contador lógico programable, o desde el computador directamente.

D Que uno de los equipos pueda explicar la aplicación de las maquinas de estado finito de unas manera personalizada y rápida

R Explicar de manera interactiva temas que aún no tienen el soporte pedagógico. (MEF maquinas de estado finito)

D Que el equipo no necesite muchas conexiones

R Si el equipo necesita ser alimentado a diferentes voltajes (5V, 12V, 24V) integrarlos para solo usar un cable de entrada.

DESEMPEÑO

D El polvo se almacena en los integrados de las diferentes maquinas

R Incluir un tiempo determinado dentro del manual del producto para un mantenimiento preventivo.

N Las maquinas están descubiertas, es bueno para ver que tipo de conexiones tienen y como funcionan pero se pueden dañar o desconectar con cualquier movimiento.

R Diseñar carcazas protectoras, translucidas.

D Que se pueda encontrar información de la maquina para la reparación rápida.

R Cada equipo debe contar con un manual que incluya los planos de cada pieza y su funcionamiento.

MANTENIMIENTO

2. CLARIFICACION DE LA TAREA

2.1 ANÁLISIS DEL PROBLEMA GENERAL.

A partir de inquietudes planteadas por los profesores de las materias de la línea de énfasis en ELECTRÓNICA, se plantearon diferentes posibilidades en cuanto a equipos.

Después de discutir con el jefe de laboratorios HUGO ALBERTO MURILLO, se llegó a la conclusión que los equipos que se requieren de manera inmediata para el desarrollo de las diferentes clases de la línea de énfasis de electrónica fueron:

1. Péndulo invertido.
2. Ascensor.
3. Tarjeta de comunicaciones USB.

2.2 ANÁLISIS DEL PROBLEMA

A partir del PDS (Product Design Specifications según la sigla en inglés) se delimitaron requerimientos y necesidades específicas que le dieron forma al proyecto como tal. (Ver Tabla 1)

A partir de estos planteamientos claros se pasó a la fase de aproximación del diseño, tomando como referencia el estado del arte, y los equipos que ya se encuentran dentro de los laboratorios de la universidad EAFIT.

3. PÉNDULO INVERTIDO

3.1 ESTADO DEL ARTE



Figura 1. Algunos equipos didácticos existentes en el medio.

Fuente: Elaboración propia, basado en visitas a páginas de Internet descritas en la figura.

3.1.1 Péndulo invertido Universidad EAFIT

La Universidad EAFIT cuenta con un péndulo invertido LINEAL, el cual se encuentra en el laboratorio de física. Este es utilizado para algunas prácticas pero no es un equipo en el cual se puede enseñar de manera rápida y fácil ya que sus proporciones no permiten su transporte a las diferentes aulas, además requiere de un computador específico en el cual se encuentran las tarjetas para realizar la comunicación entre el ordenador y el equipo. Este péndulo no solo tiene las

limitaciones mencionadas, también es un equipo costoso que no permite su rápida y fácil reproducción por sus especificaciones. Además no es viable su copia por el volumen que ocupa.



Figura 2. Péndulo invertido lineal de la Universidad EAFIT.

Fuente: Elaboración propia, basado en fotografías tomadas en la universidad.

3.2 PRIMERAS APROXIMACIONES AL DISEÑO

Se tomó como referencia el modelo de péndulo invertido de la página de MICROCHIP www.microchip.com (Ver anexo1) el cual entregó un punto de partida para un equipo que se asemejara en cuanto a características y cálculos matemáticos para lograr hacer el desarrollo en el tiempo estipulado; Es importante

aclarar que este desarrollo sería neto de la universidad tanto en programación como en la adaptación del hardware.

El péndulo invertido rotatorio consiste en un brazo giratorio horizontal, el cual posee en su extremo una barra con una masa en su extremo que gira libremente alrededor de un eje paralelo al brazo.

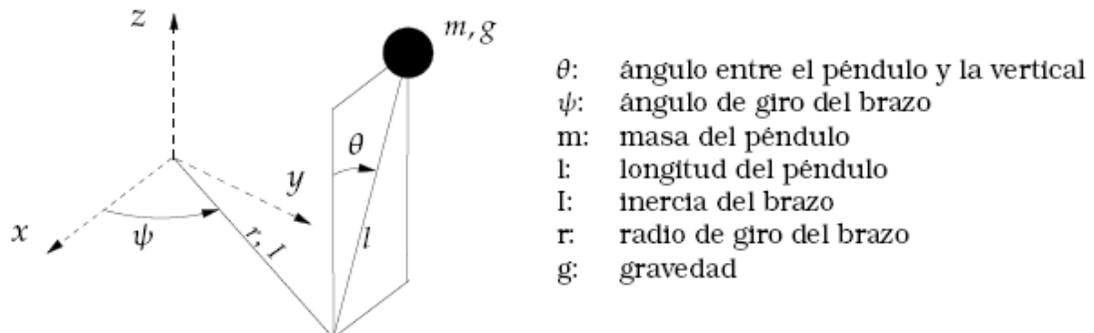


Figura 3. Diagrama de Péndulo invertido rotatorio.

Fuente: Documento PDF Anexo.

Dado que nuestra Universidad no cuenta con un Péndulo Invertido Rotatorio, por su alto costo (Aproximadamente USD\$11,187.97), se propuso como uno de los objetivos del proyecto, la construcción del mismo.

El propósito del péndulo invertido tiene como finalidad mantener la barra en forma vertical a partir de la rotación del brazo (carro) en uno u otro sentido según sea necesario para mantener el equilibrio; este proceso se puede retomar intuitivamente a través del ejemplo de tratar de mantener una escoba en forma vertical con una mano.

3.2.1 Descripción del sistema

El sistema está constituido por un sensor, controlador, una parte operacional y un computador para la programación del controlador.

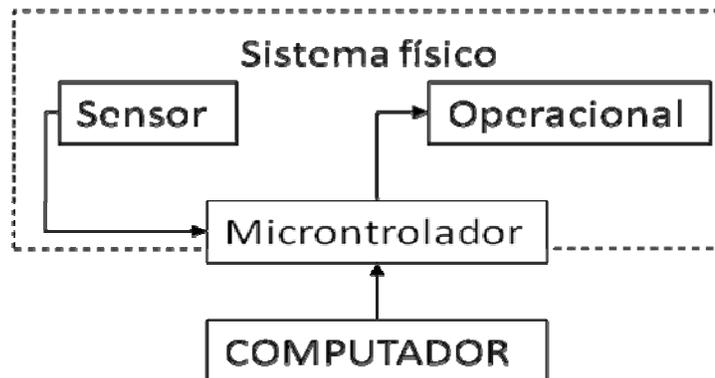


Figura 4. Sistema general del funcionamiento del péndulo.

Fuente: Adaptación propia.

3.2.2 Sensor

El sensor del sistema se encarga de entregar una señal de voltaje análoga al microcontrolador en el que indica el ángulo en el que se encuentra la barra con respecto a una línea vertical imaginaria.



Figura 5. Algunos sensores existentes en el mercado.

Fuente: Elaboración propia, basado en visitas a páginas de Internet descritas en la figura.

A partir de la investigación que se realizó con respecto a los sensores que se encuentran dentro del mercado nacional, se concluyó que el elemento más comercial y económico es el potenciómetro.

Dentro del mercado existen diferentes referencias comerciales de potenciómetros de los cuales la mayoría de ellos tienen una fricción importante, lo que traduce que la perilla o eje de rotación se opone al giro. Por esta razón se tuvo que realizar una serie de pruebas con diferentes referencias descritas en la figura 6.



Figura 6. Algunos potenciómetros existentes en el mercado.

Fuente: Elaboración propia, basado en visitas a la página de Internet descrita en la figura.

El resultado de las pruebas determinó que el potenciómetro indicado para el equipo es el potenciómetro lineal BOURNS de 1K Ω , 1 vuelta y 2W ya que presenta la menor resistencia al giro.

3.2.3 Controlador

El controlador en este caso para este equipo fue seleccionado a partir de las funciones que debía desempeñar, el número de entradas y salidas que eran necesarias para la aplicación. Fue determinante el factor comercial para la selección del PIC16F818 (Ver anexo 2.) para este equipo. Las funciones que debe desempeñar son las siguientes:

- Conversión análogo-digital.
- Regulación de velocidad del operacional a partir del PWM.



Figura 7. Microcontrolador PIC16F818.

3.2.4 Operacional

La parte operacional está constituida por:

- Motor.
- Control de dirección del motor (Puente en H).

El motor fue seleccionado a partir de una gran gama de motores que se encuentran comercialmente, y también que la universidad dispone.

Se escogió el motor bajo los siguientes parámetros:

- Respuesta rápida.
- Fácil consecución en el mercado (Comercial).
- Trabajo a bajo voltaje y bajo amperaje.
- Con reducción.



Figura 8. Algunos motores existentes en el mercado y de propiedad de la Universidad EAFIT.

Fuente: Elaboración propia.

El punte en H fue analizado desde varios puntos de vista, ya que existen diversos diseños. Inicialmente se tomó el diseño original⁴ del péndulo invertido rotacional del que se partió y este presentó los siguientes problemas: (Ver figura 9)

- Componentes no comerciales.
- Trabajo del circuito a diferentes voltajes.

⁴ MICROCHIP TECHNOLOGY INC. Inverted pendulum. www.microchip.com . 15 Febrero 2008.

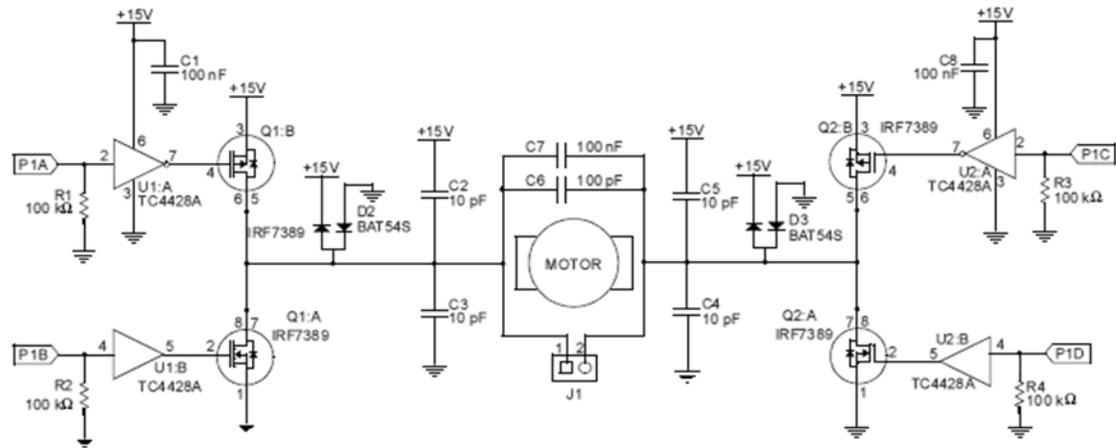


Figura 9. Puente en H con mosfets y drivers.

Fuente: www.microchip.com.

Dadas las circunstancias que varios componentes deben ser importados se hizo cambios en las referencias de las partes por otros componentes con características similares de consecución inmediata en el mercado nacional como se muestra en la figura 8.

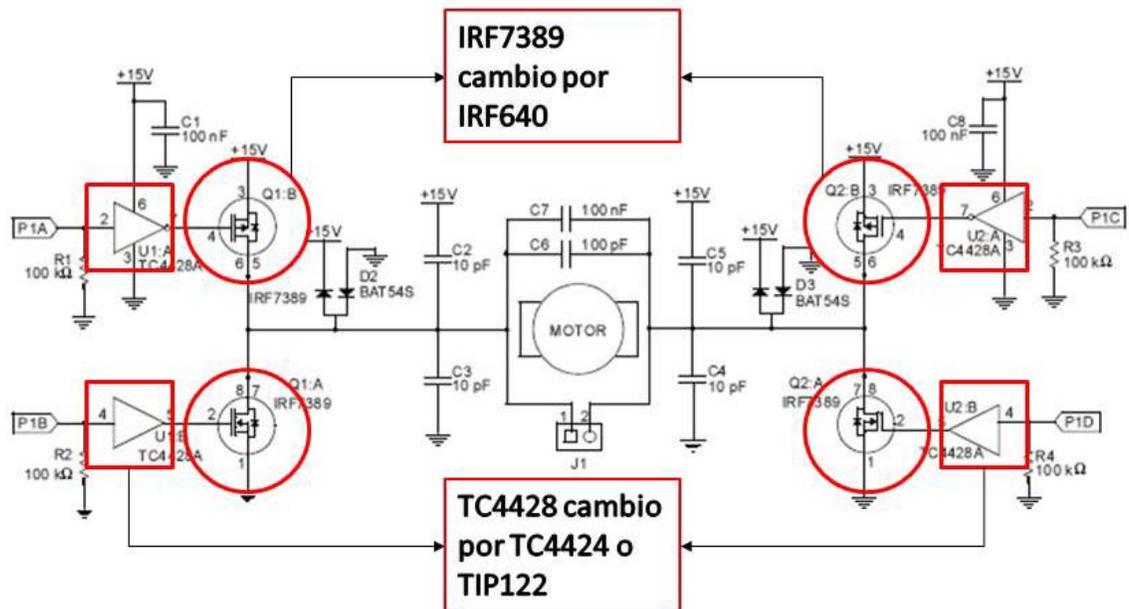


Figura 10. Puente en H con mosfets.

Fuente: Elaboración propia modificado de www.microchip.com.

Después de hacer los cambios de los componentes se hizo un montaje en una protoboard para hacer las pruebas de funcionamiento como se puede ver en la figura 9.

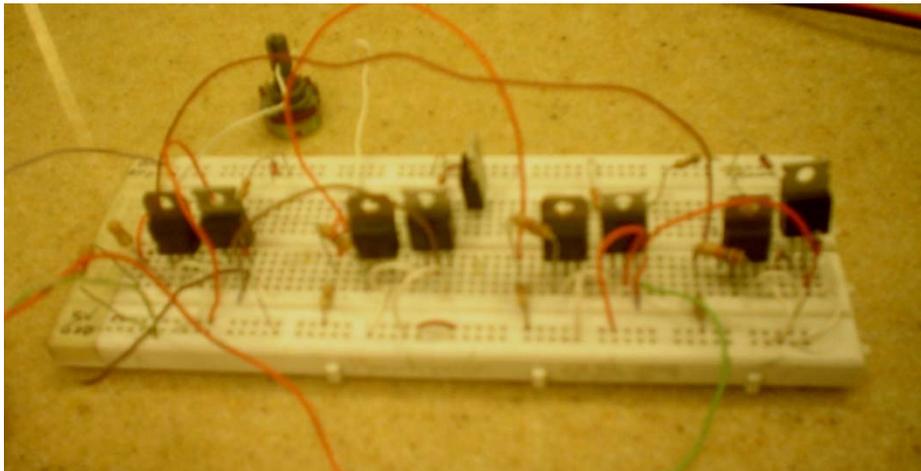


Figura 11. Puente en H con mosfets y TIP122.

Fuente: Elaboración propia.

Las pruebas en un principio fueron positivas pero al cabo de varios cambios de sentido de giro del motor los mosfets (IRF640) se empezaron a quemar. Se deduce que esto se debe a que los transistores (TIP122) son NPN y los mosfets (IRF640) también tienen la misma configuración y en un momento del cambio de dirección se hace un puente directo entre mosfet y TIP, quemando el mosfet.

Otra de las hipótesis es que los transistores TIP122 no logran descargarse tan rápido como requieren los mosfets y al dejar un mínimo voltaje en la base hace que los mosfets se quemen o se alteren inmediatamente.

Lo que deja como resultado la ineludible necesidad de importar los DRIVERS para los MOSFETS comerciales IRF640 o probar otro tipo de configuración de puente en H.

Analizando este problema, se optó por usar un controlador con diferentes características y con componentes nacionales netos.

Las características del controlador están constituidas por componentes principales como transistores TIP122 (NPN) y TIP125 (PNP), los cuales funcionan a 12v y transistores 2N3904 que funcionan al mismo voltaje.

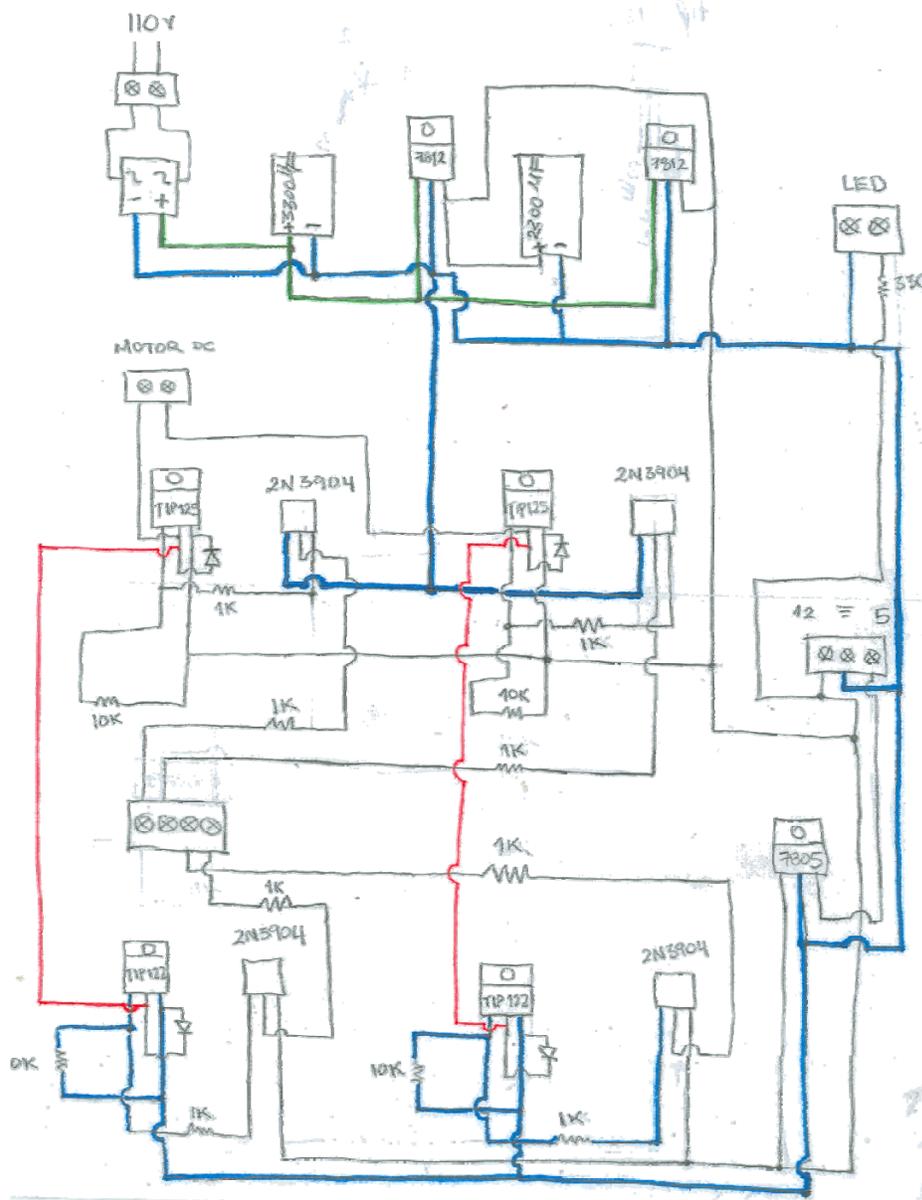


Figura 12. Puente en H final TIP122 y TIP125.

Fuente: Elaboración propia (esquema manual)

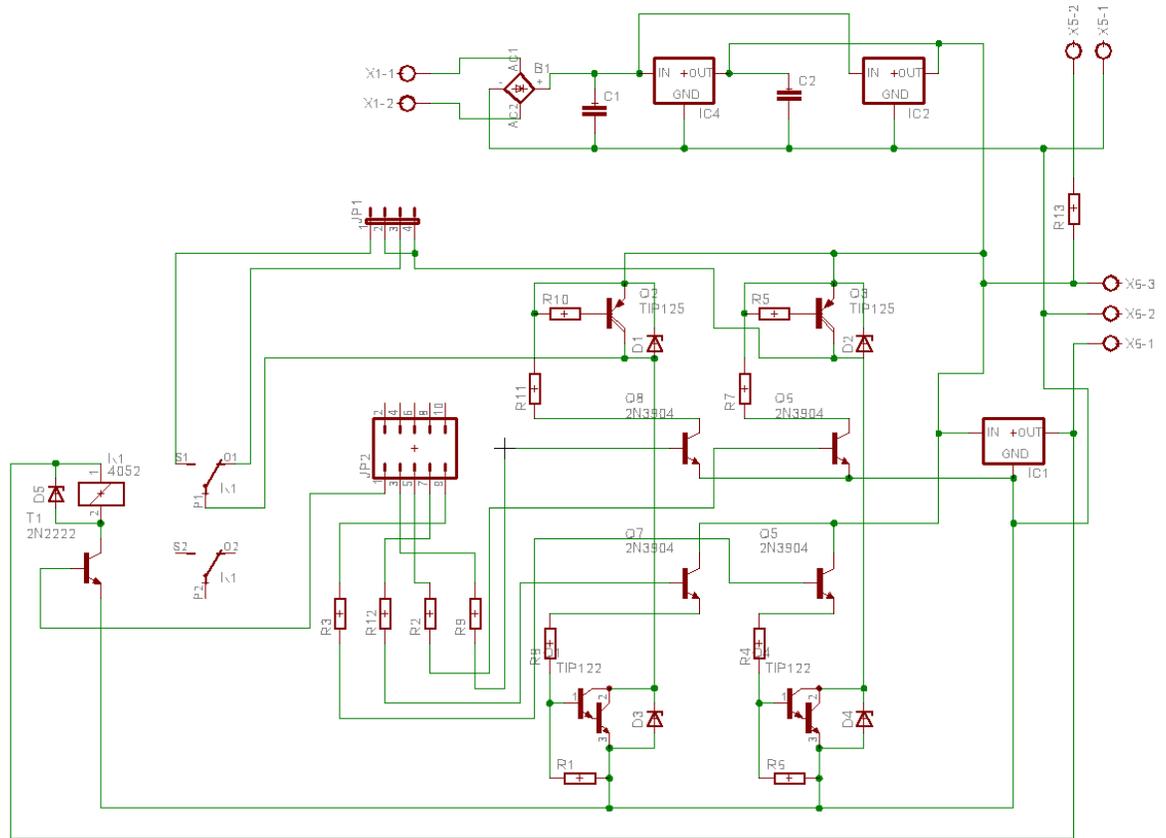


Figura 13. Puente en H sin MOSFETS.

Fuente: Elaboración propia (esquemático EAGLE).

Las pruebas de este driver o controlador de dirección del motor fueron exitosas pero cuando se probó el cambio de giro desde el microcontrolador el motor tardaba demasiado en hacer el cambio de dirección esto significa un grave problema a la hora de controlar el sistema, ya que la respuesta del driver debe ser prácticamente inmediata. A partir de esto se encontró una posible solución para este problema presentado.

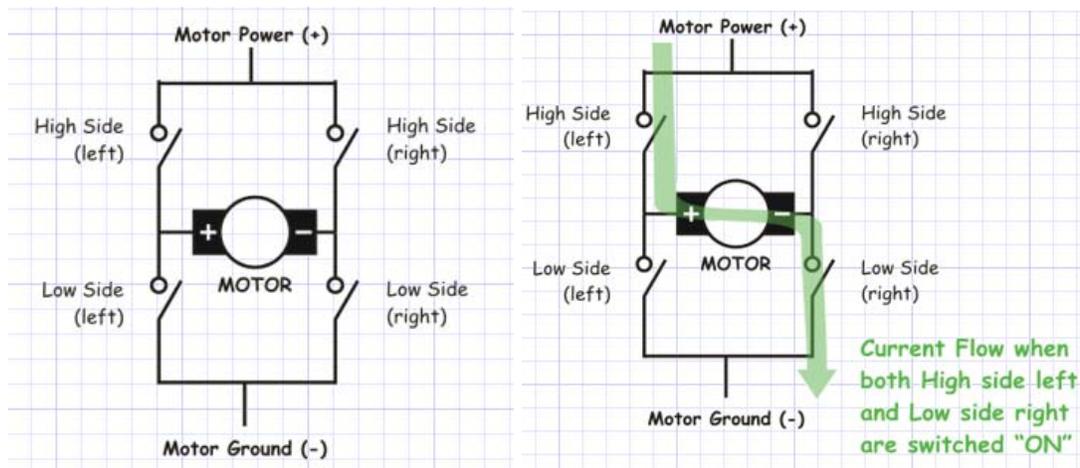


Figura 14. Puente en H y el flujo de energía.

Fuente: <http://www.mcmanis.com/chuck/Robotics/tutorial/h-bridge/index.html>

Tabla 2. Tabla de suiches Puente en H y sus resultados.

Fuente: <http://www.mcmanis.com/chuck/Robotics/tutorial/h-bridge/index.html>

High Side Left	High Side Right	Lower Left	Lower Right	Quadrant Description
On	Off	Off	On	Motor goes Clockwise
Off	On	On	Off	Motor goes Counter-clockwise
On	On	Off	Off	Motor "brakes" and decelerates
Off	Off	On	On	Motor "brakes" and decelerates

Como se describe en la tabla 2 se puede generar un freno casi instantáneo del motor induciendo un corto circuito desde el controlador, lo cual permite cambiar el sentido de giro del motor de una manera rápida.

Este fenómeno se explica a continuación: Cuando se des-energiza el motor, este continúa en movimiento debido a la inercia del rotor y del sistema, convirtiéndose en un generador de voltaje; por lo tanto al tener el corto circuito se evita esta generación de voltaje y así se frena eléctricamente.

Por otra parte fue necesario independizar la fuente del motor y driver de la fuente del microcontrolador para evitar ruidos en el sistema; pero usando el mismo transformador del motor y el driver. El diseño preliminar de la tarjeta del microcontrolador se muestra en la figura 15.

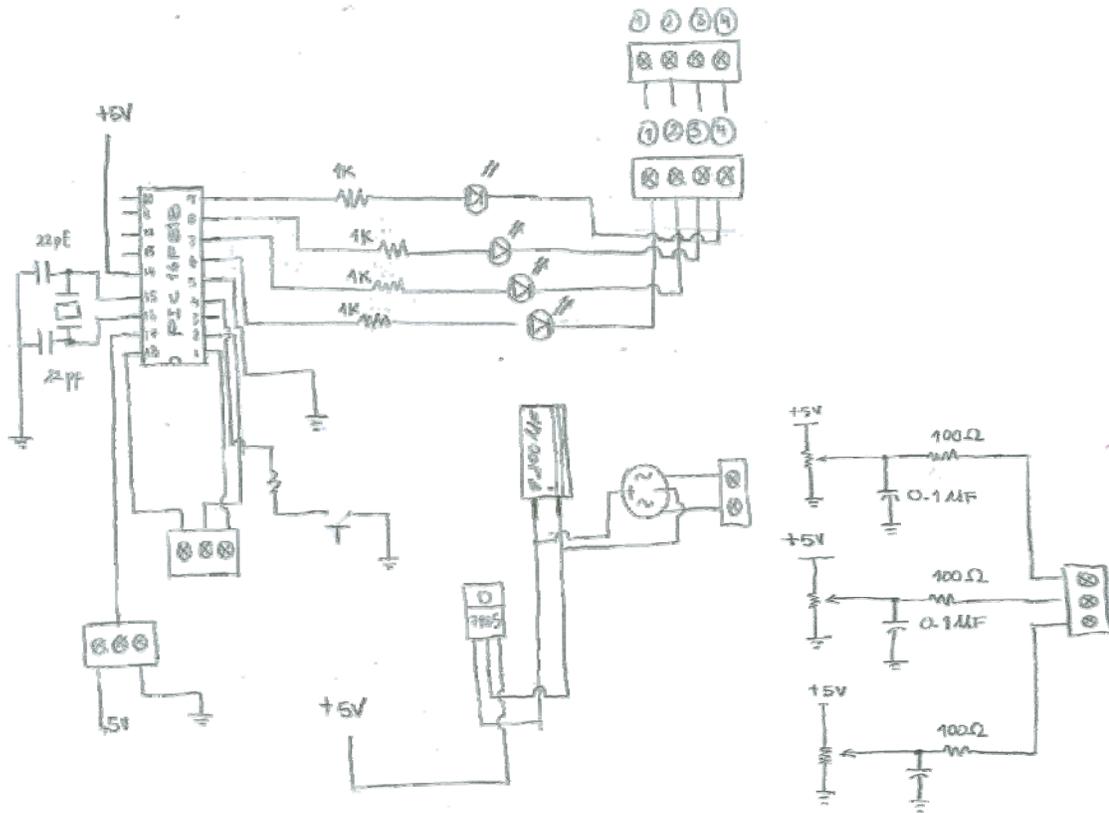


Figura 15. Diseño de tarjeta para microcontrolador (Esquema manual).

Fuente: Elaboración propia.

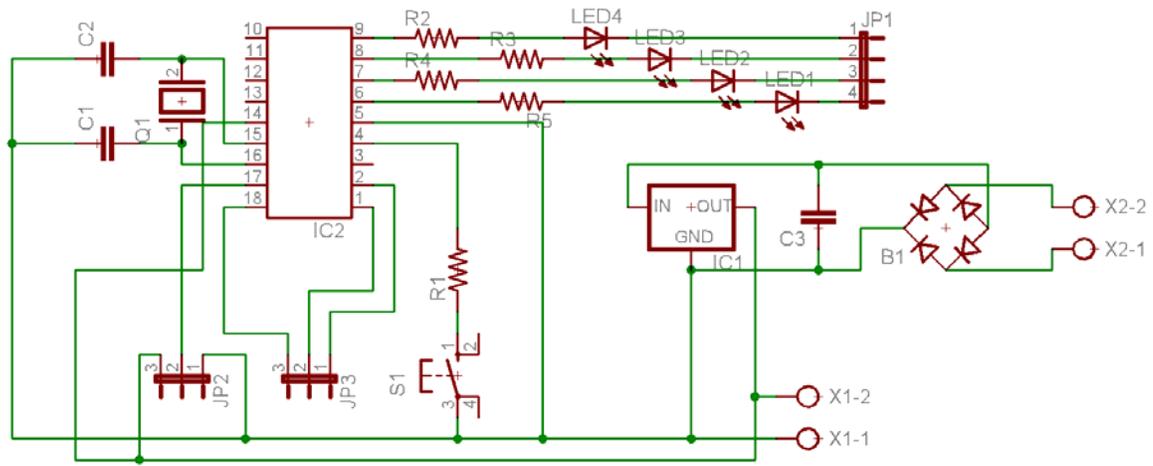


Figura 16. Diseño de tarjeta para microcontrolador (Esquemático EAGLE)

Fuente: Elaboración propia.

3.3 DISEÑO DE LOS SISTEMAS

Sistema de giro

El sistema de giro, se diseñó inicialmente, con un pivote en el cual giraba libremente el sistema, pero se tenía claro que la transmisión de energía se dificultaba y que se debía tener en cuenta que el cableado por el que se debía dar el flujo de energía no sufriera daños por los giros que el sistema realizara.

Las primeras pruebas y ensayos se hicieron con un porta CD's pero en este ocurría el problema planteado con respecto al giro de los cables.

Se buscó otra opción sin que los cables se enredaran y girara el sistema desde el pivote, utilizando un plug de audio estéreo (ver figura 17).



Figura 17. Conector Audio estéreo.

Fuente: http://www.suconel.com/t_suconel/info_producto.asp?cod_producto=12794

Esta solución cumplió con el propósito de darle la posibilidad de lograr el flujo de energía constante sin enredar los cables, pero se presentó un nuevo problema en la libertad de giro ya que la fricción entre los materiales es muy alta, lo que obligó a buscar una nueva solución al sistema.

La solución final consistió en un componente que es distribuido en el país por una empresa llamada, Surti Industria Ltda. (Ver especificaciones en el anexo)

Este componente está constituido por tres piezas y funciona a partir de un principio diferente, ya que ofrece una extrema baja resistencia eléctrica y eso se debe a que la conducción se da por una unión de metal líquido (mercurio) adherido a los contactos.

Las ventajas que representa este sistema son:

- Bajo ruido eléctrico
- Menos de $1\text{m}\Omega$ de resistencia
- Sistema con rodamiento sellado
- Durable, compacto y de bajo costo
- Adquisición nacional, y libre de mantenimiento

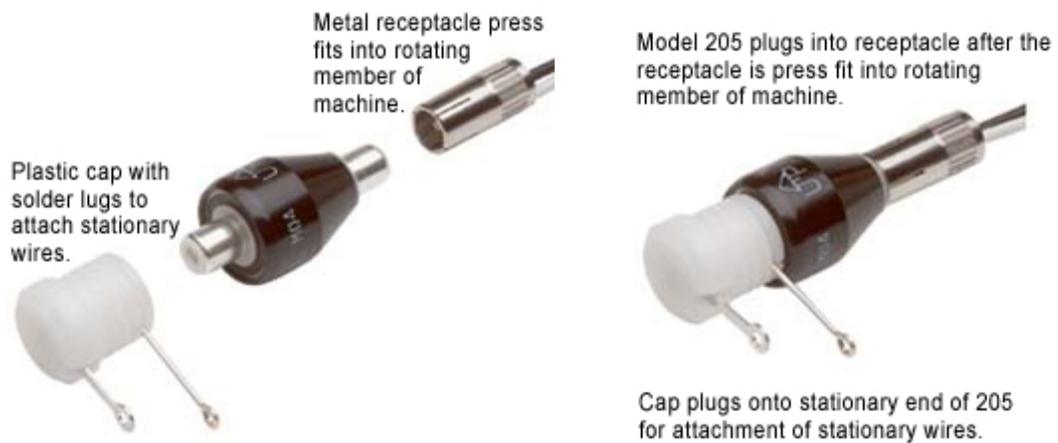


Figura 18. Conector rotacional eléctrico (ver anexo 3).

Fuente: www.mercotac.com

3.3.1 Montaje mecánico del sistema



Figura 19. Montaje mecánico del sistema de rotación

Fuente: Elaboración propia (modelación y explosión).

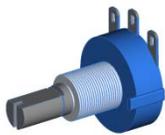
3.4 CONSTRUCCIÓN

El desarrollo de la construcción es muy importante para alcanzar una claridad en el proceso de fabricación completo descrito en uno de los objetivos del proyecto;

esto con motivo de lograr una reproducción idéntica con el mejor funcionamiento y detalle en los procesos de fabricación.

Estas tablas recopilan y agrupan procesos idénticos para facilitar al operario la reproducción de las piezas con la descripción del material, proceso y máquina que se necesita para cada uno de los procesos. Primero se muestran las piezas comerciales que no necesitan ser elaboradas y que por lo tanto no requieren pasar por los procesos que se van a mencionar a continuación.

3.4.1 Componentes comerciales



POTENCIOMETRO LINEAL BOURN 1K Ω

Consecución: Suconel.



LLANTA CON RIN DE POLIETILENO

Consecución: RX hobbies.



ANTENA 50 CMS CON BASE ROSCADA

Consecución: Autocentro Japonés .



MOTOR DC 12V (VELOCIDAD Y POTENCIA)

Consecución: Almacén Coneléctricas.

Figura 20.Componentes comerciales
Fuente: Elaboración propia (modelaciones).

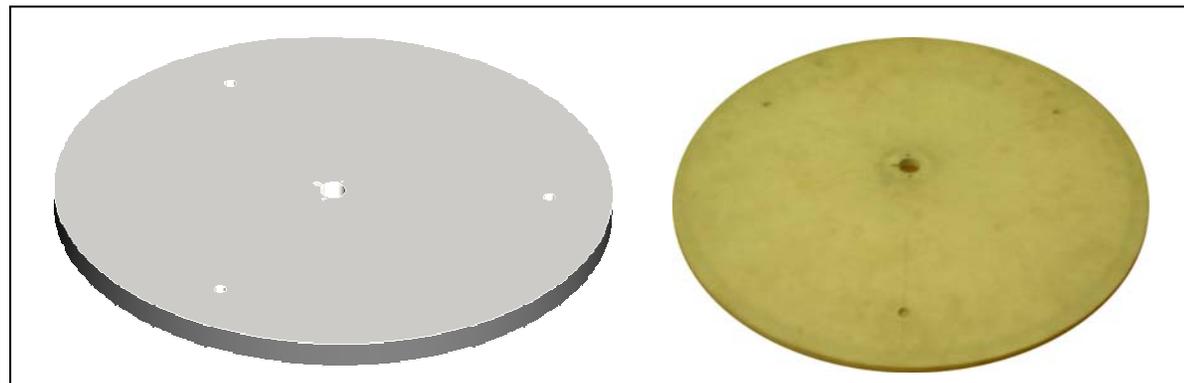
3.4.2 Cartas de procesos

Base

Tabla 3. Carta de procesos I.

Fuente: Elaboración propia

Procesos	Máquina/Herramienta	Material	Medida
Rectificar	Sierra sin fin	MDF 19 mm	Según Plano
Rutear	Ruteara	MDF 19 mm	Según Plano
Perforar	Taladro de banco	MDF 19 mm	Según Plano
Perforar	Taladro de banco	MDF 19 mm	Según Plano
Fresar	Fresa de banco	MDF 19 mm	Según Plano
Cortar	Bisturí	Formica 500mm X 500mm	Según Plano
Pegar	Manual	XL	NO PLICA
Rectificar	Bisturí o Lima	Formica 500mm X 500mm	Según Plano
Enchapar canto	Enchapadora de cantos	PVC	Según Plano



Base

Eje base

Tabla 4. Carta de procesos II.

Fuente: Elaboración propia

Procesos	Máquina/Herramienta	Material	Medida
Cilindrar	Torno	Polietileno	Según Plano
Refrentar	Torno	Polietileno	Según Plano
Tronzar	Torno	Polietileno	Según Plano
Perforar	Torno	Polietileno	Según Plano
Avellanar	Torno	Polietileno	Según Plano
Fresar	Fresa de banco	Polietileno	Según Plano
Perforar	Taladro de banco	Polietileno	Según Plano



Eje base

Eje central y Camisa

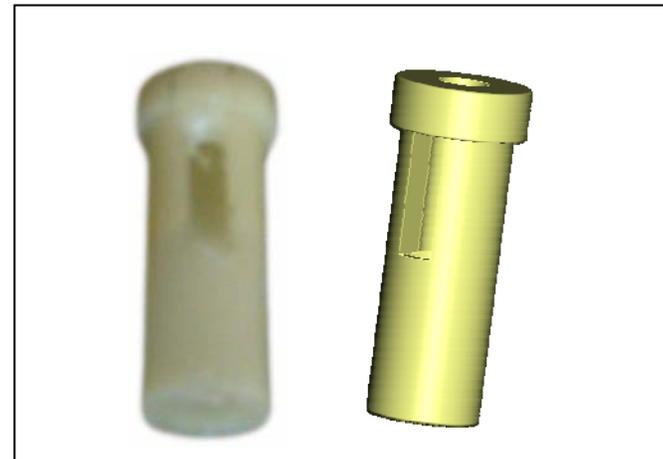
Tabla 5. Carta de procesos III.

Fuente: Elaboración propia

Procesos	Máquina/Herramienta	Material	Medida
Cilindrar	Torno	Polietileno	Según Plano
Refrentar	Torno	Polietileno	Según Plano
Tronzar	Torno	Polietileno	Según Plano
Perforar	Torno	Polietileno	Según Plano
Avellanar	Torno	Polietileno	Según Plano
Fresar	Fresadora	Polietileno	Según Plano



Eje Central



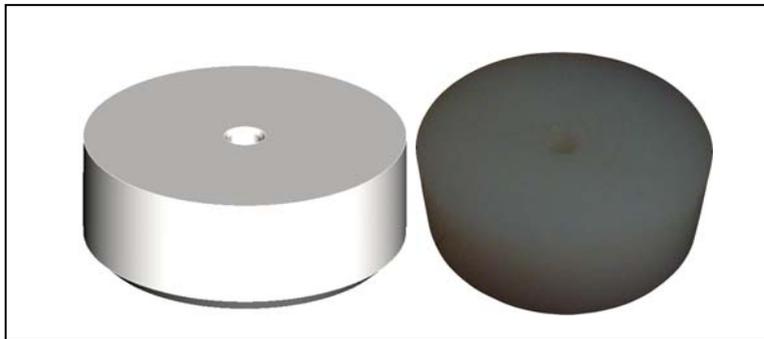
Camisa

Soportes, bujes y Piñón

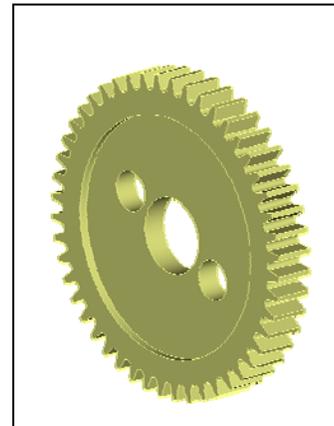
Tabla 6. Carta de procesos IV.

Fuente: Elaboración propia

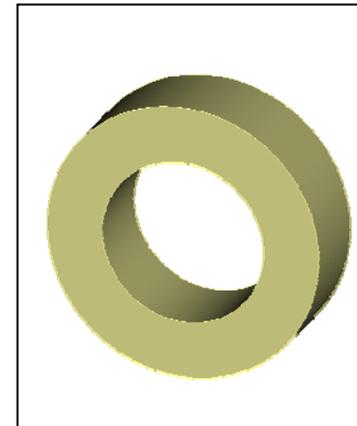
Procesos	Máquina/Herramienta	Material	Medida
Cilindrar	Torno	Polietileno(cilindro)	Según Plano
Refrentar	Torno	Polietileno(cilindro)	Según Plano
Tronzar	Torno	Polietileno(cilindro)	Según Plano
Perforar	Torno	Polietileno(cilindro)	Según Plano
Avellanar	Torno	Polietileno(cilindro)	Según Plano
Fresar	Fresadora	Polietileno(cilindro)	Según Plano



Soportes



Piñón



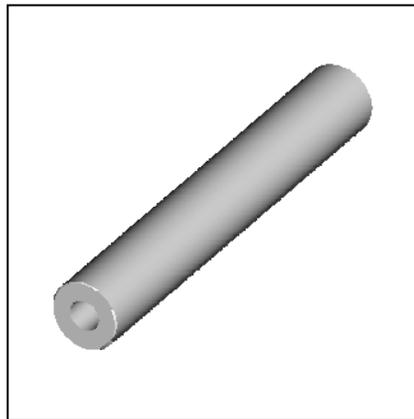
Bujes

Eje, buje y tope

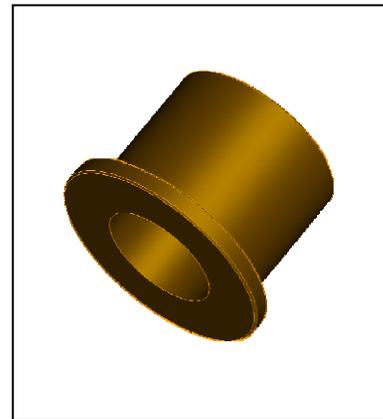
Tabla 7. Carta de procesos V.

Fuente: Elaboración propia

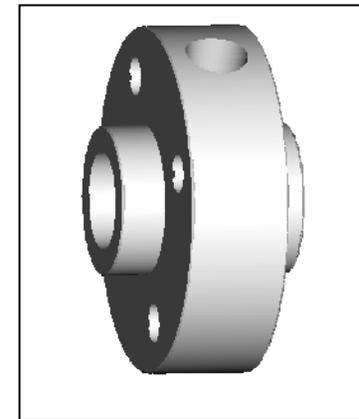
Procesos	Máquina/Herramienta	Material	Medida
Cilindrar	Torno	Aluminio/bronce	Según Plano
Refrentar	Torno	Aluminio/bronce	Según Plano
Tronzar	Torno	Aluminio/bronce	Según Plano
Perforar	Torno	Aluminio/bronce	Según Plano
Avellanar	Torno	Aluminio/bronce	Según Plano
Fresar	Fresadora	Aluminio/bronce	Según Plano



Eje



Buje



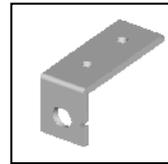
Tope

Platina

Tabla 8. Carta de procesos VI.

Fuente: Elaboración propia

Procesos	Máquina/Herramienta	Material	Medida
Cortar	Plasma	Aluminio	Según Plano
Rectificar	Fresadora	Aluminio	Según Plano
Doblar	Dobladora	Aluminio	Según Plano
Perforar	Taladro de banco	Aluminio	Según Plano



Placa, Soporte Antena y Tijera

Tabla 9. Carta de procesos VII.

Fuente: Elaboración propia

Procesos	Máquina/Herramienta	Material	Medida
Cortar	Fresadora	Polietileno (placa)	Según Plano
Perforar	Fresadora	Polietileno (placa)	Según Plano
Fresar	Fresadora	Polietileno (placa)	Según Plano



Placa

Soporte Antena

Tijera

3.5 MODELACIÓN



Figura 21. Ensamble vista Frontal/Lateral.
Fuente: elaboración propia.



Figura 22. Ensamble vista Isométrica I.
Fuente: elaboración propia.

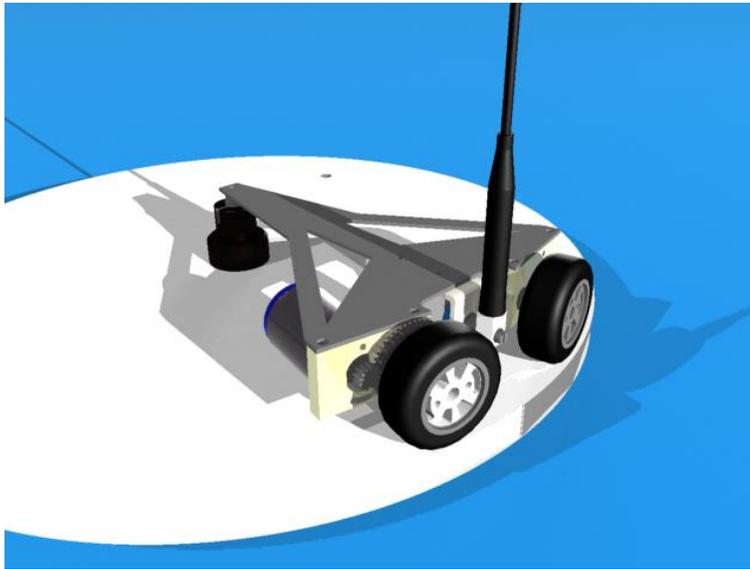


Figura 23. Ensamble vista Isométrica II.

Fuente: elaboración propia.

3.6 CÁLCULOS

Como se mencionó en el planteamiento del proyecto se tomó el modelo matemático del documento propuesto en la página www.microchip.com, tomando en cuenta que las variables son las mismas. Sin embargo los parámetros PID del controlador van a ser obtenidos de forma empírica para que en futuras aplicaciones educativas se compare con los resultados teóricos; esto con la finalidad de poder evidenciar fenómenos reales a partir de modelos matemáticos y físicos aplicados.

Es de suma importancia entender que estos equipos por la configuración que tienen pueden ayudar en la parte educativa y de motivación para estudiantes no solo de Mecatrónica, electrónica básica y afines, sino también a los estudiantes de cálculo diferencial, integral ya que su fundamentación parte de estas disciplinas.

3.6.1 Modelo del sistema de control PID

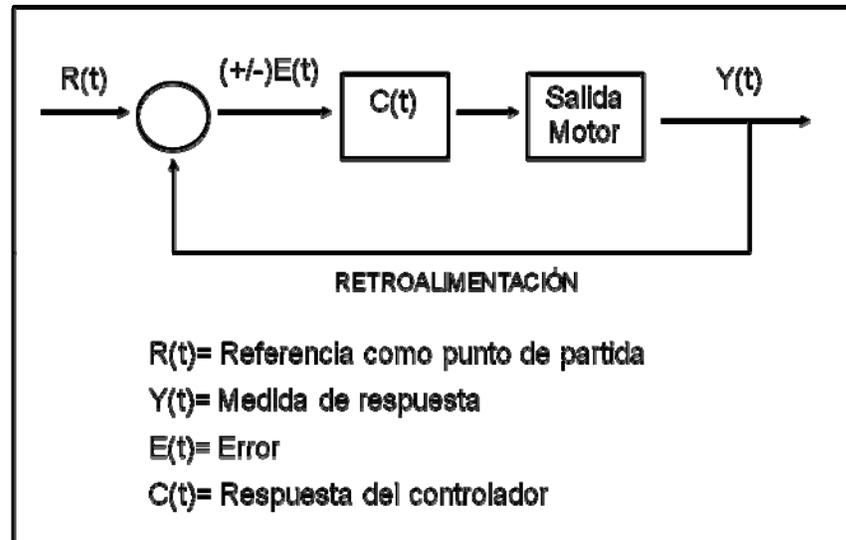


Figura 24. Modelo de sistema de control PID.

Fuente: www.microchip.com⁴ traducción propia.

Se hace referencia a este modelo de sistema de control PID por su complejidad en programación, ubicando al lector de este proyecto más afondo en la forma en que actúa el microcontrolador y cuáles fueron las variables que se debían analizar para lograr el correcto funcionamiento del equipo.

- Parte proporcional: $K_P E(t)$ Donde K_P es la constante proporcional.
- Parte Integral: $K_I \int E(t) dt$ Donde K_I es la constante de integración.
- Parte derivativa: $K_D dE(t)/dt$ Donde K_D es la constante derivativa.

3.7 SOLUCIÓN FINAL

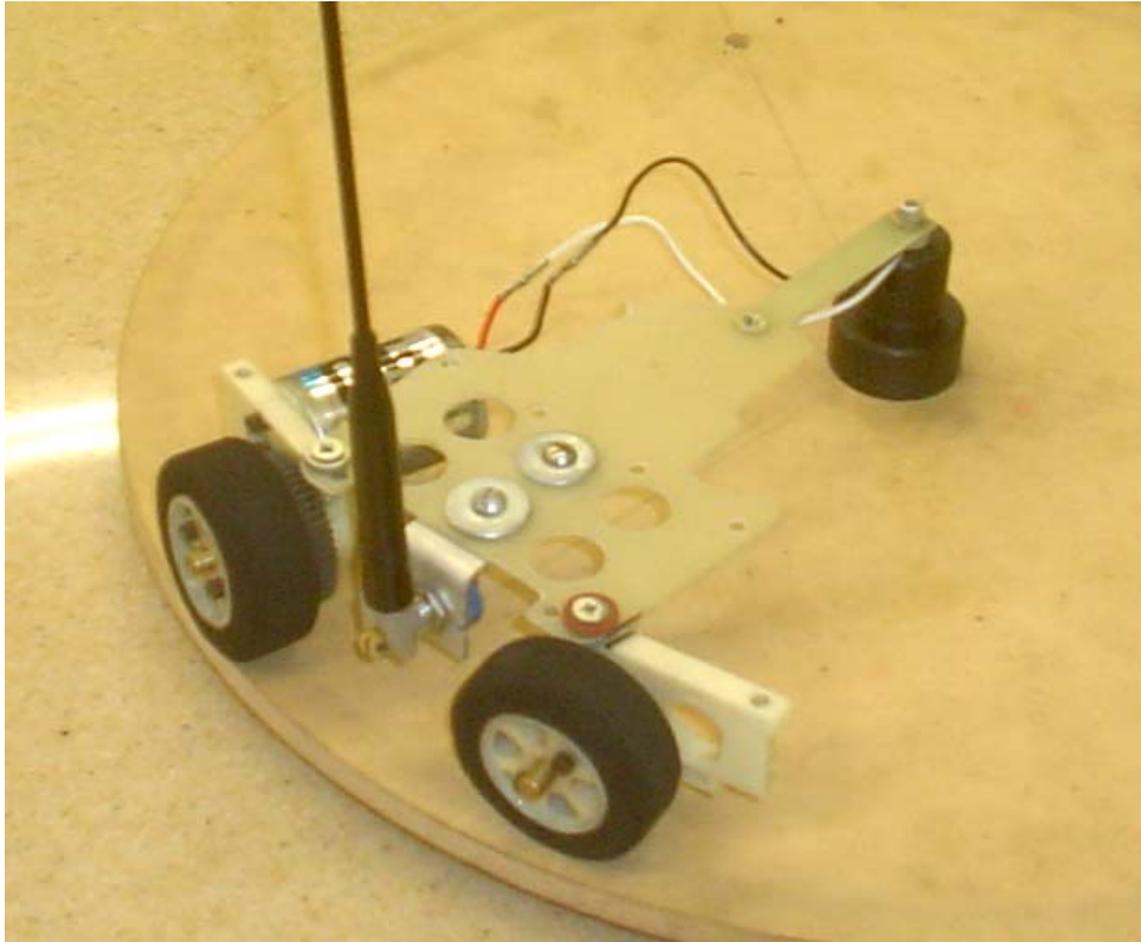


Figura 25. Prototipo del sistema final.

Fuente: elaboración propia.

3.8 MODELACIÓN 3D

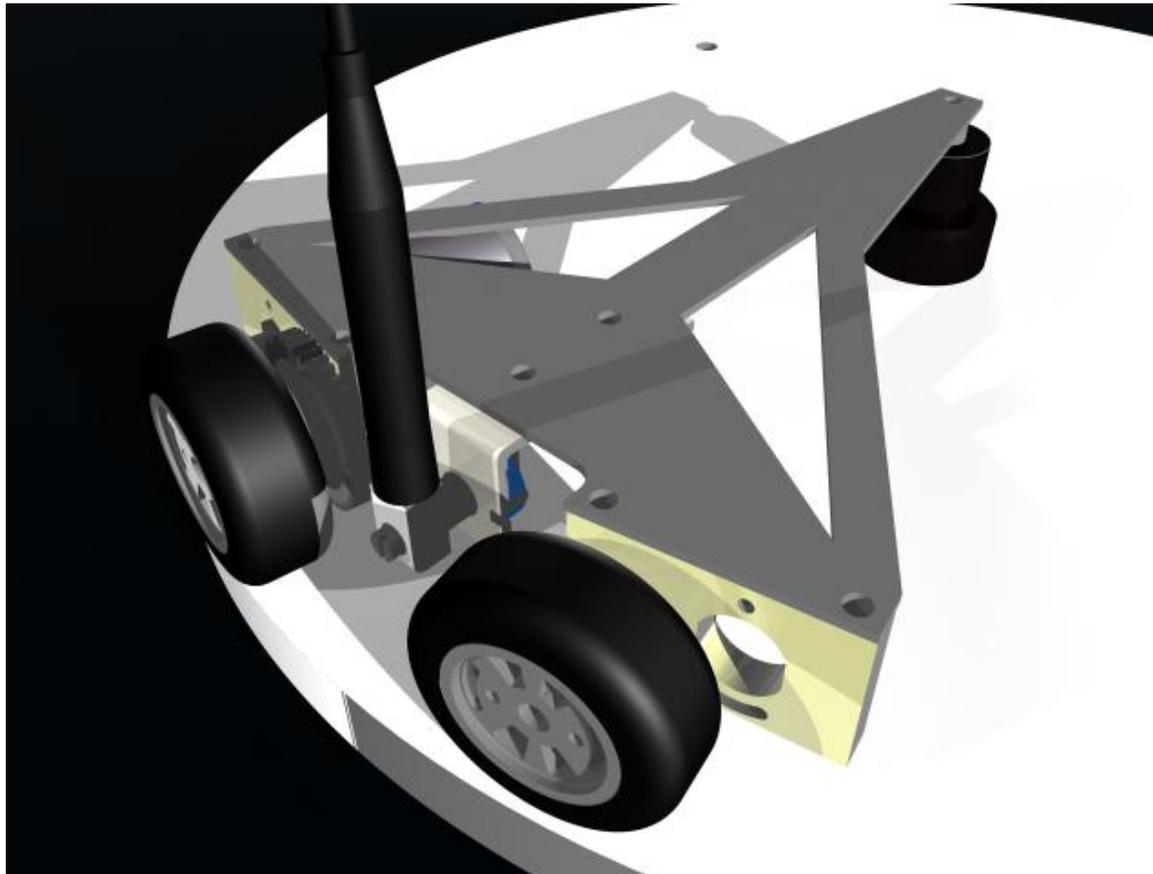


Figura 26. Render del modelo final.
Fuente: elaboración propia.

4. ASCENSOR

4.1 ANÁLISIS DEL PROBLEMA Y ESTADO DEL ARTE

Este equipo nació como propuesta de reemplazo del equipo que en el momento funciona en el laboratorio de control digital, el cual opera correctamente pero tiene unas dimensiones que no permiten su reproducción, tiene un alto costo, y el espacio que ocupa es exagerado. Las características más significativas son las siguientes:



Figura 27. Ascensor control digital I.

Fuente: Laboratorio de control digital.

- Cuatro pisos. Dos ascensores independientes
- Display de 7 segmentos 150mm Aprox.
- Microsuiches de seguridad. (fin de carrera).

- Control manual
- Entrada de control externa
- Mecanismo de contrapeso.

Dentro del laboratorio se encuentra otro ascensor con otras características interesantes, elaborado por el estudiante de Ingeniería de Diseño de Producto Esteban Aristizabal; este tiene las siguientes características:



Figura 28. Ascensor control digital II.
Fuente: Laboratorio de control digital.

- Dos pisos.
- Alerta sonora cuando llega a su destino.
- Display de 7 segmentos.
- Microsuiches de final de recorrido.
- Pulsadores.
- Mecanismo de contrapeso.

4.2 PRIMERAS APROXIMACIONES AL DISEÑO

Lo que se pretende con la nueva enseñanza es hacerla más personalizada y los equipos anteriormente mencionados no cumplen con esa característica tan importante; por esto se pensó en diseñar uno nuevo con las siguientes características:

- Cuatro pisos
- Display de 7 segmentos.
- Microsuiches de final de recorrido.
- Pulsadores.
- Entrada de control externa
- Control manual
- Abrir y cerrar puertas

El ascensor debe cumplir con dichas características y ocupar un espacio máximo de 800mm alto X 500mm de ancho X 400mm largo definido desde el PDS.

El fin del equipo como tal no es el de fabricar un ascensor, es poder mostrarle al estudiante el funcionamiento y aplicación de los diferentes sensores existentes en el mercado. Tiene también como finalidad aplicar los conocimientos de programación en MICROCONTROLADORES y LABVIEW.

4.3 CONSTRUCCIÓN

Este equipo partió de la idea de aprovechar elementos de desecho con los que cuenta la Universidad EAFIT constantemente por la actualización y reposición de equipos. Con este planteamiento inicial se tomó una impresora y se aprovecharon algunos de los componentes para dar comienzo a la idea de ascensor. Al emplear elementos de desecho, se minimizan la cantidad de procesos para lograr el objetivo, por ello solo se requirió de la fabricación de una estructura adecuada, a los mecanismos extraídos de los equipos de desecho que no habían sido aprovechados hasta el momento.



Figura 29. Mecanismo impresora Hewlett Packard.

Fuente: Laboratorio de control digital.

Como se puede ver en la figura anterior se muestra la disposición de los 4 pisos, de una manera rápida pero sin tener en cuenta ningún mecanismo de censado ni estructural. (Extracción y comienzo de adecuación estructural y formal de los desechos).

Se elaboró un esquema preliminar de una estructura que soportara los mecanismos y agregara un componente estético a la edificación compuesta por 4 pisos. A partir de este esquema se buscaron diferentes materiales para dar una estructura y una base. Ver figura 26

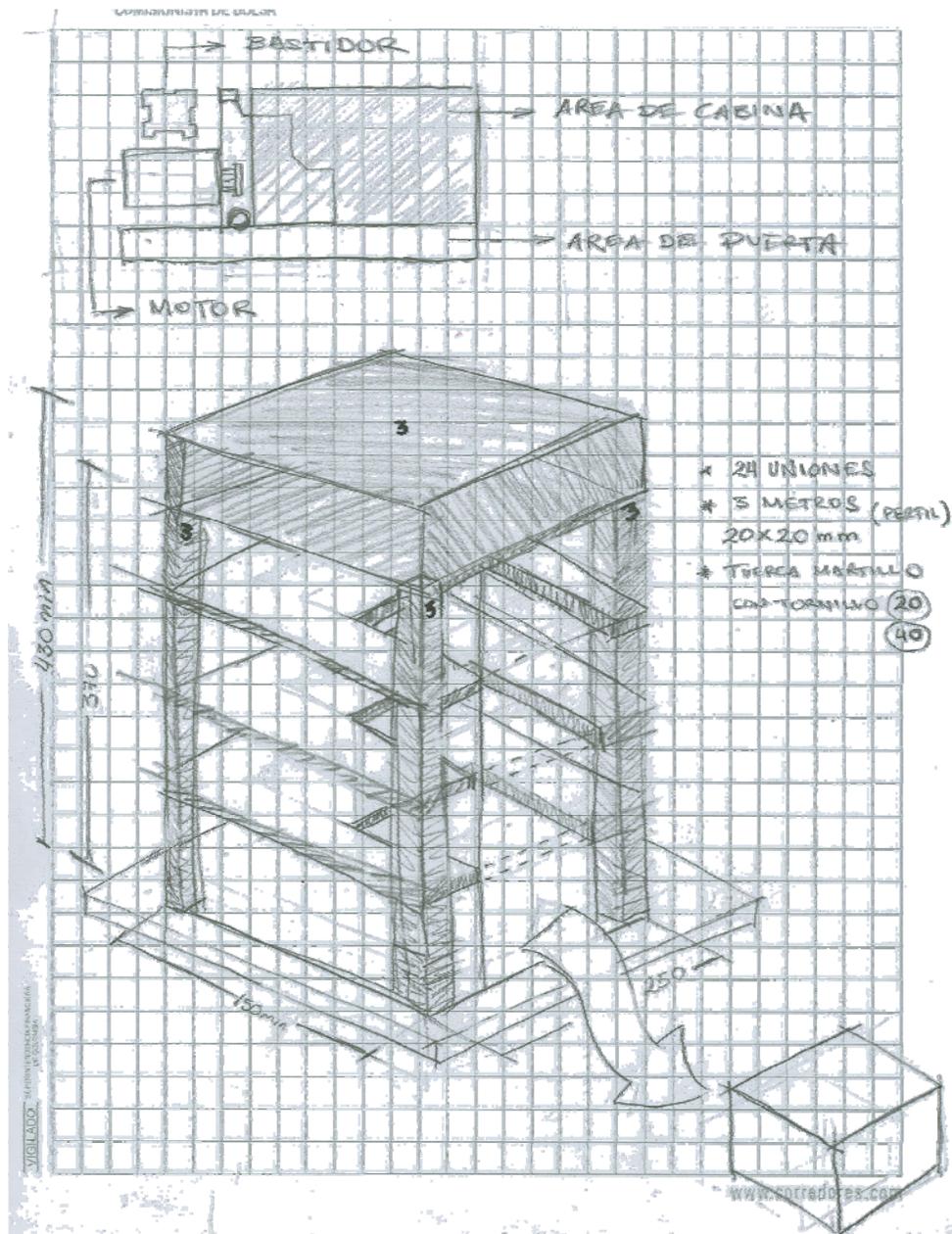


Figura 30. Diseño preliminar de la estructura del ascensor

Fuente: Elaboración propia (Esquema manual).

Teniendo en cuenta el peso que necesitaba soportar la base, se empleó una placa de aluminio de 6mm de espesor. Esta a su vez se unió con perfilería estructural de aluminio para darle estabilidad a la estructura vertical. Ver figura 28

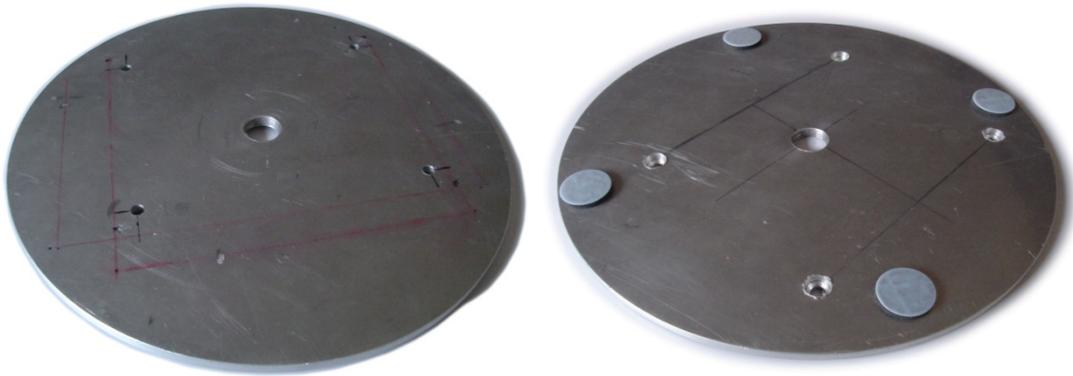


Figura 31. Base torneada en aluminio.

Fuente: Elaboración propia.

Se adicionaron acrílicos de 2.5mm traslucidos en las paredes de la estructura para proteger los mecanismos y darle una mejor apariencia y estética a la misma, sacando provecho de las ranuras que tiene la perfilería



Figura 32. Acrílico transparente 2.5mm de espesor.

Fuente: Elaboración propia.

La perfilería fue cortada y soldada en las puntas para roscar y unir entre sí como se muestra en la figura.



Figura 33. Perfilería soldada y roscada con machuelo M5 .

Fuente: Elaboración propia.

A medida que se armó la estructura y se llegó al momento de poner en funcionamiento el motor del ascensor, se pudo observar que al poner la impresora en dirección horizontal el motor perdía fuerza al subir y bajaba muy rápido lo que explica en los mecanismos de los ascensores analizados anteriormente el contra peso.

El contra-peso tiene como desventaja el espacio que ocupa, por lo tanto se optó por buscar otra solución que mantuviera la velocidad de subida, bajada con un peso moderado y que no requiriera de un contra peso. Esta solución se materializó en un motor de iguales dimensiones con un reductor, a este motor se le adaptó un piñón para polea idéntico al que tenía el motor original, como se muestra en la figura 31.



Figura 34. Motor con reductor adaptado y original.

Fuente: elaboración propia.

En la cabina del ascensor se acondicionó un microsuiche de seguridad se subida y de bajada, para prevenir daños en el mecanismo por mala programación del microcontrolador o en su defecto de LABVIEW.

Con el ánimo de manejar diferentes tipos de sensores, se dispuso un sensor óptico para determinar en qué piso se encuentra la cabina, para el mismo efecto se empleó un encoder (sensor) cuya correa de líneas se encuentra a lo largo de toda la trayectoria de la cabina.

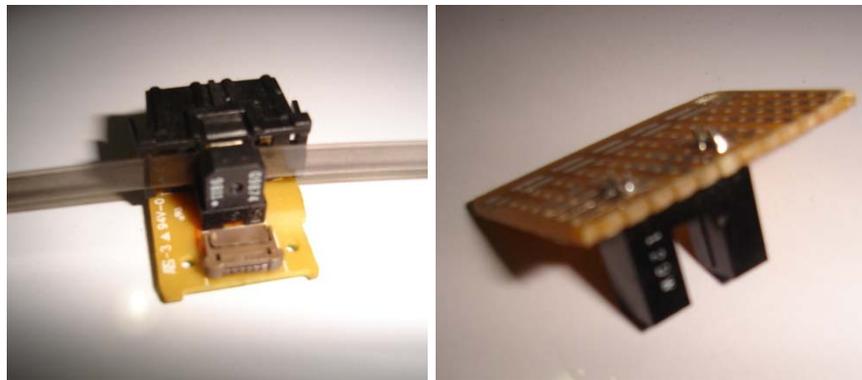


Figura 35. Sensores (óptico y encoder).

Fuente: elaboración propia.

Por último se tiene el mecanismo de la puerta que funciona con imanes. El imán principal se encuentra en la cabina, la cual se desplaza horizontal y verticalmente. El mismo tiene la ubicación en el centro del riel que es impulsado por un motor para desplazarlo verticalmente cada que se llega a un piso, para así abrir las puertas con sus respectivos microsuiches de final de carrera (seguridad).

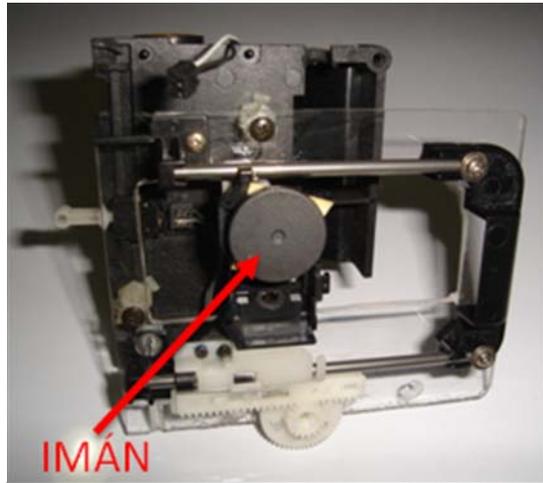


Figura 36. Imán sobre el riel de movimiento horizontal.

Fuente: elaboración propia.

Las puertas tienen un imán independiente que es arrastrado para abrirla, y de la misma forma para cerrarla. Como el movimiento de las puertas está restringido verticalmente, cuando el imán se desliza en este sentido pierde el contacto y queda libre para pasar al siguiente piso.

4.4 SOLUCIÓN FINAL



Figura 37. Proceso de acople a la estructura

Fuente: elaboración propia.

4.5 MODELACIÓN 3D (estructura final)

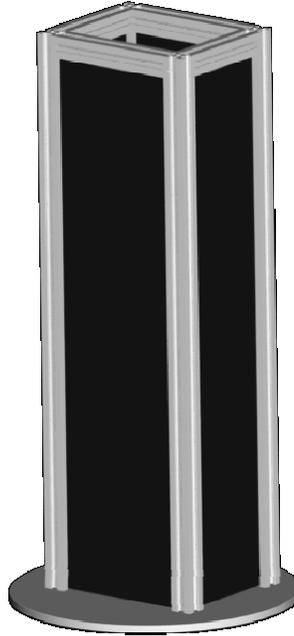


Figura 38. Render del modelo final.

Fuente: elaboración propia.

5. TARJETA DE COMUNICACIONES USB

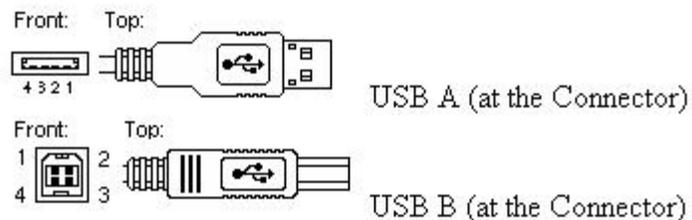
5.1 ANÁLISIS DEL PROBLEMA

Para la universidad EAFIT es indispensable estar actualizada en todos sus departamentos y dependencias, por este motivo se definió como requerimiento prioritario del laboratorio de control digital, trabajar en el desarrollo de un dispositivo desde el cual se pueda tener comunicación directa entre las máquinas educativas y el ordenador.

Dentro del laboratorio de control digital, todas las máquinas se encuentran controladas por puerto serial o en su defecto por puerto paralelo con excepción de los quemadores de PIC (Ver figura 39). Este tipo de comunicaciones tienen

tendencia a desaparecer, por su baja velocidad de comunicación de datos, y principalmente porque hacen parte de una tecnología obsoleta que ha evolucionado. Como se puede evidenciar, el número de pines que posee cada una de las tecnologías de comunicación se ha reducido por ejemplo el puerto paralelo consta de 25 pines, el puerto serial consta de 9 pines y el puerto USB con tan solo 4 hilos.

Universal Serial Bus (USB)



Pin	Name	Description
1	VBUS	+5 VDC
2	D-	Data -
3	D+	Data +
4	GND	Ground

Figura 39. Configuración conectores USB.

Fuente: www.geocities.com/jose_luis_cardenas.

La evolución de este dispositivo de conexión tiene la configuración mostrada en la figura 39 en la que se puede ver claramente que dos de los hilos del dispositivo son para alimentarlo de energía y los otros dos son para intercambiar datos. De esta manera se tiene un gran avance en simplificación y reducción de vías de comunicación en estos dispositivos con respecto a los anteriores.

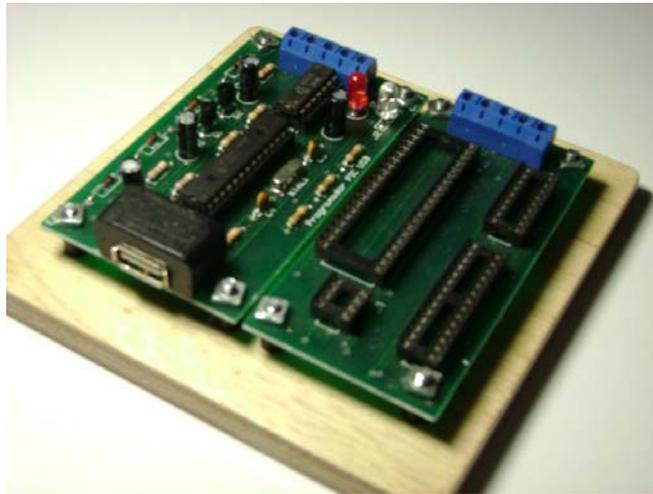


Figura 40. Tarjeta quemadora de PIC con comunicación USB.

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta que la demanda de computadores personales está en aumento en el mercado y el volumen de estudiantes que tienen computadores de este tipo dentro de la universidad, se consideró acertado plantear este proyecto con estas características.

Los computadores personales actuales no tienen los puertos de comunicaciones mencionados anteriormente (puerto serial y puerto paralelo) (Ver figura 41), por estas razones no es lógico tener que buscar equipos de tecnología obsoleta para poder operar las máquinas que son usadas en los procesos educativos. (Ver figura 42).



Figura 41. Puertos de entrada y salida computadores portátiles actuales.

Fuente: http://www.gadgetcentre.com/news/images/aurora_m9700_rear.jpg

El hecho que un computador cuente con el puerto USB y una máquina del laboratorio también, no quiere decir que la comunicación se puede dar directamente. Para esto se necesita de la tarjeta controladora que se está proponiendo en este capítulo del proyecto.



Figura 42. Puertos y cables (serial, paralelo).

Fuente: http://wolfstone.halloweenhost.com/Controllers/cbscon_PC_ParallelPort.jpg

5.2 DESCRIPCIÓN DEL DESARROLLO Y CONSTRUCCIÓN

Se diseñó y ensambló una tarjeta que permite comunicar el computador vía USB con el microcontrolador, PIC18F2550 (ver anexo 4) que es compatible pin a pin con el PIC16F873 utilizado en las prácticas del laboratorio de control digital.

La tarjeta tiene la posibilidad de trabajar con entradas análogas, digitales y salidas digitales. Otra de las aplicaciones que tiene esta tarjeta es que puede transferir datos adquiridos en cualquier proceso y graficarlos en tiempo real. Esto se puede lograr gracias a la velocidad de comunicación que posee este dispositivo.

5.3 COMPARACIÓN: QUEMADOR Y TARJETA COMUNICACIONES

Se hace la comparación entre la tarjeta quemadora y la tarjeta de comunicaciones USB, por el motivo que las dos se comunican bajo el puerto USB y tienen la capacidad de recibir información del ordenador.

Una de las diferencias es que la tarjeta quemadora almacena los datos o los escribe en un microcontrolador; la programación final no tiene la posibilidad de ser modificada en tiempo real. La tarjeta de comunicaciones permite compartir información con la maquina constantemente, lo que permite retroalimentar el proceso como se muestra en la figura 43.

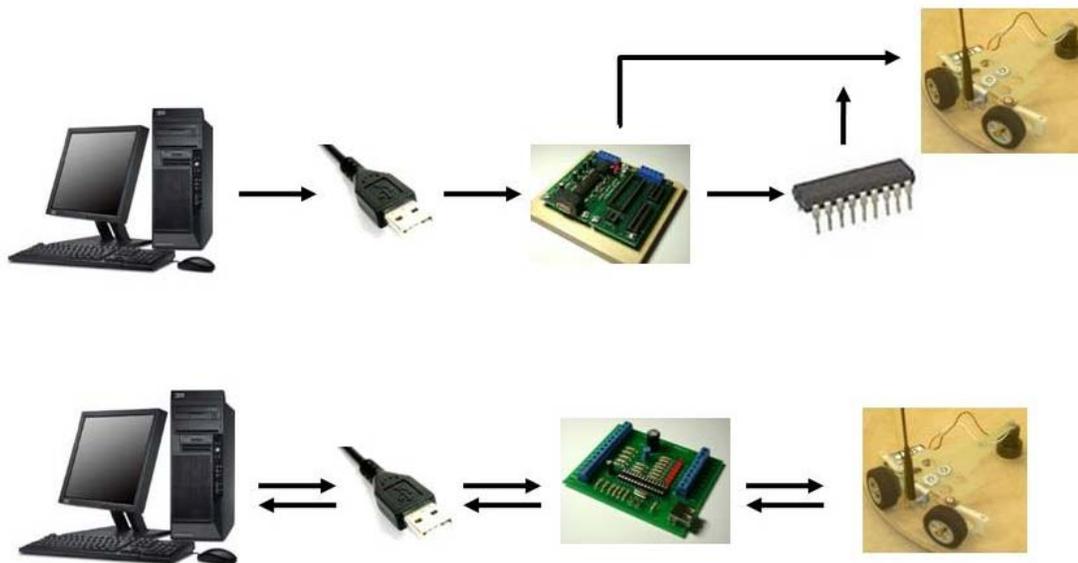


Figura 43. Comparación tarjeta quemadora y tarjeta de comunicaciones.

Fuente: Elaboración propia.

Es importante mencionar que después de verificar las conexiones de la tarjeta con la maquina que se va a controlar y el funcionamiento de la misma, solo se tiene interacción con el ordenador, ya que los errores y cambios pueden monitorearse desde la pantalla, lo que ahorra una importante cantidad de tiempo para el usuario que está programando la máquina.

Con la ayuda del profesor Hugo Alberto Murillo se diseñó una tarjeta de manera rápida que permitiera la interface mencionada anteriormente.

5.4 SOLUCIÓN FINAL

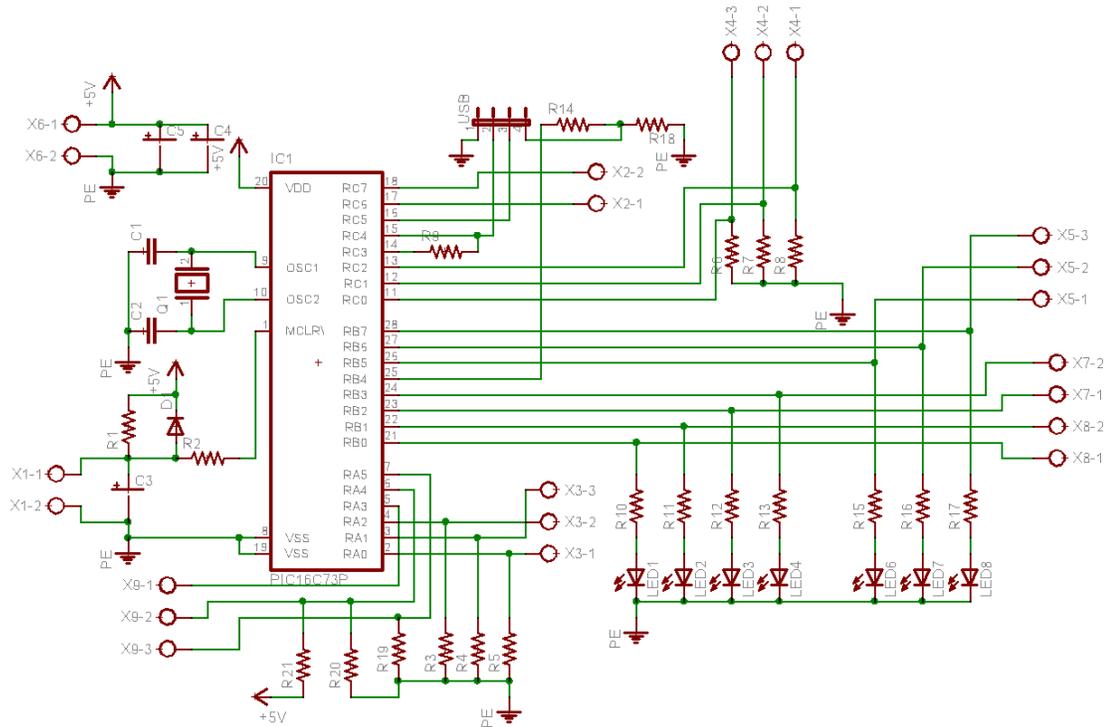


Figura 44. Tarjeta USB para control y comunicación (Esquemático Eagle).

Fuente: En colaboración del jefe de laboratorio de física.

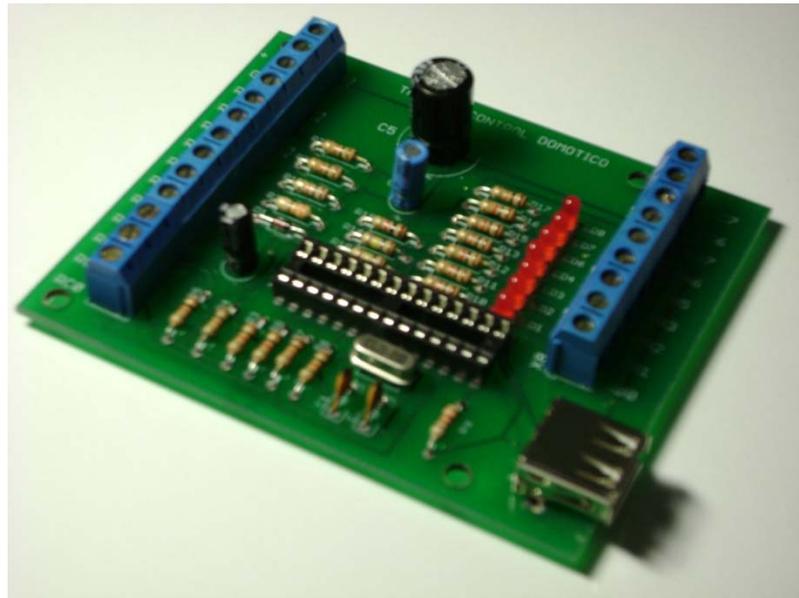


Figura 45. Tarjeta USB para control y comunicación.

Fuente: En colaboración del Jefe de laboratorio de física

6. CONCLUSIONES

- La construcción de equipos que evidencien fenómenos físicos reales, le dan la oportunidad al estudiante de comparar cálculos matemáticos con sucesos tangibles, transformando la enseñanza y dando un gran soporte de aprendizaje.
- Los laboratorios de la universidad son autosuficientes para elaborar cualquier tipo de equipo didáctico para aprendizaje y están en capacidad de desarrollar equipos para otras instituciones que no tengan las posibilidades económicas.
- El equipo humano con el que cuenta la Universidad EAFIT está capacitado para desarrollar material educativo con cualquier tipo de especificaciones.
- Apoyar la formación de los estudiantes con material didáctico, motiva a los estudiantes a profundizar en los diferentes temas y en consecuencia a adherirse a los diferentes semilleros de investigación.
- Es indispensable y de vital importancia en el desarrollo del proyecto tener un cronograma que incluya 2 semanas de holgura para que los imponderables no hagan que el cronograma nunca se salga de lo presupuestado.
- La consulta e investigación proporciona a los estudiantes buenas ideas de qué existe en el mercado para no caer en copias o coincidencias de diseños ya concebidos, posibilitándoles dar aportes de mejora de productos y de desarrollo de nuevas ideas.

- Se debe tener diferentes opciones de solución para cada uno de los planteamientos, porque cada inconveniente que represente un retraso en el desarrollo del proyecto significa una pérdida en la secuencia de desarrollo y esto repercute en el cronograma de trabajo.
- La universidad cuenta con una constante actualización de equipos y es fundamental pensar en la reutilización de estos materiales y componentes para efectos que beneficien la educación.

7. TRABAJOS FUTUROS

- Dentro del laboratorio de control digital se necesitan desarrollar equipos en los que se puedan aplicar conocimientos en PWM y PID los cuales son temas avanzados en electrónica, pero que tienen una gran aplicación industrial.
- El laboratorio de control digital cuenta con varios equipos que ya están perdiendo vigencia y que deben ser replanteados, por este motivo se considera que se puede partir de ellos para implementar nuevos equipos actualizados y con un mayor aporte educativo.
- Este trabajo dejó una gran experiencia y un avance muy enriquecedor, pero se abren puertas importantes para estudiantes que deseen continuar con el desarrollo de la programación de este equipo la cual representa un verdadero reto y requiere de mucha dedicación por su complejidad. (PID)

8. BIBLIOGRAFIA

1. ROOZENBURG, N.F.M and EEKELS, J. Product Design: Fundamentals and Methods. Delft: John Wiley & Sons, 1995. 409p.
2. ULRICH, KART T. y EPPINGER, Steven D. Proceso de desarrollo de organizaciones: Diseño y desarrollo de productos. EU, McGraw Hill, 1995. 11-32p.
3. CROSS, N. Métodos de Diseño, Estrategias para el diseño de producto. México D.F.: Editorial Limusa, SA; 1999. 189 p.
4. MICROCHIP TECHNOLOGY INC. Inverted pendulum. www.microchip.com
. 15 febrero 2008.
5. JORGE A, MANRIQUE H. Dibujo Mecánico y Geometría Descriptiva Editorial Universidad Pontificia Bolivariana, primera edición; 1999.77p.