



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA: INGENIERÍA MECATRÓNICA

**TEMA: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE
EMBRAGUE ELECTROMAGNÉTICO”**

**TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA
MECATRÓNICA**

AUTOR: EDWIN AYO

DIRECTOR: ING. JUAN CARLOS RIVERA

QUITO, NOVIEMBRE DE 2012

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2011

Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo Edwin Paúl Ayo Masabanda, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Edwin Paúl Ayo Masabanda

C.I. 1721121554

CERTIFICADO

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE EMBRAGUE ELECTROMAGNÉTICO**”, que, para aspirar al título de **Ingeniero en Mecatrónica** fue desarrollado por **Edwin Ayo**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 18 y 25.

Atentamente,

Ing. Juan Carlos Rivera
Director del Trabajo de Grado

DEDICATORIA

Dedico a:

Mi tío Alfredo, Mi tía Olga, Mi primo Johnny, Grandes amigos Carlos Armijos, Gabriel Regalado, Carlos Molina, Guillermo Mosquera, a Raquel Armijos y Carlos Armijos Padre, a Narci Hidalgo y Gabriel Regalado padre.

Quienes me apoyaron incondicionalmente durante la realización de este proyecto de investigación.

AGRADECIMIENTO

Mi mayor agradecimiento va dirigido a las siguientes personas por el apoyo financiero, de experiencia y colaboración en forma de instrucción, ejemplo, amistad y ayuda a la hora de llevar a cabo este proyecto de investigación.

Mi tío Alfredo, Mi tía Olga, Mi primo Johnny, Grandes amigos Carlos Armijos, Gabriel Regalado, Carlos Molina, Guillermo Mosquera, a Raquel Armijos y Carlos Armijos padre, a Narci Hidalgo y Gabriel Regalado padre.

Un agradecimiento muy especial a mi ejemplo de profesional Ing. Juan Carlos Rivera, quien me ayudo a llevar a cabo este proyecto, brindándome su experiencia, paciencia y apoyo.

INDICE GENERAL

	Página
INDÍCE DE TABLAS	IV
INDÍCE DE ECUACIONES	V
INDÍCE DE ANEXOS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
1. INTRODUCCION	1
2.1 EL EMBRAGUE	10
2.1.1 EMBRAGUE DE FRICCIÓN	12
2.1.2 MANDOS DEL EMBRAGUE	12
2.1.3 SISTEMA DE ACCIONAMIENTO MECÁNICO	13
2.1.4 SISTEMA DE MANDO HIDRÁULICO	13
2.1.5 CAJA DE VELOCIDADES MECÁNICA DE CAMBIO MANUAL	14
2.1.6 FUNCIÓN DEL CAMBIO DE VELOCIDADES	15
2.1.7 CAMBIO DE VELOCIDADES MANUAL	16
2.1.8 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UNA CAJA DE CAMBIOS MECÁNICA	16
2.2 MICROCONTROLADORES	18
2.2.1 COMPONENTES DEL MICROCONTROLADOR	18
2.2.2 OPERACIONES PRINCIPALES	20
2.2.2.1 MEMORIAS DE MICROCONTROLADORES	21

2.2.2.2	MÓDULOS PERIFÉRICOS DE MICROCONTROLADORES ..	22
2.2.3	ATMEGA16.....	23
2.3	MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA “DC”.....	25
2.4	ELECTROCONTACTORES.....	27
3.1	METODOLOGÍA MECATRÓNICA.....	29
3.1.1	ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO	30
3.1.1.1	SISTEMA MECÁNICO	30
3.1.1.2	SISTEMA ELÉCTRICO	31
3.2	SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE EMBRAGUE ELECTROMAGNÉTICO ...	41
3.2.1	SIMULACIÓN DE LA SECCIÓN MECÁNICA.....	41
3.2.2	SIMULACIÓN DE CONTROL.....	44
3.2.3	DISEÑO SIMULTANEO DE LOS COMPONENTES MECATRÓNICOS DEL PROYECTO	47
4.1	CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE EMBRAGUE ELECTROMAGNÉTICO	50
4.1.1	IMPLEMENTACIÓN ELÉCTRICA	51
4.1.1.1	CONTROL.....	51
4.1.1.2	OBTENCIÓN DE DATOS.....	52
4.1.1.3	POTENCIA.....	54
4.1.2	PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR	56
4.1.3	IMPLEMENTACIÓN MECÁNICA.....	58
4.1.3.1	SECCIÓN DE ACCIONAMIENTO DE VELOCIDADES	58

4.1.3.2	SECCIÓN DE ACCIONAMIENTO DE HORQUILLA	59
4.1.4	IMPLEMENTACIÓN DE ACCIONAMIENTO MECÁNICO	60
4.1.5	RESULTADOS	63
4.1.6	OPERACIÓN DEL SISTEMA DE EMBRAGUE ELECTROMAGNÉTICO.....	63
4.1.7	INSTALACIÓN.....	69
4.1.8	FUNCIONAMIENTO.....	74
5.2	CONCLUSIONES	75
5.3	RECOMENDACIONES.....	76

INDÍCE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Viabilidad económica	3
Tabla 2. Características de Motor DC.....	31
Tabla 3. Características de Electroimán contactor	37

INDÍCE DE ECUACIONES

	Página
Ecuación 1. Ley de Lenz.....	33
Ecuación 2. Ley de OHM	38

INDÍCE DE ANEXOS

Página

Anexo 1. Programa de control para Sistema de embrague electromagnético. ...	79
Anexo 2. Planos del sistema de embrague electromagnético.	84
Anexo 3. Planos para placas de control y adquisición de datos.	94

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Descripción del sistema de embrague.	11
Figura 2. Descripción de un sistema de embrague hidráulico.	14
Figura 3. Caja de cambios mecánica.	15
Figura 4. Clasificación interna de una caja de cambios.	17
Figura 5. Sistema de sincronización de velocidades.	18
Figura 6. Estructura de un microcontrolador con arquitectura de Von Neuman.	19
Figura 7. Diagrama de bloques de un periférico.	22
Figura 8. Microcontrolador ATMEGA16.	24
Figura 9. Elementos básicos de un motor DC.	26
Figura 10. Principios de funcionamiento de un electroimán.	28
Figura 11. Motor eléctrico y conjunto mecánico (link)	31
Figura 12. Esquema eléctrico de motor DC.	32
Figura 13. Diagrama de control.	34
Figura 14. Modelo matemático de motor DC.	35
Figura 15. Resultados de funcionamiento de motor DC.	36
Figura 16. Instalación de modo seguro para microcontrolador.	40
Figura 17. Mecanismos de accionamiento de velocidades.	42
Figura 18. Sistema mecánico en forma virtual.	43
Figura 19. Diagrama de bloques de sistema mecánico.	43

Figura 20.	Resultado de simulación de circuito de control.	44
Figura 21.	Apreciación de simulación de sensores posicionadores	45
Figura 22.	Apreciación de sensores selectores.....	46
Figura 23.	Simulación de accionadores de relés.....	47
Figura 24.	Diagrama de bloques de sistema de embrague electromagnético.	50
Figura 25.	Placa real de control.....	52
Figura 26.	Placa selectora de velocidades.....	53
Figura 27.	Sensor fin de carrera.....	54
Figura 28.	Circuito Puente H.	55
Figura 29.	Fases de trabajo con el puente H.	56
Figura 30.	Flujo grama de sistema de embrague electromagnético.....	57
Figura 31.	Soporte de motor DC para accionamiento de marchas.	58
Figura 32.	Soporte número uno de motor DC para juego intermedio.....	59
Figura 33.	Soporte de electroimán.	60
Figura 34.	Motores DC para accionamiento.....	61
Figura 35.	Eslabón extensión.....	61
Figura 36.	Eslabón para motor de accionamiento de velocidades.	62
Figura 37.	Eslabón para motor de accionamiento de juego intermedio.....	62
Figura 38.	Motor DC de accionamiento de velocidades.....	65
Figura 39.	Motor de accionamiento intermedio.	65
Figura 40.	Eslabones de accionamiento.	66
Figura 41.	Uno de los relés de accionamiento de motores DC y del Electrocontactor.....	67
Figura 42.	Placas de control del prototipo.	69

Figura 43. Motor DC, Sensor de posición y Estructura soporte.	69
Figura 44. Motor DC de accionamiento de velocidades ensamblado en el prototipo.	70
Figura 45. Vista general del prototipo.....	70
Figura 46. Vista inferior del prototipo.....	71
Figura 47. Vista del accionamiento de horquilla.....	72
Figura 48. Uno de los relés para accionamiento de Motores DC.	72
Figura 49. Vista de placa de control.....	73

RESUMEN

En la introducción, se realiza la estructuración del proyecto con base en las necesidades, capacidad y viabilidad de llevar a cabo el proyecto.

En el marco teórico se encuentran leves descripciones de los principales fundamentos de los requerimientos para llevar a cabo este proyecto como son:

Microcontroladores con sus componentes, formas estructurales y las características del microprocesador a ser usado. Descripción de un sistema de embrague con sus características y tipos. Un leve principio de funcionamiento de cajas de cambios mecánicas. Funcionamiento de motores DC. Electrocontactores con su principio de funcionamiento.

En metodología se realiza un análisis de requerimientos para el desarrollo del proyecto con una comprobación matemática para que posteriormente se pueda realizar un análisis virtual en los diferentes paquetes informáticos elegidos para analizar resultados y la validar el proyecto.

En el desarrollo del producto Mecatrónico se realiza la construcción de las estructuras mecánicas y metálicas, la implementación eléctrica y el desarrollo de la programación del proyecto. También se puede encontrar los resultados obtenidos en el proceso de funcionamiento, las partes constitutivas del proyecto y finalmente un manual de funcionamiento.

ABSTRACT

In the introduction, the project is structured based on needs as well as capacity and viability of realizing this project.

In the theoretical framework it is founded slight descriptions from the principal foundations of the requirements of the project which are:

Microcontrollers and its components, structural forms and the characteristics of the microcontroller used. Description of the clutch system with its characteristics and types. A slight principle of the mechanical gearbox. Operation of the DC motors. Switches, with its working principle.

In the methodology it is realized an analysis of the project requirements to develop it, a mathematical prove so then it can be realized a virtual analysis in the different software selected to analyze the results and validate the project.

In the Mechatronic development of the project it is realized the building of the mechanicals and metal structures, the electrical implementation and the development of the programming of the project. Also, it can be founded the obtained results in the working process, the constitutive parts of the project and finally the operating manual.

Ing. Juan Carlos Rivera

Director del Trabajo de Grado

1. INTRODUCCION

Durante tres siglos estos ingeniosos diseños como son los vehículos han sido la máxima expresión de búsqueda de la excelencia técnica. A través de muchas generaciones de progreso tecnológico han tenido un profundo efecto en nuestra forma de trabajar y viajar.

Los vehículos pueden clasificarse de algunas maneras, una de ellas es la forma de selección de velocidades que pueden ser mecánicas o automáticas.

Los vehículos que poseen selección de velocidades mecánicas son los más usados en el mercado Ecuatoriano pero son limitados para personas con algún problema de discapacidad en alguna de sus extremidades ya que no poseen un diseño ergonómico para este tipo de usuarios.

Si bien los vehículos con caja automática son sumamente eficaces y cómodos, existen pocos modelos de mediano valor, y a eso se suma un escaso mercado para la reventa de los mismos, ya que en Ecuador no es amplio el uso de los vehículos con caja automática como en otros países del mundo tal como EEUU donde la mayoría de las unidades posee caja automática.

El proyecto de tesis está basado según los datos obtenidos por el CONADIS donde en el Ecuador 141 305 habitantes poseen alguna discapacidad física en alguna de sus extremidades es decir el 0.97% de la población actual que es de 14 483 499, por tanto las personas con alguna discapacidad física están limitados en el uso de vehículos ya que la adaptabilidad o las prestaciones de un vehículo normal no son aptas para una persona de este tipo.

Si no se halla una solución económica para este problema de transporte los usuarios con algún problema de discapacidad no podrán mejorar su estilo de vida.

En el control de pronóstico se plantea reemplazar el sistema de embrague mecánico manipulado manualmente por un sistema de embrague mecánico controlado electrónicamente.

El problema que se percibió es: ¿Es posible que la implementación del embrague electromecánico permitirá que un usuario con problemas en alguna de sus extremidades pueda conducir un vehículo con un sistema de embrague mecánico?

OBJETIVO

Diseñar y construir un sistema de embrague electromagnético, con mando eléctrico a distancia, accionado por medio de la extremidad superior de personas con discapacidad en extremidades inferiores.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el funcionamiento del sistema de la caja de cambios mecánico con el fin de encontrar una alternativa que posibilite automatizar los movimientos realizados con el mando manual.
- Diseñar el sistema de embrague electromagnético y el mecanismo de accionamiento del varillaje de la caja de cambios mecánica obtenido del análisis previo.
- Modelamiento virtual del sistema seleccionado para validar el diseño y obtener los planos de montaje y constructivos.
- Implementación y pruebas del prototipo del sistema.

Para conseguir los objetivos propuestos, se considera que se deben lograr alcanzar los siguientes prerequisites:

- Se seleccionará una caja de cambios mecánica de cinco velocidades, usada en vehículos ligeros de tracción trasera, sincronizada con frenillos de bronce. Se obtendrá los desplazamientos lineales de los horquilleros

longitudinal y horizontal, y se estudiará el mecanismo que los acciona mediante la palanca de cambios.

- Se seleccionará uno de todos los métodos de accionamientos expuestos a un análisis antes de tomar una decisión final para accionar tanto el sistema de embrague como el accionamiento del selector de velocidades.
- Una vez obtenidos los métodos de accionamiento se los llevará a un análisis mediante paquetes informáticos donde se validara el funcionamiento mediante el ingreso de valores de accionamiento.
- Se instalara todos los aditamentos ya escogidos y probados virtualmente para la construcción final del prototipo con el fin de realizar las pruebas pertinentes.

En la siguiente tabla se aprecia la viabilidad económica para este proyecto:

Tabla 1. Viabilidad económica

Concepto	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Elementos electrónicos			
<i>Placa de control</i>			
Microcontroladores ATMEGA16	3 u	\$ 7.00	\$ 21.00
Chip ULN2003	8 u	\$ 1.60	\$ 12.80
Cable para conexión #12, de hilo	4 m	\$ 1.20	\$ 4.80
Placa de cobre	2 u	\$ 4.00	\$ 8.00
Borneras	8 u	\$ 0.30	\$ 2.40
Resistencias varias	40 u	\$ 0.04	\$ 1.60
Fines de carrera	8 u	\$ 1.25	\$ 10.00
Pulsadores	10 u	\$ 0.60	\$ 6.00
<i>Placa de potencia</i>			
Relés	9 u	\$ 1.75	\$ 15.75

Borneras	8 u	\$ 0.30	\$ 2.40
Cable para conexión vario #12, de hilo	8 m	\$ 1.20	\$ 9.60
Elementos mecánicos			
<i>Estructura</i>			
Tubo cuadrado de 2cm de perfil cuadrado	2 u	\$ 18.90	\$ 37.80
Electrodos 6011	2 Kl	\$ 12.00	\$ 24.00
Sierra de corte de hilo delgado	1 u	\$ 3.00	\$ 3.00
Platina de acero de 17*2 mm	2 u	\$ 3.70	\$ 7.40
Varilla cilíndrica 1/8 pulgadas	1 u	\$ 3.00	\$ 3.00
<i>Motor de combustión interna completo</i>	1 u	\$ 500.00	\$ 500.00
Adecuación de motor interna	1 u	\$ 200.00	\$ 200.00
<i>Motores Eléctricos</i>			
Motores DC	2 u	\$ 130.00	\$ 260.00
Electroimán contactor	1 u	\$ 70.00	\$ 70.00
		Suma Total	\$ 1,199.55

2. MARCO TEÓRICO

En el marco de referencia se puede apreciar todos los conceptos básicos y fundamentales para que se lleve a cabo el proyecto de tesis llamado sistema de embrague electromagnético, en el marco teórico se explica cada uno de los diferentes sistemas necesarios que lo complementan.

2.1 EL EMBRAGUE

Es el encargado de transmitir o interrumpir el movimiento del motor a través del cigüeñal a la caja de velocidades.

El accionamiento se realiza mediante un pedal por el propio conductor desde el interior del vehículo, en su puesto de conducción. Cuando el pedal está sin accionar, el giro se transmite íntegramente y calificamos a este procedimiento como embragado; cuando está totalmente accionado, este proceso se lo conoce como desembragado ya que están totalmente desconectados de los movimientos.

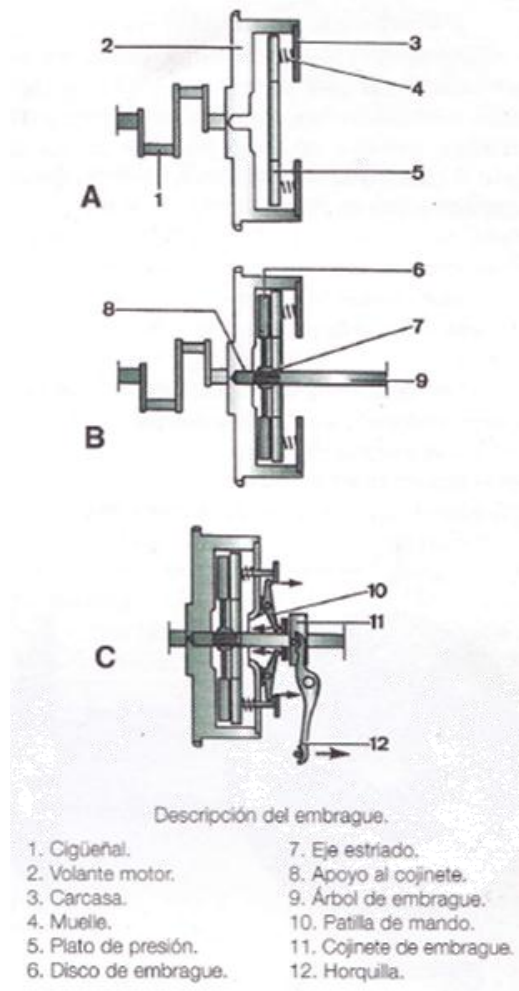


Figura 1. Descripción del sistema de embrague.

Fuente: Transmisión, Manual del automóvil, 2000, pág. 69.

“Las características que deben reunir los sistemas de embrague son:

- Resistencia Mecánica: Para transmitir todo el par motor a las ruedas de tracción.
- Resistencia Térmica: Para poder absorber el calor generado por la fricción.
- Progresividad y Elasticidad: Para que su movimiento se transmita sin brusquedad ni tirones.
- Adherencia: Para que no pueda patinar y pierda fuerza de transmisión.

- Rapidez de Maniobra: Que permita embragar y desembragar con facilidad.

Existen diferentes tipos de embragues los más comunes son los de fricción, en la nueva evolución de ese tipo de sistemas encontramos los sistemas electromagnéticos”.¹

2.1.1 EMBRAGUE DE FRICCIÓN

“Como podemos apreciar en la Figura 1, el conjunto de embrague está conformado por tres subconjuntos. En el primero, conjunto (A) tenemos el plato de presión formado por un plato fijo acoplado al volante motor y uno móvil que comprime el disco de embrague. El disco de embrague está unido mediante un estriado al árbol de entrada de la caja de cambios (B) o también llamado eje motriz. La compresión del disco es asegurada por medio de muelles helicoidales o un resorte único en forma de diafragma. El accionamiento (C) se realiza mediante el desplazamiento de un cojinete bajo la acción de una horquilla sobre las patillas de mando o en su caso diafragma, dejando libre el disco de embrague de la acción del plato de presión. Esta acción de desembrague provoca un esfuerzo axial sobre el cigüeñal. Al soltar el pedal de embrague, se va transmitiendo el par motor a través del disco al eje motriz, luego a la respectiva desmultiplicación en la caja de cambios y finalmente a las ruedas de tracción.”²

2.1.2 MANDOS DEL EMBRAGUE

El accionamiento del embrague puede ser realizado mediante la operación directa del pedal o también de forma automática.

¹Manual del automóvil, 2000, pág. 68.

²Manual del Automóvil, 2000, pag.69.

El accionamiento directo mediante el pedal de embrague es acompañado de un sistema mecánico de varillas, cables, o bien un sistema hidráulico.

2.1.3 SISTEMA DE ACCIONAMIENTO MECÁNICO

“Los elementos que integran el mando del embrague son el pedal, el cable, la palanca de desembrague u horquilla y el cojinete de empuje.

El sistema de accionamiento por medio de cable es el que se ha venido utilizando de forma generalizada. Pueden establecerse dos tipos de sistema:

Los de apoyo constante del cojinete de empuje sobre la prensa o diafragma y los que son sin apoyo y guardan una separación. En el primer caso sigue la tendencia actual en el equipamiento de embragues con diafragma, es decir en los que el cojinete de embrague se asienta por completo en las lengüetas del diafragma permanentemente. En este caso a medida de que se va desgastando el disco de embrague el diafragma va levantando al cojinete de embrague provocando que el pedal también se eleve y cuando la altura del pedal de embrague es superior a la determinada en el manual de taller, se procede al mantenimiento del sistema.

En los sistemas de mando de embrague sin apoyo constante sobre el diafragma, el reglaje se realiza por medio del tensado del cable y esta regulación puede estar situada en los extremos del cuerpo protector del cable, bien cerca al pedal de embrague o en la horquilla”.³

2.1.4 SISTEMA DE MANDO HIDRÁULICO

En los sistemas de embrague que se requiere ejercer un mayor esfuerzo de presión, o la distancia desde el pedal de embrague hasta el lugar que ocupa el embrague es muy grande o compleja, se sustituye el cable por un sistema de embrague hidráulico.

³Manual del automóvil, 2000, pág. 74.

En la Figura 2 se puede apreciar esquemáticamente la constitución de un sistema de embrague. Donde se observa:

- Un cilindro maestro,
- un cilindro receptor encargado de accionar la horquilla,
- un depósito para el líquido hidráulico,
- la tubería de canalización.

Donde el cilindro maestro, al ser accionado por el pedal de embrague, envía líquido bajo presión hacia el cilindro receptor que está fijado en la carcasa de la caja de cambios. Produciendo así un movimiento el cual va a accionar la horquilla y por consiguiente el diafragma, así se logra el embragado del disco de embrague.

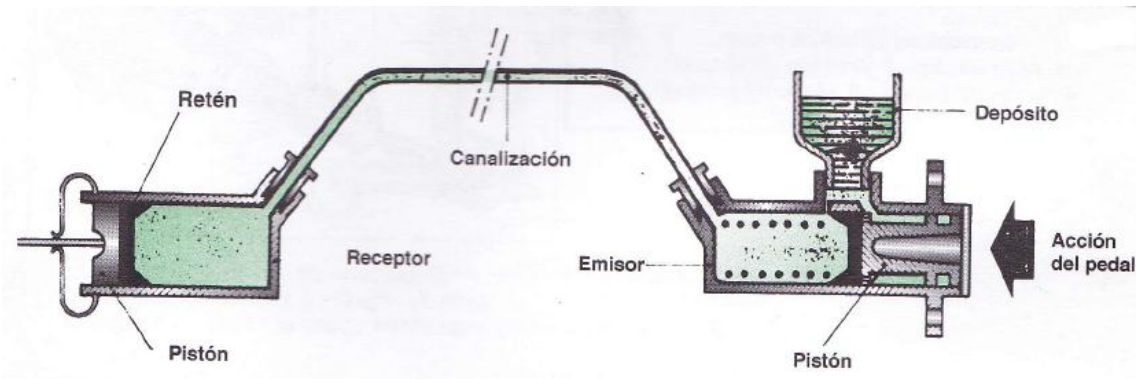


Figura 2. Descripción de un sistema de embrague hidráulico.

Fuente: Transmisión, Manual del automóvil, 2000, pág. 75.

2.1.5 CAJA DE VELOCIDADES MECÁNICA DE CAMBIO MANUAL

“El valor del par de los motores de combustión interna está determinado por el valor de la fuerza de expansión de los gases, multiplicado por la distancia entre

el eje de la biela y el del cigüeñal. El valor del par motor depende de la fuerza expansiva de la combustión, independientemente del número de revoluciones, si bien al disponer de un mayor par, también se podrá realizar un mayor trabajo por unidad de tiempo. El producto del par por el número de revoluciones representa la potencia. Por tanto, para aumentar la potencia es preciso aumentar o bien el par o la velocidad de rotación del motor. Es también factible mantener la potencia aumentado el valor del par y disminuyendo las revoluciones: esto se consigue a través de la caja de cambios”.⁴

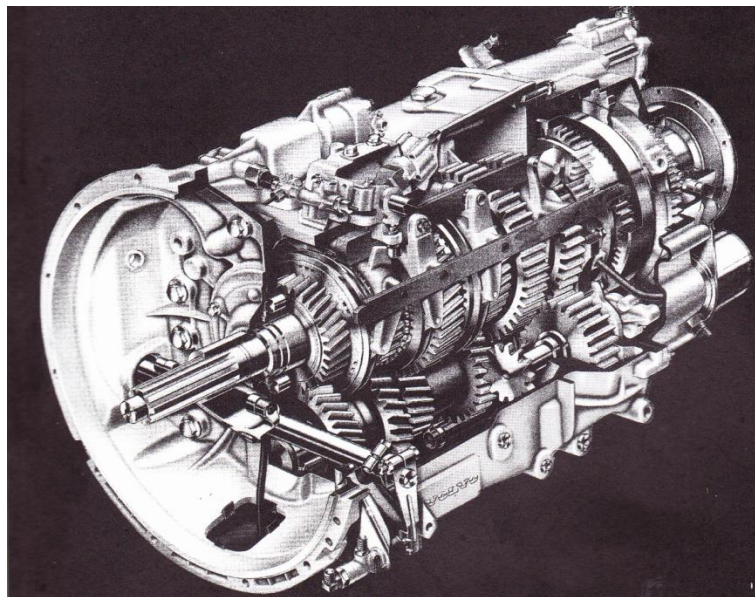


Figura 3. Caja de cambios mecánica.

Fuente: Transmisión, Manual del automóvil, 2003, pág. 7.

2.1.6 FUNCIÓN DEL CAMBIO DE VELOCIDADES

El cambio de velocidades es el elemento de transmisión que se interpone entre el motor y el resto de los elementos de transmisión de un vehículo para modificar el número de revoluciones en las ruedas, e invertir el sentido de giro

⁴Manual del Automóvil, 2003, pág. 4.

cuando lo requieran las necesidades de circulación a este cambio se lo puede llamar reversa o marcha atrás.

2.1.7 CAMBIO DE VELOCIDADES MANUAL

Al cambio de velocidades se lo puede dividir de acuerdo al tipo de conjunto de piñones interno de la caja de velocidades, como son:

- Dentado recto.
- Dentado helicoidal.

Entre los tipos de introducción de velocidades se puede encontrar las formas:

- Asíncrono, y,
- síncrono.

2.1.8 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UNA CAJA DE CAMBIOS MECÁNICA

El par motor es transmitido al eje primario de la caja, constituido en tren de engranajes intermediario y es cedido mediante el correspondiente engranaje acolado, al eje de salida del par, llamado secundario como se aprecia en la Figura 4.

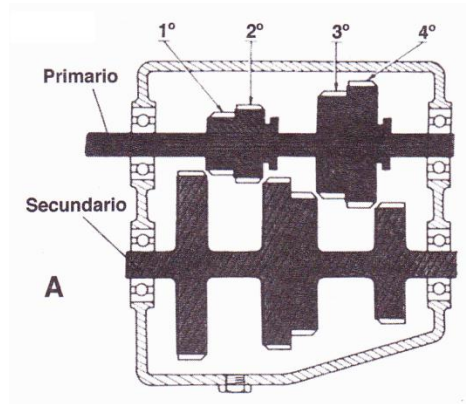


Figura 4. Clasificación interna de una caja de cambios.

Fuente: Transmisión, Manual del automóvil, 2000, pág. 88.

Los engranajes helicoidales de mayor capacidad de transmisión de par y más silenciosos que los engranajes de dientes rectos del eje secundario se encuentran constantemente acoplados con los engranajes correspondientes del eje primario. Mejor dicho el engranaje pequeño del eje primario se encuentra constantemente unido con el engranaje de mayor diámetro del eje secundario, conllevando así a la primera relación de transmisión de movimiento y al igual que esta relación entre engranajes también es con el resto de engranajes que posee la caja de velocidades.

Ahora para que se pueda llevar a cabo la selección de cada una de las velocidades se debe primero desacoplar el movimiento de entrada que es suministrado por el motor de combustión interna (sistema de embrague) y mediante la palanca selectora que en este caso sería L como se puede apreciar en la figura 5. Que es la encargada de brindar un movimiento con el fin que la corona desplazable que sería B pueda moverse tanto al piñón P1 o al piñón S2obteniendo así una desmultiplicación de velocidades.

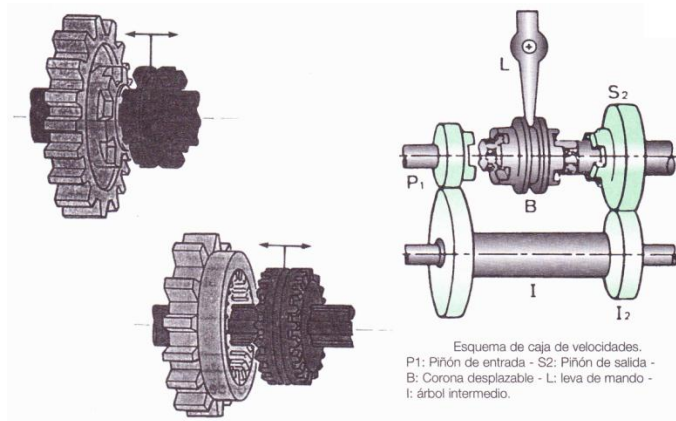


Figura 5. Sistema de sincronización de velocidades.

Fuente: Transmisión, Manual del automóvil, 2000, pág. 89.

2.2 MICROCONTROLADORES

Los microcontroladores son ordenadores monochip que se utilizan para regular eventos técnicos. Nuestra vida hoy es inconcebible sin ellos, porque prácticamente se emplean en todos aquellos casos en que se requiere una regulación para un aparato accionado eléctricamente.

2.2.1 COMPONENTES DEL MICROCONTROLADOR

El microcontrolador es un elemento electrónico programable que contiene todos los componentes necesarios para un sistema de microordenador, consta de:

- Unidad Central de Procesamiento (CPU),
- Memorias: Para instrucciones (memorias de programa) y para datos (memorias de datos),
- Módulos periféricos.

Esos componentes mencionados intercambian datos e información a través de buses (Figura 6).

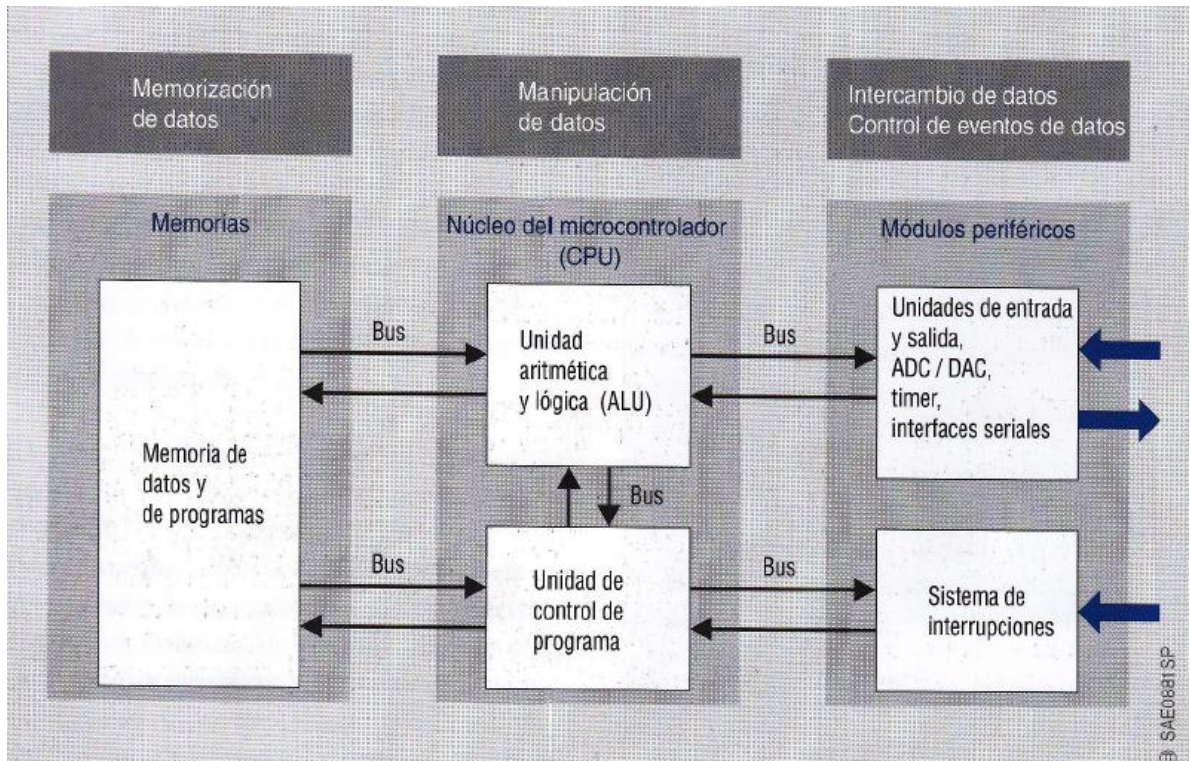


Figura 6. Estructura de un microcontrolador con arquitectura de Von Neuman.

Fuente: Microelectrónica en el vehículo motorizado, Bosch, 2002, pág. 36

Unidad Central de Procesamiento “CPU”

La CPU (Central Processing Unit; llamada también “core” o núcleo del microcontrolador), es la unidad programable para el direccionamiento y manipulación de datos, así como para el mando del desarrollo temporal y lógico de un programa.

Memoria

La memoria sirve para almacenar datos e instrucciones de programa. La memoria para datos variables es una memoria de escritura y lectura (RAM). Como memoria para instrucciones de programa y datos fijos se emplea de lectura solamente (por ejemplo ROM, PROM). Adicionalmente, los microcontroladores poseen una pequeña memoria de registro integrada en la CPU para un acceso rápido de escritura-lectura (memoria cache).

Periféricos

A través de los periféricos se puede ingresar información proveniente de circuitería externa. La periferia puede programarse en una limitada extensión, para adaptar su funcionalidad a las necesidades de aplicación.

Los módulos periféricos típicos digitalizan señales análogas externas o transforman señales digitales internas nuevamente en análogas (convertidor análogo-digital o digital-análogo). Los temporizadores hacen posible contar impulsos externos o miden tiempos entre eventos. A través de interfaces de comunicación se mantiene el intercambio de datos con otros elementos a través de buses estandarizados (por ejemplo CAN).

Desde luego se pueden integrar en el microcontrolador también muchas otras funciones, en conformidad con el deseo del usuario respectivo.

2.2.2 OPERACIONES PRINCIPALES

Los tres bloques presentados en la Figura 6, hacen posible las cuatro operaciones principales del microcontrolador:

- Manipulación de datos (Data processing),
- Almacenamiento de datos (Data Storage),
- Intercambio de datos con el medio ambiente (Data Movement) y
- Control de eventos de datos (Control Mechanism).

Con estas funciones un microcontrolador puede transmitir, almacenar y manipular datos (tanto en la memoria como externamente).

2.2.2.1 MEMORIAS DE MICROCONTROLADORES

“Las memorias tienen como función almacenar tanto datos (constantes y variables) como también las instrucciones de un programa y ponerlas a disposición cuando se las necesiten.

Existen diferentes clases de memoria, siendo ellas necesarias por no existir ninguna que satisfaga todas las exigencias. Entonces para satisfacer los diversos requerimientos, los microcontroladores poseen varios bloques de memorias que son distintas entre sí.

Lugar de ubicación

- Fuera del microcontrolador (memoria externa),
- integrada como módulo autónomo en el microcontrolador (memoria interna) e,
- integrada como submódulo en un módulo periférico en el microcontrolador (por ejemplo el Timer).

Direccionamiento de datos

- Acceso de libre elección (escritura o lectura) a todos los datos mediante la asignación de una dirección fija (RAM: Random Access Memory)
- Direccionamiento directo: fijación de la dirección de memoria desde afuera (por ejemplo programador).
- Direccionamiento indirecto: en dependencias de influencias externas, el microcontrolador calcula la dirección.

Acceso

- Memoria con acceso de lectura (por ejemplo ROM),
- memoria con acceso de escritura y lectura (por ejemplo RAM), así como,
- memoria con acceso de borrado (borrado de sectores enteros de memoria de una Flash-EPROM)⁵

2.2.2.2 MÓDULOS PERIFÉRICOS DE MICROCONTROLADORES

Además de la CPU y la memoria, los módulos periféricos (módulo I/O, es decir módulo de entrada y salida) son elementos esenciales de microcontroladores. Ellos hacen entrar de diferentes maneras señales externas e influir mediante señales salientes en las magnitudes que hay que regular. Los módulos periféricos presentan una vinculación inteligente del microcontrolador con el medio ambiente. Cada módulo posee una conexión interna a un bus del sistema y conexiones externas de sensores y actuadores.

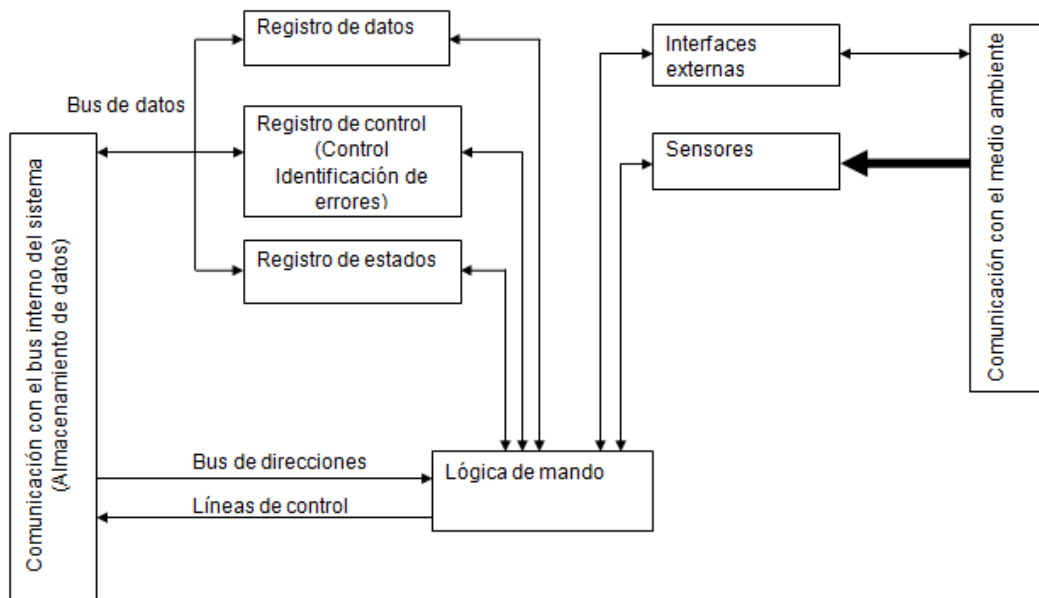


Figura 7. Diagrama de bloques de un periférico.

Fuente: Microelectrónica en el vehículo motorizado, Bosch, 2002, pág.43.

⁵Bosch,2002, pág.36

La Figura 7, muestra la estructura esquemática de un módulo periférico. Sus funciones pueden subdividirse en:

- Comunicación con el bus interno del sistema,
- comunicación con el medio ambiente,
- almacenamiento de datos,
- identificación de errores.

Actualmente estos tipos de microcontroladores son diseñados con arquitectura HARVARD, la cual se fundamenta en el uso de dos memorias independientes, la primera del tipo **FLASH** y es en la que se almacenan las instrucciones de programa; y la otra de tipo **RAM**, en la cual se almacenan los datos.

Cada una de estas memorias posee su estructura de sistema de buses de acceso, lo que posibilita realizar operaciones de manera simultánea en cada memoria; (Bosch., "Microelectrónica en el vehículo motorizado", 2002, 1 edición, pág. 42)

2.2.3 ATMEGA16

El microcontrolador ATMEGA16 se puede decir que es el inicio de un microcontrolador completo, ya que posee más puertos de entrada y salida de datos, obteniendo con esto muchas funcionalidades de aplicación para un proyecto, como se aprecia en la Figura 8.

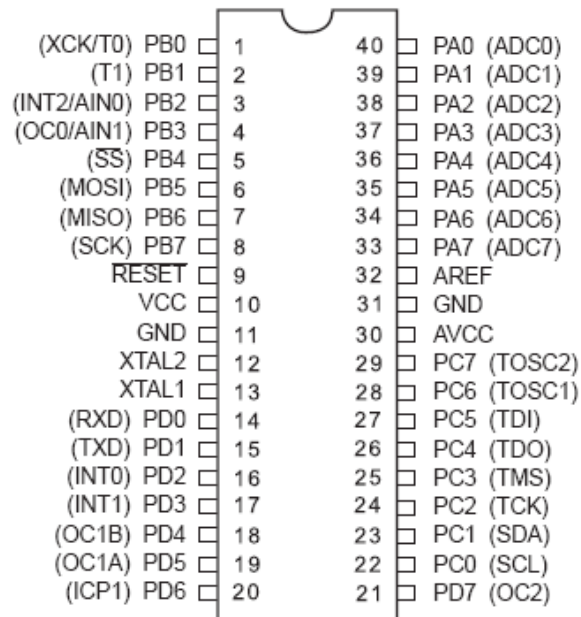


Figura 8. Microcontrolador ATMEGA16.

Fuente: Diagrama de constitución de un microcontrolador. Extraído el 8 de octubre del 2011,

http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/A/T/M/E/ATMEGA16.shtml

“El microcontrolador ATMEGA16 presenta las siguientes características:

- 32 registros de propósito general,
- 16KBytes de memoria de programa,
- 512 Bytes de memoria no volátil EEPROM,
- 1KByte en memoria interna SRAM,
- 4 canales PWM,
- 8 canales ADC de 10 bits,
- Comunicación USART,
- Oscilador interno RC de 1MHz, 2MHz, 4MHz y 8MHz,
- RTC interno con cristal de 32768 Hz,

- Voltaje de operación de 2,7V A 5,5V.

ATMEGA16 posee cuatro puertos (A, B, C, D) que pueden ser usados bien como entradas o salidas.

En el puerto A se encuentran los canales de conversión análoga-digital.

En el puerto B están como pines relevantes los de programación del microcontrolador, como son: SCK, MISO, MOSI.

En el puerto C están los pines de comunicación I2C, así como los pines SDA, SCL.

En el puerto D podemos encontrar los pines de transmisión y recepción de comunicación serial.”⁶

2.3 MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA “DC”

Los motores DC son dispositivos tecnológicos perfectamente estudiados que combinan eficiencia y una operación controlada con facilidad. Los primeros estudios y pruebas que se realizaron para desarrollarlos se hicieron en 1821. Un motor de corriente continua es un dispositivo mecánico que transforma la energía eléctrica en movimiento rotacional. La principal característica del motor de corriente continua es su capacidad de regular su velocidad desde cero hasta la máxima diseñada.

Los motores de corriente continua están formados por dos partes principales: el estator y el rotor, como podemos apreciar en la Figura 9.

⁶Valencia Ramiro, 2008, pág. 3-4

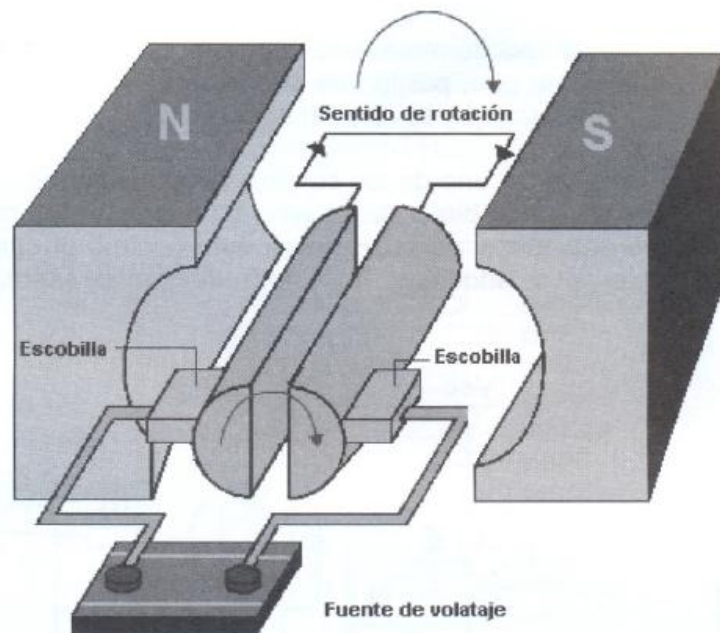


Figura 9. Elementos básicos de un motor DC.

Fuente: ABC de la mecatrónica, pág. 39.

El estator está formado por los polos magnéticos formados por imanes permanentes. El rotor, generalmente de forma cilíndrica, está formado de un devanado con núcleo al que le llega la corriente de la fuente de voltaje mediante dos escobillas. La magnitud de la fuente de voltaje va a determinar la velocidad del motor medida en revoluciones por minuto (RPM).

Los motores DC podrán variar el sentido de giro dependiendo del sentido del flujo de corriente que se les haga pasar, es decir, como son motores de corriente continua, la fuente de voltaje que los alimenta determinará el sentido, siempre y cuando la fuente de voltaje esté en el rango de operación del motor DC.

Una característica de este tipo de motores es que, por si solos, no cuentan con detectores de posición en su giro, por lo que una vez que se les aplica el voltaje

giran a máxima velocidad hasta que se corta el voltaje. Con base en esta característica, uno de los controles más comunes que se puede tener sobre estos motores es la dirección de giro.⁷

2.4 ELECTROCONTACTORES

Un electroimán es un bobinado recorrido por corriente eléctrica, por cuya razón forma un campo magnético. En la Figura 10 se aprecia la imagen más elemental de un electroimán (dispositivo que ha reemplazado en la mayoría de las aplicaciones a los imanes naturales y artificiales). Este tipo de imán reemplaza a los imanes comunes, ya que estos últimos suministran campos magnéticos de densidad relativamente reducida, o cuando se los fabrica especialmente para tener campos de elevada intensidad, resultan costosos, además, el campo magnético que suministran no es controlable puesto que dan una cierta cantidad de líneas de fuerza, y esa cantidad es fija, hasta que se va reduciendo por envejecimiento. Cuando se desea la posibilidad de graduar la intensidad del campo magnético, y también poderlo cortar o anular en cualquier momento, se construyen electroimanes, es decir núcleos de hierro con bobinados por los que pasan corrientes eléctricas.⁸

⁷<http://www.todorobot.com.ar/documentos/dc-motor.pdf>

⁸ <http://es.wikipedia.org/wiki/Electroim%C3%A1n>

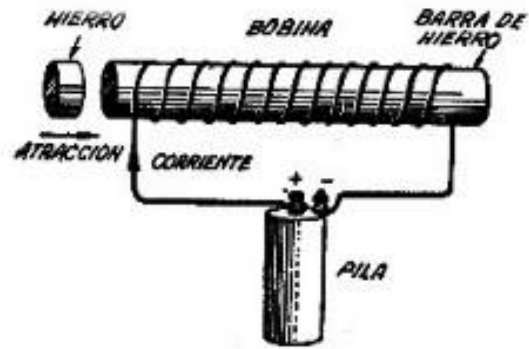


Figura 10. Principios de funcionamiento de un electroimán.

Fuente: Principio de funcionamiento de un electrocontacto. Extraído el 20 de Noviembre del 2011, <http://www.sapiensman.com/ESDictionary/docs/d4.htm>

3. METODOLOGIA

3.1 METODOLOGÍA MECATRÓNICA

Basado en el concepto de Mecatrónica que se refiere al diseño integrado de los sistemas buscando un menor costo, una mayor eficiencia, una mayor confiabilidad y flexibilidad desde el punto de vista mecánico, eléctrico, electrónico, de programación y de control. La Mecatrónica adopta un enfoque integral desde estas disciplinas en lugar del enfoque secuencial tradicional del diseño partiendo de un sistema mecánico, luego el diseño de la parte eléctrica y, posterior integración con un microprocesador.

Siendo así, los requerimientos para desarrollo de este prototipo iniciarán con el estudio y análisis de movimientos necesarios para que el sistema tenga un accionamiento libre de trabas o problema de engranaje y también el conocimiento de funcionamiento del sistema ya construido de la caja de cambios.

Una vez obtenidos los resultados del estudio de accionamiento se diseñará la sección mecánica con el fin de que brinde el movimiento tanto a la placa selectora de velocidades como al mando de accionamiento de la horquilla.

La sección eléctrica será diseñada con el uso de programas de simulación conjuntamente con el software de control del proyecto en su primera fase y posteriormente se lo construirá como segunda fase, claro está que para llegar a esa etapa, esta sección debe funcionar basada en el estudio de movimientos que posee el sistema y el conocimiento de funcionamiento del sistema en su parte interna con el fin de que no sufra daño alguno en el momento de funcionamiento.

3.1.1 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO

Los requerimientos para este proyecto se llevan a cabo mediante un análisis de espacio disponible, análisis de los suministros de corriente, materiales disponibles en el mercado, entre otros.

3.1.1.1 SISTEMA MECÁNICO

Este en su diseño mecánico requiere de tres estructuras metálicas las cuales van a soportar y fijar dos motores eléctricos DC y un electroimán los cuales van a ser distribuidos de acuerdo al espacio y funcionamiento en este sistema de embrague, cabe destacar que para la implementación de este proyecto en este tipo de sistema poseemos un espacio de 50 cm³.

Para llevar a cabo estas estructuras se ha realizado las siguientes consideraciones:

Para accionar el selector mecánico de velocidades original de la caja de cambios se necesita de 1.2 Kg (3.3 lb), de peso cuando se posee un eslabón que se desempeña como una palanca de accionamiento.

Los motores eléctricos DC vienen ya configurados y brindan una salida con un movimiento giratorio circular el cual debe ser transformado en un movimiento lineal, para lograr un accionamiento de los mecanismos internos de la caja de cambios, se usan tres eslabones conectados mutuamente a los motores DC. Los eslabones deben ser conectados al sistema original de cambios de velocidades el cual ya está incorporado en la caja de cambios.

3.1.1.2 SISTEMA ELÉCTRICO

El sistema de embrague electromagnético en su configuración eléctrica requiere de:



Figura 11. Motor eléctrico y conjunto mecánico (link)

Fuente: Manual de productos Bosch

Dos motores de corriente continua con las siguientes características:

Tabla 2. Características de Motor DC

Fuente: Manual de productos Bosch

Tensión Nominal	U_N 12v
Sentido de Giro	L(Izquierdo) R(derecho)
Sistema mecánico	Link

Ahora para demostrar que este tipo de motor es el adecuado vamos a desarrollar el modelo matemático y finalizaremos con un análisis de la viabilidad del motor.

Donde empezaremos con el circuito eléctrico de un motor DC:

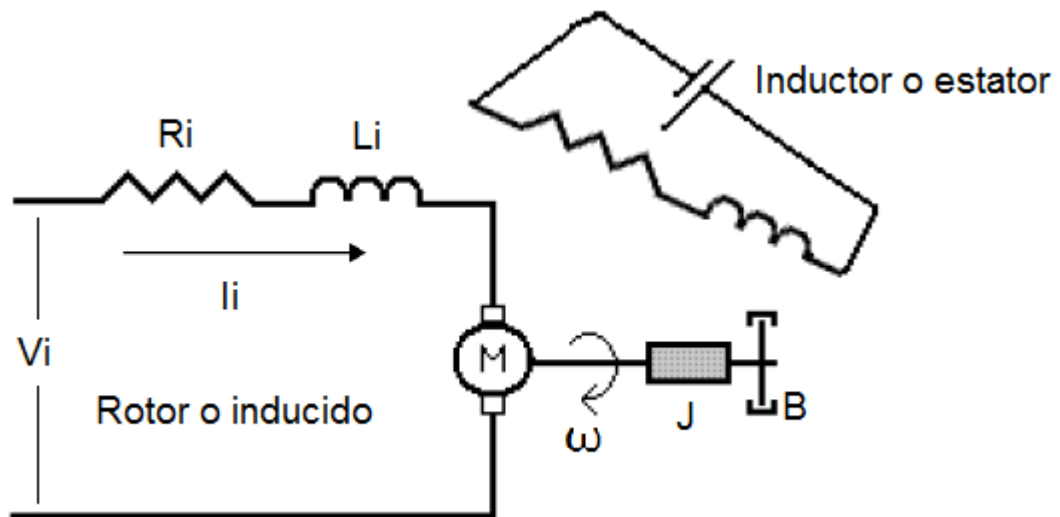


Figura 12. Esquema eléctrico de motor DC.

Donde:

R_i = Resistencia del bobinado del rotor

V_i = Tensión de alimentación del rotor

L_i = Coeficiente de autoinducción del bobinado del rotor

ω = Velocidad angular de giro

J = Momento de inercia equivalente

B = Coeficiente de rozamiento viscoso

S = Variable compleja

τ = Constante de tiempo

k = Ganancia del sistema

$G(s)$ = Función de transferencia

Aplicando una tensión V_i al inducido, circula una corriente I_i produciendo esta una fuerza electromotriz cuyo valor vendrá determinado por la expresión en la ecuación 1.

$$V_b = K_b \times \omega \quad [1]$$

Siendo K_b la constante de fuerza electromotriz y ω la velocidad angular, ahora se aplica la ley de ohm la tensión útil será:

$$V_i(t) - K_b \times \omega(t) = R_i \times I_i(t) + L_i \frac{dI_i(t)}{dt}$$

Considerando $L_i \cong 0H$, entonces:

$$V_i(t) - K_b \times \omega(t) = R_i \times I_i(t)$$

El motor en su movimiento giratorio arrastra una carga, creándose por lo tanto, un par motor, dándose por consiguiente:

$$K_p \times I_i(t) = J \times \frac{d\omega(t)}{dt} + B \times \omega(t)$$

Suponiendo $B \cong 0$

$$K_p \times I_i(t) = J \frac{d\omega(t)}{dt}$$

Despejando $i(t)$ de la segunda ecuación y sustituyéndola en la primera, se obtiene una ecuación diferencial de segundo orden, de grado uno y con coeficientes constantes.

$$\frac{R_i \times J}{K_p} \times \frac{d\omega(t)}{dt} + K_b \times \omega(t) = V_i(t)$$

Mediante el uso de la transformada de Laplace o mediante integración directa se obtiene lo siguiente:

$$K = \frac{1}{K_b} G(s) = \frac{\omega(s)}{V(s)} = \frac{k}{s \times \tau + 1}$$

$$\tau = \frac{R_i \times J}{K_p \times K_b}$$

En base a la figura 12 se puede deducir un diagrama de bloques para elaborar un diagrama en forma de control, como se puede apreciar en la figura 13.

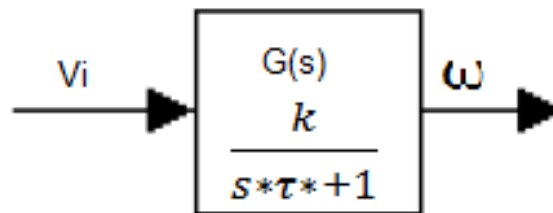


Figura 13. Diagrama de control

En base a estas resultantes se puede ahora trasladar estas fórmulas a un entorno de simulación para apreciar una resultante.

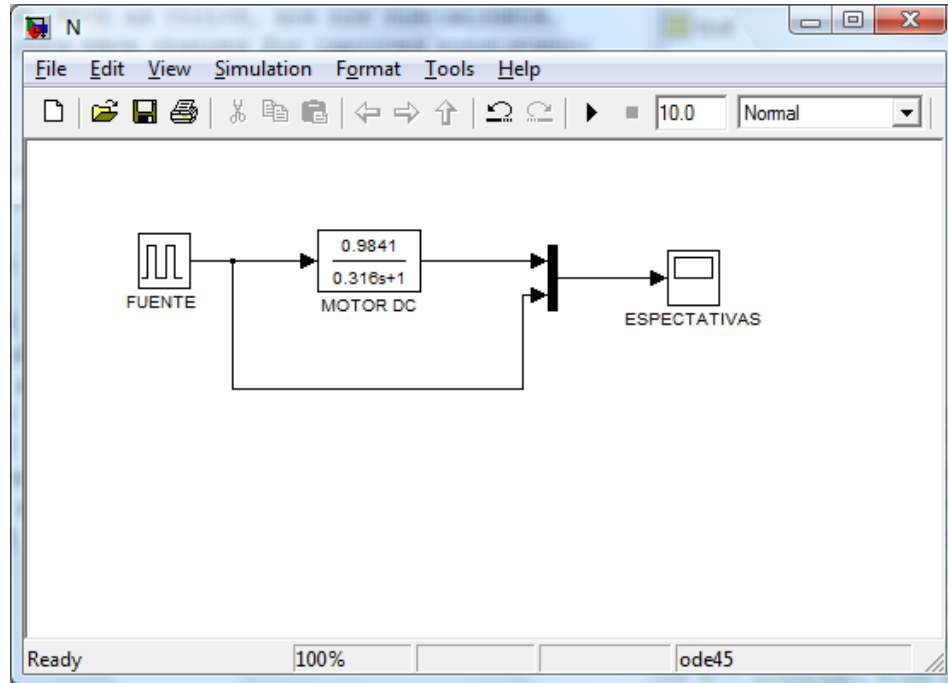


Figura 14. Modelo matemático de motor DC.

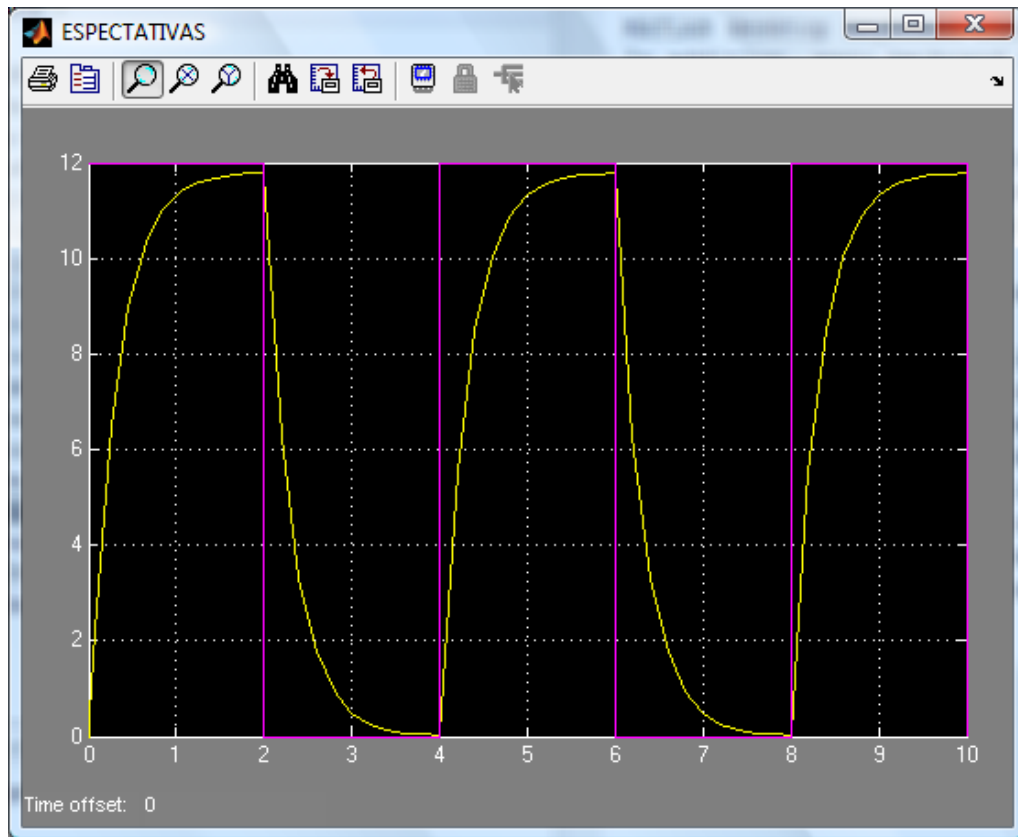


Figura 15. Resultados de funcionamiento de motor DC.

En la gráfica anterior se puede apreciar un resultado del funcionamiento del motor DC, donde se concluye que los motores con las características como se describen en la tabla 5, son aptos para que se los pueda implementar en el proyecto de tesis.

Un electroimán contactor encargado de generar un movimiento de vaivén para el accionamiento de la horquilla de embrague, por lo que se utiliza un contactor con las siguientes características:

Tabla 3. Características de Electroimán contactor

Fuente: Manual de productos Bosch

Tensión Nominal	12v
Tipo de movimiento	Vaivén
Recorrido de funcionamiento	4cm

Grupo de 8 relés los cuales se van a encargar de accionar a los motores de corriente continua, dependiendo de los requerimientos de funcionamiento y cada uno de estos relés deben ser capaces de resistir 10A en trabajo constante a plena carga, en el mercado se puede obtener relés de 12V y que resisten 30A que son lo suficientemente capaces de resistir las condiciones de trabajo de este prototipo.

La parte electrónica de este prototipo consta de una placa de control, la cual se va a encargar del procesamiento de datos después de recibir señales de entrada de cada uno de los diferentes sensores para luego procesarlas y por último brindar señales de control que harán operar el sistema de embrague, el funcionamiento de esta sección está realizada con una fuente de 5V.

Considerando lo anterior, se planteó el uso del microcontrolador ATMEGA16A, el cual cubre todas las necesidades para el funcionamiento de este prototipo ya que consta de un número considerable de entradas y salidas de datos, número que satisface los requerimientos del prototipo y por ultimo un grupo de sensores que en este caso serán fines de carrera los cuales pueden ser usados para brindarnos las posiciones de cada uno de los elementos.

Una vez ya tomadas las parámetros necesarios para el funcionamiento del proyecto vamos a tomar las siguientes consideraciones para implementarlas en diseño y la construcción final de las placas de funcionamiento para no correr el riesgo de quemar el microcontrolador y porque no toda la placa de control.

- Recordando que los microcontroladores poseen tecnología CMOS, que quiere decir que consumen muy poca corriente pero son muy susceptibles a daños por estática, por tal razón se recomienda usar pinzas para manipularlo.
- Es recomendable usar un regulador de voltaje quien nos suministre exactamente 5V, con seguridades como un diodo zener de 5,1V.
- No sobrecargar los niveles de corriente tanto a la entrada como a la salida ya que recordando los datos que posee el datasheet de este microprocesador que nos brinda una corriente de 25mA por cada pin y que también soporta tan solo la misma cantidad de amperaje como se nombro anteriormente.

Con lo explicado anteriormente decimos que en la salida de un pin de este microcontrolador poseemos 5V, si es alimentado con 5V y con la corriente por lo general de un led que es de 15 Am para encenderlo con la suficiente claridad sin quemarlo deduciríamos la resistencia necesaria que es:

$$V = R \times I \quad [2]$$

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = 5/0,015$$

$$R = 333,33\Omega \approx 330\Omega$$

Donde:

V = Voltios (v)

R = Resistencia (Ω)

I = Intensidad de corriente (A)

Ahora se calcula la resistencia mínima para colocar pulsadores que en este proyecto serán usados como sensores de posición:

$$V = R \times I$$

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = 5/0,025$$

$$R = 200\Omega \approx 220\Omega$$

Esto quiere decir que la resistencia mínima a colocarse sería de 220Ω para encontrarse al límite de la capacidad que soporta el microcontrolador y tomando factores de seguridad para no poner en riesgo al microcontrolador es recomendable usar resistencias que van desde $1K\Omega$ hasta $10K\Omega$, así estaría trabajando tranquilamente con una corriente que va desde los 5mA hasta los 0,5mA respectivamente.

- Otro parámetro de seguridad con el fin de conservar y alargar la vida útil del microcontrolador es el de colocar un capacitor de $1\mu f$ en paralelo al microcontrolador, este podría evitar el mal funcionamiento cuando se activan relés como se puede apreciar en la figura.

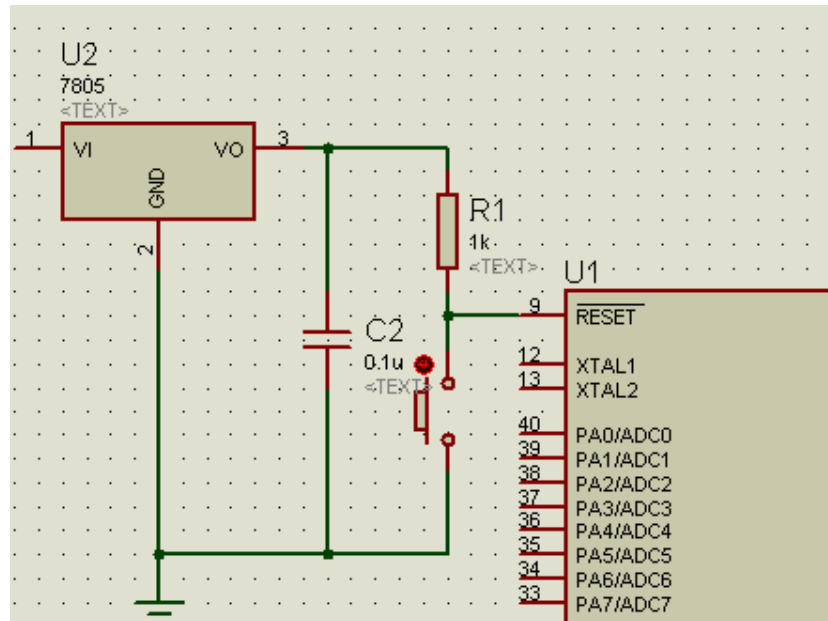


Figura 16. Instalación de modo seguro para microcontrolador.

- El uso de un oscilador de 4Mhz ya que el oscilador RC no es muy preciso, dado que si ponemos dos microcontroladores con el mismo programa que es de parpadear un led con un intervalo de un segundo alimentados con la misma fuente y arrancan al mismo tiempo después de unos minutos tienden a desigualarse, esto demuestra que la calibración interna no es la misma para todos los microcontroladores, por eso se coloca osciladores externos donde no se desigualaran porque son muy precisos.

En esta fase de control van a existir dos grupos de datos, los de selección de velocidad y los provenientes de las diferentes posiciones en que se encuentran las velocidades accionadas.

3.2 SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE EMBRAGUE ELECTROMAGNÉTICO

3.2.1 SIMULACIÓN DE LA SECCIÓN MECÁNICA

En la simulación del sistema de embrague electromagnético en forma virtual usando Solid Works 2010 se puede apreciar la factibilidad del prototipo por la libertad de los movimientos. Ya que el diseño se realizó en escala real la cual ayuda a simular el movimiento al cual va a estar sometido el prototipo, comprobando si realiza el trabajo esperado.

Simulación de sección de accionamiento de velocidades

En la Figura 17 se puede apreciar la simulación, donde están todos los componentes ensamblados. Tanto los dos motores DC, los eslabones que conforman el sistema y el accionador de velocidades.

Comprobando al final que en formato digital tenemos una simulación digital libre de trabas durante el funcionamiento, con base en esto se procede a la construcción y ensamble del prototipo en forma real. Los planos se los puede apreciar en el Anexo 2.

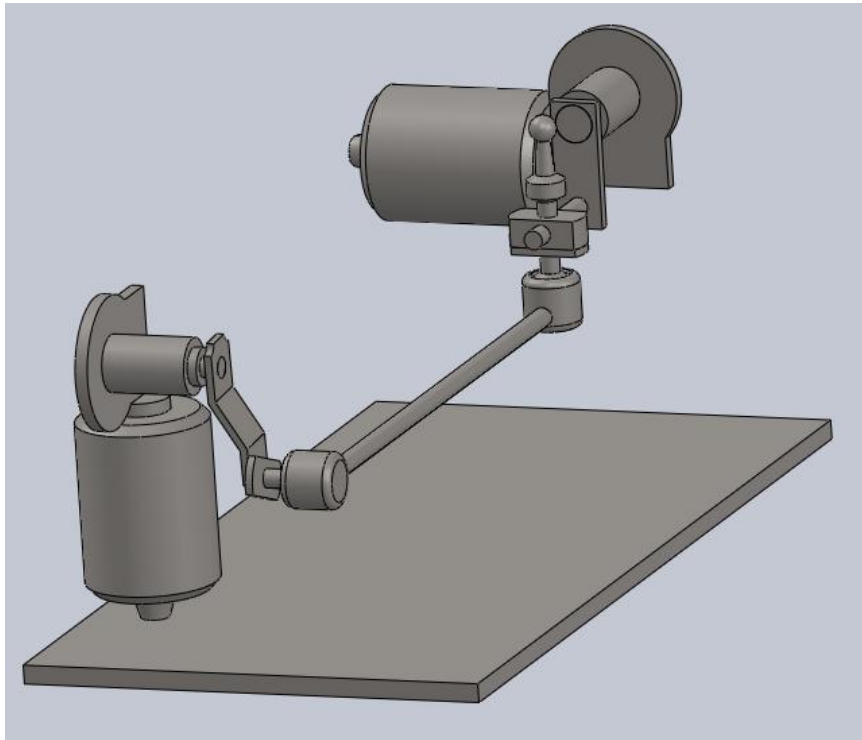


Figura 17. Mecanismos de accionamiento de velocidades.

Una vez obtenidos los resultados de simulación digital del sistema mecánico finalizara con un modelo matemático que se obtiene en Matlab 2010 como se puede apreciar en la siguiente figura 18:

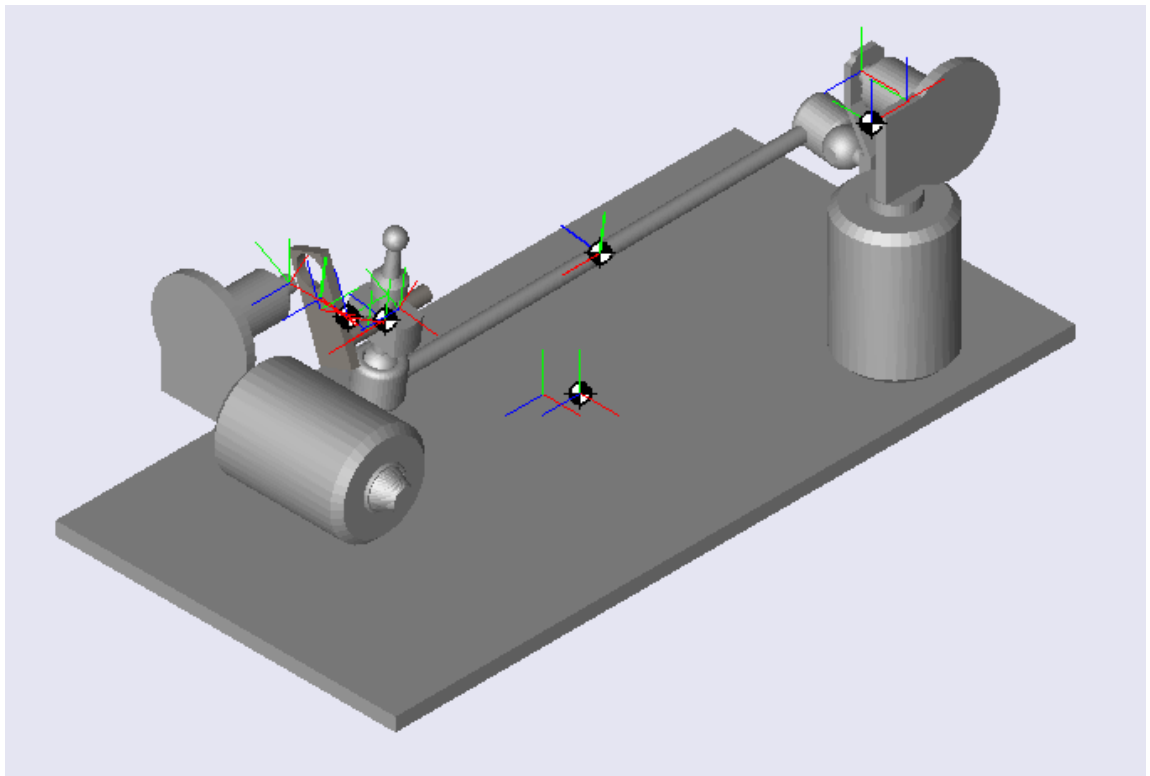


Figura 18. Sistema mecánico en forma virtual.

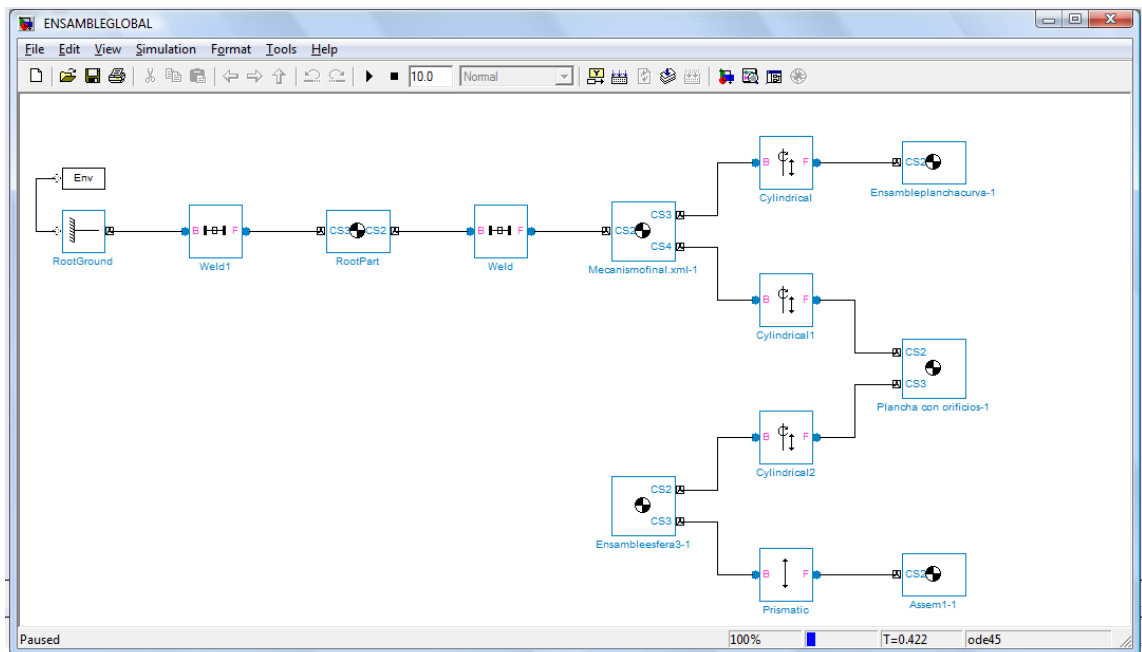


Figura 19. Diagrama de bloques de sistema mecánico.

3.2.2 SIMULACIÓN DE CONTROL

Dado que se necesita de un pre diseño para comprobar el funcionamiento de todos los parámetros de entrada y salida de datos, se usa una aplicación para el diseño digital y la simulación del prototipo. El resultado de la simulación digital provee del siguiente circuito (Figura 20).

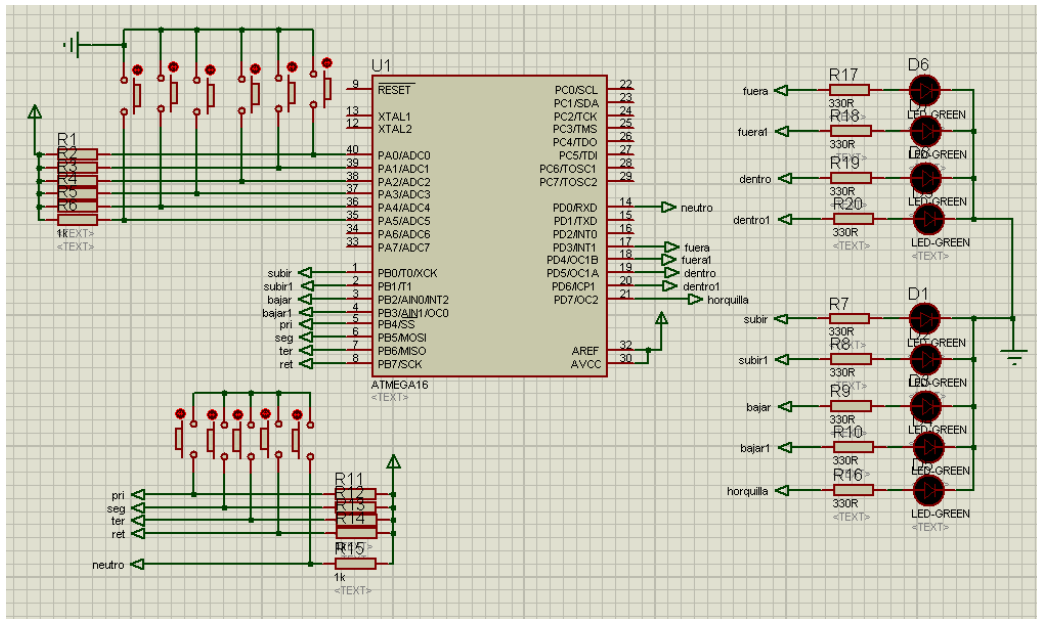


Figura 20. Resultado de simulación de circuito de control.

Donde, los pines PA0 hasta PA5 (Puerto A) son las referencias de posición de cada uno de los motores; es decir, que velocidad está accionada. Los pines PB0, PB1, PB2, PB3, PD3, PD4, PD5, PD6 y PD7 (de los puertos B y D) son las salidas que controlan el movimiento de cada uno de los motores de accionamiento y el electroimán contactor. A través de los pines PB5, PB6, PB7 y

PD0 se envían las señales de preferencia o requerimiento de funcionamiento por parte del conductor.

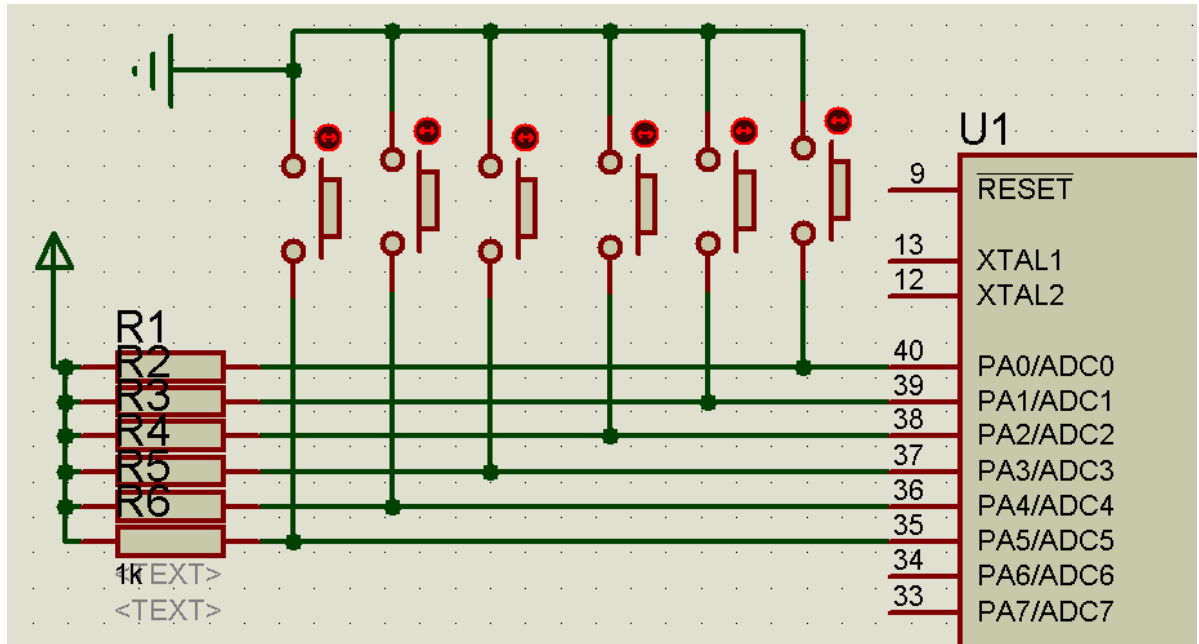


Figura 21. Apreciación de simulación de sensores posicionadores

La figura 21 ilustra en forma digital los requerimientos de los sensores de posición de los dos motores que existen en este proyecto de tesis, cada uno de estos sensores que son fines de carrera tiene una posición ya determinada establecida por el software implementado como se lo puede apreciar en el anexo 1.

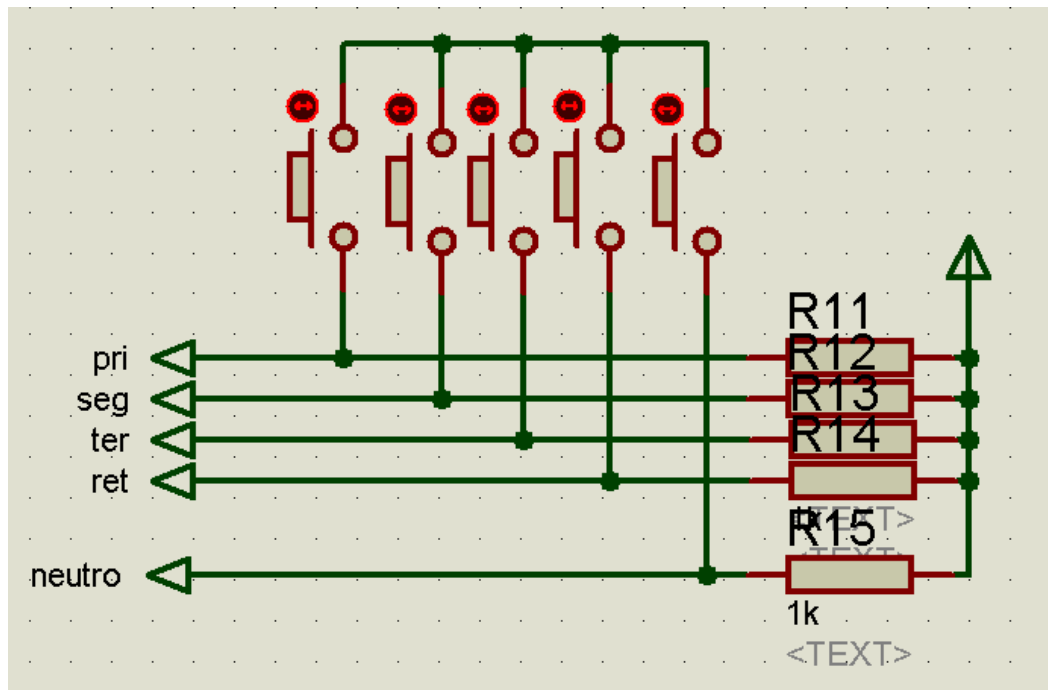


Figura 22. Apreciación de sensores selectores

En la figura 22 se encuentran de una forma digital también los selectores de velocidades, los mismos que tienen su posición determinada para cada una de las velocidades.

Ahora después de lo explicado en las figuras 21 y 22 debe ser enviada esta información al microcontrolador, luego de ser procesada con una lógica ya establecida se envía una nueva información a los diferentes actuadores para accionarlos, que en este caso van a ser actuadores de simulación, como se puede apreciar en la figura 23.

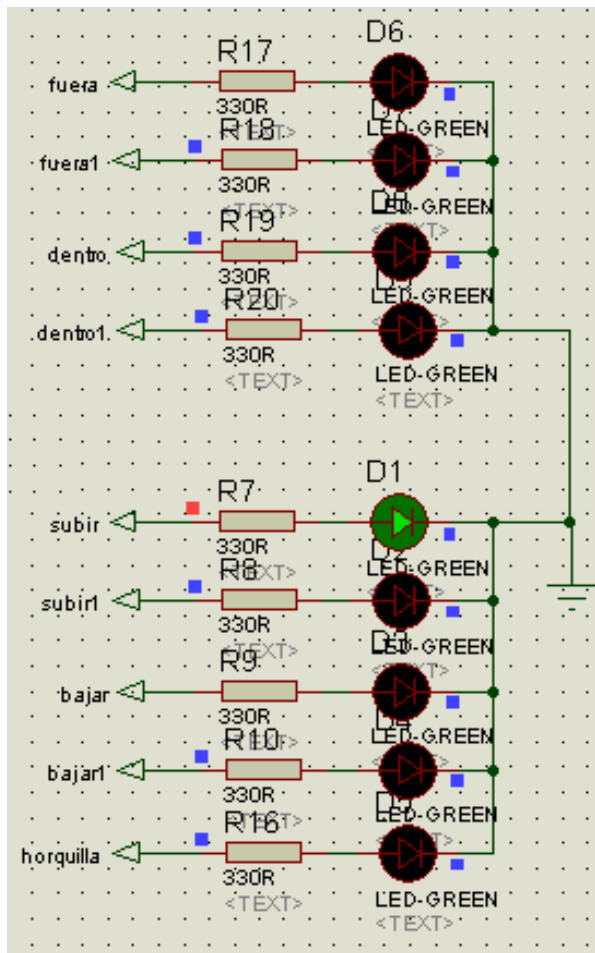


Figura 23. Simulación de accionadores de relés

3.2.3 DISEÑO SIMULTÁNEO DE LOS COMPONENTES MECATRÓNICOS DEL PROYECTO

Este prototipo se puede dividir en dos secciones con diferentes movimientos, una de las secciones es la encargada de accionar cada una de las diferentes velocidades que ya posee la caja de cambios, para brindar un trabajo de accionamiento desde el punto mecánico tiene dos grados de libertad.

La segunda sección es la encargada de suministrar un movimiento para el accionamiento de la horquilla la cual separara el movimiento brindado por el

motor a la caja de cambios, esta sección vista desde el punto mecánico posee un grado de libertad para que lleve a cabo su trabajo de accionamiento.

Selección de materiales

La construcción de este prototipo debe ser subdividido acorde a cada una de las partes que conforman el sistema, razón por la cual se las enumera a continuación a cada una de ellas, especificando que clase de material y forma que va adquiriendo según las necesidades de trabajo:

Soportes para motores DC

El material de los soportes debe tolerar y resistir torques generados por parte de los motores de corriente continua y por el electroimán, además debe ser capaz de tomar la forma para poder acoplarse al motor y se ensamblado en la estructura del sistema, por esta razón se usan platinas de 18mm de ancho y 3mm de grosor, las estructuras deben tener la forma de jaula sujetándola a la estructura externa original de la caja de cambios por medio de pernos m8 de paso de rosca 1,25mm con una longitud de 2cm.

Soporte para electroimán contactor

La estructura de este soporte debe brindar una resistencia al impacto, ya que el electroimán contactor tiende a halar a la horquilla de embrague durante su tiempo de trabajo, razón por la cual se la construyó también con una platina de 18mm de ancho por 3mm de grosor, sujetándola con pernos m8 de paso de rosca 1,25mm con 2cm de largo.

Eslabones

El prototipo posee tres eslabones, dos de los cuales están ligados entre sí en conjunto de un motor DC para brindar uno de los dos movimientos del accionamiento de velocidades. El otro eslabón en cambio trabaja también en conjunto con el otro motor DC, brindándonos el otro movimiento para el accionamiento de velocidades.

Como la función de dos eslabones es transformar el movimiento circular en movimiento lineal (se comportan como bielas) han sido fabricados de platinas 20mm de ancho con un espesor de 6mm con una longitud en base al diseño digital.

El tercer eslabón viene a comportarse como una extensión entre el motor DC y el sistema de accionamiento. Está fabricado de una varilla de 8mm de grosor con un par de rótulas incorporadas a los extremos, con el fin de que brinde una movilidad libre de trabas.

4. DESARROLLO DEL PRODUCTO MECATRÓNICO

Aquí establecemos la sistematización del proceso de construcción mediante un diagrama de bloques.

4.1 CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE EMBRAGUE ELECTROMAGNÉTICO

A continuación se puede apreciar el diagrama de bloques general que comprende el sistema completo de embrague electromagnético.

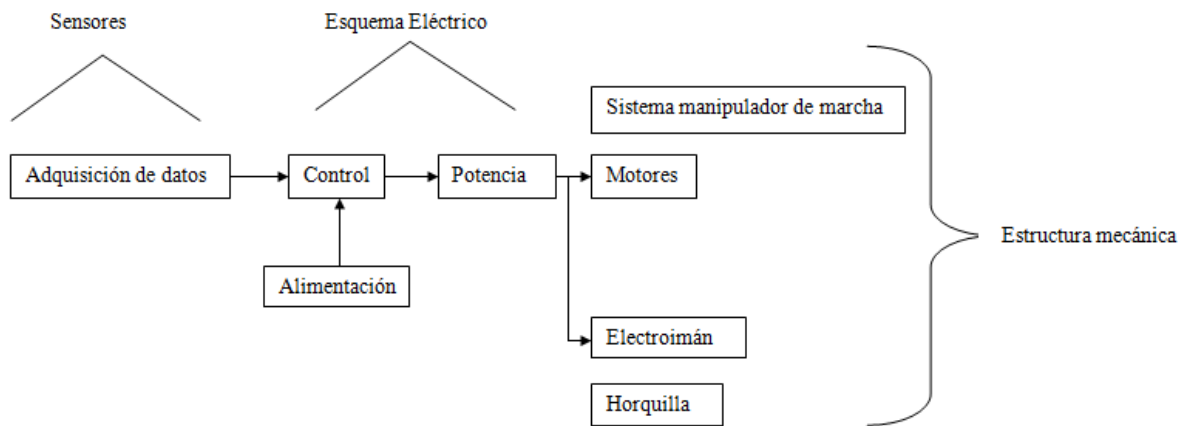


Figura 24. Diagrama de bloques de sistema de embrague electromagnético

Donde los sensores (bloque de adquisición de datos) enviarán la información de la posición de las diferentes referencias de funcionamiento del prototipo al bloque de control, que serán procesadas por el programa, para luego enviarlos hasta el bloque de potencia para accionar a los motores DC y al electroimán contactor, obteniendo así el funcionamiento general del sistema.

El desarrollo de las secciones nombradas anteriormente se las describe a continuación:

4.1.1 IMPLEMENTACIÓN ELÉCTRICA

El sistema eléctrico se lo ha dividido en las siguientes partes:

- Control
- Obtención de datos
- Potencia

4.1.1.1 CONTROL

Esta parte de control se caracteriza por recibir señales de entrada proveniente de los selectores de velocidad y sensores de posición, los cuales van a ser procesados mediante un programa (que está funcionando dentro del microcontrolador) elaborado para este prototipo, una vez procesados estos datos serán enviados a un segundo nivel de potencia conformado por relés.

Placa de control

Para la implementación del circuito de control se necesitan los siguientes elementos, los cuales han sido determinados previamente en los parámetros de diseño:

- Microcontrolador ATMEGA16.
- Dos ULN2003.
- UnL7805CV.
- Juego de borneras (conexiones a periféricos de control y toma de datos).
- Dos resistencias de 330 Ω .
- 20 resistencias de 1 K Ω .
- Dos capacitores de 22 pF.
- Un cristal de 4 MHz.
- Un botón pulsador.

Para llegar a la elaboración de la placa que se presenta a continuación en la figura 25, se realizaron procesos de tratamientos como son el diseño total en ISIS profesional para luego enviarlo a Ares y finalmente obtenemos la placa final, los tratamientos descritos anteriormente se los puede apreciar en el anexo 3.

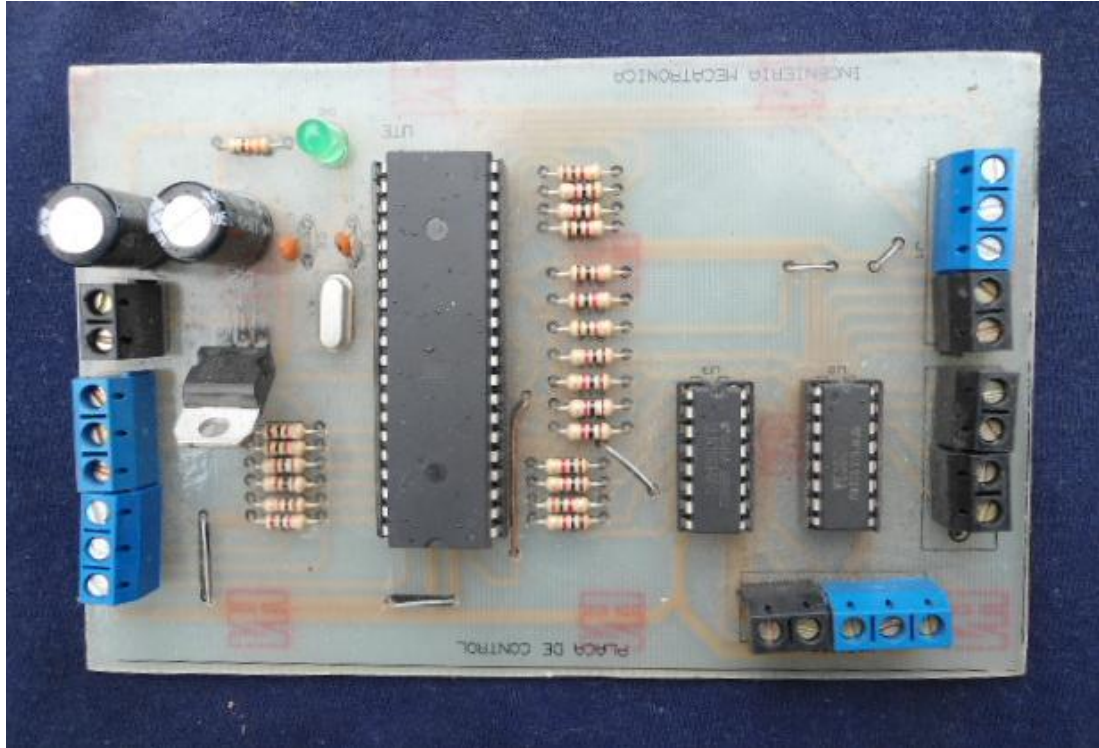


Figura 25. Placa real de control.

4.1.1.2 OBTENCIÓN DE DATOS.

Los datos son obtenidos a través de:

- Placa selectora de velocidades
- Sensores de posición de marcha

4.1.1.2.1 Placa selectora de velocidades

Esta placa provee de las diferentes señales de cada una de las velocidades que posee la caja de cambios, las señales adquiridas en esta placa son enviadas a la placa de control para que sean procesadas.

Una fotografía del circuito implementando todos los componentes de esta placa se aprecia en la Figura 26.

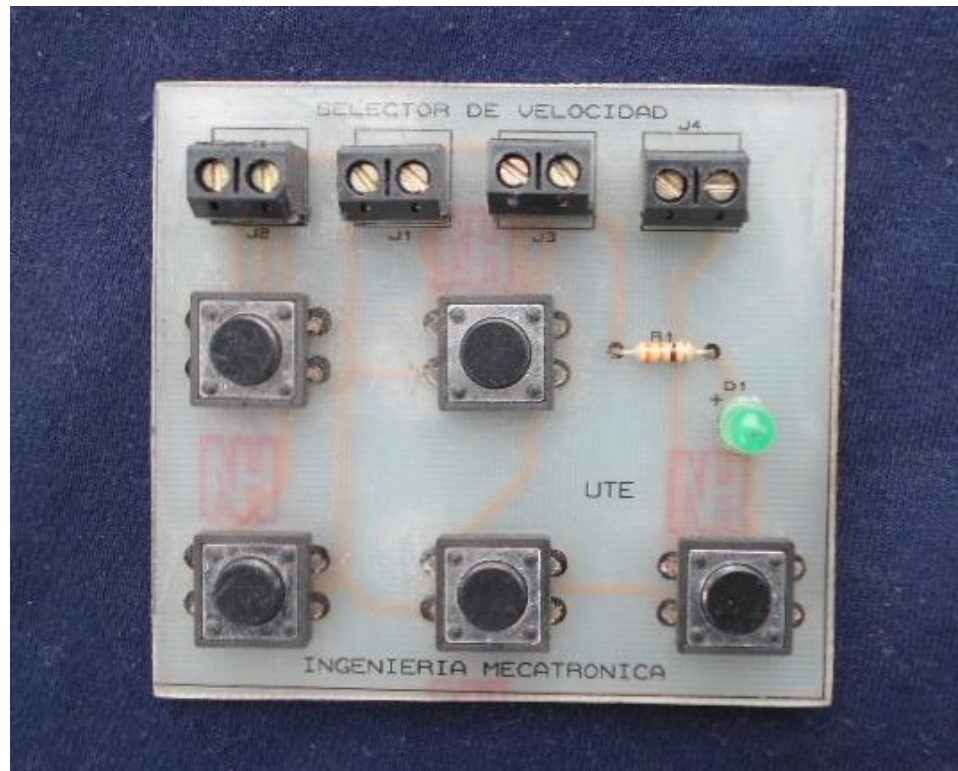


Figura 26. Placa selectora de velocidades.

4.1.1.2 Sensores de posición de velocidades

Para la determinación de la posición de velocidad se utilizan sensores de fin de carrera (Figura 27) que están ubicados en lugares ya determinados por las diferentes velocidades.



Figura 27. Sensor fin de carrera.

4.1.1.3 POTENCIA

La sección de potencia está basada en la incorporación de nueve (9) relés con bobinas de 12V, los cuales están gobernados por la placa de control, los contactos están conectados con cada uno de los motores y con el electroimán contactor.

Para el funcionamiento de los motores se implementa la configuración de Puente en H.

Un circuito Puente en H, permite a un motor eléctrico DC girar en ambos sentidos o bien avance o bien retroceso. La configuración del circuito se lo puede apreciar en la Figura 28.

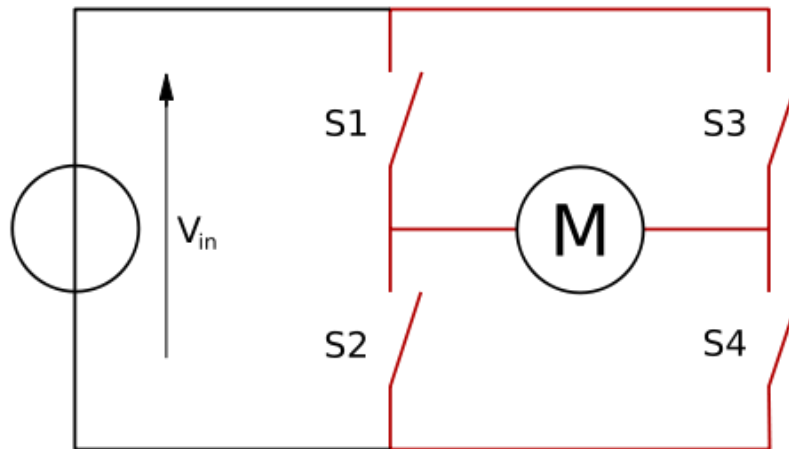


Figura 28. Circuito Puentes H.

El término "Puentes H" proviene de la típica representación gráfica del circuito. Un puente H se construye con cuatro (4) interruptores. Cuando los interruptores S1 y S4 están cerrados y, S2 y S3 abiertos se aplica una tensión positiva en el motor como se puede apreciar en la Figura 29a, haciéndolo girar en un sentido. Abriendo los interruptores S1 y S4, y, cerrando S2 y S3, el voltaje se invierte, permitiendo el giro en sentido inverso del motor como se puede apreciar en la Figura 29 (B).

Los interruptores S1 y S2 nunca podrán estar cerrados al mismo tiempo, porque esto ocasionaría un corto circuito a la fuente de tensión, lo mismo sucedería con S3 y S4.

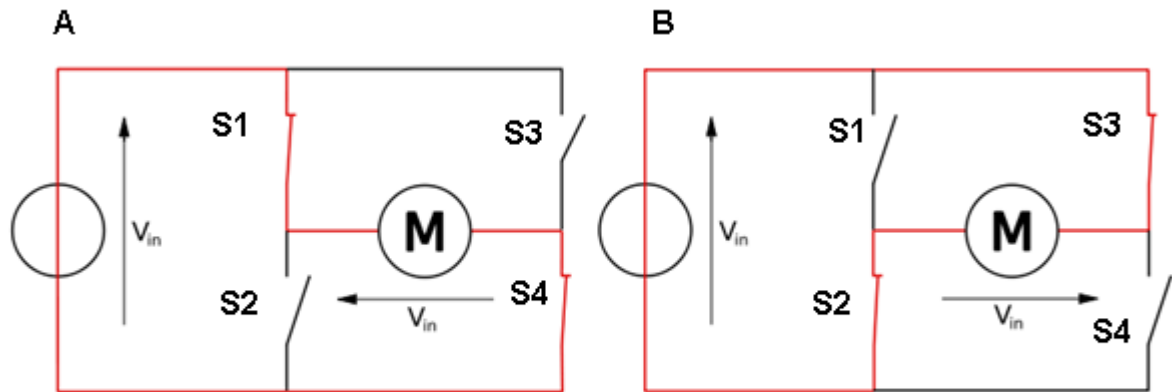


Figura 29. Fases de trabajo con el puente H.

En el presente trabajo, cuatro (4) relés conforman el primer puente H, que es utilizado en el motor de accionamiento de velocidades, los otros cuatro (4) relés (son usados para el accionamiento del motor), que realizan el desplazamiento intermedio y el último relé permite accionar el electroimán contactor.

4.1.2 PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR

El programa desarrollado exclusivamente para este prototipo posee el siguiente diagrama de flujo:

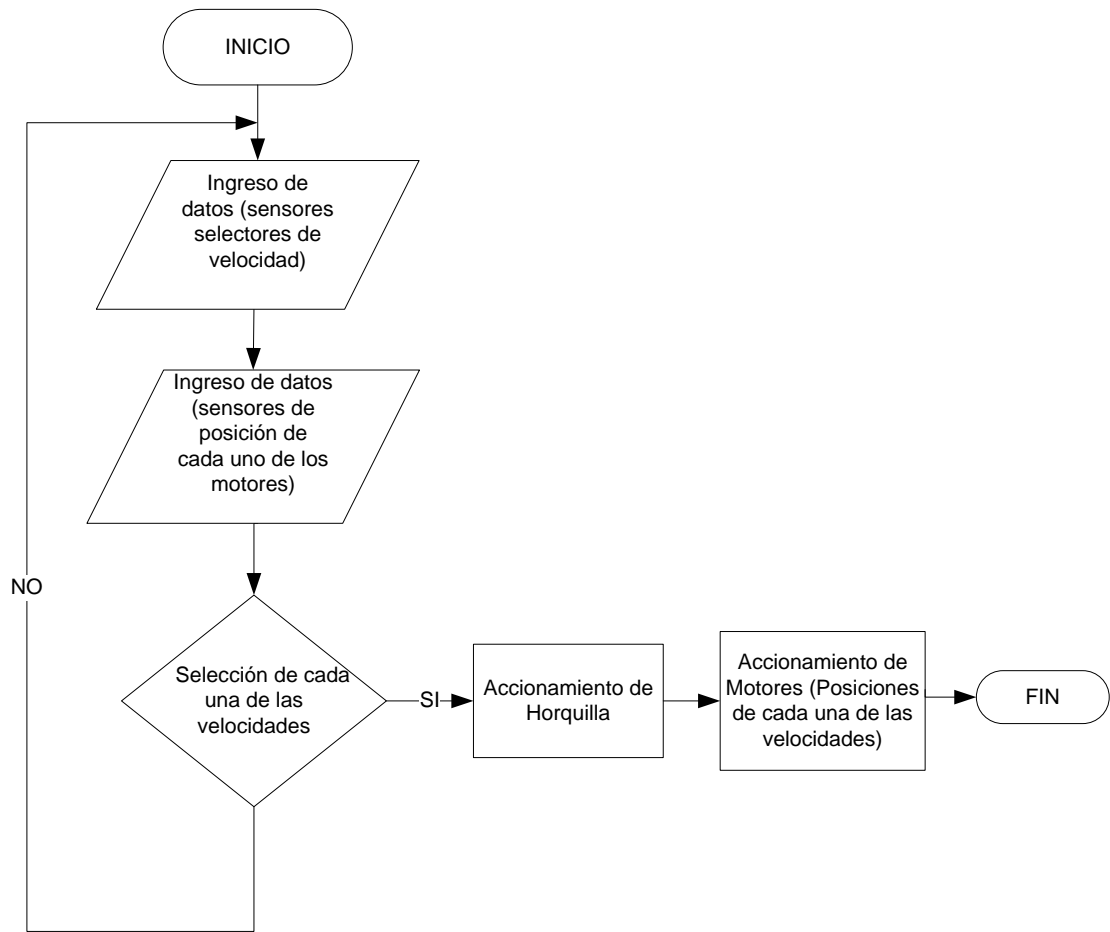


Figura 30. Flujo grama de sistema de embrague electromagnético.

Basado en el diagrama de flujo de la Figura 30, se puede describir el funcionamiento del prototipo de embrague electromagnético. Cuando inicializa el funcionamiento del sistema lo primero que obtenemos son datos tanto del selector de velocidades y de la posición de cada uno de los motores que son conseguidos mediante sensores, una vez obtenidos los datos se hacen operaciones lógicas de comparación las cuales si son valederas pasan a accionar la horquilla y después de esperar un lapso de tiempo prosigue a accionar a los motores según la posición escogida, en cambio en el segundo

caso poseemos una retroalimentación en la cual se mantendrá hasta que se den las condiciones antes expuestas.

4.1.3 IMPLEMENTACIÓN MECÁNICA

La parte mecánica es dividida en dos secciones, que son:

- accionamiento de velocidades, y,
- accionamiento de horquilla.

4.1.3.1 SECCIÓN DE ACCIONAMIENTO DE VELOCIDADES

Soporte de motor DC para accionamiento de velocidades

Este soporte ha sido fabricado a fin de satisfacer la necesidad de apoyo del motor DC (encargado del accionamiento de velocidades), que tiene la forma mostrada en la Figura 31 para que pueda sujetarse en la caja de velocidades.



Figura 31. Soporte de motor DC para accionamiento de marchas.

Soporte de motor DC para accionamiento intermedio de velocidades

El soporte para este motor es fabricado donde la parte inferior del motor DC es anclado a un soporte, como se lo puede apreciar en la Figura 32.



Figura 32. Soporte número uno de motor DC para juego intermedio.

4.1.3.2 SECCIÓN DE ACCIONAMIENTO DE HORQUILLA

El soporte que se muestra en la Figura 33 es el encargado de brindar una fijación al electroimán contactor a fin de que en el momento de su trabajo permanezca fijo para que el accionamiento de la horquilla esté completo.



Figura 33. Soporte de electroimán.

4.1.4 IMPLEMENTACIÓN DE ACCIONAMIENTO MECÁNICO

En el accionamiento mecánico se encuentran los dos motores DC, que brindan el movimiento para el accionamiento de cada una de las velocidades que ya posee el sistema original.



Figura 34. Motores DC para accionamiento.

En la Figura 35, se aprecia uno de los eslabones (graficados en forma digital) que conforma el sistema.

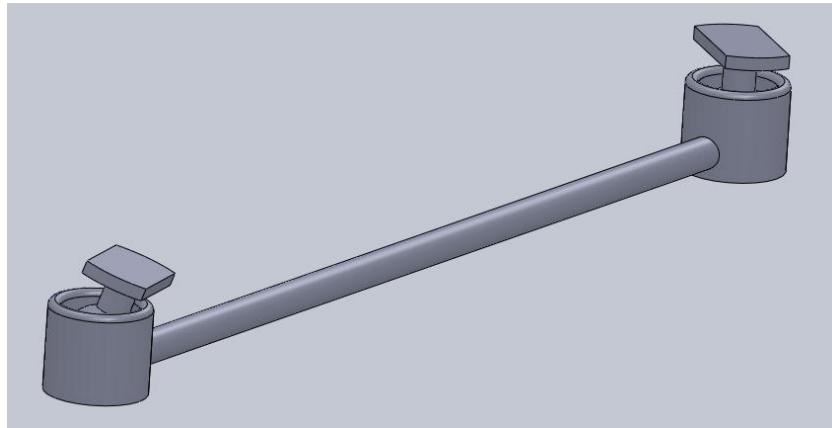


Figura 35. Eslabón extensión.

También se encuentran los otros dos eslabones que van a ser los encargados de transformar el movimiento giratorio circular (brindado por los motores) en un movimiento lineal, es decir que se van a convertir en dos brazos de biela como se los puede apreciar en las figuras 36 y 37.

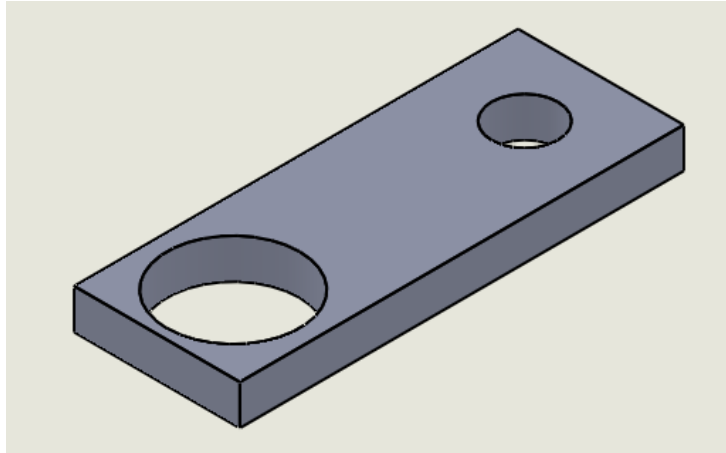


Figura 36. Eslabón para motor de accionamiento de velocidades.

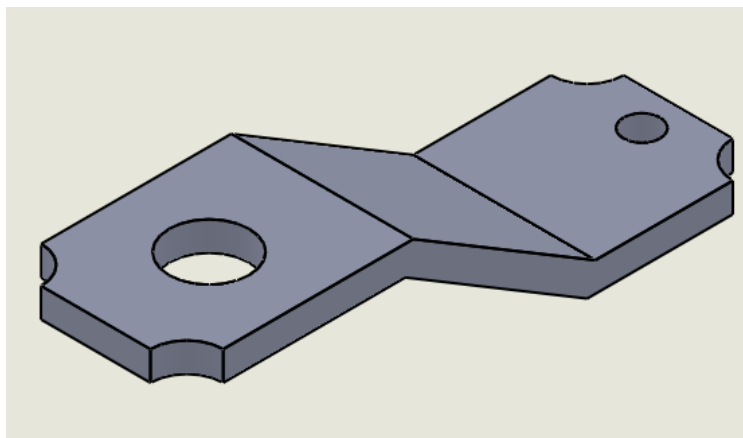


Figura 37. Eslabón para motor de accionamiento de juego intermedio.

4.1.5 RESULTADOS

Luego de desarrollar el prototipo del sistema de embrague electromagnético bajo los planos que se pueden observar en el Anexo 2, se obtuvieron los siguientes resultados:

- La sección eléctrica-electrónica como se la trabajo bajo simulación digital comprobando su correcto funcionamiento antes de llevar a cabo su armado en forma real no tuvo problemas.
- Gracias a las estructuras contenedoras de los motores, los sensores de posición de los motores fueron colocados en estas mismas obteniendo con esto posiciones exactas.
- Motores con desmultiplicadores de velocidad fueron los que hicieron que este prototipo lleve a cabo su función de trabajo, al medir el consumo de corriente se estableció que no superaba los 8 A, por consiguiente los relés no sufrieron ningún daño. La sección no tenía ningún problema ya que la conexión no se alteraba.

4.1.6 OPERACIÓN DEL SISTEMA DE EMBRAGUE ELECTROMAGNÉTICO

El prototipo de embrague electromagnético en su efecto final consigue el accionamiento de cada una de las velocidades que posee la caja de cambios de acuerdo a los requerimientos por el conductor.

Dos motores DC son los encargados de generar un movimiento, para operar el mecanismo de accionamiento de velocidades, ambos motores están asegurados a estructuras metálicas a fin de que permanezcan fijos. Para su operación se emplea un voltaje de 12V proporcionado por una batería usada en los automóviles normales.

Un electroimán contactor se encarga de accionar la horquilla de embrague, que permite separar el movimiento del cigüeñal y la caja de velocidades. Para su

operación se requiere una batería de 12V, está sujeto a una estructura con el fin de brindar rigidez sin pérdidas o movimientos inadecuados durante su funcionamiento.

Para el funcionamiento de los motores y electroimán, que conforman el circuito de potencia, se emplean nueve (9) relés, que son capaces de resistir suministros de corriente en plena carga cuando se encuentran funcionando. Donde ocho (8) tienen una capacidad máxima de 30A de corriente continua; con una configuración en puente H, y son los que permiten girar en dos sentidos a los motores y un relé encargado del accionamiento del electroimán.

Para el accionamiento del circuito de potencia se utiliza un circuito de control, que está constituido por un microcontrolador (ATMEGA16) que opera con 5 Vdc y con el correspondiente uso de elementos de seguridad, los cuales aseguran el funcionamiento del microcontrolador sin que adquiera algún corto circuito durante su funcionamiento.

Para que el circuito de control lleve a cabo su ciclo de funcionamiento fue incorporado en el microcontrolador un programa exclusivo para este prototipo el cual toma referencias de sensores de posición de cada uno de los motores y de un circuito de selección de velocidades.

Los principales componentes que conforman este prototipo se los puede apreciar a continuación:

Motores de corriente continua



Figura 38. Motor DC de accionamiento de velocidades.



Figura 39. Motor de accionamiento intermedio.

Eslabones



Figura 40. Eslabones de accionamiento.

Juego de relés



Figura 41. Uno de los relés de accionamiento de motores DC y del Electrocontactador.

Placas de control

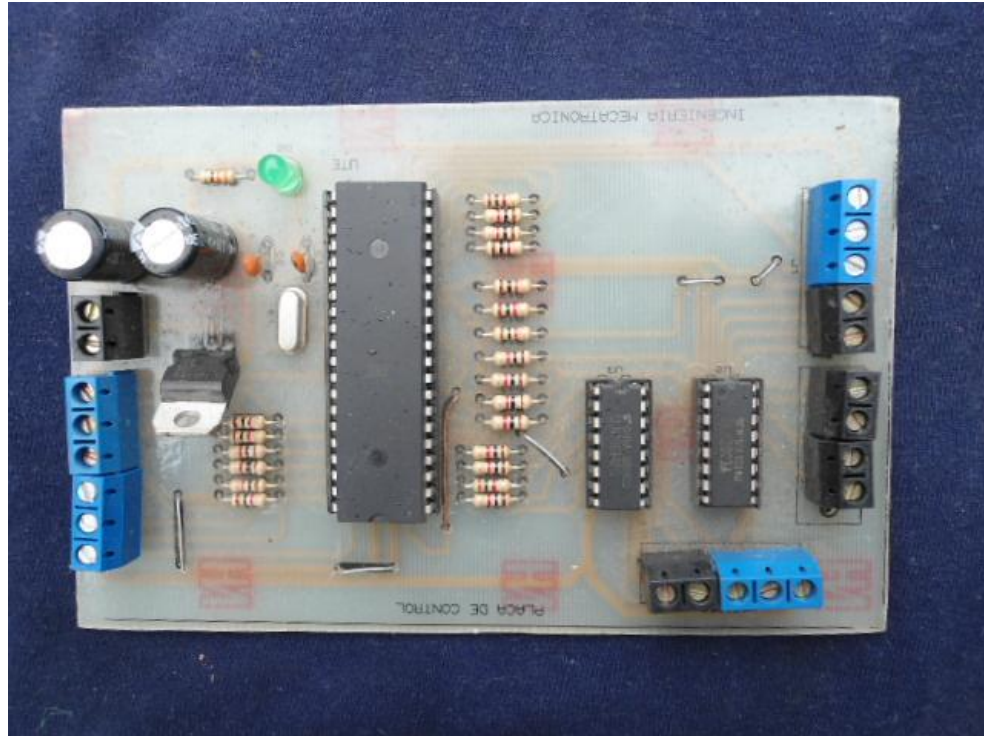


Figura 42. Placas de control del prototipo.

4.1.7 INSTALACIÓN

La forma de instalación del prototipo se realiza de la siguiente manera:



Figura 43. Motor DC, Sensor de posición y Estructura soporte.

El motor de accionamiento de velocidades debe ser acoplado con su plataforma soporte, y los sensores de posición deben ser puestos en su lugar como se puede apreciar en la figura 44.



Figura 44. Motor DC de accionamiento de velocidades ensamblado en el prototipo.

El motor debe ser ensamblado con su respectivo soporte en la estructura de la caja de velocidades, como se puede apreciar en la figura 45.



Figura 45. Vista general del prototipo.

El motor de accionamiento intermedio, para la selección de las otras velocidades tiene que ser acoplado con las dos estructuras o soportes que lo sujetan.

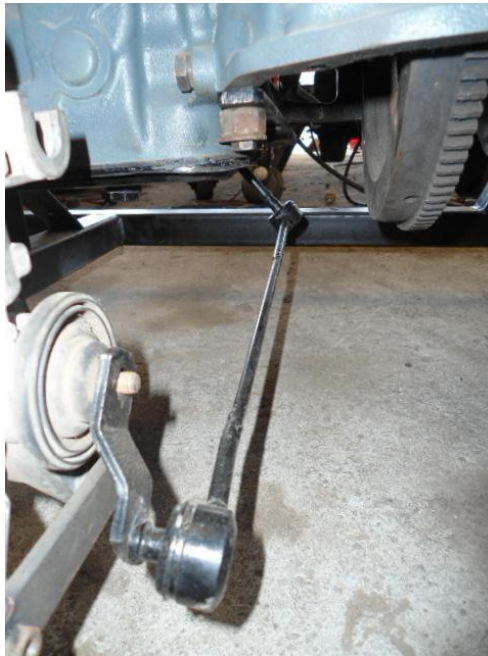


Figura 46. Vista inferior del prototipo.

Una vez acoplados los dos motores, en la parte inferior del motor de accionamiento intermedio debe ser conectado el eslabón de alcance (figura 46).



Figura 47. Vista del accionamiento de horquilla.

El electroimán contactor tan solo debe ser acoplado a la horquilla con el fin de que accione a la misma.



Figura 48. Uno de los relés para accionamiento de Motores DC.

Para la conexión del sistema eléctrico de potencia se utilizan la configuración de puente H, donde basados en la numeración de configuración del microcontrolador ATMEGA16 (Figura 3), donde los pines de conexión PB0 yPB1 son los encargados de accionar en orden de subida a los relés del motor

de accionamiento de velocidades y los pines de conexión PB2, PB3 son los encargados de accionar a los relés para brindarnos el sentido de giro contrario.

También basándonos en la Figura 3, donde obtenemos la configuración de los pines de conexión PD3, PD4 que son los encargados de accionar los relés para suministrar un movimiento de salida para el motor de accionamiento intermedio para las otras velocidades y los pines de conexión PD4, PD5 son los encargados de accionar los relés para permitir el giro en sentido contrario.

Y por último tenemos el pin de conexión PD7, a través del cual se activa el relé que acciona la horquilla de embrague.

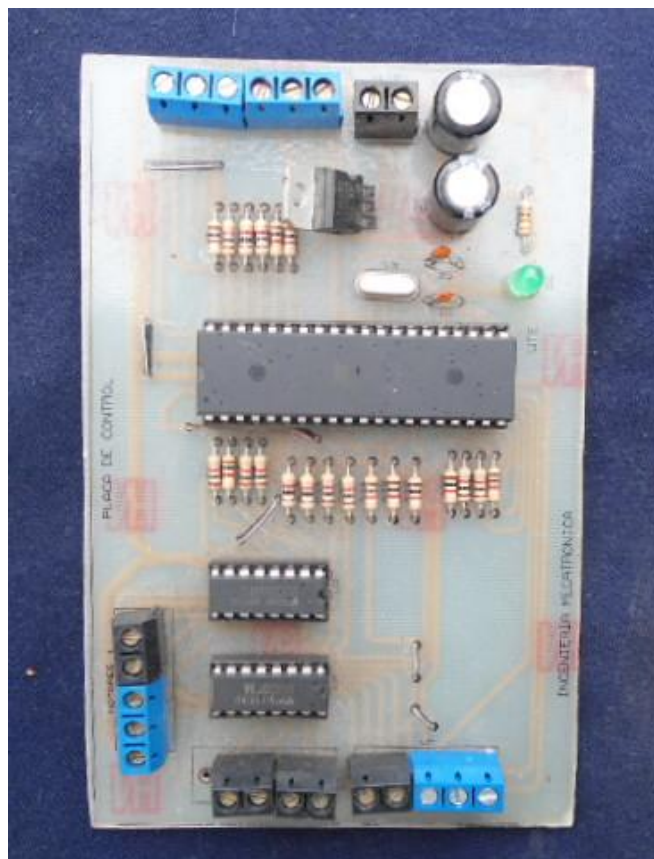


Figura 49. Vista de placa de control

Al cumplir este procedimiento de ensamble se consigue el funcionamiento del sistema de embrague electromagnético.

4.1.8 FUNCIONAMIENTO

La forma de uso del proyecto de tesis se la describe a continuación:

1. Al iniciar el funcionamiento del vehículo, es decir desde que la llave de accesorios adquiere la posición ON, todo el sistema empieza a trabajar censando las posiciones iniciales en donde se quedó accionado el sistema, algo muy importante para destacar es que si en el momento que empieza a trabajar el sistema se detecta que se quedó en alguna velocidad activada, automáticamente se desembraga el sistema con el fin de que el accionamiento de velocidad quede neutralizado.
2. Una vez accionado el sistema, a continuación se selecciona a manera de una conducción típica de un automóvil con un sistema mecánico la velocidad de acuerdo a los requerimientos de funcionamiento dados por el conductor.
3. Una vez escogida la velocidad se pone en marcha el vehículo, para seleccionar otra velocidad es necesario que sea elegida la posición de neutro para que el sistema se posicione en sus coordenadas de partida y sepa donde tiene que dirigirse, toda velocidad necesita este procedimiento, siempre es el mismo seleccionador o sensor para que se lleve a cabo este proceso.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.2 CONCLUSIONES

- Cuando se hace la comparación entre el sistema mecánico de selección de velocidades y este prototipo, se pudo notar un pequeño retardo en la operación de accionamiento del cambio de marchas; lo que debe ser considerado por el conductor del vehículo, quien debe anticipar ésta diferencia de tiempo, para evitar pérdidas de potencia al realizar el cambio.
- El sistema de control ésta diseñado para cumplir los parámetros de funcionamiento que se han considerado semejantes al accionamiento manual, esto es, desengranar una marcha, pasar por neutro y engranar otra marcha, que puede ser en orden creciente o decreciente, sin que éste proceso sea secuencial, es decir, se puede efectuar cambios de manera aleatoria, por lo tanto, es necesario incluir en otro trabajo, un control de revoluciones que impida contramarchas y sobre revoluciones.
- Este sistema puede ser implementado en cualquier tipo de vehículo ligero de tipo turismo, ya que los parámetros de diseño se han contemplado para éste tipo de vehículo. Los requerimientos de funcionamiento en vehículos pesados, por ejemplo, harían demasiado complejo el control dado el número de marchas que poseen, entre 8 a 54.

5.3 RECOMENDACIONES

- La circuitería de potencia podría ser mejorada implementando el uso de elementos tales como TRIAC, MOSFET, SCR entre otros, ya que estos elementos son capaces de resistir corrientes muy altas brindándonos precisión en los cambios de sentido de giro de los motores DC.
- La parte de control podría ser mejorada con la implementación de sensores de revoluciones con el fin de implementar la automatización de prototipo ya que con esto se podría conseguir un amortiguamiento del comportamiento del motor de combustión interna mejorando el confort de la conducción.
- La parte de control también podría ser mejorada en el accionamiento de velocidades, al emplear microcontroladores que poseen varios protocolos de comunicación como Bluetooth, infrarrojo o radio frecuencia, etc.

BIBLIOGRAFÍA

- 1 Automatización de sistemas mecánicos aplicables para automóviles
Extraído el 4 de noviembre del 2009
[Http://www.wheelchairindia.in/F34744/automatic_clutch_system_for_car.html](http://www.wheelchairindia.in/F34744/automatic_clutch_system_for_car.html)
- 2 Automatización de sistemas mecánicos aplicables para automóviles
Extraído el 4 de noviembre del 2009
<http://www.indiamart.com/mobilityaids/automatic-clutch-system.html>
- 3 Martínez, H, (2000). Manual del automóvil (1ra ed.). Cultural
- 4 Boylestad, R, Nashelsky L. (2008). Introducción al análisis de circuitos (10ma ed.). Prentice Hall.
- 5 Boylestad, R, Nashelsky L. (2003). Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos (8va ed.). Prentice Hall.
- 6 Cuesta G, (2000). Manual del automóvil: electricidad, accesorios y transmisión (Ed. 2000).Cultural, S.A
- 7 Cuesta G, (2003). Camiones y vehículos pesados: Transmisión, Chasis y equipo eléctrico (Ed. 2000).Cultural, S.A
- 8 Montalvo W, (2009). Electrónica de potencia (Ed. 2009), SECAP
- 9 Mott, R. (2006). Diseño de elementos de maquinas (4ta ed.). Prentice Hall.
- 10 Muhammad R, (2004). Electrónica de potencia (3ra ed.). Prentice Hall.
- 11 Corrales S, (2006). Electrónica practica con microcontroladores PIC (Ed. 2006). Imprenta Grafica.
- 12 Gizmo, *El ABC de la meca trónica-STEREN*. Posteadó En: De Todo, (Ed. 4 El Universo Digital del IBM PC, AT y PS
- 13 Concepto de elementos que conforman un sistema de embrague.
Extraído el 11 de Noviembre del 2009

<http://jbravojesus.blogspot.com/2005/08/sistemas-de-embrague.html>

- 14 Concepto de elementos que conforman un sistema de embrague. Extraído el 11 de Noviembre del 2009
<http://canbus.galeon.com/transmision/embrague1.htm>
- 15 Cómo funciona el sistema de embrague. Extraído el 11 de noviembre del 2009.
<http://pdf.rincondelvago.com/el-embrague.html>

ANEXOS

Anexo 1. Programa de control para Sistema de embrague electromagnético.

'PROGRAMA DE CONTROL PARA EMBRAGUE ELECTROMAGNÉTICO

```
$regfile = "M16DEF.DAT"  
$crystal = 1000000
```

```
Ddra = 0  
Porta = 255  
Ddrb = &B00001111  
Portb = &B11110000  
Ddrd = &B11111110  
Portd = &B00000001
```

```
Sensor1 Alias Pina.0  
  Sensor2 Alias Pina.1  
Medioin Alias Pina.2  
Medioout Alias Pina.3  
  Sensor3 Alias Pina.4  
Sensorr Alias Pina.5  
  Neutro Alias Pind.0  
  Primera Alias Pinb.4  
  Segunda Alias Pinb.5  
  Tercera Alias Pinb.6  
  Retro Alias Pinb.7  
  Subir Alias Portb.0  
  Subir1 Alias Portb.1  
  Bajar Alias Portb.2  
  Bajar1 Alias Portb.3  
  Fuera Alias Portd.3  
  Fuera1 Alias Portd.4  
  Dentro Alias Portd.5  
  Dentro1 Alias Portd.6  
  Horquilla Alias Portd.7
```

Inicio:

```
If Primera = 0 And Medioin = 0 Then Goto Pri  
If Neutro = 0 And Sensor1 = 0 Then Goto Neutro1
```

```
If Segunda = 0 And Medioin = 0 Then Goto Seg  
If Neutro = 0 And Sensor2 = 0 Then Goto Neutro2
```

```
If Tercera = 0 And Medioin = 0 Then Goto Ter  
If Neutro = 0 And Sensor3 = 0 Then Goto Neutro3
```

If Retro = 0 And Medioin = 0 Then Goto Re
If Neutro = 0 And Sensor = 0 Then Goto Neutro4

Goto Inicio

Pri:

Set Horquilla
Waitms 800
While Sensor1 = 1
Set Bajar
Set Bajar1
Wend
Reset Bajar
Reset Bajar1
Waitms 800
Reset Horquilla
Return

Neutro1:

Set Horquilla
Waitms 800
While Medioin = 1
Set Subir
Set Subir1
Wend
Reset Subir
Reset Subir1
Waitms 800
Reset Horquilla
Return

Seg:

Set Horquilla
Waitms 800
While Sensor2 = 1
Set Subir
Set Subir1
Wend
Reset Subir
Reset Subir1
Waitms 800
Reset Horquilla
Return

```
Neutro2:  
Set Horquilla  
Waitms 800  
While Medioin = 1  
Set Bajar  
Set Bajar1  
Wend  
Reset Bajar  
Reset Bajar1  
Waitms 800  
Reset Horquilla  
Return
```

```
Ter:  
Set Horquilla  
Waitms 800  
While Medioout = 1  
Set Fuera  
Set Fuera1  
Wend  
Reset Fuera  
Reset Fuera1  
Waitms 300  
Gosub Externo  
Return
```

```
Externo:  
Do  
Set Subir  
Set Subir1  
Loop Until Sensor3 = 0  
Reset Subir  
Reset Subir1  
Waitms 800  
Reset Horquilla  
Return
```

```
Neutro3:  
Set Horquilla  
Waitms 800  
While Medioout = 1  
Set Bajar  
Set Bajar1  
Wend  
Reset Bajar
```

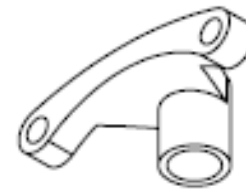
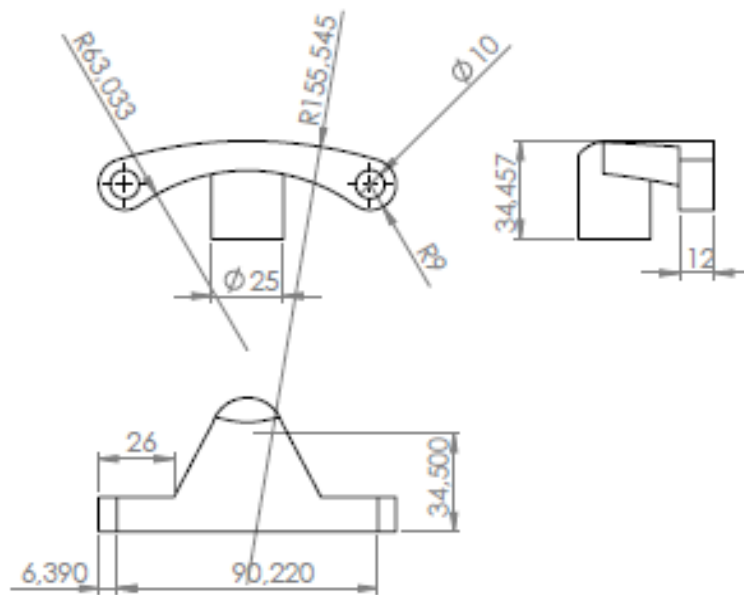
Reset Bajar1
Waitms 300
While Medioin = 1
Set Dentro
Set Dentro1
Wend
Reset Dentro
Reset Dentro1
Waitms 800
Reset Horquilla
Return

Re:
Set Horquilla
Waitms 800
While Medioout = 1
Set Fuera
Set Fuera1
Wend
Reset Fuera
Reset Fuera1
Waitms 300
While Sensor = 1
Set Bajar
Set Bajar1
Wend
Reset Bajar
Reset Bajar1
Waitms 800
Reset Horquilla
Return

Neutro4:
Set Horquilla
Waitms 800
While Medioout = 1
Set Subir
Set Subir1
Wend
Reset Subir
Reset Subir1
Waitms 300
While Medioin = 1
Set Dentro
Set Dentro1

Wend
Reset Dentro
Reset Dentro1
Waitms 800
Reset Horquilla
Return

Anexo 2. Planos del sistema de embrague electromagnético.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Ciencias de la Ingeniería

Ingeniería Mecatrónica

Autor:

EDWIN AYO

Tema:

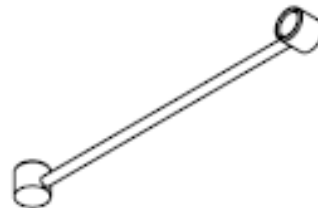
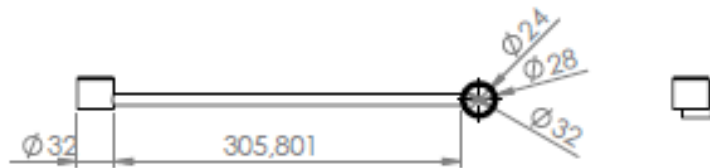
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE
EMBRAGUE ELECTROMAGNÉTICO

Medidas en mm

Escala: 1:2

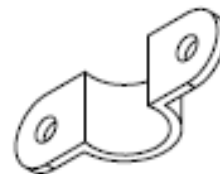
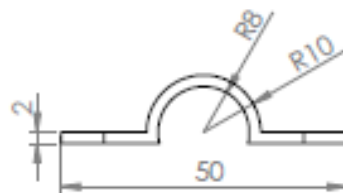
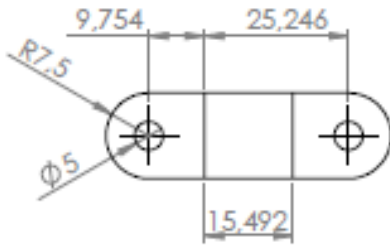
Título:

Diseño parte 1



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Ciencias de la Ingeniería		Ingeniería Mecatrónica
Autor: EDWIN AYO		Tema: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE EMBRAGUE ELECTROMAGNÉTICO
Medidas en mm	Escala: 1:5	Título: Diseño parte 2



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Ciencias de la Ingeniería

Ingeniería Mecatrónica

Autor:

EDWIN AYO

Tema:

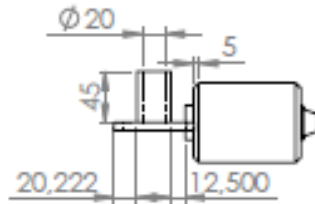
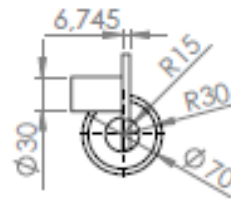
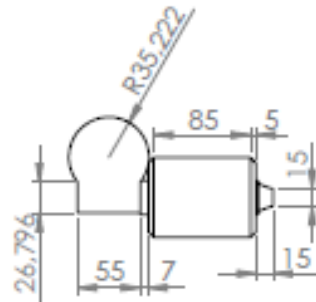
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE
EMBRAGUE ELECTROMAGNÉTICO

Medidas en mm

Escala: 1:1

Título:

Diseño parte 3



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Ciencias de la Ingeniería

Ingeniería Mecatrónica

Autor:

EDWIN AYO

Tema:

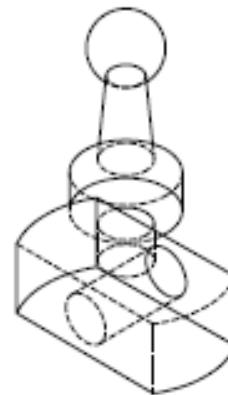
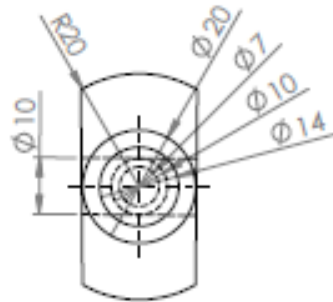
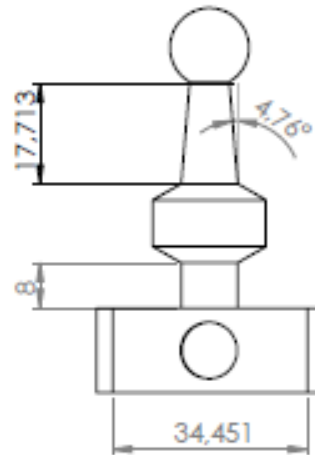
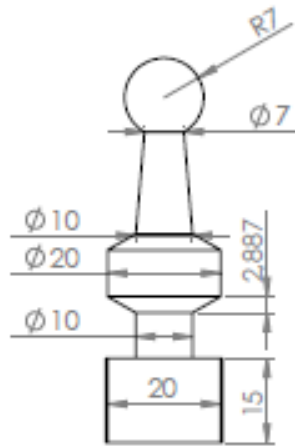
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE EMBRAGUE ELECTROMAGNÉTICO

Medidas en mm

Escala: 1:5

Título:

Diseño parte 4



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Ciencias de la Ingeniería

Ingeniería Mecatrónica

Autor:

EDWIN AYO

Tema:

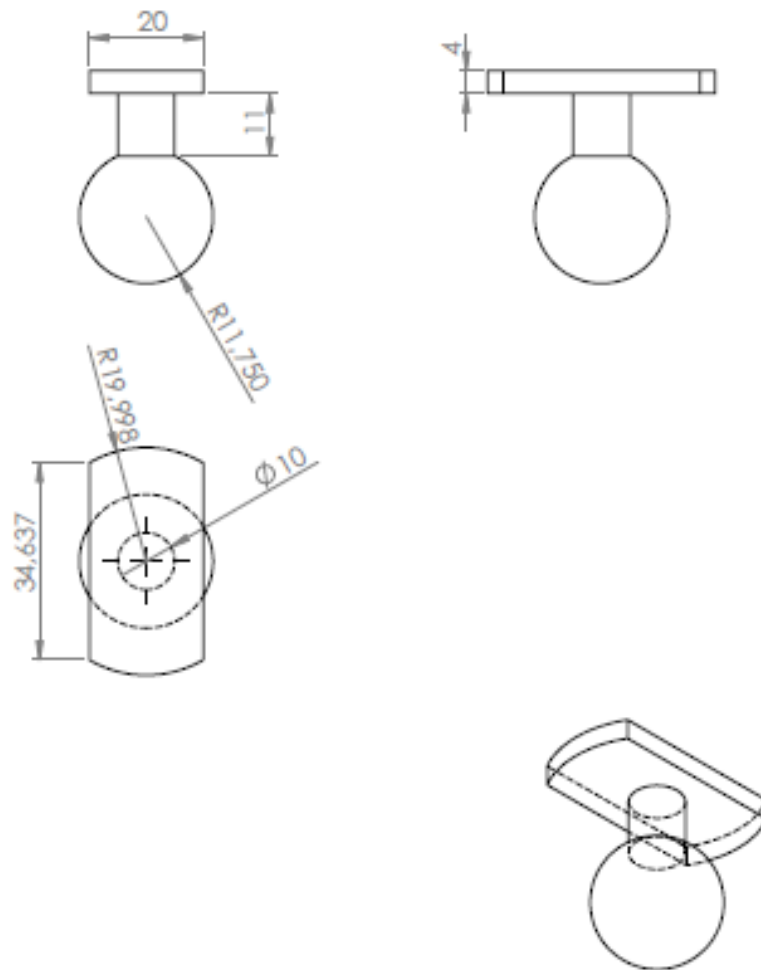
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE EMBRAGUE ELECTROMAGNÉTICO

Medidas en mm

Escala: 1:1

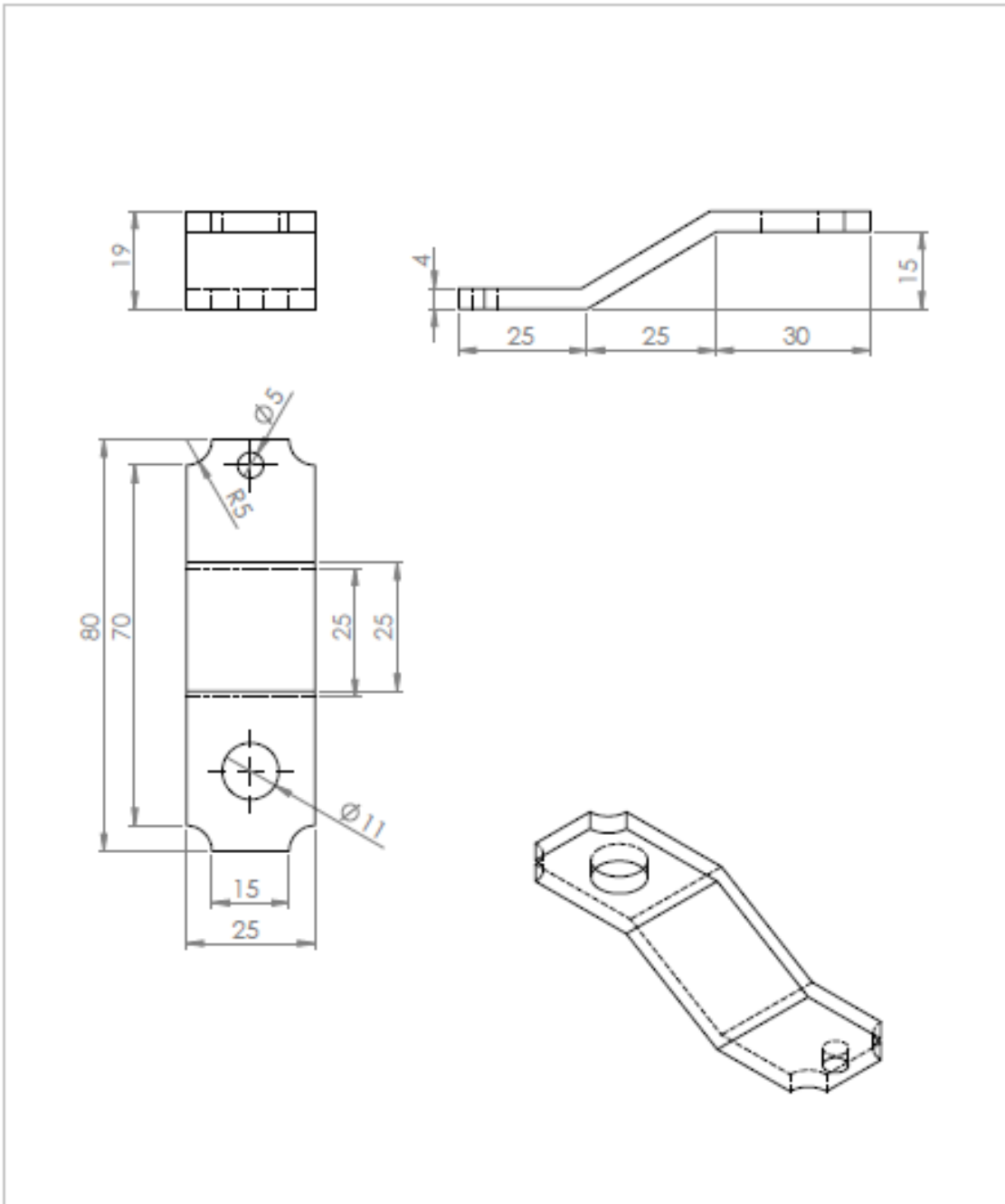
Título:

Diseño parte 5



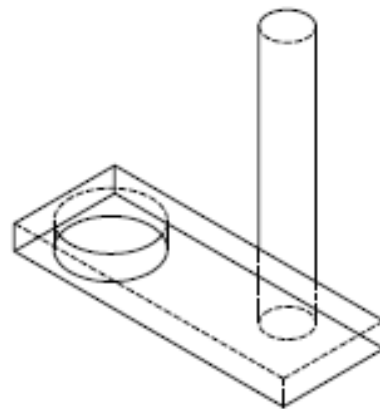
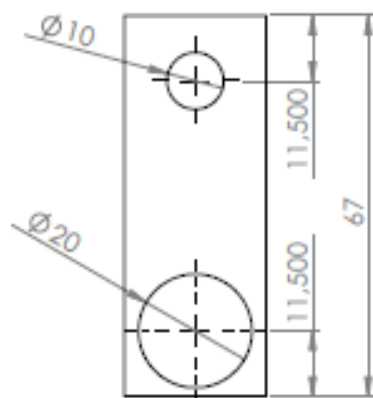
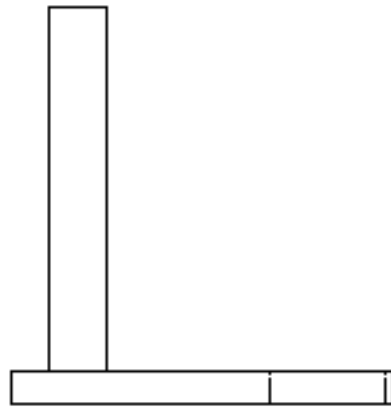
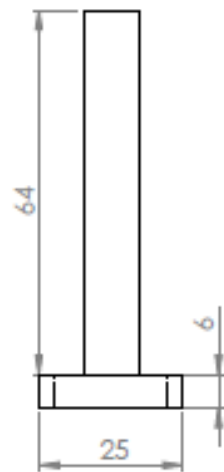
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Ciencias de la Ingeniería		Ingeniería Mecatrónica
Autor: EDWIN AYO		Tema: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE EMBRAGUE ELECTROMAGNÉTICO
Medidas en mm	Escala: 1:1	Título: Diseño parte 6



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Ciencias de la Ingeniería		Ingeniería Mecatrónica
Autor: EDWIN AYO		Tema: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE EMBRAGUE ELECTROMAGNÉTICO
Medidas en mm	Escala: 1:1	Título: Diseño parte 7



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Ciencias de la Ingeniería

Ingeniería Mecatrónica

Autor:

EDWIN AYO

Tema:

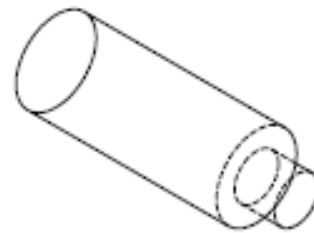
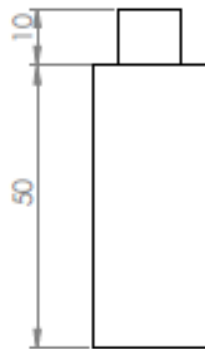
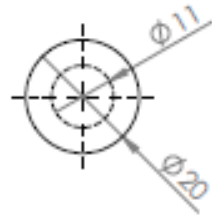
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE EMBRAGUE ELECTROMAGNÉTICO

Medidas en mm

Escala: 1:1

Título:

Diseño parte 8



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Ciencias de la Ingeniería		Ingeniería Mecatrónica
Autor: EDWIN AYO		Tema: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE EMBRAGUE ELECTROMAGNÉTICO
Medidas en mm	Escala: 1:1	Título: Diseño parte 9

Anexo 3. Planos para placas de control y adquisición de datos.

