

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ**

TESIS DE GRADO PARA LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO EN  
MECANICA AUTOMOTRIZ

“Diseño, construcción e implementación de un sistema electro – hidráulico para el accionamiento del embrague y mecanismo selector de marchas de una caja de cambios secuencial de una motocicleta”

FINKE BARRIGA HEINZ PATRICIO

HIDALGO MALDONADO ROBERTO PATRICIO

DIRECTOR DE TESIS: ING. CASTILLO ANDRÈS

2011

Quito, Ecuador

## CERTIFICACION

Yo, Finke Barriga Heinz Patricio declaro que soy el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la presente investigación serán de mi exclusiva responsabilidad.

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping, sweeping strokes that form a stylized representation of the name.

Finke Barriga Heinz Patricio

C.I: 172107307-8

Yo, Andrés Castillo declaro que, en lo que yo personalmente conozco, el señor Finke Barriga Heinz Patricio es el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal suya.

Andrés Castillo

Director

## CERTIFICACION

Yo, Hidalgo Maldonado Roberto Patricio declaro que soy el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la presente investigación serán de mi exclusiva responsabilidad.



Hidalgo Maldonado Roberto Patricio

C.I: 172010912-1

Yo, Andrés Castillo declaro que, en lo que yo personalmente conozco, el señor Hidalgo Maldonado Roberto Patricio es el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal suya.

Andrés Castillo

Director

Hago manifiestos mis agradecimientos más profundos y sentidos a esta prestigiosa universidad que me acogió durante el desarrollo de mi carrera. A sus autoridades que la dirigen con su entrega y sabiduría. Al señor decano y director de tesis Ing. Andrés Castillo.

Un agradecimiento especial al Ing. Efrén Coello que a pesar de sus múltiples ocupaciones, de forma muy generosa y noble nos ayudó en el desarrollo del proyecto. A mi compañero de tesis Roberto, con quien compartimos momentos difíciles y a la vez agradables en la realización de esta tesis.

*HEINZ FINKE*

Al finalizar esta tesis me doy cuenta que hubiese sido imposible llevarla a cabo, sin la participación de personas e instituciones que han colaborado conmigo a lo largo de mi carrera, a través de su ayuda económica, su cariño y estímulo, o brindándome la oportunidad de desarrollar mis conocimientos.

Debo agradecer de manera especial y sincera, al maestro, amigo y compañero, siempre dispuesto a brindarme consejos en la búsqueda de soluciones para este reto, Efrén Coello Serrano.

Al Ingeniero Andrés Castillo por su importante aporte y activa participación en el desarrollo de esta tesis.

A mi compañero de tesis, Heinz Finke Barriga, con quien hemos compartido momentos de inquietud cuando las cosas no salían como queríamos y de alegría cuando, finalmente, después de un mutuo compromiso, vemos que ha llegado el momento de saborear la satisfacción de los objetivos cumplidos.

Y, por supuesto, el agradecimiento más profundo y sentido va para mi familia. Sin su apoyo, colaboración e inspiración habría sido imposible llevar a cabo esta tesis.

A mis abuelos Manuel, Graciela, Segundo, Fabiola, a mis padres Roberto y Nirma, por su ejemplo de lucha y honestidad; a mi hermana Andrea por su tenacidad y superación; a mi hermana Estefanía por su paciencia y generosidad. ...por ellos y para ellos!

*ROBERTO HIDALGO*

---

### **DEDICATORIA**

Con profunda emoción y gratitud eterna, les dedico a mis padres este proyecto que significa esfuerzo tanto material como espiritual, cimientos para mi futuro y una feliz culminación de la carrera universitaria. Con mucho orgullo deposito este título en sus manos y sus corazones.

*HEINZ FINKE*

Me gustaría dedicar esta Tesis a toda mi familia desde el más pequeño hasta el más grande. Para mis padres Roberto y Nirma, por su comprensión y ayuda en momentos de ansiedad y angustia. Me han enseñado a encarar las adversidades, a perseverar y trazarme objetivos personales y profesionales. También me enseñaron valores y principios, siempre con una gran dosis de amor y paciencia. Me enseñaron a luchar por los sueños, los objetivos y hoy estoy alcanzando uno de los más preciados, graduarme como Ingeniero Automotriz y aportar a mi familia, a la sociedad y al país como un ciudadano activo, ávido de contribuir en el desarrollo económico de la que mañana también será la Patria de mis hijos.

Por último, y no por ello menos importante, quiero dedicar esta Tesis a la persona que aprecio, respeto y estimo profundamente, Efrén Coello Serrano. Gracias Efrén porque tus enseñanzas, tu paciencia y tu ayuda han sido factores de fundamental importancia para alcanzar este logro en mi vida profesional.

## INDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
CAPITULO 1.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Disposición de la transmisión.....	3
1.3 Embrague.....	4
1.3.1 Embragues multidisco en baño de aceite.....	8
1.3.2 Accionamiento del embrague.....	11
1.4 Necesidades de la caja de cambios.....	12
1.5 Piñones.....	16
1.6 Relación de transmisión.....	18
1.7 Torque.....	21
1.8 Caja de cambios manual.....	23
CAPITULO 2.....	32
2.1 Introducción.....	32
2.2 Sistema hidraulico.....	33
2.2.1 Grupo hidraulico.....	34
2.2.2 Sistema eléctrico.....	37
2.2.2.1. Conexión electrica del ABS.....	37
2.3 Funcionamiento del ABS.....	39
2.3.1 Frenado normal.....	40
2.3.2 Mantebimiento de la presión.....	40

2.3.3 Reducción de la presión.....	42
2.3.4 Aumento de la presión del sistema.....	42
2.4 Implementación del sistema ABS al proyecto.....	43
2.4.1 Grupo hidráulico del ABS.....	44
2.4.1.1 Electroválvulas.....	45
2.4.1.2 Bomba eléctrica.....	45
2.4.1.3 Actuadores.....	46
2.4.2 Funcionamiento hidráulico.....	47
2.4.3 Funcionamiento eléctrico.....	51
2.5 Pruebas prácticas para comprobar el funcionamiento del ABS en el proyecto.....	53
CAPITULO 3.....	57
3.1 Introducción.....	57
3.2 Solenoide y Electroimán.....	58
3.3 Magnetismo.....	61
3.4 Campo magnético en un solenoide.....	62
3.5 Aplicación del electromagnetismo al proyecto.....	63
CAPITULO 4.....	65
4.1 Introducción.....	65
4.2 Implementación del mecanismo electromecánico.....	65
4.3 Lógica y control.....	83
4.3.1 Software.....	84
4.3.1.1 Arquitectura del programa.....	84
4.3.1.2 Programa principal.....	85
4.3.1.3 Neutro.....	87
4.3.1.4 Primera marcha.....	89

4.3.1.5 Segunda marcha.....	92
4.3.1.6: Tercera marcha.....	95
4.3.1.7: Cuarta marcha.....	9
4.3.1.8 Quinta marcha.....	101
4.3.1.9 Sexta marcha.....	104
4.3.2 Hardware.....	106
4.3.2.1 Arquitectura del hardware.....	106
4.3.2.2 Fuente de alimentación.....	107
4.3.2.3 Bobinas de los relés.....	108
4.3.2.4 Micro controlador PIC .....	109
4.3.2.5 Sensor de marchas.....	111
4.3.2.6 LCD.....	112
4.3.2.7 Pulsadores.....	114
Conclusiones.....	116
Recomendaciones.....	118
Anexo.....	120

## **INDICE DE FIGURAS**

	<b>Pág.</b>
Fig. 1.1: Elementos de la transmisión de una Suzuki GSX 750 c.c.....	3
Fig. 1.2: Conjunto del embrague.....	6
Fig. 1.3: Embragues multidisco de una Yamaha YZF-R1.....	9
Fig. 1.4: Mecanismo de liberación del embrague de tipo espiral.....	12
Fig. 1.5: Curva de torque y potencia del motor de una motocicleta.....	15



Fig. 1.6 : Notaciones para la relación de transmisión.....	18
Fig. 1.7: Par en un engranaje.....	22
Fig 1.8: Caja de cambios de piñones desplazables.....	24
Fig. 1.9: Piñones con dogs y clanes.....	25
Fig. 1.10: Horquilla.....	26
Fig. 1.11: Placa ranurada.....	27
Fig. 1.12: Caja de cambios de piñones desplazables.....	28
Fig. 1.13: Primera marcha.....	28
Fig. 1.14: Segunda marcha.....	29
Fig. 1.15: Tercera marcha.....	29
Fig.1.16: Cuarta marcha.....	30
Fig.1.17: Quinta narcha.....	30
Fig. 1.18: Sexta marcha.....	31
Fig. 2.1: Localización de los componentes del ABS.....	33
Fig.2.2: Válvulas de admisión.....	35
Fig.2.3: Válvulas de escape o descarga.....	36
Fig.2.4: Esquema eléctrico del ABS.....	38
Fig.2.5: Esquema de los componentes que intervienen en el ABS.....	39
Fig.2.6: Frenado normal.....	40
Fig.2.7: Mantenimiento de la presión.....	41
Fig.2.8: Reducción de la presión.....	42
Fig.2.9: Aumento de la presión.....	43
Fig. 2.10: Grupo hidráulico del ABS.....	44
Fig.2.11: Actuador.....	46

Fig.2.12: Mecanismo de alimentación.....	47
Fig. 2.13: Bomba de freno mecánica.....	47
Fig. 2.14: Posición de reposo.....	48
Fig.2.15: Subir marcha.....	49
Fig. 2.16 Bajar marcha.....	50
Fig. 2.17: Placa de control del ABS.....	51
Fig. 2.18: Distribución de pines.....	52
Fig. 2.19: Distribución de las cañerías del ABS.....	52
Fig. 2.20: Conexión del manómetro de presión.....	53
Fig.2.21: Mantenimiento de la presión.....	54
Fig. 2.22: Reducción de la presión.....	54
Fig. 3.1: Líneas de fuerza de un imán.....	59
Fig.3.2: Campo magnético en un conductor.....	60
Fig.3.3: Campos magnéticos.....	60
Fig. 3.4: Campo magnético en un solenoide.....	62
Fig. 3.5: Mecanismo eléctrico para el accionamiento de marchas y embrague.....	63
Fig. 3.6: Solenoides de la caja de cambios.....	64
Fig.4.1: Caja de cambios en corte.....	66
Fig. 4.2: Solenoides y bases de la caja.....	67
Fig. 4.3: Construcción de los inducido.....	68
Fig. 4.4: Solenoides del selector de marchas.....	69
Fig.4.5: Eje de la palanca de cambio.....	69
Fig.4.6: Ranuras del eje y palanca de cambios.....	70
Fig.4.7: Pruebas de cambio de marchas.....	71
Fig.4.8: Mecanismo del embrague.....	71

Fig. 4.9: Regulación del embrague.....	72
Fig. 4.10: Ventaja mecánica en el embrague.....	73
Fig. 4.11: Motor eléctrico.....	73
Fig. 4.12: Base del motor eléctrico.....	74
Fig. 4.13: Cable y polea del acelerador.....	75
Fig. 4.14: Cable y polea del acelerador.....	75
Fig. 4.15: Sensor de marcha.....	76
Fig. 4.16: Tambor ranurado y horquillas.....	77
Fig. 4.17: Tetones de horquillas con bocines.....	78
Fig. 4.18: Palanca de cambios.....	78
Fig. 4.19: Embrague mecánico.....	80
Fig. 4.20: Accionamientos del embrague.....	81
Fig. 4.21: Cable de acelerador y embrague.....	82
Fig. 4.22: Volante.....	82
Fig. 4.23: Pulsadores para el cambio de marchas.....	83
Fig.4.24: Arquitectura del programa.....	84
Fig. 4.25: Programa principal.....	86
Fig.4.26: Diagrama de flujo “Neutro”.....	87
Fig. 4.27: Diagrama de flujo subir de N a 1°.....	88
Fig. 4.28: Diagrama de flujo de Primera marcha.....	89
Fig. 4.29: Diagrama de flujo subir de 1° a 2°.....	90
Fig.4.30 Diagrama de flujo bajar de 1° a N.....	91
Fig. 4.31: Diagrama de flujo de segunda marcha.....	92
Fig. 4.32: Diagrama de flujo subir de 2° a 3°.....	93
Fig. 4.33: Diagrama de flujo bajar de 2° a 1°.....	94

Fig.4.34: Diagrama de flujo tercera marcha.....	95
Fig. 4.35: Diagrama de flujo Subir 3° a 4°.....	96
Fig. 4.36: Diagrama de flujo bajar de 3° a 2°.....	97
Fig. 4.37: Diagrama de flujo cuarta marcha.....	98
Fig. 4.38: Diagrama de flujo subir 4° a 5°.....	99
Fig. 4.39: Diagrama de flujo bajar 4° a 3°.....	100
Fig.4.40: Diagrama de flujo quinta marcha.....	101
Fig. 4.41: Diagrama de flujo subir de 5° a 6°.....	102
Fig. 4.42: Diagrama de flujo Bajar de 5° a 4°.....	103
Fig. 4.43: Diagrama de flujo de sexta marcha.....	104
Fig. 4.44: Diagrama de flujo bajar de 6° a 5°.....	105
Fig. 4.45: Arquitectura del hardware.....	107
Fig. 4.46: Circuito de la fuente de 5v.....	108
Fig. 4.47: Circuito de las bobinas de relés.....	108
Fig. 4.48: Circuito del oscilador del micro controlador.....	110
Fig. 4.49: Distribución de pines del microncontrolador.....	111
Fig. 4.50: Circuito del sensor de marchas.....	111
Fig. 4.51: Circuito del LCD.....	113
Fig. 4.52: Circuito de pulsadores.....	114

---

## **SINTESIS**

El presente trabajo consiste en la construcción de un mecanismo electro hidráulico para el accionamiento del mecanismo de marchas y embrague de la caja secuencial de una moto; tenemos el convencimiento de que este proyecto va a servir de mucha utilidad para personas

que hacen uso frecuente de la motocicleta ya que con este sistema van a reducir la fatiga al momento de hacer el cambio de marchas. La movilidad ha sido tradicionalmente el gran obstáculo para la gente con discapacidad física, principalmente las personas que tienen deficiencia en una o ambas extremidades inferiores quienes se han visto prácticamente imposibilitadas a usar una motocicleta, en este sistema se va a sustituir la palanca de cambios por dos pulsadores con lo cual las personas con discapacidad podrían usar la moto como medio de transporte.

Este proyecto consta de varias partes fundamentales, entre las cuales se encuentran el estudio de las cajas de cambios secuenciales, si bien no se van a realizar mayores modificaciones a la parte mecánica de la caja de cambios es importante comprender la construcción y funcionamiento de este tipo de transmisiones a la cual se va a acoplar el mecanismo electro hidráulico.

Luego tenemos dos capítulos en los cuales se tratan los fundamentos teóricos del circuito hidráulico y eléctrico. Para la implementación del sistema hidráulico nos basaremos en los principios hidráulicos y funcionamiento del ABS, ya que a través de este último podemos generar la presión necesaria en el circuito y aprovechar la energía que posee el aceite para desplazar a los actuadores. En el sistema eléctrico trataremos sobre los distintos elementos que se necesitan para implementar el circuito de control y su dimensionamiento, así como también el hardware y software para la programación del micro controlador PIC con sus diagramas de flujo para comprender de mejor manera la lógica utilizada

## **ABSTRACT**

The present work consists on the construction of a system electro hydraulic for the working of the mechanism of gears and clutch of the sequential gearbox of a motorcycle; we have the convincing that this project will serve as a lot of utility for people that make frequent use of the motorcycle since with this system they will reduce the fatigue to the moment to make the change of gears. The mobility has been traditionally the great obstacle for people with physical disabled, mainly people that have deficiency in an or both inferior extremities who have been practically helpless to use a motorcycle, in this system will substitute the shifter for two buttons with that which people with disabled could use the motorcycle like means of transport.

This project consists of several fundamental parts, among which are the study of the sequential gearbox, although they won't be carried out bigger modifications to the mechanical part of the garbox it is important to understand the construction and operation of this type of transmissions to which will couple the mechanism electro hydraulic.

Then we have two chapters in which are the theoretical foundations of the hydraulic and electric circuit. For the implementation of the hydraulic system we will base ourselves on the hydraulic principles and operation of the ABS, since through this last one we can generate the necessary pressure in the circuit and the energy that possesses the oil for displace to the pistons. In the electric system we will try on the different elements that are needed to implement the control circuit and their dimensions, as well as the hardware and software for the programming of the micro controller PIC with their diagrams to understand in a better way the used logic.

## CAPITULO 1

### **ESTUDIO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE LA MOTOCICLETA**

#### **1.1 Introducción**

Para que una motocicleta pueda desplazarse necesita un medio por el cual se pueda transferir la potencia desde el motor a la rueda posterior, y esta se logra a través de diversos mecanismos en serie que forman un conjunto cuya denominación usual es la de transmisión o, más técnicamente, “cadena cinemática”. Aunque a lo largo de la historia las características de los componentes han variado notablemente, siempre se ha tratado de resolver con un mayor acierto la necesidad real que existe de tal conjunto.

En el caso más sencillo, que consistiría en la aplicación directa del eje del motor (cigüeñal) al eje de la rueda posterior, se presentan dos dificultades: la primera, si bien un motor de una motocicleta dependiendo de la cilindrada, pueden necesitar girar a unas 4200 rpm para proporcionar la potencia suficiente como para hacerla circular a unos 90 km/h, a ese número de rpm la rueda obligaría a hacerlo a no menos de 200 km/h si es de un tamaño normal. La segunda dificultad sería, que siempre se debería arrancar la moto empujando, a menos que se contase con un motor de arranque suficientemente potente como para que la motocicleta parta desde reposo hasta por ejemplo 55 km/h, donde un motor normal empezaría a proporcionar cierta potencia.

La primera dificultad se podría superar usando ruedas más pequeñas, pero ello impediría desarrollar en zonas favorables toda la velocidad posible gracias a la potencia del motor. Por el contrario, una rueda grande haría posible esto último, pero no subir una pendiente

pronunciada. En resumen se comprende la necesidad de usar diversas relaciones de transmisión de acuerdo a las necesidades a las que se va a someter la motocicleta. En cuanto al segundo problema, es la necesidad de un mecanismo denominado embrague.

El par o torque en el cigüeñal de un motor, depende de muchos factores que hace que varíe en función de las rpm de giro. Además, la potencia es directamente proporcional al par (cuyo valor se relaciona con la calidad de las explosiones) y régimen. Pero además para que se produzca una estabilidad y equilibrio en el desarrollo de las marchas, debe funcionar a unas rpm que están comprendidas entre dos valores: el de potencia y torque máximo o denominado franja elástica. Es así, que mediante estos datos y otros, se llega a determinar las características de la transmisión que corresponde a cada motocicleta, que generalmente se compone de transmisión primaria y transmisión secundaria.

Las transmisiones constan de un eje primario, un embrague, la caja de cambios, y un eje de salida, sin embargo la forma y construcción de cada uno de ellos puede variar entre los diferentes tipos de motocicletas.

En síntesis se puede decir que la transmisión envía la potencia desde el cigüeñal a la rueda posterior, con unas pérdidas mínimas por rozamiento. El embrague permite conectar o desconectar a voluntad del conductor dicho envío. La caja de cambios es encargado de mantener el valor de la potencia, desde las primeras relaciones de transmisión en las que se produce un gran par o torque (es el caso apropiado para superar las cuestas) junto con la velocidad reducida, hasta las últimas del par reducido para girar a gran velocidad.



## 1.2 Disposición de la transmisión

La figura 1.1 es el ejemplo de un embrague multidisco bañado en aceite, donde vamos a ver la disposición de la transmisión. Se trata de un motor Suzuki con la caja de cambios en corte. Desde un piñón conductor primario en el cigüeñal G llega la potencia a la unidad conductora primaria M en su periferia, de tal manera que produce movimiento en el conjunto del embrague E. A todo este mecanismo se lo denomina “transmisión primaria. El embrague se utiliza solo para arrancar la motocicleta y en los cambios de marcha; el conductor oprime la palanca izquierda del manillar, que por medio de un cable o por medios hidráulicos acciona a una leva L, esto en el caso de embragues mecánicos ya que también tenemos los casos de sistemas de transmisión con embragues automáticos centrífugos. Como consecuencia, al desembragar se detiene el giro del eje primario de la caja de cambios P, independizando el giro del cigüeñal de la caja de cambios. En marcha normal el eje primario P se mueve a la misma velocidad angular que E.

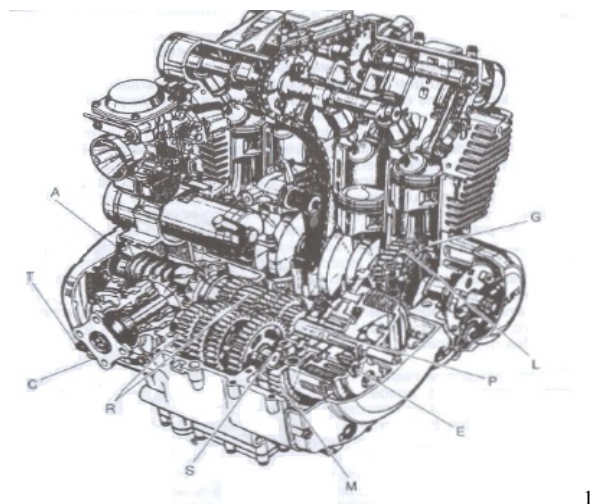


Fig. 1.1: Elementos de la transmisión de una Suzuki GSX 750 c.c.

Como podemos ver en la figura 1.1, sobre el eje primario de la caja de cambios van montadas varias ruedas dentadas R o piñones, enfrentados a otros en un segundo eje que

---

<sup>1</sup> Tomado del texto Motocicletas. ARIAZ PAZ, M. 32ª edición. Editorial Dossat. 2003. Pág. 487

se denomina eje secundario S. Al lograr que se sincronicen dos ruedas enfrentadas se obtienen las distintas relaciones de transmisión. El mecanismo selector de marcha no se aprecia en la figura, se acciona a través de una palanca de cambios que se monta sobre el eje T del mismo. El amortiguador A, evita las sacudidas bruscas en la transmisión de la potencia, que podrían romper algún elemento de la misma. También podemos observar la brida C hacia el cardán.

### **1.3 Embrague**

“En las motocicletas con cajas de cambios de accionamiento mecánico, el embrague cumple la misma función que su homónimo en el automóvil. Sin embargo, existen diversas diferencias en su estructura, fruto de la particular disposición mecánica de la transmisión, la cual forma un bloque compacto con el motor.”<sup>2</sup>

El embrague es un sistema de acoplamiento, el cual recibe el movimiento de la unidad conductora primaria, que permite independizar, a voluntad del conductor, el giro del cigüeñal de la caja de cambios; esto se hace necesario cuando se va a arrancar la motocicleta y cuando se va a cambiar de marchas mediante una palanca accionada con el pie.

Cuando el motor gira en vacío (ralentí), su par se emplea en vencer las resistencias internas del propio motor. Para que además de moverse a sí mismo pueda desplazar a la motocicleta, debe aumentar el par disponible, cosa que se consigue elevando el número de revoluciones del motor, ya que aunque las resistencias internas son mayores al girar más de prisa, el par crece mucho más que las resistencias.

---

<sup>2</sup> Tomado del texto Tecnología de la Motocicleta. PEREZ BELLO, Miguel Ángel. Dossat. 2005. Pag.116

Para acelerar el motor partiendo del ralentí, tiene que estar libre de carga, o sea en vacío, y una vez que ha alcanzado el número de revoluciones al que su par es suficiente, se le acopla la carga.

En la práctica, mediante el embrague, estas dos operaciones se hacen de forma simultánea: se va acelerando el motor a medida que se suelta el embrague (aplicación de la carga), de manera que el par motor sea siempre superior al par resistente que ofrece la motocicleta al moverse. Cuando la motocicleta se mueve, el par del motor se transmite a la transmisión por medio del engrane de dos piñones de la caja de cambios. Uno de los piñones es solidario al eje que recibe el movimiento del cigüeñal, y el otro es solidario del eje que comunica el movimiento a la transmisión (cadena y catalina); entre los dientes en contacto de los dos piñones existe un fuerte empuje. El empuje lo efectuarán los dientes rectos de uno u otro piñón, dependiendo de que sea el motor el que va tirando de la moto o la moto del motor, que es lo que ocurre cuando se deja de acelerar.

En cualquier caso, cuando se van a desengranar los piñones para engranar los correspondientes a otra marcha, resulta prácticamente imposible lograrlo debido a la presión entre sus dientes. El embrague soluciona este problema. Al desacoplar el embrague, el eje de la caja de cambios movido por el cigüeñal a través de la unidad conductora primaria se independiza de este, con lo que desaparece la fuerza entre los dientes de los piñones y se puede desengranar con poco esfuerzo evitando las rascadas.

Dos piñones que giran, solo se pueden engranar cuando sus velocidades periféricas son iguales o la diferencia entre ellas es muy pequeña. Si se intenta engranar dos piñones con

velocidades desiguales, se producen choques entre sus dientes sin que se pueda lograr el engrane (esto es lo que ocurre “rascadas” de los conductores novatos, cuando al cambiar de marcha no usan correctamente la palanca del embrague o el cambio). Por esta razón, también es necesario que el embrague esté desacoplado cuando se van a engranar los piñones de una marcha.

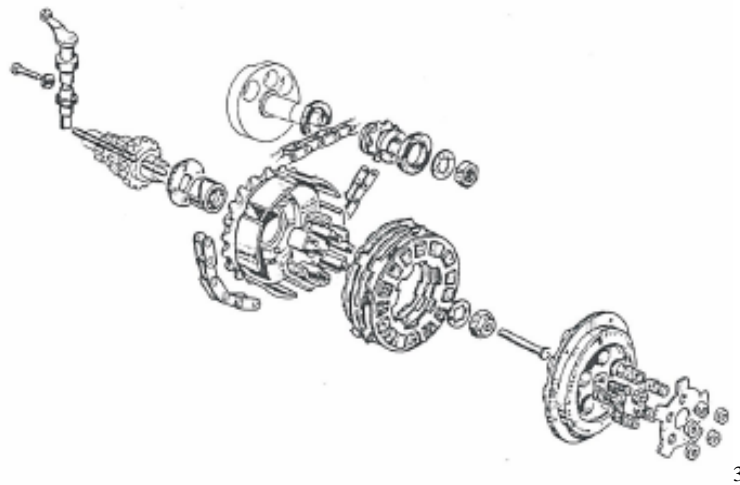


Fig. 1.2: Conjunto del embrague

Supongamos la motocicleta en movimiento, el embrague acoplado y la caja de cambios en punto muerto (neutro). En esta situación no se puede meter ninguna marcha, ya que los piñones movidos desde el cigüeñal tienen velocidades diferentes a los movidos desde la transmisión. Al desacoplar el embrague y quedar el eje movido por la unidad conductora primaria libre, los piñones con dogs o clanes pueden engranar con mayor facilidad en los piñones fijos y transmitir la potencia del motor hacia la rueda posterior.

Una característica esencial en una motocicleta es la habilidad de desconectar el movimiento a la rueda posterior con lo que el motor puede funcionar sin la motocicleta

---

<sup>3</sup> Tomado del texto Tecnología de la Motocicleta. PEREZ BELLO, Miguel Ángel. Dossat. 2005. Pag.118

en movimiento. En las motocicletas actuales esto no fue siempre así y muchas emplean una forma de transmisión directa, usando una correa entre las poleas en el cigüeñal y la rueda posterior, que no se podrían desconectar. Esta forma de transmisión trabajo hasta un punto, ya que esto significó que para detenerse en un cruce era necesario para el motor también. De ello se deduce que el motor no puede ser arrancado con la motocicleta detenida, para lo cual sería necesario presionar el arranque para cada ocasión.

“Se pueden realizar varias clasificaciones de embragues. Por su constitución pueden ser: mono disco, multidisco o de zapatas; por el medio en el que se refrigeran pueden ser en seco o bañados en aceite; por el tipo de accionamiento pueden ser manuales (subdivididos en hidráulicos o por cable) o automáticas. Aparte se podría considerar la naturaleza del material de fricción: los de guarnición, cerámicos, metálicos, de corcho, etc. No se considerarán los electromagnéticos ni los denominados convertidores hidráulicos de par, por ser su fundamento distinto y sus aplicaciones escasas en motocicletas.”<sup>4</sup>

El embrague trabaja usando fricción, y la forma más simple de un embrague consiste de un plato circular al final del cigüeñal y un correspondiente y un plato circular en frente muy cerca, el cual está conectado a través de un mecanismo conductor (cadena, piñón, correa) a la rueda posterior.

Cuando hay una diferencia pequeña entre los dos platos, el motor funciona con el otro plato permanentemente detenido. Si ahora nosotros movemos el plato en contacto con el otro, la rotación del plato al final del cigüeñal es transferido por fricción al segundo, el cual a su vez va a transmitir la potencia del motor hacia la rueda posterior para que esta

---

<sup>4</sup> Tomado del texto Motocicletas. ARIAZ PAZ, M. 32° edición. Editorial Dossat. 2003. Pág. 490.

pueda girar. Los embragues de las motocicletas usualmente se operan de forma manual desde una palanca o manigueta, a excepción de los scooters que usan unos embragues automáticos centrífugos que trabajan acorde a la velocidad del motor.

### **1.3.1 Embragues multidisco en baño de aceite**

El embrague está montado en el eje de entrada de la caja de cambios como muestra la figura 1.3. En primer lugar, el movimiento no le llega directamente del cigüeñal, sino que lo hace mediante la transmisión primaria, con la consiguiente reducción de velocidad. El eje primario de la caja de cambios E soporta en uno de sus extremos a todo el conjunto. La campana de embrague o tambor M trabaja sobre unos rulimanes o cojinetes de agujas C y es libre de girar independientemente del giro del eje, pero está directamente unido a través de la unidad primaria al cigüeñal (excepto en diseños donde el embrague está atornillado al final del cigüeñal), entonces cuando el cigüeñal gira, el conjunto de embrague también girará. Se cuenta también con un casquillo antifricción Q, por existir dicho elemento entre campana y eje se comprende que el giro entre ambas es independiente. El núcleo del embrague O, el cual es más pequeño y cabe dentro de la campana, es atornillado al eje de entrada de la caja de cambios, así que cuando el núcleo gira también lo hace el eje de entrada.

Hay dos tipos de platos dentro del núcleo de embrague, los de fricción A y los planos B, ellos están distribuidos de manera alternada, el número exacto de platos depende del tipo de embrague, de motocicleta y el uso para el que fue diseñada. Los discos o platos de fricción tienen pestañas en su borde exterior las cuales se sitúan en las ranuras de la campana. Los discos planos tienen dientes en su borde interior los cuales se sitúan en los surcos del núcleo del embrague.

En uso normal (embragado) los platos están siendo presionados unos contra otros por la fuerza de muelles H (reemplazando al diafragma), los cuales a su vez están sujetos por los tornillos T, que actúan en un plato conocido como plato de presión P, entonces cuando la campana de embrague gira, debido a la fricción entre los platos ya que estos permanecen juntos, el núcleo del embrague va a transmitir el movimiento al eje de entrada de la caja de cambios.

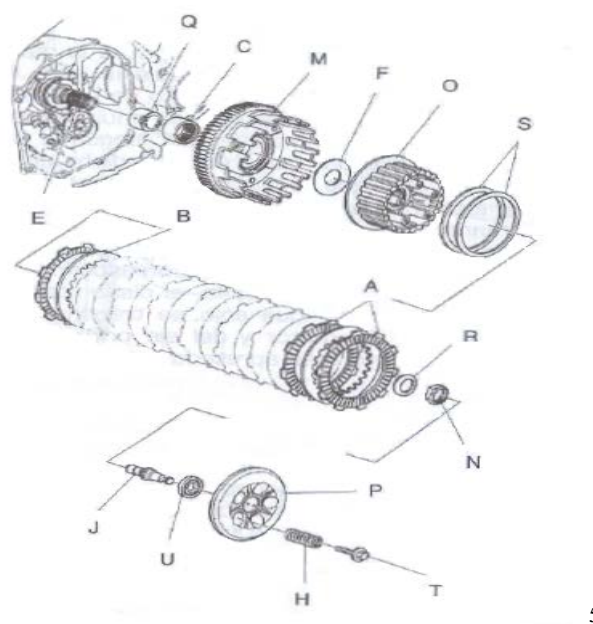


Fig. 1.3: Embragues multidisco de una Yamaha YZF-R1

En cuanto a los elementos destinados al desembrague tenemos el pistón J y el rodamiento U. Cuando la palanca de embrague o manigueta es presionada un cable o mecanismo hidráulico, por el interior del primario, el pistón recibe la fuerza que a través del rodamiento se apoyan en el interior del plato de presión comprimiendo los muelles, al reducir la fuerza en los muelles los platos y discos se liberan unos con respecto a otros. Como ahora ya no hay un fuerte contacto entre los platos existe muy poca fricción, que

<sup>5</sup> Tomado del texto Motocicletas. ARIAZ PAZ, M. 32° edición. Editorial Dossat. 2003. Pág. 494

permite que la campana del embrague gire independientemente del núcleo del embrague con lo cual el motor y la transmisión quedan desembragados.

Al momento que liberamos la palanca de embrague, los platos comienzan a presionar nuevamente unos a otros y el movimiento de la campana de embrague es gradualmente transferida al núcleo del embrague por fricción, permitiendo que el torque sea trasferido gradualmente a la caja de cambios y a la rueda posterior.

La habilidad de un embrague para transferir torque depende de algunos factores: el número de platos, el diámetro de los platos, la fuerza de los resortes y el coeficiente de fricción entre los discos. En una motocicleta pequeña son necesarios pocos platos que en un modelo de una motocicleta de mayor cilindraje expuesta a condiciones más severas. De manera similar para la misma cantidad de torque, si el diámetro de los platos es incrementado, no se necesitan demasiados. Los platos de fricción generalmente están hechos de acero y los discos disponen de una superficie de rozamiento, de un revestimiento a base de corcho, fibra, baquelita o similar.

Las motocicletas modernas usan un embrague del tipo “multidisco húmedo”, generalmente se suelen usar siete u ocho, y en ocasiones nueve discos de presión. Siempre hay un plato de fricción menos en comparación con los discos. La mayoría de motocicletas con motor transversal usan embragues multidisco, debido a que su forma compacta puede ocupar diámetros pequeños, son muy ligeros y pueden transmitir una gran cantidad de fuerza con cambios rápidos y suaves.

Hacer girar algún elemento que produzca fricción en aceite nos puede parecer ilógico en principio, pero su razón es válida, ya que el aceite actúa como refrigerante para prevenir



que los discos y platos de fricción se recalienten, también tiene la característica de lubricar discos, platos de fricción y rodamientos que se encuentran en la campana del embrague; el aceite se desliza con facilidad por las ranuras de las pestañas que se encuentran en los discos de fricción. No es de sorprenderse que un embrague húmedo no produzca tanta fricción entre los platos como un embrague seco, por lo que necesitan tener un mayor diámetro o tener más cantidad de platos (o ambos). Una de las razones por la cual los embragues secos son de uso frecuente en motocicletas de carreras, es que al usar menor cantidad de aceite reduce el peso total de todo el conjunto por lo que en relación peso – potencia se traduce en una ventaja, además que los embragues secos tienen mayor capacidad para transmitir el par motor.

Durante el desmontaje, conviene tener en cuenta la posición de los discos respecto al elemento que giran solidarios, disponiéndose en muchos casos de marcas para evitar montajes incorrectos. Con ello se evitan posibles vibraciones al embragar. En caso de reparación, es importante controlar la longitud y tensión de los muelles, que en cualquier caso ha de ser igual en todos.

### **1.3.2 Accionamiento del embrague**

El embrague es accionado por una palanca o manigueta, pero la acción de transferencia de este movimiento para la liberación del embrague (desembragar) se lo puede realizar por medios mecánicos o hidráulicos.

El cable es el método más usado, porque es relativamente barato debido a su construcción. Los cables por su funcionamiento tienden a estirarse y producir desgaste, por lo cual necesitan en sus intervalos de mantenimiento un ajuste de la regulación y lubricación,

este sistema es sencillo de dar mantenimiento y su reemplazo es simple. El cable se conecta al embrague a través de un mecanismo de liberación situado en el interior de la tapa o cubierta del embrague, o por un mecanismo de liberación en el lado opuesto de la cubierta del cigüeñal el cual actúa en una varilla de empuje ubicada a través del eje de entrada de la caja de cambios.

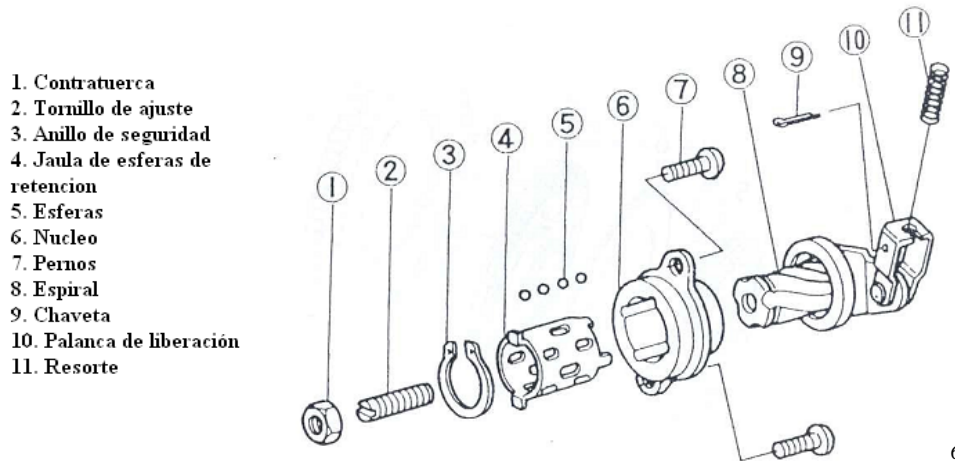


Fig. 1.4: Mecanismo de liberación del embrague de tipo espiral

El mecanismo de liberación varía de un modelo a otro, pero pueden ser de tipo espiral, tipo esfera, piñón y cremallera, de tipo émbolo.

#### **1.4 Necesidades de la caja de cambios**

Las resistencias que se oponen al movimiento de una moto son: Resistencia a la rodadura, que es la que opone la motocicleta a mantener la velocidad determinada; la resistencia a la inercia en las aceleraciones, la resistencia a las pendientes (subidas), y la resistencia al aire. Estas resistencias se traducen en un esfuerzo de giro a vencer en la transmisión, que es el par resistente. Si el par motor aplicado a la transmisión a través del cambio es igual al par resistente, la velocidad de la motocicleta se mantendrá constante; si el par motor es

<sup>6</sup> Tomado del texto Motorcycle Basics Techbook. COOMBS, Matthew. Segunda edición. Pág. 120

mayor que el resistente, la moto se acelerará; y si es menor, tenderá a pararse. A través del mecanismo de transmisión podemos escoger la relación de marcha indicada para que el par motor sea mayor al par resistente.

Supongamos una motocicleta que marcha con velocidad estable (par motor y par resistente iguales) y con el motor girando al número de revoluciones de máxima potencia. Al llegar a una pendiente prolongada y aumentar el par resistente bajará la velocidad de la motocicleta y también el número de revoluciones del motor.

A medida que disminuye el número de revoluciones del motor va aumentando su par, que se va equilibrando con el creciente par resistente; esto sucede hasta que llega al régimen de giro de máximo par. Si continua aumentando la pendiente (par resistente), sigue bajando el número de revoluciones del motor y también su par, que ya no podrá equilibrar al par resistente, con lo que la motocicleta tenderá a pararse.

Para mantenerlo en movimiento hay que aumentar el par motor, y eso se consigue introduciendo una marcha más reducida en la caja de cambios, que para la misma velocidad de la moto permitirá girar al motor entre los números de revoluciones de máximo par y de máxima potencia.

Otra de las situaciones en las que se debe disponer de un par elevado es en las aceleraciones, ya que en ellas hay que vencer la inercia de la moto. Por eso, para arrancar, se utiliza la velocidad más corta: la primera, y a medida que la motocicleta se acelera (vencimiento de la inercia) se van introduciendo mayores desarrollos.

Lo mismo ocurre cuando se circula a velocidad constante y se requiere una aceleración enérgica, entonces se introduce una marcha más corta para disponer de mayor par. Para obtener el máximo rendimiento, el motor debe funcionar entre el régimen de máximo par y el de máxima potencia.

Por ejemplo, el motor de una KTM 450 presenta la curva de torque y potencia que se muestra en la figura 1.5. Para que el motor funcione en el rango de torque y potencia adecuados, debemos acelerar hasta las 8800 RPM y cambiar a una marcha superior, y cuando al aumentar el par resistente baje el número de revoluciones a las 6500, hay que cambiar a una marcha más corta. En la práctica, conduciendo normalmente, no se busca el máximo rendimiento, sino un consumo moderado y una conducción cómoda, y por ello, la utilización se haría entre las 5500 hasta las 8000 RPM, ya que entre estos límites se obtiene un bajo consumo de combustible con una potencia suficiente. En general, cuanto más plana sea la curva del par motor, menor uso hay que hacer de la caja de cambios.

El par que genera el motor es inferior al necesario en las dos ruedas de la motocicleta para vencer la resistencia a la marcha (par resistente), pero el número de revoluciones del motor es superior al necesario en las ruedas, de forma que introduciendo las reducciones oportunas en la transmisión se consigue multiplicar el par a costa de reducir la velocidad de giro, equilibrando las posibilidades del motor con las necesidades de las ruedas.

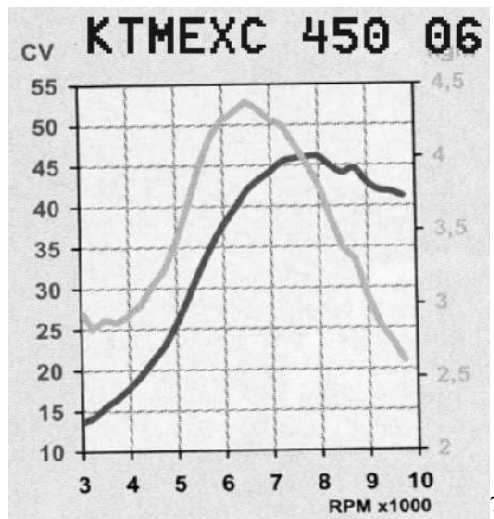


Fig. 1.5: Curva de torque y potencia del motor de una motocicleta

Como el margen es muy amplio, se recurre a introducir una reducción parcial entre el piñón dentado final y la catalina que se encuentra en la rueda posterior, completando la reducción total necesaria en cada caso con varias reducciones en la caja de cambios, de las cuales se selecciona la que mejor se adapte a las necesidades del momento.

El motor solo puede funcionar de forma eficiente entre unos límites de revoluciones, a los que proporciona un par aceptable; por otra parte, el par resistente es variable, aumentando con la velocidad y en la subida de pendientes. La misión del cambio consiste en adecuar el par motor al par resistente, de manera que el motor gire dentro de los límites de par aceptable, independientemente de la velocidad de la motocicleta.

A velocidades intermedias, esto se puede conseguir con más de una marcha, por ejemplo: si se está subiendo una cuesta en quinta marcha también se podrá subir en cuarta, la diferencia está en que para una misma velocidad de la motocicleta, en cuarta el motor

<sup>7</sup> Tomado del texto: Motorcycle Basics Techbook. COOMBS, Matthew. Segunda edición. Pág. 108

girará a mayor número de revoluciones que si lo hace en quinta, debiéndose elegir siempre la marcha más larga, que es la más económica.

“Las reducciones de giro en el cambio se consiguen por medio de engranajes; la reducción es el resultado de dividir el número de vueltas que da el primer piñón conductor por las que da el último piñón conducido y es un número mayor que 1. Si el piñón de salida gira más deprisa que el de entrada, como ocurre en la sexta marcha de los cambios en el caso de nuestra caja, el número que expresa la reducción es menor que 1, porque en realidad se trata de una multiplicación.”<sup>8</sup>

### **1.5 Piñones**

La caja de cambios está constituida por varias parejas de piñones que proporcionan distintas reducciones; el concepto de reducción se refiere a la disminución de la velocidad de giro y lleva consigo un aumento de par. La mayor reducción lleva el nombre de primera velocidad, la siguiente segunda, y así hasta la última marcha.

La mayoría de las cajas de cambios de las motocicletas actuales tienen de cinco velocidades hacia delante. El número de revoluciones del motor es muy superior al número de revoluciones necesarias en las dos ruedas, aun para que la motocicleta alcance grandes velocidades.

Se denomina piñón, engranaje o ruedas dentadas al mecanismo utilizado para transmitir potencia de un componente a otro dentro de una máquina. Un engranaje sirve para transmitir movimiento circular mediante contacto de ruedas dentadas. Los conjuntos de

---

<sup>8</sup> Tomado del texto: Tecnología del automóvil. CEAC. 2000. Pág. 550.

engranajes están formados por dos ruedas dentadas, de las cuales una posee mayor diámetro que la otra.

Una de las aplicaciones más importantes de los piñones es la transmisión del movimiento desde el eje de entrada que transmite el movimiento del motor a través del cigüeñal, hasta otro eje situado a cierta distancia que transmite el movimiento a través de una cadena a la rueda posterior.

Cabe recalcar que en la caja de cambios vamos a encontrar piñones cilíndricos rectos, son el tipo de engranaje más simple y corriente que existe. Se utilizan generalmente para velocidades pequeñas y medias; a grandes velocidades, si no son rectificadas, o ha sido corregido su tallado, producen ruido cuyo nivel depende de la velocidad de giro que tengan.

El proceso mediante el cual el piñón conducido o árbol de salida gire más despacio que el piñón conductor o árbol de entrada es conocido como una marcha baja, y lo inverso es conocido como una marcha alta. Por lo tanto una velocidad o relación de transmisión es definida como una relación entre las velocidades de rotación de dos engranajes conectados entre sí, es decir el número de vueltas que da el piñón conductor o de entrada con respecto al piñón conducido o de salida al hacerlo girar. Por ejemplo, si tenemos un motor que gira a 1000 RPM, y queremos conducir una rueda a 500 RPM, entonces debemos usar dos piñones, uno con el doble de dientes con respecto al otro. El piñón pequeño, que vamos a suponer que tiene 15 dientes, va a ser el piñón conductor, mientras que el piñón conducido, que vamos a suponer que tiene 30 dientes va a girar a la mitad

de velocidad con respecto al piñón conductor. Por lo tanto el piñón conductor tendrá que dar dos vueltas para que el piñón conducido de una vuelta completa.

Esta relación de transmisión es denominada de 2:1, existe una reducción en la velocidad del piñón de salida. A continuación se van a desarrollar sub capítulos donde se va a ampliar el funcionamiento y características de los piñones.

### 1.6 Relación de transmisión

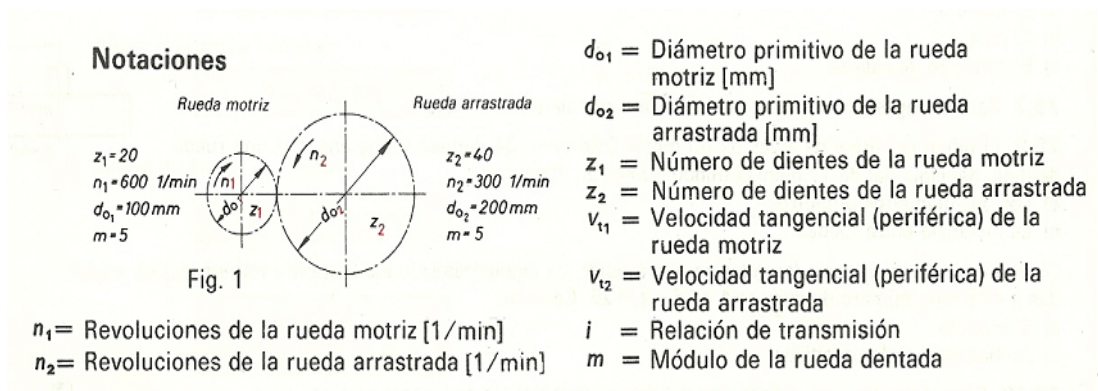


Fig. 1.6 : Notaciones para la relación de transmisión

Un engranaje sencillo consta de dos ruedas dentadas engranadas. Los dos círculos primitivos son tangentes entre sí y gira uno sobre otro. Los pasos de las dos ruedas tienen que ser iguales. La transmisión por ruedas dentadas es una unión en arrastre por cierre de forma.

Fórmula fundamental para la transmisión por ruedas dentadas

Los mismos que en la transmisión por poleas, en las ruedas dentada o piñones las velocidades tangenciales en los círculos primitivos son iguales.

<sup>9</sup> Tomado del texto Matemática aplicada a la tecnología del automóvil. GTZ. 8° Edición alemana. Pág. 178



$$\begin{array}{l}
 v_{t1} = v_{t2} \\
 \frac{d_{o1} \cdot \pi \cdot n_1}{1000 \cdot 60} = \frac{d_{o2} \cdot \pi \cdot n_2}{1000 \cdot 60} \quad \left| \begin{array}{l} \cdot 1000 \\ \cdot 60 \\ : \pi \end{array} \right. \\
 d_{o1} \cdot n_1 = d_{o2} \cdot n_2
 \end{array}$$

En esta fórmula  $d_o$  se puede sustituir por  $m \cdot z$ .

$$\cancel{m} \cdot z_1 \cdot n_1 = \cancel{m} \cdot z_2 \cdot n_2$$

$$z_1 \cdot n_1 = z_2 \cdot n_2$$

Número de dientes . Revoluciones de la rueda motriz = número de dientes . revoluciones de la rueda arrastrada.

A consecuencia de la igualdad de velocidades tangenciales ( $V_{t1} = V_{t2}$ ), en la figura anterior la rueda menor tiene que girar el doble que la mayor para que la distancia recorrido por ambos piñones sean iguales.

En los engranajes, las revoluciones de las ruedas dentadas o piñones tienen una relación inversamente proporcional a los diámetros primitivos, o bien, a los números de dientes.

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_{o2}}{d_{o1}} = \frac{\cancel{m} \cdot z_2}{\cancel{m} \cdot z_1}$$

$$\begin{array}{l}
 \text{Relación de} \\
 \text{Transmisión}
 \end{array}
 = \frac{\text{N}^\circ \text{ revoluciones de la rueda motriz}}{\text{N}^\circ \text{ revoluciones de la rueda arrastrada}}$$

$$i = \frac{n^1}{n^2} \quad \begin{array}{l} \text{Fórmula general para la relación de transmisión.} \\ \text{Relación de} \\ \text{N}^\circ \text{ revoluciones de la rueda arrastrada} \end{array}$$

Transmisión            N° revoluciones de la rueda motriz

$$i = \frac{d_{o_2}}{d_{o_1}} = \frac{z_2}{z_1} \quad \text{Fórmula especial para los engranajes.}$$

En nuestra caja de cambios la relacion de transmision para cada marcha es la siguiente

### **1° marcha**

$$i = \frac{z_1}{z_2} \quad i = \frac{37}{11} \quad i = 3.36:1$$

### **2° marcha**

$$i = \frac{z_{11}}{z_{12}} \quad i = \frac{30}{13} \quad i = 2.31:1$$

### **3° marcha**

$$i = \frac{z_7}{z_8} \quad i = \frac{28}{16} \quad i = 1.75:1$$

### **4° marcha**

$$i = \frac{z_5}{z_6} \quad i = \frac{23}{16} \quad i = 1.44:1$$

### **5° marcha**

$$i = \frac{z_3}{z_4} \quad i = \frac{30}{24} \quad i = 1.25:1$$

### **6° marcha**

$$i = \frac{z_9}{z_{10}} \quad i = \frac{23}{20} \quad i = 1.15:1$$

## **1.7 Torque**

“El torque es calculado al multiplicar la fuerza (usualmente medidos en Newtons N) por la distancia perpendicular (usualmente medida en metros M) desde el pivote donde actua la fuerza. Por ejemplo, una llave que se utiliza para apretar una tuerca está aplicando un torque para esa tuerca. Si la llave es de 200mm (0.2m) de largo, y aplicamos 100 N de fuerza en un ángulo recto con las manos, entonces la cantidad de torque aplicada a la tuerca será de  $(100 \cdot 0.2) = 200\text{Nm}$ .

Aplicando este concepto a un engranaje la fuerza es la que ejerce el diente del piñón conductor sobre el diente de la rueda conducida que está en contacto con él; el contacto tiene lugar en el punto de tangencia de dos circunferencias primitivas, que corresponden también a la línea de centros. La fuerza F es tangente a las dos circunferencias primitivas y perpendicular a la línea de centros. Las distancias a considerar, son las que hay entre los centros de giro y la fuerza, o sea, los radios primitivos r1 y r2. Por ser la fuerza F común, el par en el piñón 1 será:”<sup>10</sup>

$$M1 = F * r1$$

Y en la rueda 2:

$$M2 = F * r2$$

Como r2 es mayor que r1, el par en la rueda es también mayor que en el piñón. Lógicamente, este aumento no se consigue de forma gratuita, ya que la rueda 2 gira más despacio que el piñón 1, y por lo tanto, lo que se gana en par se pierde en velocidad, siendo la potencia:

---

<sup>10</sup> Tomado del texto: Tecnología del automóvil. CEAC. 2000. Pág. 547

$$P = M * \omega$$

(Par por velocidad angular) la misma en la rueda que en el piñón.

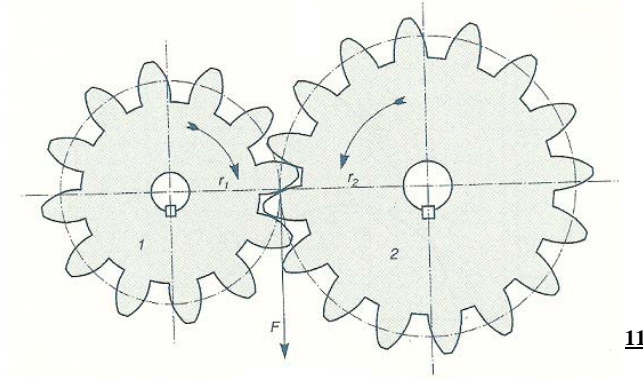


Fig. 1.7: Par en un engranaje

Cuando aplicamos este principio físico a la operación de la caja de cambios podemos ver que la acción rotacional y la diferencia del número de dientes de un piñón conductor sobre un piñón conducido pueden dar como resultado que este último gire produciendo una multiplicación de torque. Si los piñones son de la misma medida y tienen el mismo número de dientes, la velocidad a la que ellos giren va a ser la misma, y la cantidad de torque aplicado al piñón de salida de la caja de cambios va a ser la misma que está entregando el cigüeñal. Si el piñón conductor posee el doble de número de dientes que el piñón conducido, este último girará a la mitad del número de revoluciones pero producirá poco torque.

---

<sup>11</sup> Tomado del texto: Tecnología del automóvil. CEAC. 2000. Pág. 547

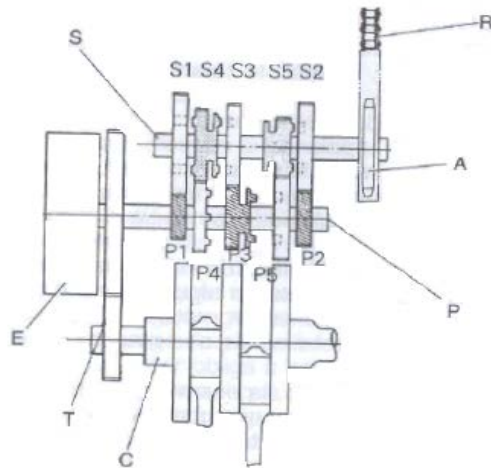
Si, en cambio, el piñón conducido tiene dos veces el número de dientes que el piñón conductor, no solo va a girar a la mitad de revoluciones, sino que generará mayor cantidad de torque debido a que la distancia perpendicular entre los dientes del piñón y el pivote que sería el centro del eje de los piñones es el doble.

La multiplicación del torque se va a manifestar por la diferencia de velocidad del motor frente a la de la rueda posterior. Por ejemplo, si el piñón conductor tiene 10 dientes y el piñón conducido tiene 30 dientes vamos a tener que el piñón conducido va a girar a un tercio de la velocidad del piñón conductor, debido a que este tiene tres veces el tamaño del piñón conductor, por lo cual vamos a tener una multiplicación del torque.

Con todas las partes del sistema de transmisión, además del embrague, ayudan en el proceso de multiplicación. A pesar de ello tenemos engranajes que proporcionan una relación directa, es decir, no existe una diferencia entre los diámetros y el número de dientes de los piñones, es decir no existe multiplicación ni desmultiplicación (overdrive).

### **1.8 Caja de cambios manual**

El cambio mecánico con piñones desplazables es el más utilizado en la actualidad. En la figura 1.8 se observa un ejemplo con sus componentes.



12

Fig. 1.8: Caja de cambios de piñones desplazables

Podemos observar el cigüeñal C y el eje primario de la caja de cambios P, que recibe su movimiento a través de la unidad primaria T a través de dos engranajes y del embrague E. Sobre los cinco piñones P1 y P5 que se encuentran enfrentados a otros S1 y S5 situados sobre el eje secundario del cambio S. Tanto un eje como el otro cuentan con piñones fijos y desplazables. Al final del eje secundario está el piñón de ataque A, que, junto con la cadena forman la transmisión secundaria R.

Al no disponer sincronizadores, los elementos de acople (desplazables) no se los puede observar en la figura 1.8, ya que este sistema utiliza los propios engranajes (conductores o conducidos indistintamente), como elementos de acople, de forma similar a los automóviles, que emplean el desplazable de primera y segunda como piñón conducido de marcha atrás. Por lo cual todos los engranajes no son desplazables, puesto que algunas parejas son de toma constante.

<sup>12</sup> Tomado del texto Motocicletas. ARIAZ PAZ, M. 32ª edición. Editorial Dossat 2003. Pág.500

En cuanto al mecanismo de sincronización entre engranajes, se recurre a disponer ya sea un sistema de dog contra dog, es decir piñones con tetones laterales, o a su vez dog contra clan, es decir un piñón con tetones laterales que engranan en las ventanas laterales del otro piñón.

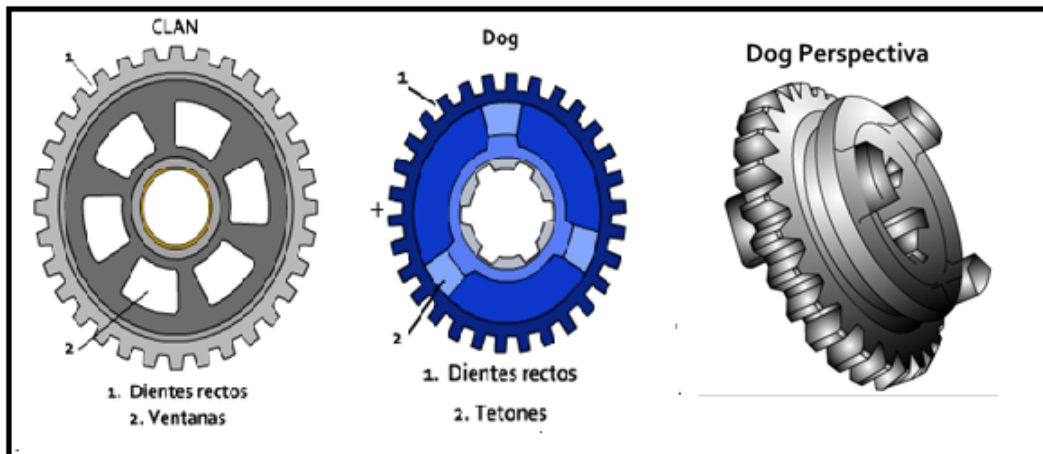


Fig. 1.9: Piñones con dogs y clanes

El accionamiento de los piñones desplazables, se realiza a través de las horquillas, las cuales tienen la forma de un semi anillo, dotado de un orificio que permite su colocación en un eje que le sirve de soporte y con un tetón redondeado en el extremo opuesto. Para el movimiento de las horquillas se recurre a un mecanismo llamado tambor ranurado accionado por un selector, que determina según su giro la posición de las horquillas, a su vez el tambor posee tres ranuras con una disposición curvilínea situadas de tal forma que no se pueden introducir dos relaciones al mismo tiempo. En algunos casos las horquillas van montadas en el propio tambor, el cual hace las funciones de eje soporte, con lo que se consigue una mayor precisión en el accionamiento. Por lo tanto, cuando el tambor gira, las ranuras desplazan lateralmente a las horquillas a través de los tetones.

El tambor a su vez, es accionado por la palanca de cambios y tiene un mecanismo que impide que se realice más de un giro al accionar la palanca y por lo tanto que se salten las marchas. El tambor dispone de un seguro, que consiste en una esfera y un muelle, para establecer la posición exacta del mismo en cada relación, al mismo tiempo se evita que las relaciones se desengranen por si solas, por efecto de las vibraciones.

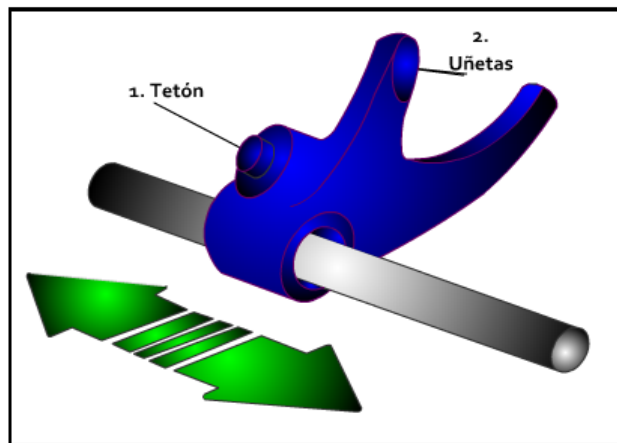


Fig. 1.10: Horquilla

Para el nueltro se establece una muesca en el tambor en la que se clava el seguro, entre primera y segunda marcha. El mecanismo del selector permite que el accionamiento sea en un sentido mediante un sistema de uñetas y muelles. Un muelle retorna siempre a la palanca de cambios a su posición inicial.

En algunos modelos, optan por montar una placa ranurada en lugar del tambor, con el inconveniente que este mecanismo es menos compacto, impreciso y está expuesto a desajustes. En lo demás, el funcionamiento es similar. La placa ranurada oscila en torno



a un punto medio, disponiendo en los extremos de unas ranuras, en los que se introducen los tetones de guiado de las horquillas.

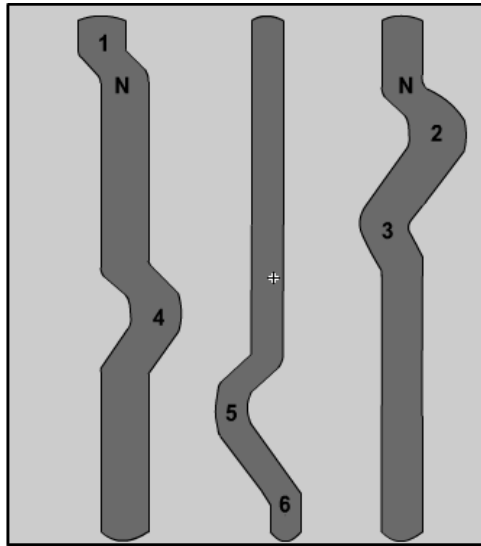


Fig. 1.11: Placa ranurada

El sistema más empleado es el de tambor, ya que es más compacto que el de placa y más preciso. El sistema de cruceta, tiene una limitada capacidad para transmitir el par, por lo que se utiliza en motocicletas de baja potencia.

En la figura 1.12 se puede observar las posiciones que tienen los distintos piñones de los ejes primarios y secundarios para conseguir la selección de cada una de las marchas.

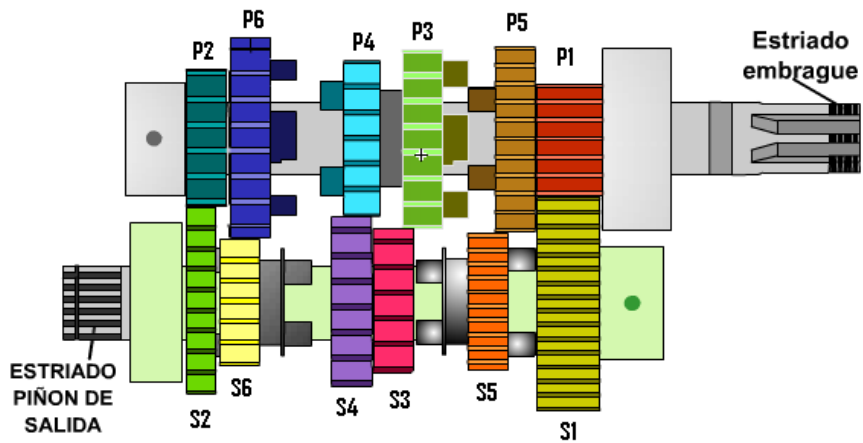


Fig. 1.12: Caja de cambios de piñones desplazables

La primera marcha engranada se consigue a través de los piñones P1, S1. Para conseguir esta transmisión de movimiento se ha movido el piñón deslizante S6 hacia la izquierda hasta unirse con el piñón S2 . En realidad, este no podría transmitir movimiento a través del eje secundario debido a que gira loco sobre él, pero al conectar con S6, lo hace a través de la unión estriada de este último.

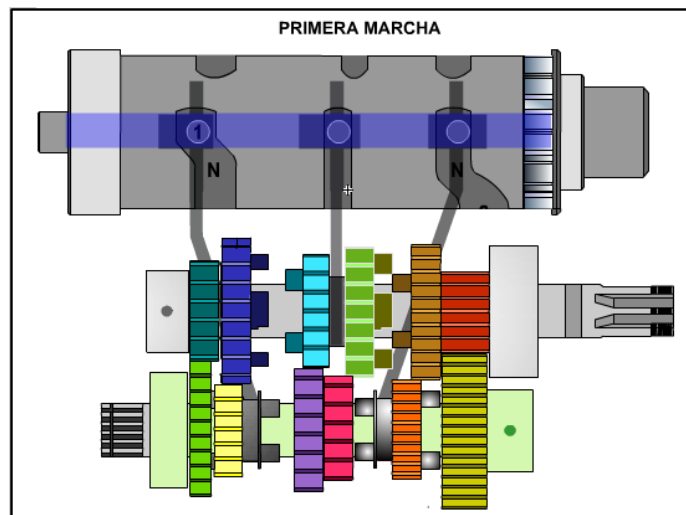


Fig. 1.13: Primera marcha

La segunda relación de transmisión se consigue cuando S5 se conecta con S1 para hacerle solidario con su eje, consiguiendo la transmisión par y velocidad deseada.

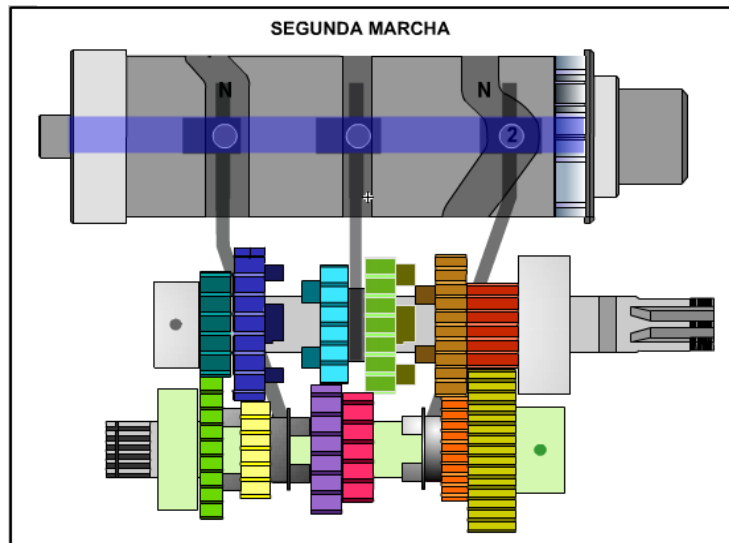


Fig. 1.14: Segunda marcha

Lo mismo sucede con las tres marchas siguientes: la tercer se consigue cuando se engrana S3 con S5.

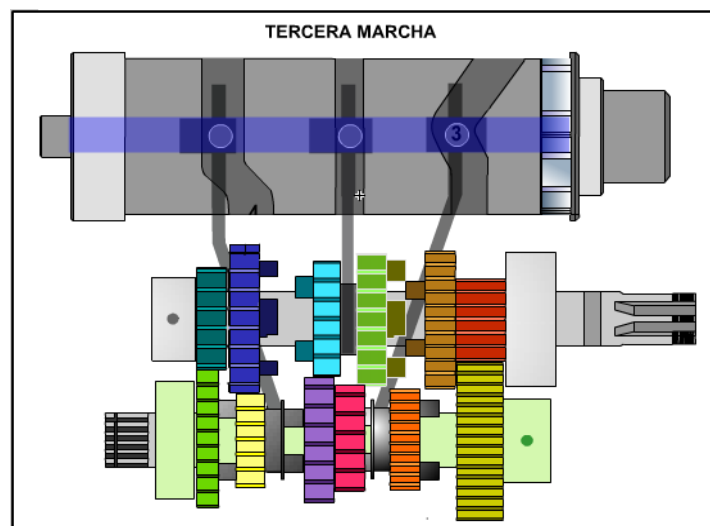


Fig. 1.15: Tercera marcha

Para la cuarta velocidad engranaa el piñón desplazable S6 con S4.

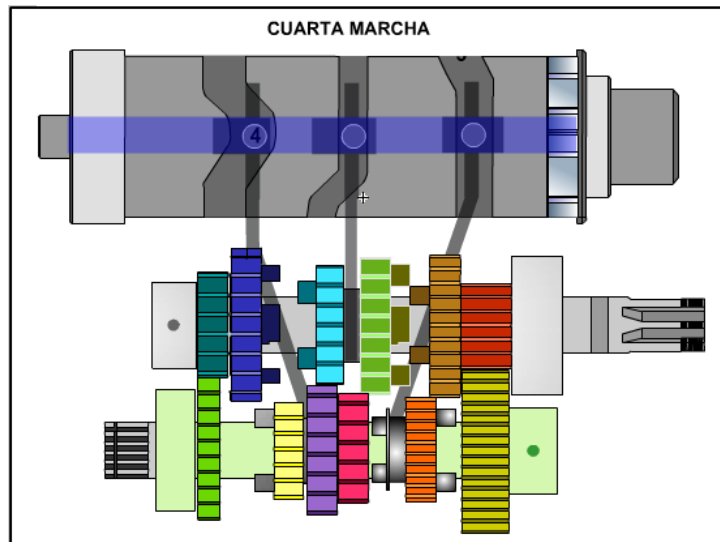


Fig.1.16: Cuarta marcha

Para la quinta marcha engranan P4 con P6.

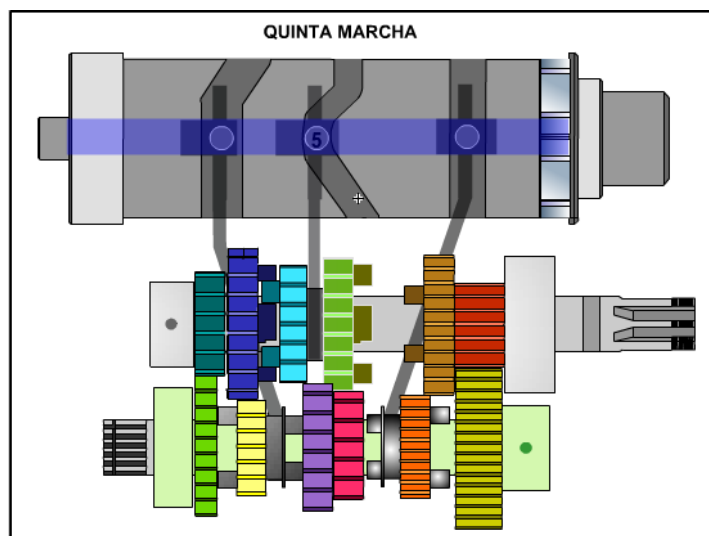


Fig.1.17: Quinta narcha

Para la sexta marcha engranan P3 con P5.

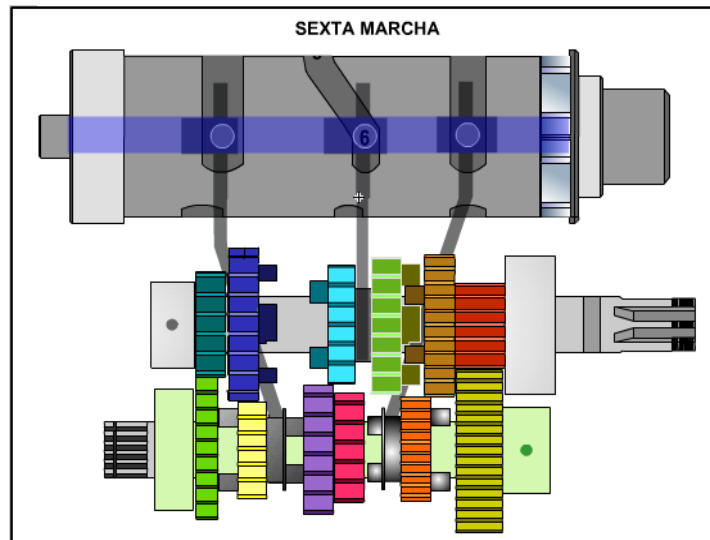


Fig. 1.18: Sexta marcha

Para el movimiento de los desplazables, se requiere como se dijo anteriormente de unas horquillas; las horquillas de los extremos son las encargadas de los movimientos de los piñones desplazables. Las horquillas de los extremos A y C son las encargadas de producir el movimiento de los piñones desplazables S5 y S6, la horquilla central para el piñón P3 y P4.

Otro aspecto para destacar es que se tiene el eje primario de la caja de cambios por encima del secundario, formando un triángulo con el cigüeñal, y disminuyendo la longitud del motor, permitiéndolo montar un chasis con menores compromisos y con una menor distancia entre ejes. El espacio ganado se ha logrado a costa de aumentar la altura del motor por detrás de los cilindros, ya que es un espacio que generalmente queda libre o con componentes fáciles de ubicar.

## CAPITULO 2

### **ESTUDIO DEL SISTEMA ABS**

#### **2.1 Introducción**

Las siglas ABS son las iniciales de la expresión Anti Blocker System (Sistema antibloqueo), como su nombre lo indica este sistema impide el bloqueo de las ruedas al aplicarse el freno en cualquier circunstancia, es decir, el ABS va a funcionar si existe un bloqueo en las ruedas en una recta o en curva, en pavimento seco, cuando la frenada es enérgica, en pavimento mojado, seco, nieve, hielo. Cuando las ruedas permanecen bloqueadas el vehículo difícilmente va a obedecer los requerimientos de la dirección por parte del conductor, se alarga el tiempo de detención del vehículo. El sistema ABS está constituido por un modulador electro – hidráulico controlado por una unidad electrónica que recibe información de varios sensores, que cuando se produce el bloqueo de las ruedas interviene en décimas de segundo, disminuyendo la presión hidráulica en el cilindro de freno de la rueda bloqueada, esta regulación se realiza activando las electroválvulas que son controladas mediante PWM ( Pulse with Module ), la presión aplicada en esta rueda se restablece cuando los sensores muestren que la rueda no se encuentra bloqueada.

La unidad de control repetirá estas secuencias de regulación varias veces por segundo (de 4 a 10 veces), donde se compara la velocidad de las ruedas unas con respecto de las otras mientras existe riesgo de bloqueo, con lo cual se mantiene la acción de frenado al límite de adherencia de la rueda, de forma independiente a la fuerza ejercida por el conductor sobre el pedal del freno, gracias a la presión generada por la bomba que se encuentra alimentando al cuerpo hidráulico.

## 2.2 Sistema hidráulico

Como podemos ver en la figura 2.1 el sistema hidráulico está formado por la bomba de frenos 4 con el depósito y el servo freno; el conjunto hidráulico 8, que en este caso tiene cuatro electroválvulas, es decir una electroválvula por rueda o canal y un acumulador de baja presión; la bomba de retorno 9; el compensador de frenado 10; los cilindros de freno.

La bomba principal de freno tiene dos salidas para los circuitos independientes con su disposición en X. La salida delantera por medio de dos electroválvulas son las encargadas de enviar presión a los cilindros de la rueda delantera derecha y posterior izquierda, a través de las otras dos electroválvulas a la rueda delantera izquierda y posterior derecha.

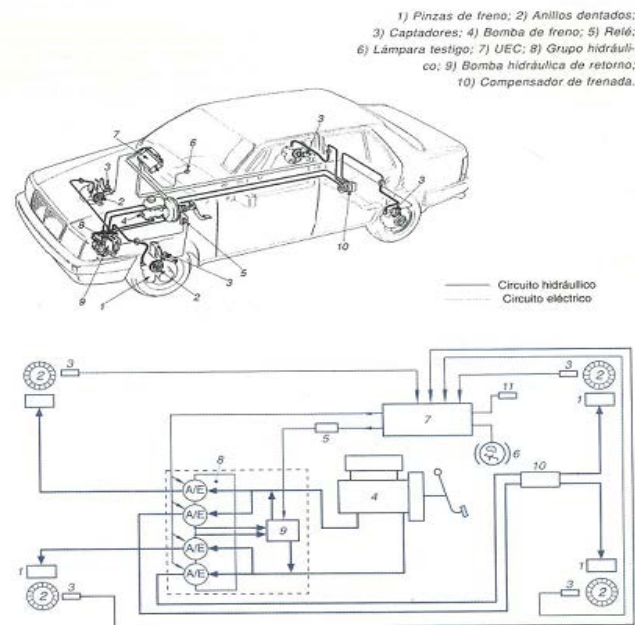


Fig. 2.1: Localización de los componentes del ABS

### 2.2.1 Grupo hidráulico

<sup>13</sup> Tomado del texto: Manual CEAC del automóvil. 2000. Pag. 777.

El grupo hidráulico realiza las órdenes de la unidad de control y regula a través de electroválvulas de admisión abiertas en reposo y electroválvulas de escape cerradas en reposo. Es el orden de activación y secuencia de las electroválvulas lo que permite controlar la presión en los cilindros de freno.

El grupo hidráulico constituye un elemento de unión entre el cilindro principal de freno y los cilindros de las ruedas y se encuentra en el compartimiento del motor, con el fin de utilizar cañerías cortas que no ocupen mucho espacio. Las electroválvulas de regulación y la bomba de retorno forman un grupo compacto, en la que además van también el relé de las electroválvulas y el relé de la bomba. Actualmente la UEC y la unidad hidráulica forman un mismo conjunto, las direcciones y los datos se transmiten con un desfase temporal, utilizando las mismas líneas.

En la actualidad se utilizan dos electroválvulas, una de admisión la cual se encuentra normalmente abierta y permite el paso de presión desde la bomba mecánica de frenos hasta el cilindro de cada rueda; y una de escape que se encuentra normalmente cerrada, esta última tiene comunicación con la succión de la bomba y un acumulador de presión, entra en funcionamiento en la etapa de liberar presión; estas electroválvulas se activan por tensión o voltaje, lo que facilita su construcción y el funcionamiento de la unidad de control electrónica, así como el consumo de corriente eléctrica.

Las electroválvulas consisten de un solenoide y de un inducido que permite la apertura o cierre. Un muelle o resorte asegura la posición en reposo de las electroválvulas, cuando estas no reciben alimentación. Las entradas y salidas de las electroválvulas contienen



micro filtros para proteger dichos elementos de impurezas que pueda tener el líquido de frenos.

Las electroválvulas de admisión son del tipo normalmente abierta lo que permite que la bomba principal de freno aplique o libere presión hidráulica a los cilindros de freno y por lo tanto a las mordazas.

Para reducir la presión de los frenos, sin tomar en cuenta el estado de activación o desactivación de la electroválvula, se ha incorporado una válvula check conectada en paralelo a la electroválvula de admisión, esto quiere decir que se cuando tengamos mayor presión del lado del pistón de freno se abrirá automáticamente hacia el reservorio, disminuyendo la presión. Cuando se cierra la electroválvulas de admisión mediante un circuito eléctrico, evita que aumente la presión en el cilindro de la rueda y de esta forma se obtiene la etapa de mantenimiento de la presión.

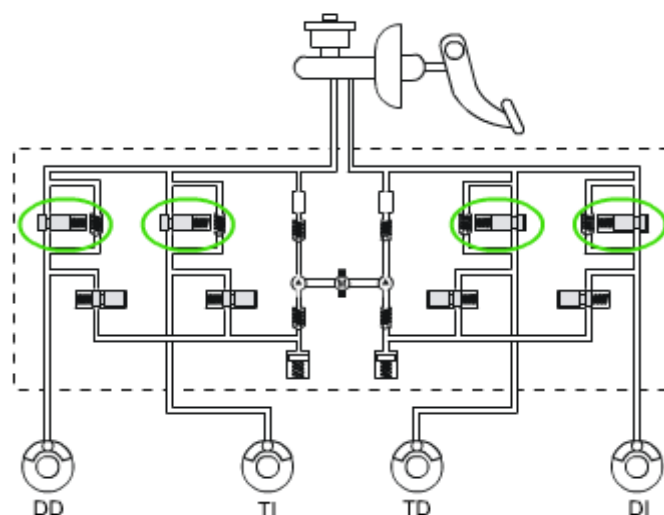


Fig.2.2: Válvulas de admisión

Las electroválvulas de escape o descarga son del tipo normalmente cerrada lo que impide que el fluido de frenos circule entre el cilindro de frenos y el acumulador.

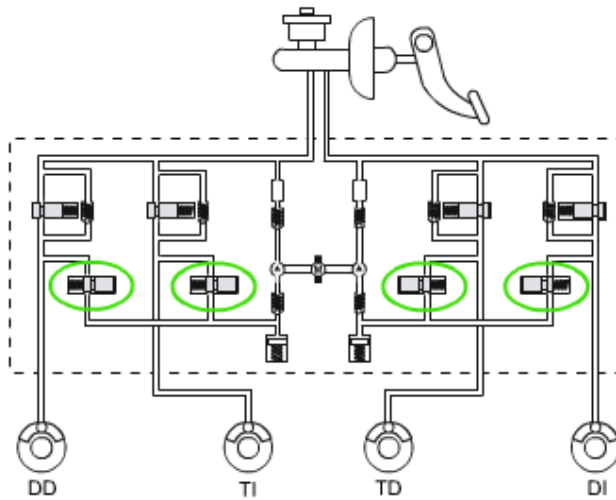


Fig.2.3: Válvulas de escape o descarga

“Cuando se abren mediante un circuito eléctrico, las electroválvulas de descarga permiten que el fluido circule hacia el acumulador de presión. Esto reduce la presión de frenado en los cilindros de rueda.

La función del conjunto motor – bomba es el retorno de líquido de frenos desde los cilindros de freno a la bomba principal de freno en la fase de regulación o disminución de presión. Este movimiento puede sentir el conductor en el pedal del freno. El funcionamiento de este sistema se basa en transformar el giro del motor eléctrico en un movimiento longitudinal de dos pistones por medio de una excéntrica que se encuentra en el eje del motor.

El acumulador de presión se llena de líquido de frenos que pasa por la electroválvula de escape, si hay una variación importante de adherencia en el suelo. La función principal del acumulador es retener cierto volumen de presión para que la bomba de retorno pueda succionar líquido de frenos y ya no haya presión en los cilindros de freno.”<sup>14</sup>

<sup>14</sup> Tomado del texto: Sistemas de frenado convencional y electrónico. BOSCH, Robert.. 3 Edición. 2003. Pag. 76

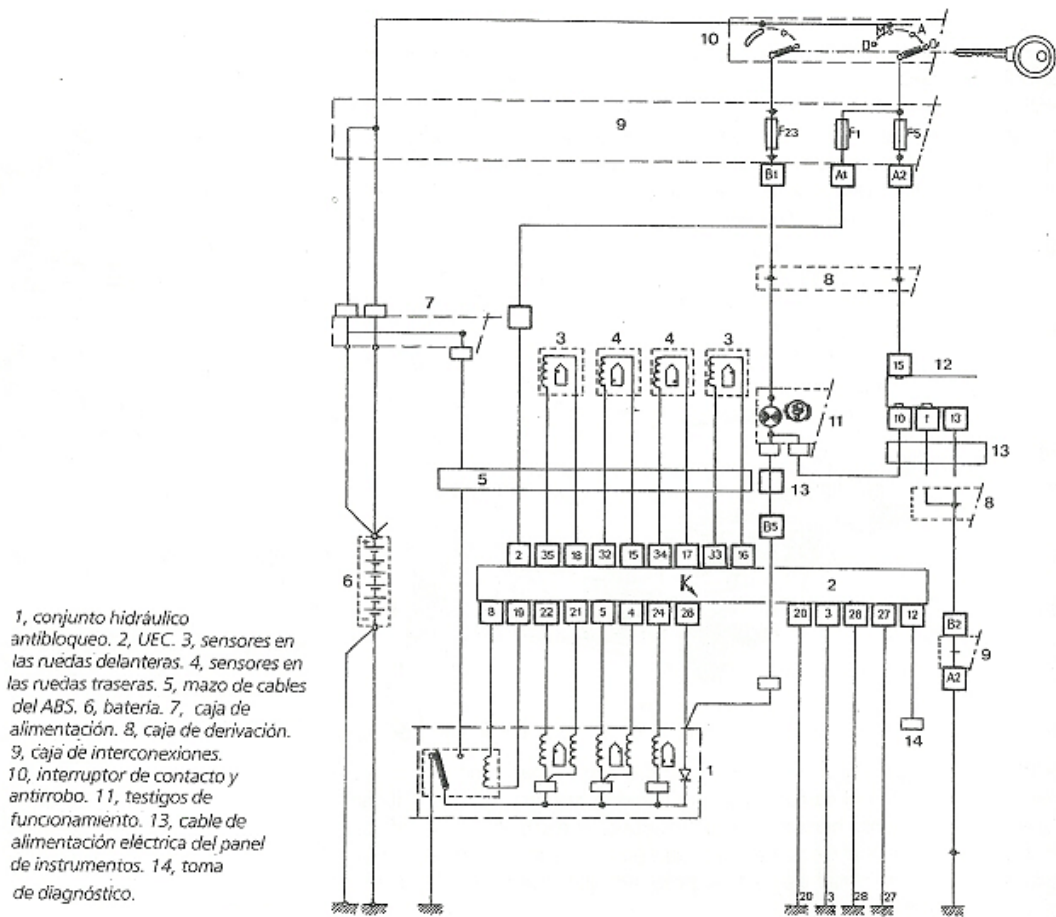
El nivel de presión necesario para el llenado del acumulador de baja presión debe ser lo suficientemente bajo para no contrariar la caída de presión en fase de regulación, pero lo suficientemente importante como para vencer en cualquier circunstancia el tarado de la válvula de entrada de la bomba. El caudal medio evacuado por la bomba es inferior al volumen máximo suministrado en situación de baja presión.

### **2.2.2 Sistema eléctrico**

El sistema eléctrico está constituido por los sensores de velocidad de las ruedas; la unidad de control (UEC); una lámpara de aviso en caso de averías; un conector para la herramienta de diagnóstico; y los circuitos de alimentación de la bomba y control de las electroválvulas.

#### ***2.2.2.1 Conexión eléctrica del ABS***

En la figura 2.4 se puede observar la disposición de los componentes eléctricos y se va a explicar los elementos más importantes de dicho sistema. Vamos a destacar, en primer lugar, el conjunto hidráulico ABS 1, con sus electroválvulas. Otra parte muy importante del sistema lo tenemos en la unidad electrónica de control que se encuentra señalada con el número 2. Tenemos los sensores de la velocidad de las ruedas delanteras 3 y de las ruedas posteriores 4 que envían la señal por el mazo de cables 5 a la UEC, que a su vez debe tener un recubrimiento para evitar el contacto con agua y para evitar la corrosión, ya que esto puede limitar su funcionamiento y provocar fallos en el sistema.



15

Fig.2.4: Esquema eléctrico del ABS

La corriente procedente de la batería 6, pasa por el interruptor de contacto y antirrobo 10 y por la caja de alimentación 7 provista de fusibles, desde la que se distribuye, por una parte, hacia la UEC 2 y, por otra, hacia las tomas del tablero de instrumentos 13.”<sup>16</sup>

En esta parte podemos destacar la caja de derivación 8 y la de interconexiones 11 y el visor izquierdo 12. Por último, tenemos la toma de diagnóstico del ABS señalado con el número 14, es este caso muy cerca del lugar ocupado por la misma UEC.

<sup>15</sup> Tomado del texto: La electrónica en el automóvil; CASTRO VICENTE, Miguel; CEAC; 1999, Pag. 118.

<sup>16</sup> Tomado del texto: La electrónica en el automóvil; CASTRO VICENTE, Miguel; CEAC; 1999. Pag. 119

### 2.3 Funcionamiento del ABS

El sistema ABS tiene cuatro fases de operación: frenado normal, mantenimiento de la presión, disminución de la presión y aumento de presión en el sistema.

En la figura 2.5 se ha representado de forma esquemática los elementos que intervienen en la regulación de la presión de freno sobre los cilindros. Como podemos ver este sistema tiene cuatro solenoides de admisión y cuatro de escape (dos para cada rueda), las electroválvulas de admisión y escape están formadas por un cuerpo en cuyo interior hay una bobina alimentada por la UEC, en el interior de la bobina hay un pistón presionado por muelles o resortes.

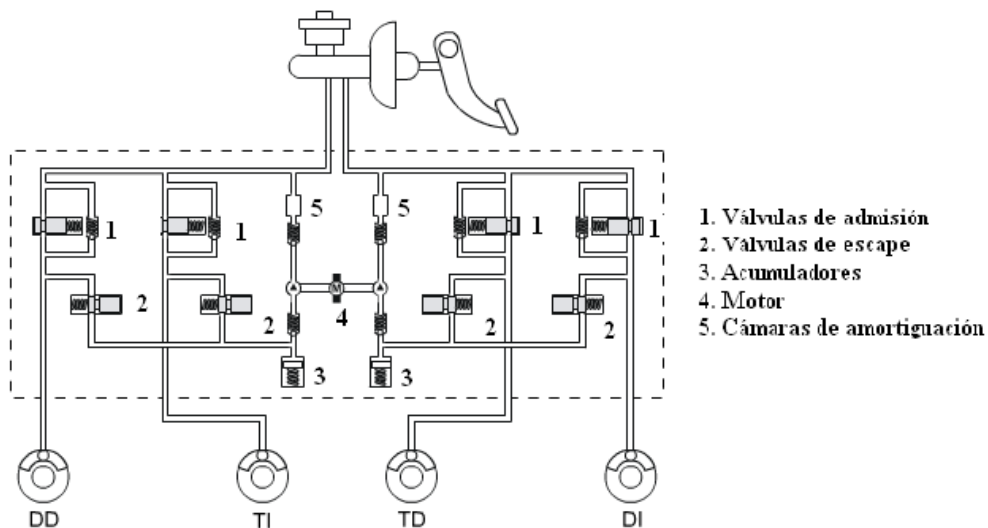


Fig.2.5: Esquema de los componentes que intervienen en el ABS

En paralelo con la electroválvula de escape está el acumulador de presión y dos bombas de retorno accionada por un solo motor con excéntrica (una para porción cruzada del sistema de frenos); dos cámaras de amortiguación para ayudar a reducir el pateo del pedal de freno; dos acumuladores de presión, uno para cada porción cruzada del sistema de frenos.

### 2.3.1 Frenado normal

Aquí el equipo se encuentra en posición de frenado normal, es decir, no de emergencia. No hay por lo tanto bloqueo en ninguna de las ruedas y el equipo ABS no debe intervenir. Dentro del modulator del ABS las electroválvulas de admisión se encuentran abiertas mientras que las de escape cerradas, es decir en sus condiciones normales o de reposo.

Cuando no se requiere del sistema ABS, la presión hidráulica de la bomba principal de freno fluye a través de la electroválvula de admisión hasta los cilindros de freno de las ruedas sin restricciones. Al disminuir la acción sobre el pedal de freno, el líquido regresa a la bomba principal por el mismo camino, con lo que la presión decrece rápidamente.

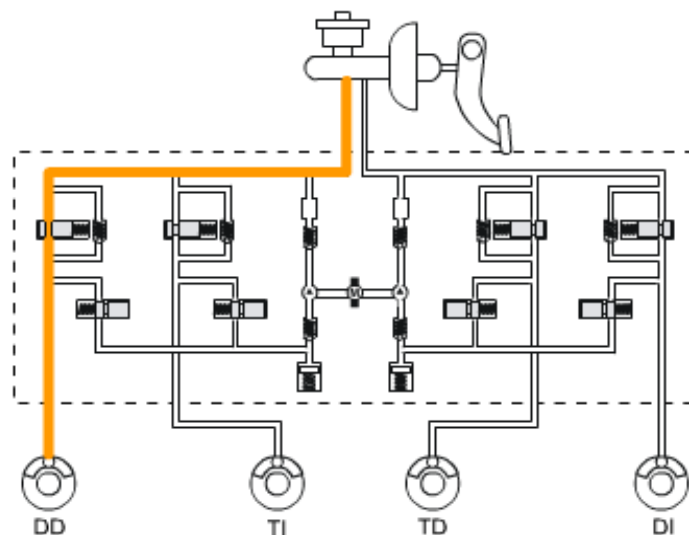


Fig.2.6: Frenado normal

### 2.3.2 Mantenimiento de la presión

Si alguna de las ruedas alcanza el umbral de deslizamiento máximo (15%), la UEC, a través de la señal de velocidad de la rueda, manda una señal a la bobina de la electroválvula de admisión con lo cual esta sale de su posición de reposo y se cierra.

En esta posición la presión en el cilindro de freno se mantiene constante, independientemente de que el conductor incremente su esfuerzo sobre el pedal de freno, que solo tendrá efecto sobre el resto de las ruedas.

Como podemos apreciar en la figura 2.7, el cilindro maestro va a aplicar presión hidráulica al modulador del ABS, pero al encontrar la electro válvula de admisión cerrada aumenta la presión en este punto mientras que en el cilindro de freno de la rueda TI vamos a tener un mantenimiento de dicha presión, la línea de color rojo hacia la rueda DD nos indica que en esta rueda se sigue ejerciendo la presión normal de frenado ya que la electro válvula de admisión continúa normalmente abierta.

Si la tendencia al bloqueo desaparece (la rueda se acelera), la UEC deja de mandar señal a la electroválvula de admisión, los muelles internos, empujan al pistón hasta el fondo restableciendo el frenado normal.

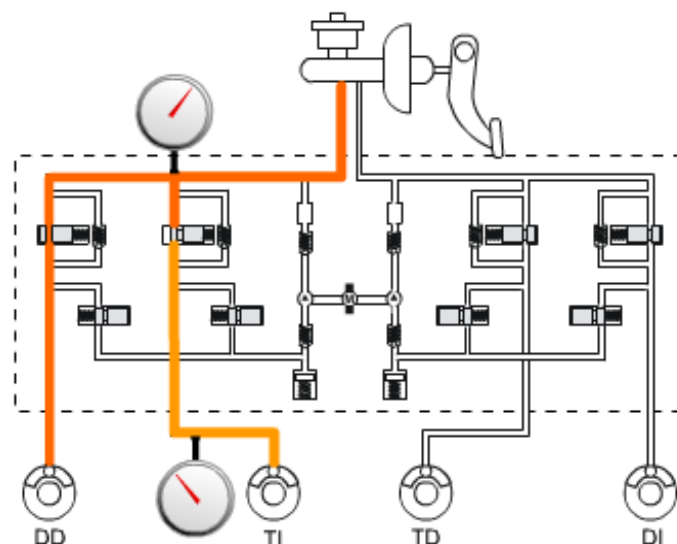


Fig.2.7: Mantenimiento de la presión

### 2.3.3 Reducción de la presión

Si se supera el umbral de deslizamiento del 15% en una de las ruedas con riesgo de bloqueo, la electro válvula de escape o de descarga se abre mientras que la electroválvula de admisión permanece cerrada, lo que permite que la presión hidráulica del cilindro de freno regrese al acumulador, desplazando su membrana y venciendo la acción del muelle.

Esto reduce la presión en el cilindro de freno de la rueda, lo que permite que aumente la velocidad de la rueda. Al mismo tiempo la UEC alimenta al relé del motor del ABS, que hace regresar al líquido a la bomba de frenos descargando el acumulador.

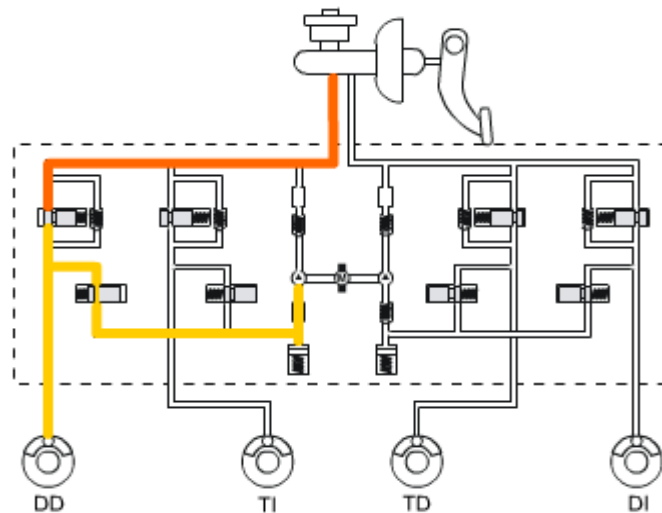


Fig.2.8: Reducción de la presión

### 2.3.4 Aumento de la presión del sistema

La electro válvula de admisión se encuentra abierta, la electroválvula de descarga está cerrada y la presión de la bomba del ABS se aplica nuevamente a la mordaza de freno. La presión de la bomba del ABS también fluye a través de las cámaras de amortiguación lo cual produce pateo en el pedal de freno, pero que a través de estos elementos se ha reducido este efecto.

Este ciclo continua hasta que el vehículo salga de la situación en la cual se requiere del sistema ABS hasta que el vehículo se haya detenido.



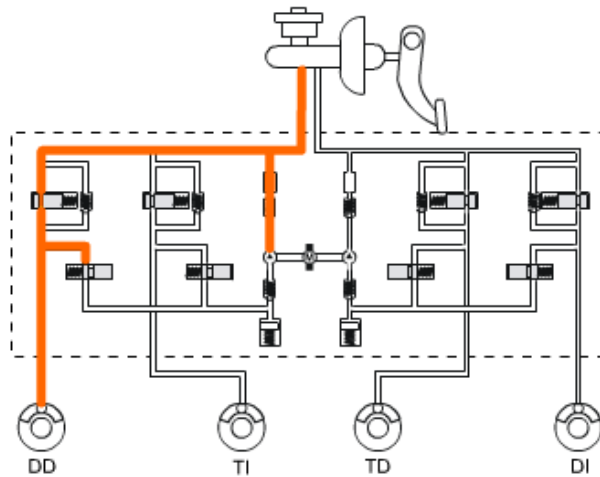


Fig.2.9: Aumento de la presión

## **2.4 Implementación del sistema ABS al proyecto**

En el proyecto se va a utilizar un cuerpo de válvulas que se encontraba instalado en un NISSAN X-TRAIL T30, es de marca BOSCH de cuatro vías y cuatro canales.

La caja mecánica secuencial de una motocicleta posee dos movimientos en el mecanismo selector para el cambio de velocidades, uno ascendente y otro descendente, con la opción de subir o bajar de marcha secuencialmente, el orden más común es el siguiente 1°, Neutro, 2°, 3°, 4°, 5°, 6°; además del selector de las marchas tenemos un embrague multidisco húmedo el cual permite conectar y desconectar la transmisión del par motor hacia el eje primario de la caja de cambios.

En el proyecto se va a demostrar que tan eficaz puede ser la aplicación del mecanismo electro hidráulico para el accionamiento de las marchas y el embrague multi discos.

### **2.4.1 Grupo hidráulico del ABS**

El grupo hidráulico que se utilizó para controlar la presión del líquido de frenos es similar es de cuatro canales, esto quiere decir que usaremos dos canales para el accionamiento de la palanca selectora de marchas y dos canales para el accionamiento del embrague.

Como podemos apreciar en la figura 2.10 el cuerpo hidráulico del ABS posee dos entradas de presión hidráulica conectadas a una bomba mecánica para alimentar al sistema y poder purgarlo del aire existente entre las conexiones, realizado este proceso utilizando un perno para empujar el pedal de freno, bloqueamos este en la posición de trabajo para evitar el retorno del líquido de frenos hacia el reservorio.

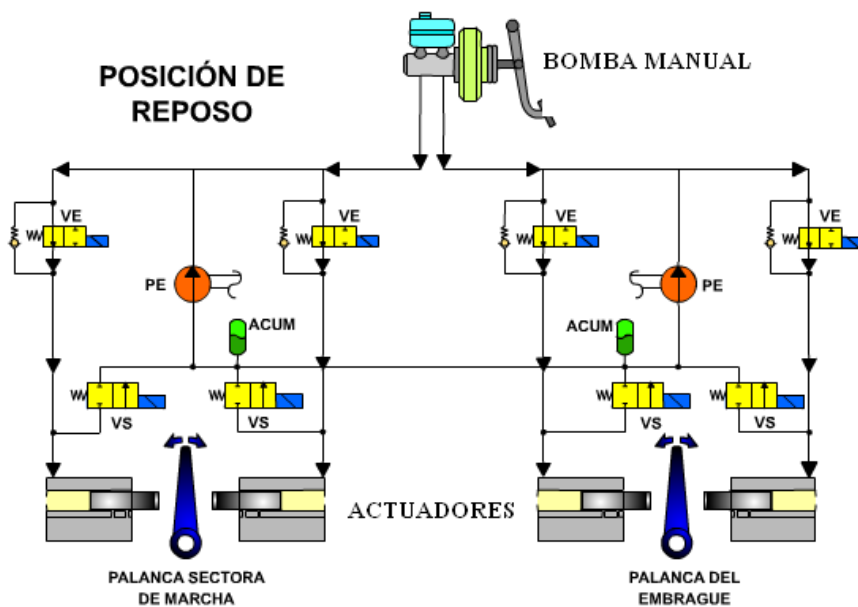


Fig. 2.10: Grupo hidráulico del ABS

Dentro del cuerpo hidráulico se encuentran los acumuladores de presión los cuales cumplen la función de disminuir la presión a la entrada de la bomba eléctrica, en nuestro circuito además de cumplir con esta función sirve para guardar el volumen que se desplaza en los actuadores, ya que su retorno al reservorio es imposible dado la posición en la que se encuentra la bomba mecánica.

#### ***2.4.1.1 Electroválvulas***

El cuerpo de válvulas aplicado al proyecto, dispone de dos válvulas por cada salida, son solenoides con inducido móvil, el cual al energizarse cambia de posición de abierta a cerrada o viceversa, estas electroválvulas son de tipo 2/2 que quiere decir dos vías, dos posiciones, una electroválvulas se encuentra en posición normalmente abierta que permite la comunicación entre la entrada y la salida de la bomba, la cual permitirá en el proyecto que el actuador este alimentado constantemente, la segunda electroválvulas esta normalmente cerrada la cual al cambiar de estado mediante la energización del solenoide, permite la comunicación con el acumulador y succión de la bomba, en nuestra aplicación ambas electroválvulas se energizaran para permitir el desplazamiento de uno de los dos pistones, esto quiere decir que mientras un pistón se encuentra con presión, el otro se encuentra liberando presión hacia el acumulador y la succión de la bomba. De esta manera se puede efectuar el movimiento en una u otra dirección ya sea para controlar el mecanismo de las marchas o el embrague.

#### ***2.4.1.2 Bomba eléctrica***

La bomba eléctrica es el elemento encargado de ayudar al retorno de líquido de frenos desde los actuadores a la bomba de freno en la fase de disminución de presión y de generar el caudal y presión, para desplazar a los pistones en la fase de aumento de la presión.

#### ***2.4.1.3 Actuadores***

Los actuadores del sistema son bombas de freno de motocicletas convertidas en pistones hidráulicos, únicamente cambiamos la salida de presión hidráulica por una entrada de presión para que sea el líquido de frenos el que mueva al pistón, y se eliminó el resorte de recuperación para tener una mayor carrera efectiva antes de que se produzca la liberación de líquido de frenos por los orificios que comunican con el reservorio que poseen estas bombas de motocicleta, los actuadores son dos para el mecanismo selector de marcha y dos para el mecanismo de embrague multidisco.



Fig.2.11: Actuador

La carrera efectiva que tienen estos actuadores es de 18 mm, es por ello que debemos ubicarlos a una altura lo suficientemente grande sobre el punto de apoyo de la palanca selectora de marcha para aprovechar la ventaja mecánica que nos ofrece esta, pero al mismo tiempo debemos tomar en cuenta que para realizar el cambio de marcha no se exceda la carrera efectiva a fin de evitar fugas por los orificios de comunicación con el reservorio.

## 2.4.2 Funcionamiento hidráulico

El circuito aplicado al proyecto funciona de la siguiente manera: Se alimenta y se purga de aire al cuerpo del ABS mediante el uso de una bomba de freno mecánica.



Fig.2.12: Mecanismo de alimentación

Alimentado y purgado el sistema, ponemos el tope de perno y tuerca en el pedal de la bomba de freno para evitar el retorno de líquido hacia el reservorio.

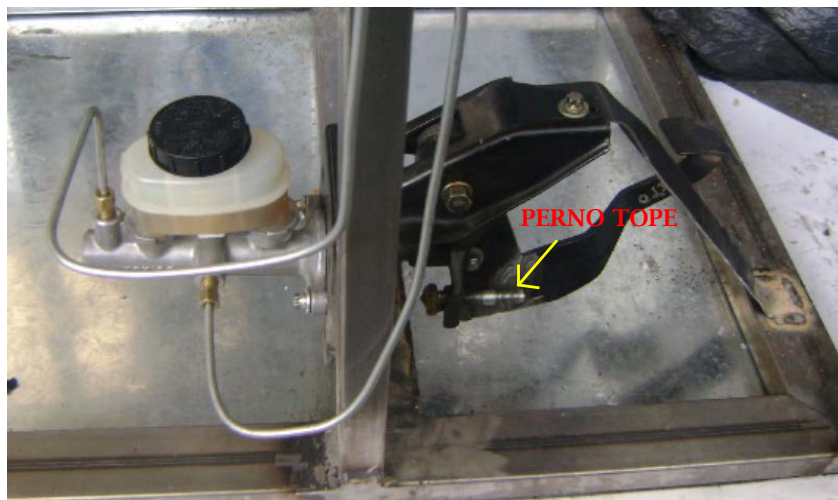


Fig. 2.13: Bomba de freno mecánica

Los actuadores tanto en el caso del selector de la palanca como en el embrague se encuentran enfrentados con igual presión en punto muerto de sus respectivas palancas, es

decir no se esta efectuando ningún cambio de marcha. Para lograr esto los dos pistones se encuentran alimentados con la misma presión producida por la bomba eléctrica.

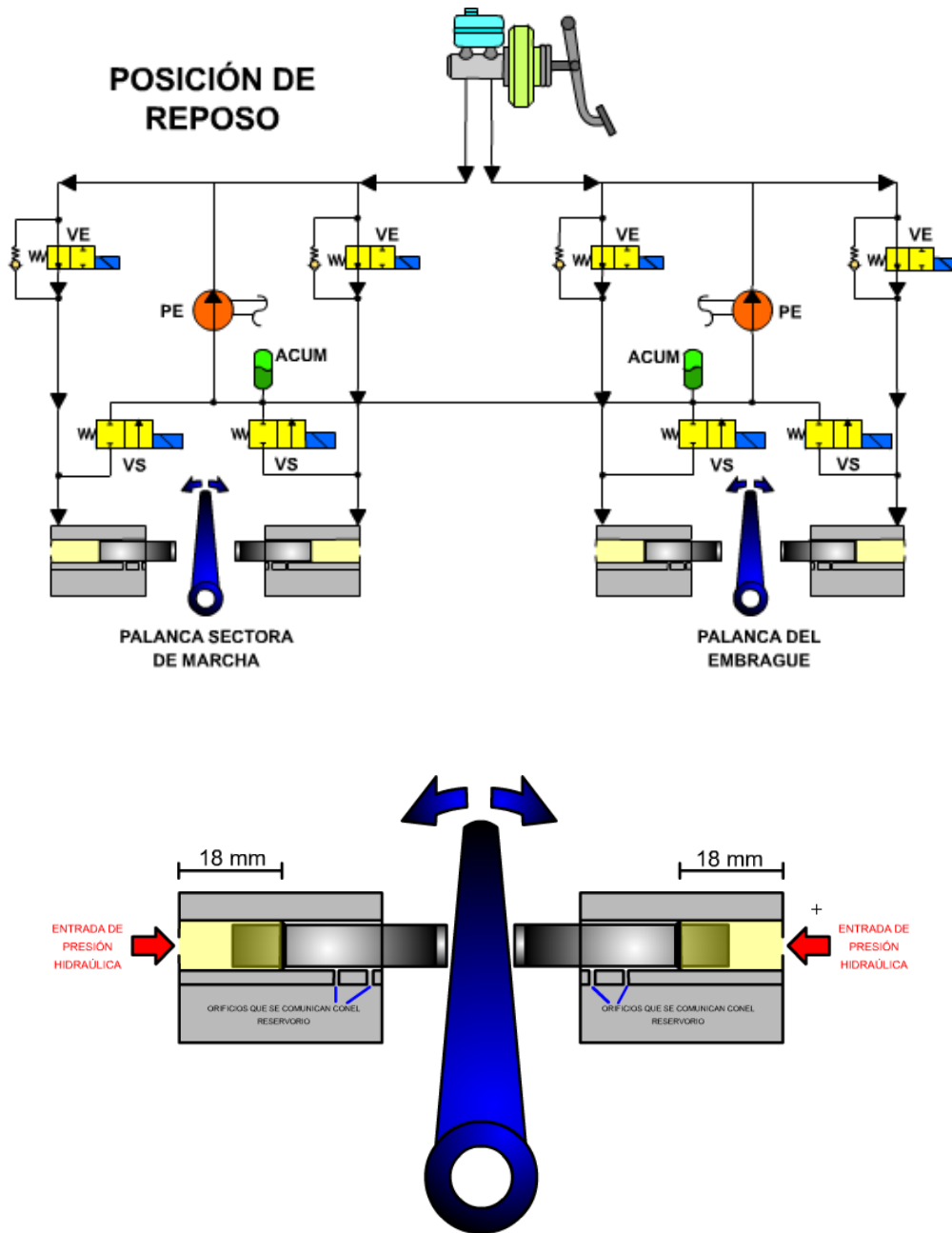
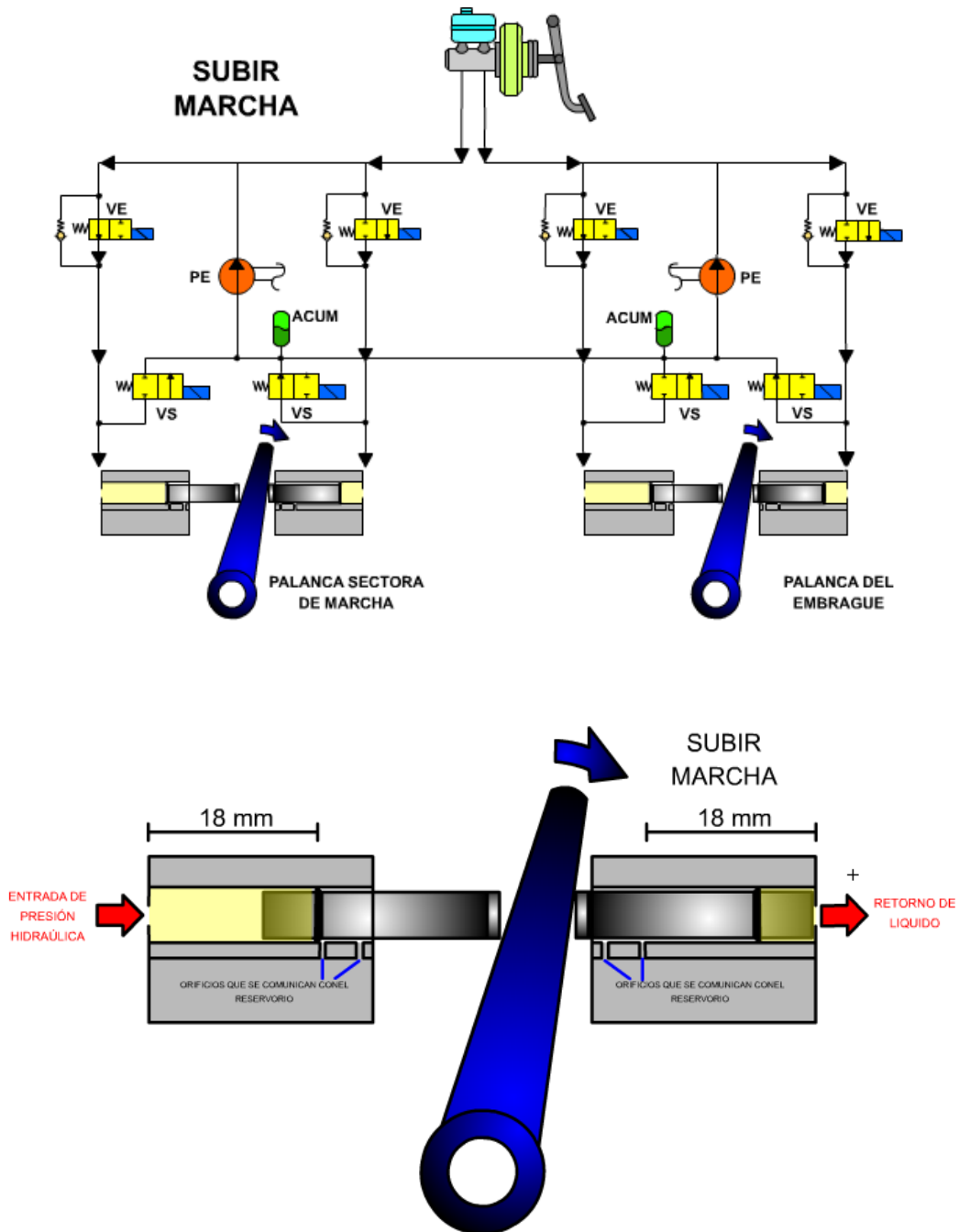


Fig. 2.14: Posición de reposo

En la figura 2.15 se representa el cambio ascendente de marcha, es decir mientras el pistón de subir marcha se encuentra con presión hidráulica, el otro de bajar marcha esta aliviando

presión hacia el acumulador y la succión de la bomba a través de las electroválvulas de alivio que se encuentran energizadas.



2.15: Subir marcha

Una vez realizado este proceso se deberá quitar la alimentación a las electroválvulas para que la presión hidráulica de la bomba vuelva a alimentar con líquido al pistón que ingresó en el cilindro, y este pueda volver a la posición de punto muerto en la palanca selectora.

En la figura 2.16 se representa el cambio ascendente de marcha, es decir mientras el pistón de bajar marcha se encuentra con presión hidráulica, el otro de subir marcha esta aliviando presión hacia el acumulador y la succión de la bomba.

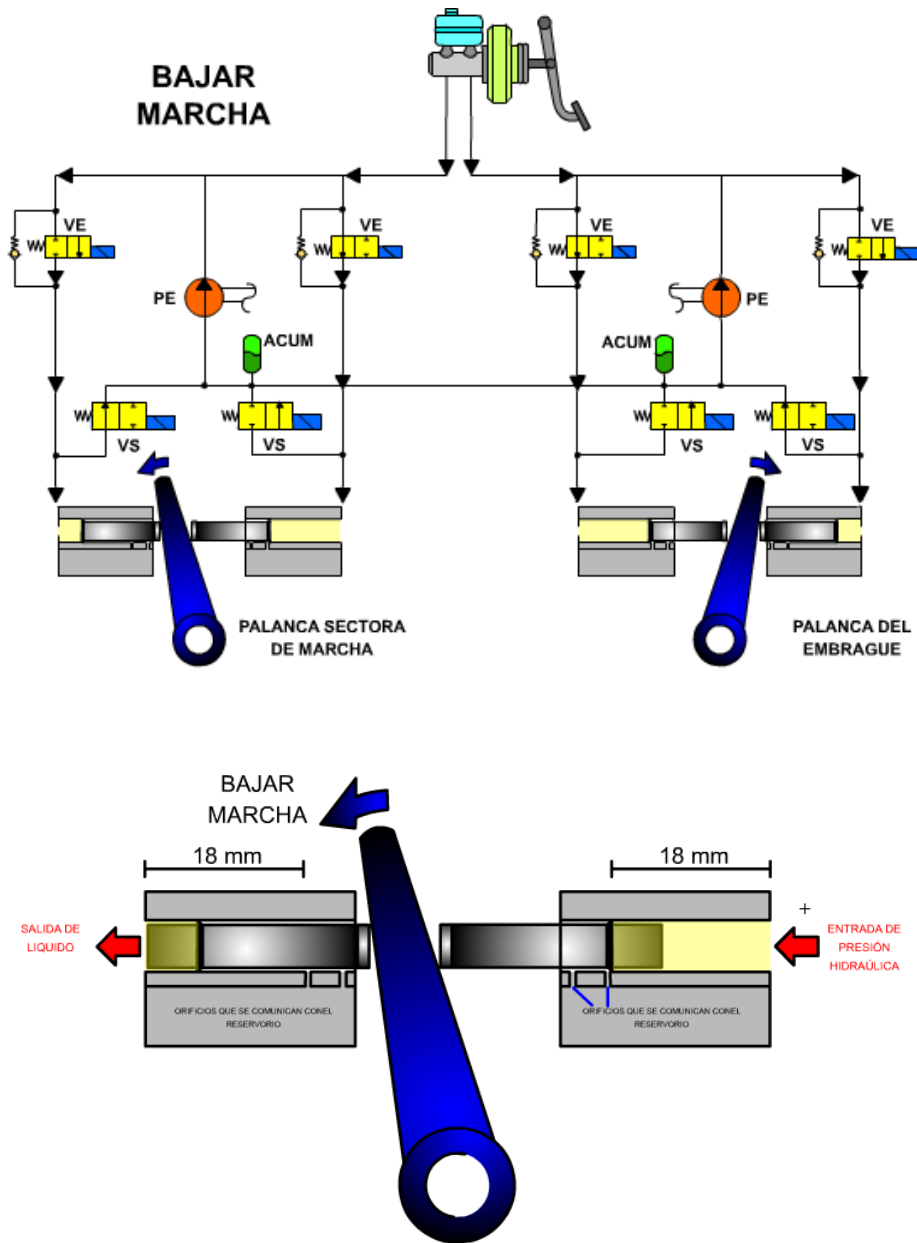


Fig. 2.16 Bajar marcha

### 2.4.3 Funcionamiento eléctrico



La fuente del sistema será una batería de 11 placas, de 12 V, usada comúnmente en los automóviles. Los elementos están alimentados con el voltaje procedente de la batería son el motor eléctrico y las electroválvulas.

Se desoldó la placa original del ABS para fabricar una nueva donde se pueda alimentar directamente a las electroválvulas y al motor desde un nuevo controlador con una nueva lógica de funcionamiento.

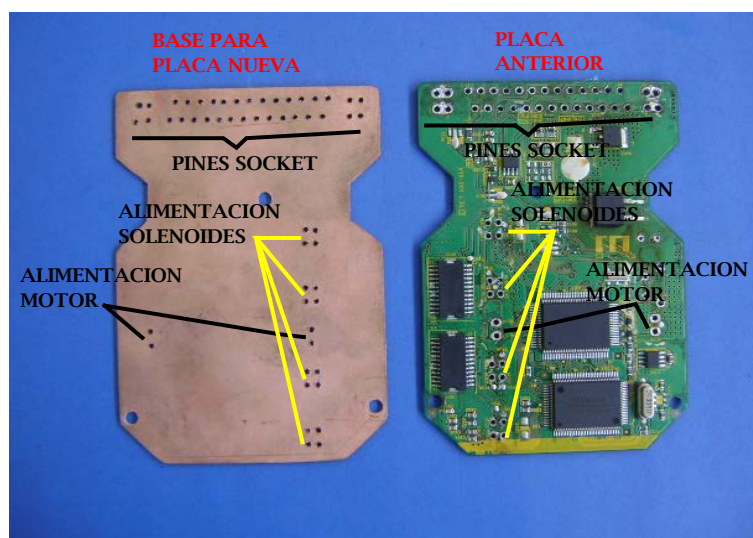


Fig. 2.17: Placa de control del ABS

La disposición actual de los pines en el socket es la siguiente:

M = motor eléctrico.

S1 = (azul/negro-verde/gris ) válvula N/A de la cañería FL.

S5 = (verde claro/negro – verde/gris) válvula N/C de la cañería FL.

S4 = (morado/rosado – rojo) válvula N/A de la cañería FR.

S8 = (negro/rojo – verde claro/rojo) válvula N/C de la cañería FR.

S2 = (azul/tomate - negro/amarillo) válvula N/A cañería RL.

S6 = (negro/gris – verde/rojo ) válvula N/C cañería RL.

S3 = (negro / rosado – verde/negro ) válvula N/A cañería RR.

S7 = (café – verde claro/rojo ) válvula N/C cañería RR.

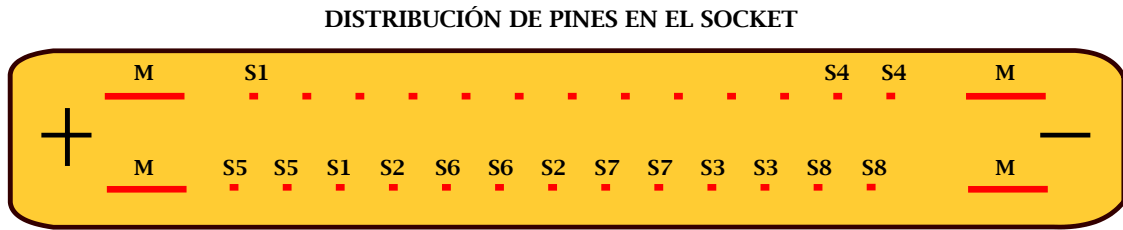


Fig. 2.18: Distribución de pines

Cuando necesitemos subir o bajar la marcha, se deben energizar ambos solenoides que correspondan a la cañería que deberá liberar la presión hacia el acumulador y succión de la bomba eléctrica, y de esta manera el actuador ingresará dentro del cilindro, y el otro al contrario saldrá del cilindro empujando la palanca selectora.

En el caso de nuestro sistema los pistones que transmiten su movimiento a la palanca selectora, están conectados a las salidas FL y FR, lo cual quiere decir que debe energizarse los solenoides S1 y S5 en el caso de la cañería FL; S4 y S8 en el caso de la cañería FR.

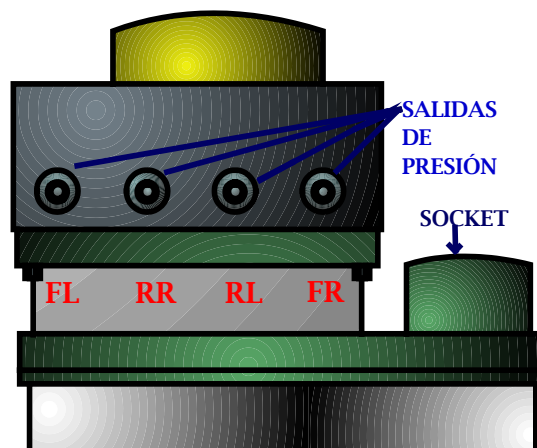


Fig. 2.19: Distribución de las cañerías del ABS

## 2.5 Pruebas prácticas para comprobar el funcionamiento del ABS en el proyecto

Efectuar la medición de presiones en las salidas hacia los actuadores mediante manómetro de la presión, para lo cual llevamos a cabo el siguiente procedimiento:

Conectar las cañerías de entrada de presión desde la bomba mecánica al cuerpo hidráulico del ABS. Poner tapones en tres de las cuatro cañerías de salida de líquido de frenos, y ubicar el manómetro en la salida que queda libre.

Purgar el sistema mediante la bomba mecánica, asegurándose que no exista aire en ninguna de las salidas de presión, a fin de obtener una lectura real. Observar que la pluma del manómetro muestre una lectura superior a los 8 bares.

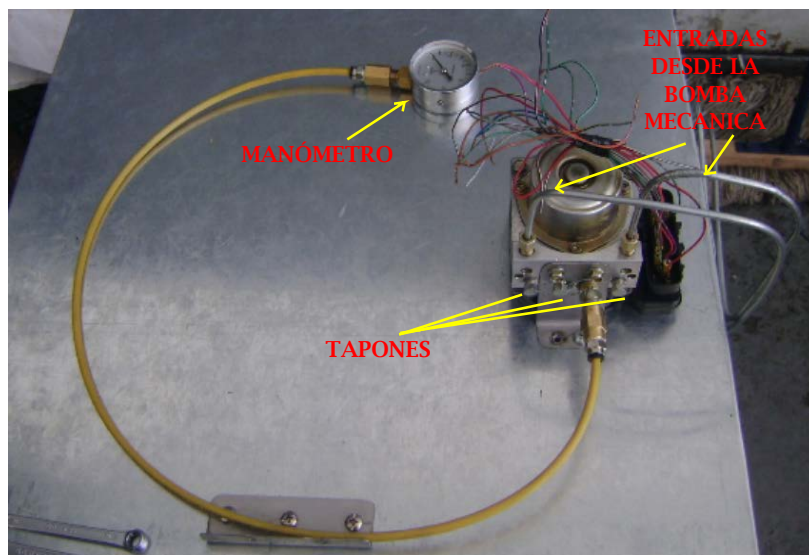


Fig. 2.20: Conexión del manómetro de presión

Comprobar el funcionamiento de las electroválvulas de cada cañería, en el caso de la electroválvulas normalmente abierta ,al momento de energizarla debemos observar que la presión permanece constante sin subir ni bajar, el pedal debe endurecerse y restringir el movimiento del varón de la bomba, en el sistema convencional del ABS esta es la fase de mantenimiento de la presión.

**ELECTROVALVULA  
N/A ENERGIZADA**

Fig.2.21: Mantenimiento de la presión

En el caso de las electroválvulas que controlan la liberación de presión, al energizarlas, debemos observar en el manómetro una disminución de la presión lo cual nos dará una lectura baja, debido a que el líquido de frenos va al acumulador de presión y al lado de succión de la bomba, en el sistema convencional del ABS esta es la fase de liberación de la presión.

**ELECTROVALVULA  
N/C ENERGIZADA**

Fig. 2.22: Reducción de la presión

Mecánicamente debemos ubicar los actuadores enfrentados a la palanca selectora, con el pistón ubicado en la mitad de su carrera efectiva, para que este pueda entrar y salir del

cilindro, con lo cual dicho elemento desplazará a la palanca en un sentido para subir de marcha y permitirá que el otro actuador lo haga en sentido contrario para bajar de marcha.

Para poder incrementar la velocidad en el desplazamiento de los actuadores es necesario que la bomba tenga mayor caudal al actual. Esto quiere decir que no podríamos seguir usando el cuerpo hidráulico del ABS como base de nuestro proyecto.

La implementación de una nueva bomba conlleva la construcción de un nuevo cuerpo hidráulico para las electroválvulas; ya que su fabricación es costosa y compleja, se ha decidido realizar un cambio de sistema.

Se han realizado pruebas utilizando electroimanes obteniendo excelentes resultados, la rapidez de accionamiento se produce en décimas de segundo. A partir de este punto se describirá la implementación de este sistema reemplazando al accionamiento electro-hidráulico.

### **CAPITULO 3**

#### **ESTUDIO DEL SISTEMA PARA EL ACCIONAMIENTO DEL MECANISMO SELECTOR DE MARCHAS Y EMBRAGUE**

##### **3.1 Introducción**

Debido a las razones que se explicaron en el capítulo anterior, el mecanismo selector de marchas que en principio se basaba en la electrohidráulica, ahora se va a apoyar en fundamentos eléctricos como el magnetismo, entre otros, ya que en vez de que la palanca de cambios pueda moverse por medio de actuadores controlados por presión hidráulica

ahora se va a usar actuadores controlados por corriente eléctrica, el tiempo que va a permanecer activado el actuador (Ancho de pulso) va a ser regulado por una unidad de control con una lógica que permita el cambio de marchas tan pronto como el conductor o usuarios de la motocicleta presione el botón para subir o bajar de marcha, lo cual nos da como resultado una respuesta más rápida en el cambio.

El actuador es básicamente un solenoide de carrera lineal, es decir es un dispositivo operado eléctricamente que funciona en base al magnetismo, consiste en una bobina de forma cilíndrica que cuenta con hilos de material conductor (que generalmente es cobre debido a sus bajos costos de fabricación) enrollada sobre sí, para que el paso de la corriente genere un intenso campo magnético el cual actúa sobre la válvula móvil permitiendo el desplazamiento al eje en una de sus dos posiciones ya que este no está diseñado para tener una posición intermedia o moduladora.

En sí el objetivo de utilizar un solenoide es transformar la energía eléctrica en energía mecánica para conseguir un movimiento del eje del actuador, lo cual nos dará como resultado una rápida acción de control con la suficiente fuerza para mover a la palanca de cambios, lo que no se logró con actuadores hidráulicos principalmente en la velocidad de funcionamiento. Al finalizar el efecto de la corriente eléctrica va a disminuir el campo magnético y la fuerza ascendente sobre el eje por lo cual el actuador va a regresar a su posición de reposo.

El nivel de presión necesario para el llenado del acumulador de baja presión debe ser lo suficientemente bajo para no contrariar la caída de presión en fase de regulación, pero lo suficientemente importante como para vencer en cualquier circunstancia el tarado de la

válvula de entrada de la bomba. El caudal medio evacuado por la bomba es inferior al volumen máximo suministrado en situación de baja presión.

### **3.2 Solenoide y Electroimán**

Los imanes atraen a los materiales férricos, las fuerzas que atraen a dichos materiales son fuerzas magnéticas. Entre los polos norte y sur de un imán existe un campo magnético, que se representa a través de unas líneas llamadas líneas de fuerzas magnéticas. La cantidad de líneas que atraviesa una superficie se denomina flujo magnético.

En la figura 3.1 se representa un imán con sus líneas de fuerza; las líneas no representan movimiento del campo magnético, sino el sentido en que sería empujada una masa magnética situada en él.

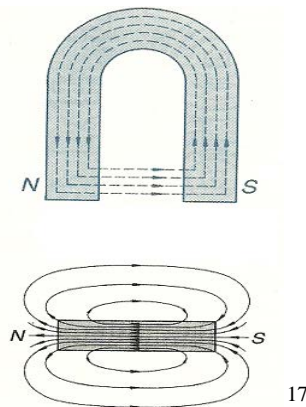


Fig. 3.1: Líneas de fuerza de un imán

Las líneas de fuerza van de polo norte a polo sur por fuera del imán y de sur a norte por dentro.

---

<sup>17</sup> Tomado del texto: Manual CEAC del automóvil. Pág.270

Los campos magnéticos generados por bobinas se orientan según la [regla de la mano derecha](#). Si los dedos de la mano derecha se cierran en torno a la dirección de la corriente que circula por la bobina, el pulgar indica la dirección del campo dentro de la misma. El lado del imán del que salen las líneas de campo se define como polo norte.

“La figura 3.2 muestra un conductor en posición vertical; la corriente, según indica la flecha, va de abajo hacia arriba y las flechas de las líneas de fuerza señalan el sentido del campo magnético. En la parte inferior del gráfico tenemos al conductor perpendicular al papel. El punto que se observa en el centro del conductor nos muestra que la corriente se dirige hacia nosotros; si la corriente fuera hacia el papel, en vez de representar en un punto tendríamos una cruz. Estos campos de fuerzas están en todo lo largo del conductor.”<sup>18</sup>

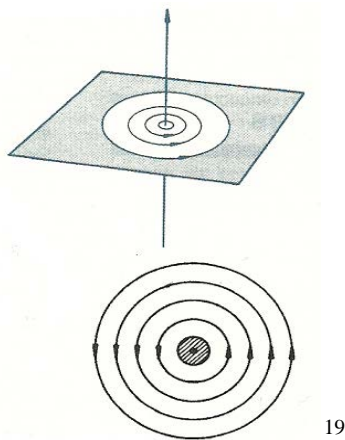


Fig.3.2: Campo magnético en un conductor

Si en vez de un conductor recto tenemos una espira de una bobina, el campo tendría el aspecto del que se muestra en la figura 3.3 a, si se trata de una bobina como en la figura 3.3 b se sumarían los campos magnéticos en todas las espiras, dando lugar a un solenoide.

<sup>18</sup> Tomado del texto: Manual CEAC del automóvil. Pág.270

<sup>19</sup> Tomado del texto: Manual CEAC del automóvil. Pág.270



El campo magnético será más intenso cuanto mayor sea el número de espiras y cuanto mayor sea la intensidad de la corriente con la cual la alimentamos. Si en el interior de una bobina se coloca un núcleo de hierro fig. 3.3 c, este núcleo se imantará y producirá líneas de fuerza del campo magnético. De esta manera se aumenta la densidad de líneas de fuerza.

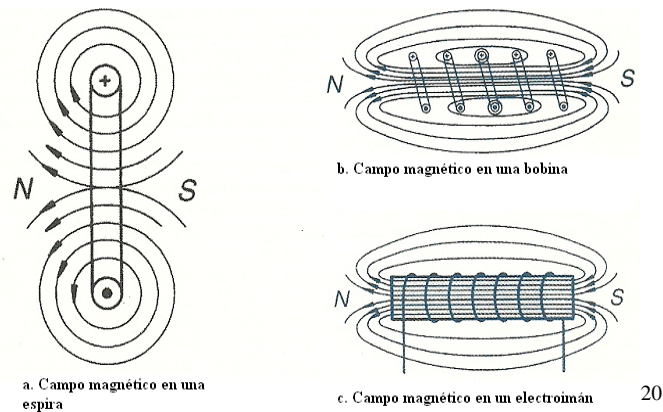


Fig.3.3: Campos magnéticos

“Un electroimán es un tipo de [imán](#) en el que el [campo magnético](#) se produce mediante el flujo de una [corriente eléctrica](#), desapareciendo en cuanto cesa dicha corriente.”<sup>21</sup>

La ventaja de un electroimán con respecto a un imán permanente es que se puede manipular el campo magnético controlando la cantidad de corriente que pasa a través del bobinado.

### 3.3 Magnetismo

El magnetismo es un fenómeno físico por el que los [materiales](#) ejercen [fuerzas](#) de atracción o repulsión sobre otros materiales.

<sup>20</sup> Tomado del texto: Manual CEAC del automóvil. Pág. 270

<sup>21</sup> Tomado de la página: [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com).

El hierro, el níquel y el cobalto son materiales ferro magnéticos o simplemente metales magnéticos, que colocados cerca de un imán natural, adquieren sus mismas propiedades. Los trozos de fierro son atraídos con mayor intensidad por ciertas partes de un imán, las cuales se denominan polos. Por ejemplo, si tenemos un imán en forma de barra y colocamos limaduras de fierro, estos se acumularán en los extremos de la barra; es decir, las limaduras son atraídas con mayor intensidad por los extremos.

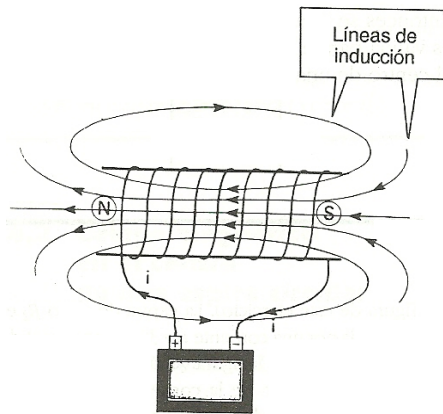
Los polos de un imán reciben las denominaciones de polo magnético norte y polo magnético sur, de acuerdo con la siguiente convención: polo norte de un imán es aquel de sus extremos que, cuando el imán puede girar libremente, apunta hacia el norte geográfico de la tierra, el extremo que apunta hacia el sur geográfico terrestre es el polo sur del imán.

De igual manera se ha observado que cuando tratamos de acercar el polo norte de un imán al polo norte de otro existe una fuerza de repulsión entre ellos, de igual manera entre los polos sur de dos imanes, mientras que entre el polo norte de uno y el polo sur del otro imán existe una fuerza de atracción. Cuando dos cargas eléctricas están en movimiento, entre ellos surge una fuerza que se denomina fuerza magnética.

### **3.4 Campo magnético en un solenoide**

Al conectar un solenoide a una batería, la corriente eléctrica circula por sus espiras, formando campo magnético tanto en el interior como en el exterior de la bobina. En el gráfico 3.4 se puede observar las líneas de inducción de este campo magnético. Podemos observar que el campo magnético muestra una configuración parecida a la de un imán en forma de barra.

Por lo tanto, posee las mismas propiedades magnéticas que un imán. Por ejemplo, un solenoide por el que pasa una corriente, y que está colocado de una manera que pueda girar libremente, se colocará en dirección norte-sur.



22

Fig. 3.4: Campo magnético en un solenoide

Además, sus extremos se comportan como los polos de un imán, del polo norte emergen las líneas de inducción, y el extremo por el cual regresan al solenoide, funcionan como polo sur. Por lo tanto, podemos decir que un solenoide es un electroimán, es decir, un imán obtenido por el paso de una corriente en un conductor enrollado helicoidalmente, o como la rosca de un tornillo.

### **3.5 Aplicación del electromagnetismo al proyecto**

Una vez comprobado que la velocidad de cambio del sistema electro hidráulico no era suficiente, optamos por aprovechar las ventajas del electromagnetismo para obtener una mayor rapidez en el cambio.

---

<sup>22</sup> FÍSICA General. ALVARENGA ALVAREZ, Beatriz. Editorial Oxford, 2002. Pág. 1078.

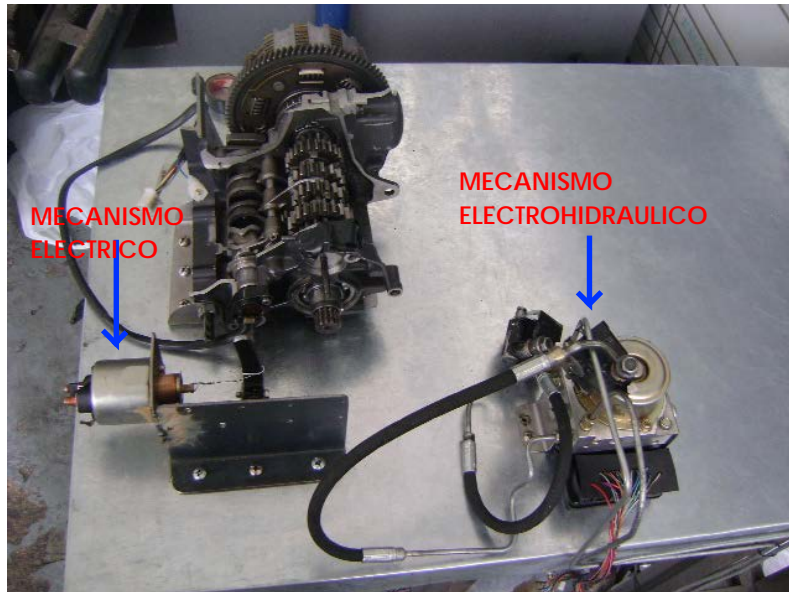


Fig. 3.5: Mecanismo eléctrico para el accionamiento de marchas y embrague

Inicialmente se realizaron pruebas con automáticos de un motor de arranque automotriz con su inducido solidario a la palanca de cambios para transformar la energía eléctrica en energía mecánica, lo cual nos dio como resultado una respuesta rápida con la suficiente fuerza para mover a la palanca de cambios y al mecanismo del embrague.

Como podemos observar en la figura 3.5 Se optó por construir solenoides de carrera lineal con una bobina constituida por hilo conductor de cobre enrollados entre sí para que el paso de corriente genere un intenso campo magnético el cual tenga la fuerza necesaria para desplazar al inducido que va a ser solidario a la palanca de cambios y al mecanismo del embrague para que se pueda desplazar en una de sus dos posiciones, ya que este no posee posiciones moduladoras o intermedias.

Para lograr que la caja de cambios cambie de relación de transmisión y mueva el mecanismo del embrague fue necesario construir tres solenoides: uno para subir marcha, otro para bajar marcha y uno para el accionamiento del embrague.

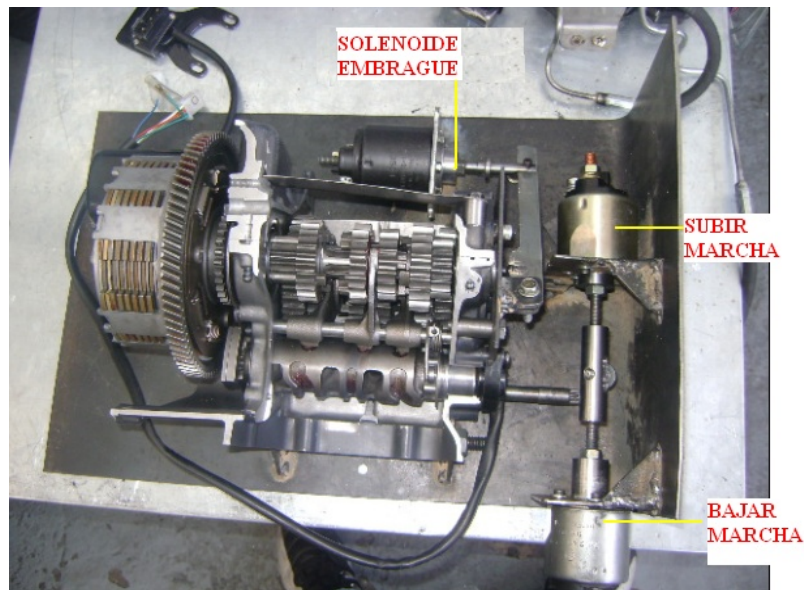


Fig. 3.6: Solenoides de la caja de cambios

## CAPITULO 4

### **CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA ELECTROMECAÁNICO PARA EL MECANISMO SELECTOR DE MARCHAS Y EMBRAGUE.**

#### **4.1 Introducción**

En el desarrollo de los capítulos anteriores se ha realizado una explicación detallada de los principios físicos y eléctricos mediante los cuales funcionan los distintos sistemas que hemos implementado para el accionamiento electro mecánico del selector de marchas y

el embrague. En este capítulo se va a explicar de forma detallada los procesos de fabricación de los elementos que hacen posible el cambio de marchas, así como ciertos detalles importantes en la construcción.

Será de vital importancia explicar la lógica y control del circuito eléctrico que va a ser encargado de enviar las señales para los actuadores del mecanismo de marchas y el embrague, para lo cual vamos a diseñar el circuito eléctrico, dimensionar los elementos, realizar los diagramas de flujo para la lógica de programación del micro controlador PIC y la programación en sí.

Con el desarrollo de este capítulo vamos a dar por terminado el proyecto ya que se podrá entender con claridad el funcionamiento de todo el conjunto en sí y entender de mejor manera los beneficios de su construcción.

#### **4.2 Implementación del mecanismo electromecánico**

Comenzamos por realizar un corte didáctico en la caja de cambios secuencial, con el objeto de poder apreciar todas sus partes móviles al momento de realizar la selección de marchas y el proceso de embrague, para ello separamos la caja de cambios del motor de combustión interna ya que ambos forman un solo conjunto, escogimos los lugares más idóneos para realizar los cortes sin dañar elementos que puedan averiar el funcionamiento normal de la caja. Para realizar el corte se utilizó cierras de grano grueso 18, moladora con disco de corte, y escorquina para el pulido de las superficies. Mediante este corte podremos ver el movimiento del tambor selector, las horquillas, piñones desplazables, la

manera como engranan los dogs con los clones que son los elementos de sincronización, mecanismo selector y el proceso de embrague.



Fig.4.1: Caja de cambios en corte

Es importante mencionar que a la caja de cambios en sí no se le realizó mayores modificaciones ya que nuestro proyecto no contempla cambios en la estructura y funcionamiento mecánico de dicho elemento, sino el modo de accionamiento del mecanismo selector. Si fue necesario hacer ciertas adaptaciones como por ejemplo los solenoides, el sensor de posición de cambio, las bases para que la caja se asiente de manera firme sin producir vibraciones en dicho elementos, entre otros.

Una de las principales adaptaciones fueron los solenoides que cumplen la función de permitir el movimiento del selector de la caja de cambios y mecanismo del embrague, ya que esta es una parte vital del proyecto, explicaremos de manera detallada la construcción y ciertos detalles que hacen posibles el correcto funcionamiento de la caja de cambios



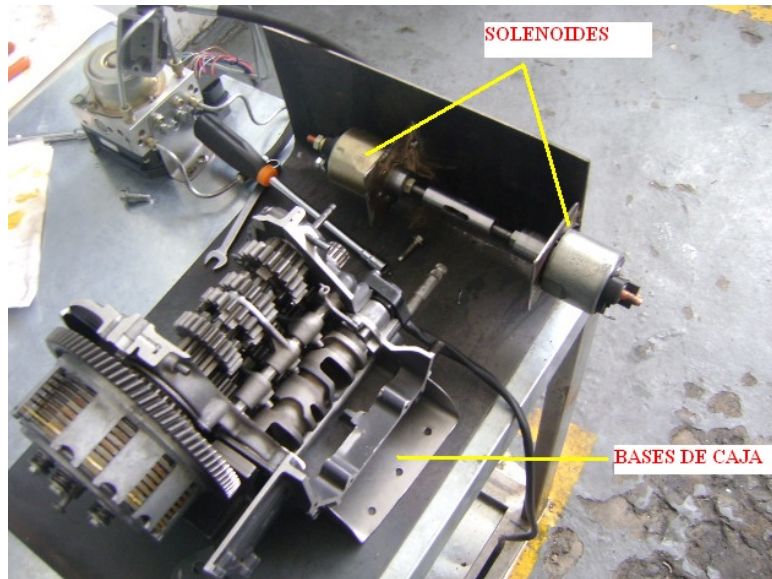


Fig. 4.2: Solenoides y bases de la caja

Para poder adaptar este nuevo sistema de accionamiento, se fabricó en el torno nuevos inducidos de acero de construcción para los solenoides, en su centro elaboramos una rosca para poder acoplarlos a una pieza intermedia, que es la que va a estar solidaria a la palanca selectora de marchas, además esta rosca nos servirá para regular a través de una tuerca la carrera del inducido dentro del solenoide para que el paso de la corriente por las espiras del solenoide generen un campo magnético con la suficiente fuerza para que el inducido pueda vencer la carga inicial. Al realizar las pruebas iniciales se comprobó que al alejar demasiado el inducido del solenoide, el primero no tenía la fuerza necesaria para vencer la carga inicial y el movimiento era lento, al colocar el inducido cerca del solenoide se logró vencer la carga inicial y obtener la rapidez y fuerza necesarias para desplazar a los mecanismos de accionamiento de marchas y embrague.





Fig. 4.3: Construcción de los inducido

Para poder controlar el movimiento del mecanismo selector de marchas se fabricó dos solenoides: para subir de relación de transmisión tenemos un solenoide A, para bajar de relación tenemos un solenoide B, opuestos uno con respecto a otro como podemos ver en la figura 4.4.

Como se puede observar en la entre los dos solenoides se fabricó un eje con una ranura donde se inserta la palanca de cambios y mediante un pasador se logró que el movimiento de ambos sea solidario.

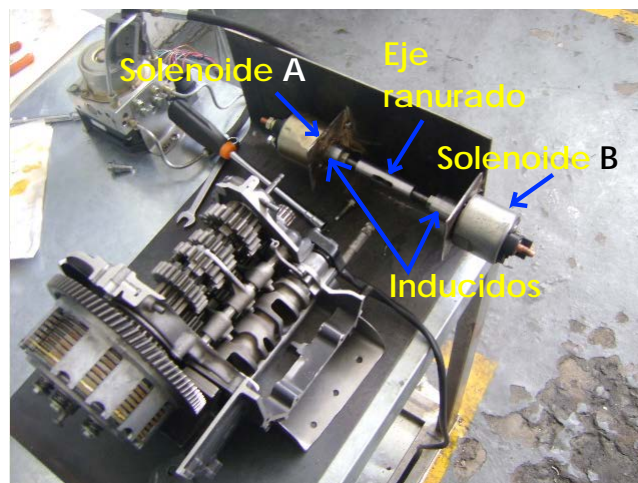


Fig. 4.4: Solenoides del selector de marchas

Como se puede observar en la figura 4.4 entre los dos solenoides se fabricó un eje con una ranura donde se inserta la palanca de cambios y mediante un pasador se logró que el movimiento de ambos sea solidario.

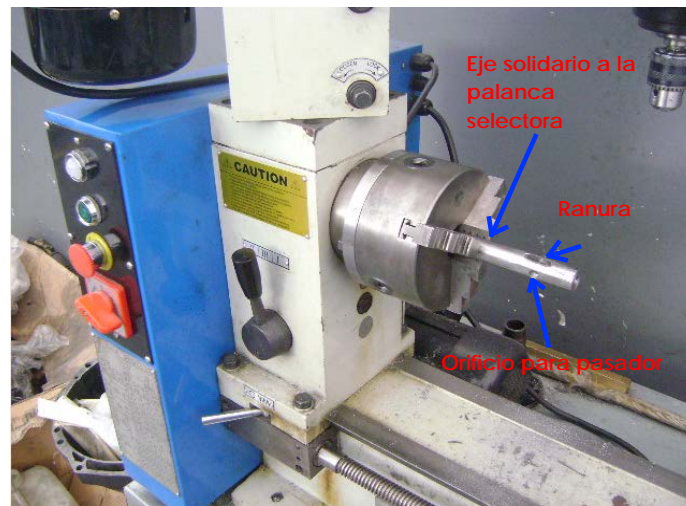


Fig.4.5: Eje de la palanca de cambio

La razón por la cual se realizó la ranura en el eje de la palanca de cambios es con el fin de que el movimiento de los solenoides sea siempre en sentido axial y que no se desvíen de su trayectoria, la ranura del eje debe permitir el desplazamiento de la palanca sin llegar a trabarse dentro de esta. Por otro lado en la palanca de cambios además del movimiento horizontal que se transmite a través de los inducidos se pueden producir movimientos indeseados que eviten que se pueda transmitir en su totalidad el movimiento axial de los solenoides, es por ello que se realizó una ranura en la palanca de cambios para que el pasador que vuelve a ambas partes solidarias transmita únicamente un movimiento axial.

El momento que energizamos los solenoides, estos transfieren un movimiento axial hacia el eje de la palanca de cambios y este con la ayuda de un pasador mueve la palanca de cambios que es el elemento encargado de transformar el movimiento axial en movimiento

circular en el eje selector de marchas. Es muy importante que los inducidos mantengan su línea de centro y no se desvíen para evitar que se atasquen dentro de los solenoides, ya que esto puede causar que la velocidad de desplazamiento disminuya o incluso se traben.

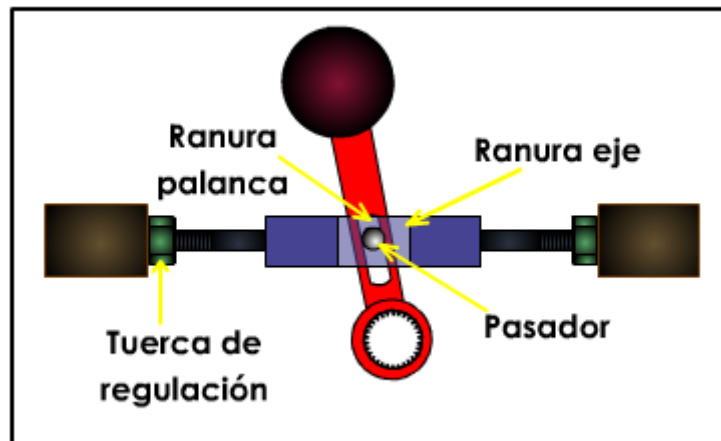


Fig.4.6: Ranuras del eje y palanca de cambios

En nuestro caso para asegurar el movimiento de los inducidos hemos soldados bases las cuales sirven como punto de apoyo para evitar el descentramiento de los solenoides

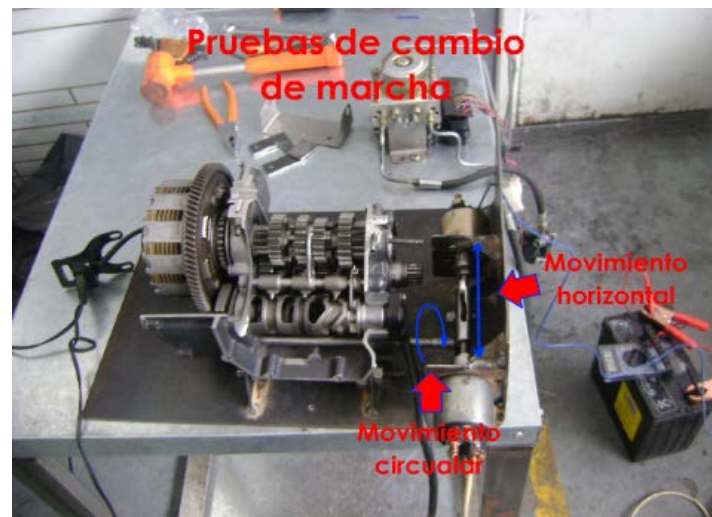


Fig.4.7: Pruebas de cambio de marchas

Para el mecanismo del embrague se necesitó únicamente un solenoide para efectuar todo el trabajo. Para desembragar se energiza el solenoide con lo cual se vence la tensión de

los resortes que se encuentran comprimiendo los discos de embrague, cuando dejemos de energizar al solenoide son estos resortes los encargados de efectuar el retorno a la posición de embragado.

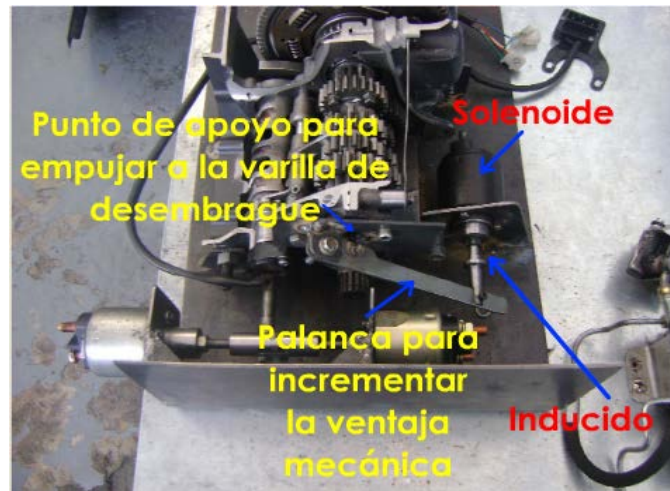


Fig.4.8: Mecanismo del embrague

De igual manera como en los solenoides para el cambio de marchas, en el inducido tenemos una rosca y tuerca que nos permiten acercarlo o alejarlo del cuerpo del solenoide para poder incrementar el campo magnético inicial. Es importante señalar que mientras más acerquemos el inducido al solenoide, va a disminuir en la misma cantidad la carrera efectiva del mismo, llegando al caso en que este recorrido no sea suficiente para realizar su trabajo.



Fig. 4.9: Regulación del embrague

En el mecanismo de embrague se aplicó el principio de la ventaja mecánica, donde la fuerza de entrada con respecto a la de salida se va a multiplicar con poco esfuerzo. Para incrementar la ventaja mecánica en la operación de desembrague tenemos una palanca de 12mm. cuyo punto de apoyo esta lo más alejado posible del lugar donde actúa el solenoide y el recorrido que hace el embrague es de 3mm con lo cual tenemos una ventaja mecánica de 4:1. Se debe tomar en cuenta que al obtener una fuerza mayor en el punto de apoyo vamos a sacrificar el desplazamiento, es por eso que debemos tomar en cuenta los 3mm para que se desembrague totalmente.

Hay que tomar en cuenta que en la manigueta del embrague también vamos a tener una ventaja mecánica donde la palanca de la manigueta es de 10cm y el recorrido del solenoide del embrague es de 1.2 cm, donde obtenemos una ventaja mecánica de 8.33.

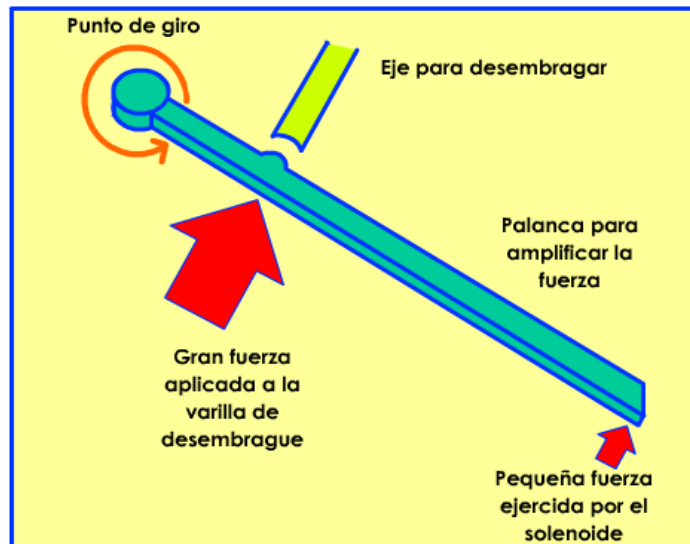


Fig. 4.10: Ventaja mecánica en el embrague

Para poder dar movimiento a la campana del embrague y que esta pueda transmitir su giro al eje de entrada de la caja de cambios, vamos a utilizar un motor eléctrico de velocidad variable alimentado con corriente alterna, en el extremo del motor se encuentra un piñón cuyo paso y medidas coincida con la corona dentada que posee la campana del embrague.



Fig. 4.11: Motor eléctrico



Para evitar los ruidos causados por la vibración que origina el motor eléctrico al estar en funcionamiento ya que se encuentra suspendido sobre una base metálica, se adaptaron unos elementos intermedios entre la base y el motor eléctrico las cuales constan de unos bocines, cauchos y arandelas que ayudan a que las vibraciones del motor no repercutan directamente sobre la estructura sino que los cauchos absorban gran parte de las oscilaciones como podemos ver en la figura 4.11.

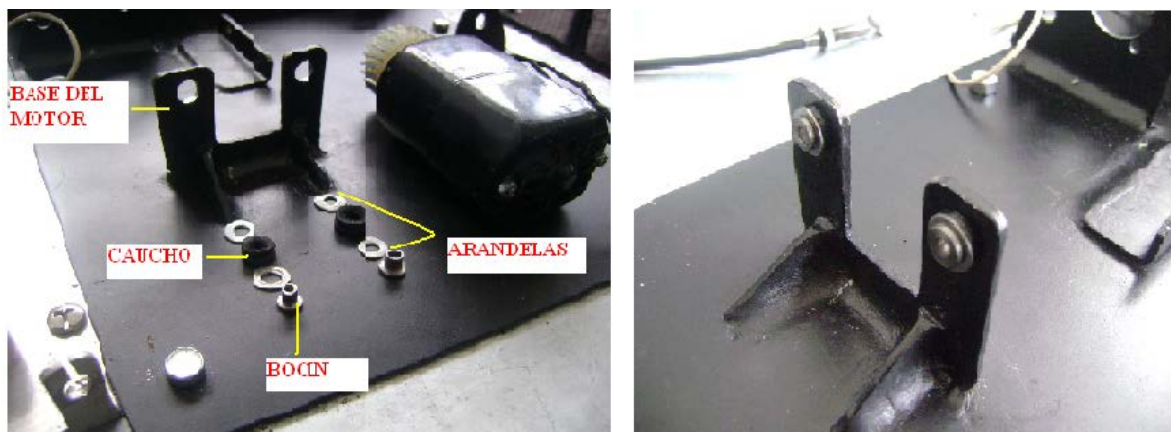


Fig. 4.12: Base del motor eléctrico

Para lograr que el motor eléctrico aumente de revoluciones fue necesario realizar varias adaptaciones como se va a explicar a continuación.

En principio tenemos el manubrio de la motocicleta con el acelerador, el giro de esta es transmitido a través de un cable a una polea. Se fabricó en el torno una polea de aluminio en la cual se realizó una ranura donde va a ir el seguro del cable para asegurar la sujeción del mismo. Como podemos observar en la figura 4.12 tenemos dos tuercas colocadas a ambos lados de una platina para regular la tensión del cable y sujetar dicho elemento.

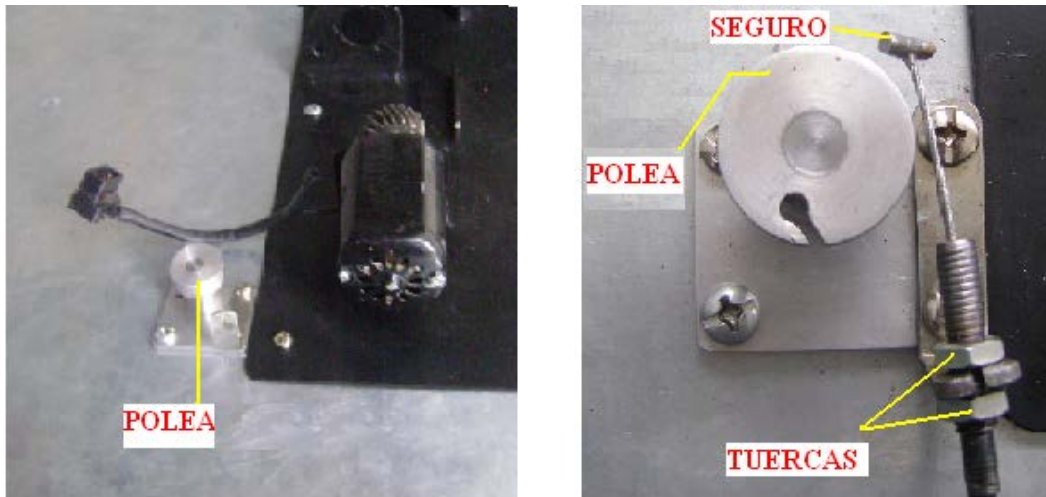


Fig. 4.13: Cable y polea del acelerador

La función de la polea es transmitir el movimiento del cable del acelerador hacia un potenciómetro, este elemento va a ser el encargado de variar los niveles de resistencia y así controlar el potencial o voltaje que le llega al motor eléctrico según las necesidades del operador que a medida que mueva el acelerador podrá controlar la velocidad de giro del motor. Este potenciómetro va a estar alimentado con 110V de corriente alterna, por lo cual vamos a tener dos terminales conectados a este elemento: uno denominado fase y otro neutro.



Fig. 4.14: Potenciómetro



Dentro de las adaptaciones que se tuvo que realizar está el sensor de posición de la marcha. Este elemento que tiene el número de contactos según marchas o cambios tenga la motocicleta (en nuestro caso 6 más neutro), es el encargado de enviar una señal al controlador cada vez que el tambor gira y un pequeño vástago ubicado en su extremo topa uno de los contactos del sensor cada vez que se ha realizado el cambio de marcha.

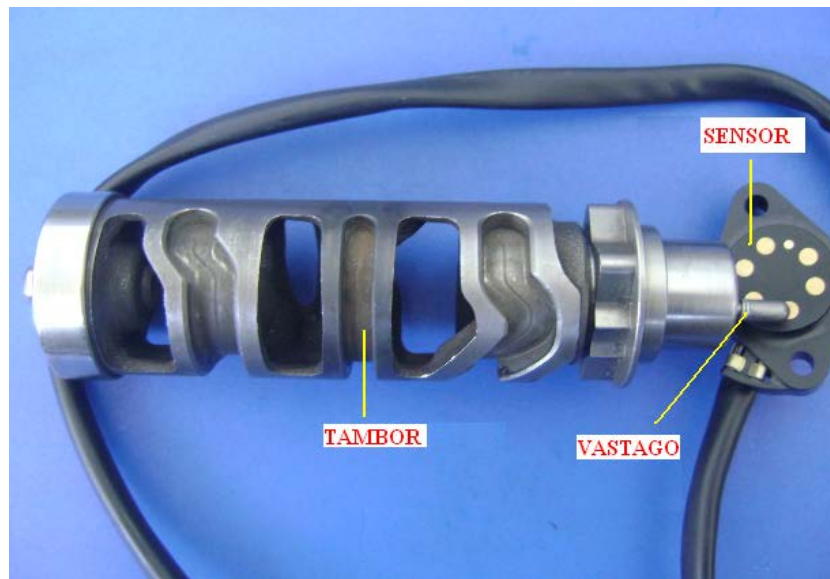


Fig. 4.15: Sensor de marcha

Con lo que respecta al tambor selector de marchas y a las horquillas, después de realizar pruebas para comprobar la eficiencia del mecanismo, hubo ocasiones en las cuales el cambio de marchas se endureció debido a que las guías o tetones de las horquillas que pasan por las ranuras curvilíneas del tambor se encontraban con mucha holgura, por lo cual las horquillas se desplazaban lateralmente sin que el tambor gire lo que provocaba que las horquillas intenten desplazarse y por ende choquen los piñones impidiendo un cambio de marcha suave.

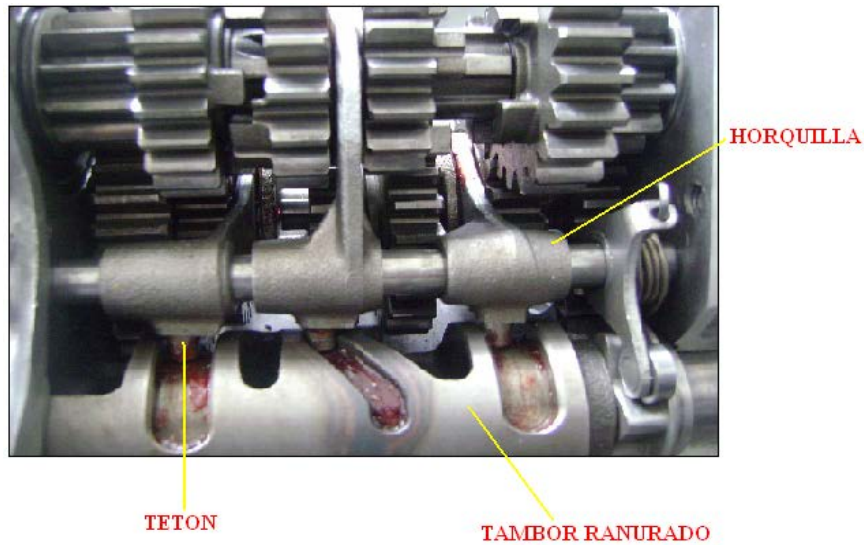


Fig. 4.16: Tambor ranurado y horquillas

Otro de los inconvenientes causados con este comportamiento erróneo de las horquillas es que al haber un mayor esfuerzo por parte de los solenoides para lograr que se desplace la palanca de cambio y engrane la marcha respectiva, había un aumento considerable en la corriente que consumían los solenoides que en ciertas ocasiones subía hasta los 70 Amperios.

Para solucionar estos inconvenientes fue necesario fabricar unos bocines en los tetones de las horquillas para eliminar la holgura de dichos elementos y que con las vibraciones y movimientos involuntarios que se producen por el funcionamiento mismo de la caja de cambios, las horquillas no se desplacen lateralmente en las ranuras del tambor.

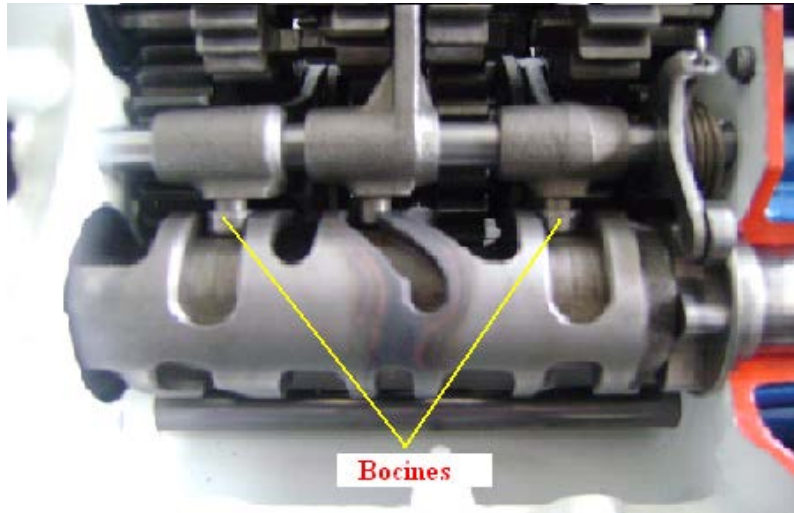


Fig. 4.17: Tetones de horquillas con bocines

Se realizó un mecanismo manual por el cual se puede hacer el cambio de marchas sin necesidad de accionar a los solenoides, para lo cual se fabricó en aluminio una extensión que va sujeta a la palanca de cambios con prisioneros a través de la cual podemos mover con facilidad el eje selector de las marchas y así cambiar la relación de transmisión sin necesidad de los solenoides.



Fig. 4.18: Palanca de cambios

Con este mecanismo podemos desplazar la palanca de cambios y mover al eje selector de marchas para que pueda girar el tambor y realizar el cambio de relación de transmisión sin que actúen los solenoides.

Al implementar un mecanismo eléctrico para el accionamiento del embrague a través de unos solenoides conseguimos una gran rapidez en el cambio de velocidades y confort. Sin embargo, hay ocasiones en las cuales el conductor va a sentir la necesidad de un embrague manual a través del cual se puede controlar de mejor manera la carga que se aplica al motor al embragar o desembragar, complementando con la acción del acelerador que aumenta o disminuye las revoluciones. Estas situaciones se pueden dar cuando el conductor parte del ralentí, en este escenario el conductor debe acelerar para aumentar las revoluciones del motor pero sin carga (desembragado) para que el par disponible sea mayor al par resistente, una vez que el motor ha alcanzado las revoluciones suficientes el conductor puede ir aumentando la carga paulatinamente (embragado). Si no existiera un mecanismo capaz de controlar de manera gradual la carga que se aplica al motor y realizamos la acción de embragado y desembragado en un tiempo muy corto, el par resistente sería mayor al disponible lo que provocaría que la moto tenga reacciones bruscas o dependiendo del terreno en el que se encuentre, como por ejemplo una pendiente, el motor se va a apagar debido a que la carga es mucho mayor. Por esa razón hemos visto la necesidad de adaptar un mecanismo manual para el accionamiento del embrague que se va a explicar a continuación.

Debido al corte realizado en la caja de cambios la parte que correspondía al mecanismo del embrague tuvo que ser suprimida. por esta razón se procedió a adaptar un sistema manual para accionar al embrague, el cual consta de los siguientes elementos: una platina

que va atornillada a la carcasa de la caja de cambios para que sea la base del mecanismo, un espaciador fabricado en el torno en acero de transmisión ubicado entre la platina y la carcasa de la caja de cambios para que la platina tenga un soporte fijo sobre la caja, bases para el punto de apoyo soldadas en la platina, la palanca cuya línea de acción debe coincidir con la varilla de empuje del embrague. En la palanca se soldó un rulimán para mantener un empuje axial, ya que con el movimiento angular de la palanca de cambios habría la tendencia a descentrar el eje de accionamiento.

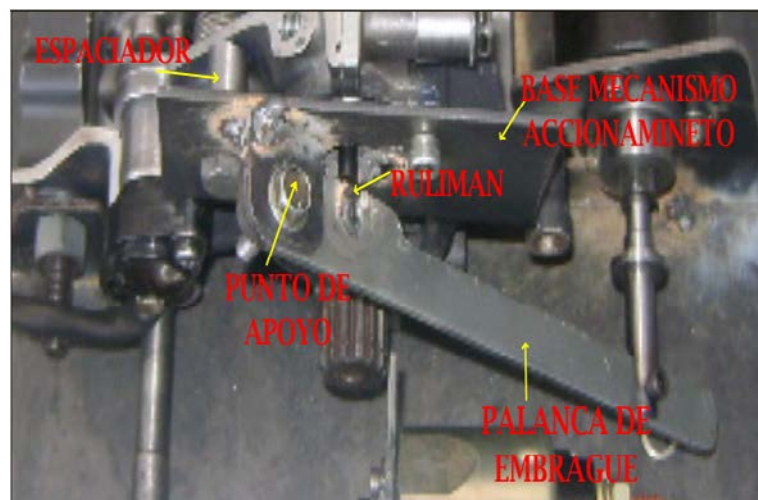


Fig. 4.19: Embrague mecánico

Para poder realizar el accionamiento del embrague por medios mecánicos (cable) o por medios eléctricos (solenoides) sin que un mecanismo afecte en el otro el momento de desembragar, se fabricó un cilindro con dos diámetros distintos que va sujeto a la palanca del embrague, uno de los diámetros es del grosor del cable del embrague y el otro diámetro del grosor de la parte estañada que se encuentra al final del cable o seguro. El momento que deseamos desembragar mecánicamente presionando la manigueta del embrague, el cable es el encargado de transmitir este movimiento hasta el cilindro donde la parte estañada actúa en el diámetro menor transmitiendo el movimiento hacia la palanca del embrague; mientras que en los solenoides el inducido se comporta como un pistón y el solenoide como un cilindro, es así que se logra independizar estos dos mecanismos.

Cuando realicemos los cambios de marcha a través de los pulsadores, el solenoide del embrague es el encargado de transmitir el movimiento hacia la palanca del embrague, mientras que en el mecanismo manual el cilindro va a hacer las veces de un cilindro y la parte estañada que se encuentra en la parte final del cable como un pistón, es decir este seguro va a desplazarse por el diámetro mayor del cilindro sin transmitir movimiento hacia la manigueta del embrague.

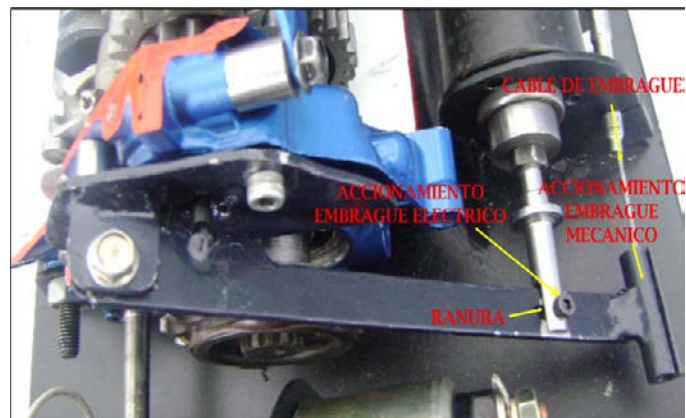


Fig. 4.20: Accionamientos del embrague

Para transmitir el movimiento del acelerador y el embrague se utilizaron cables con la parte final estañada para que sirvan como un seguro en los elementos que van a ir colocados, en el caso del embrague al cilindro de la palanca de cambios y en el caso del cable del acelerador a la polea del potenciómetro. Para regular la tensión del cable fue necesario fabricar piezas en el torno, para lo cual tomamos un perno en el cual se taladro un orificio hasta donde entre la funda del cable y partir de este punto pase únicamente el cable, esto servirá como tope de la funda, y para asegurar dicho elemento al perno de regulación, se realizó un prensado de la parte inicial del perno cuya pared se fabricó en el torno de 0.25 mm.





Fig. 4.21: Cable de acelerador y embrague

Se colocó un volante para ubicar tanto la manigueta del embrague con su respectivo cable y el caño de acelerador de igual manera con su cable, este volante nos permite simular la situación real de manejo en una motocicleta.



Fig. 4.22: Volante

Además de los mandos del acelerador y embrague, se soldaron dos bases para que vayan insertados dentro de ellas y pueda sujetarse a la estructura, los pulsadores para subir y bajar de marcha los cuales envían señales eléctricas sobre el deseo del conductor ya sea para subir o bajar de marcha, la posición en que han sido soldados facilita su

accionamiento mediante los pulgares, de esta manera el conductor tiene la facilidad de realizar el cambio de marcha sin perder el control sobre el volante.



Fig. 4.23: Pulsadores para el cambio de marchas

### **4.3 Lógica y control**

Para que los solenoides puedan energizarse en el momento adecuado permitiendo el cambio de marcha ya sea ascendente o descendente y que a su vez se embrague o desembrague en el momento preciso, es necesario crear un software con una la lógica de programación acorde a las necesidades con la máxima precisión posible para que el proceso de cambio de marcha sea exacto y rápido que es lo que buscamos con este proyecto. También se necesita un hardware el cual consta principalmente de una placa electrónica la cual posea los elementos necesarios para accionar a los solenoides.

#### **4.3.1 Software**

En este subcapítulo se presenta una descripción detallada de la programación así como los diagramas de flujo de todas las rutinas y subrutinas implementadas en el micro controlador PIC, también se realiza una descripción detallada de todas las ventanas de visualización que consta en el interface hombre - máquina.



El programa para el micro controlador fue realizado en lenguaje de alto nivel para micro controladores PIC utilizando el paquete computacional Pic Basic, el cual tiene herramientas útiles para crear y editar programas. La representación gráfica del circuito se realizó en el programa ISIS 6 Profesional el cual tiene herramientas útiles para crear una visualización más interactiva y dinámica.

#### 4.3.1.1 Arquitectura del programa

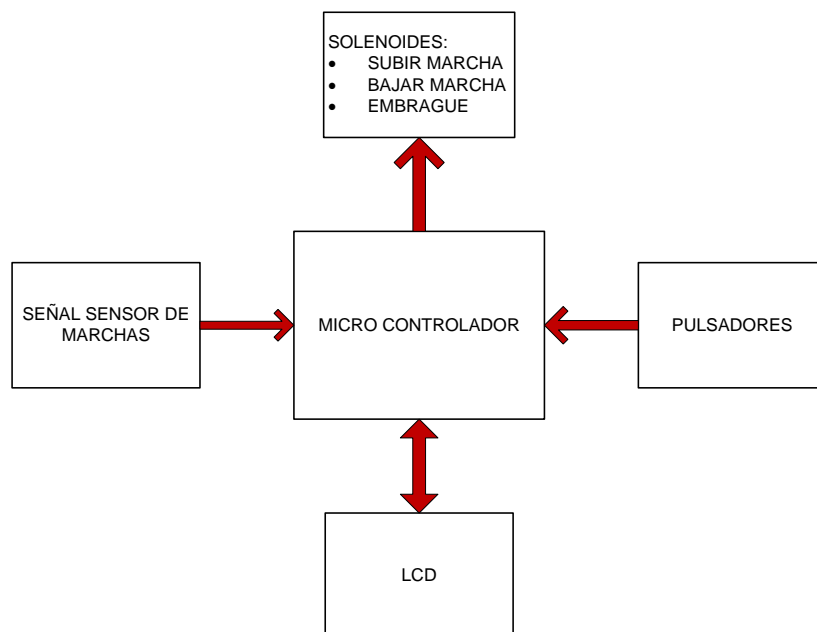


Fig.4.24: Arquitectura del programa

El diseño del programa está basado en la arquitectura de la figura 107, en la cual se puede apreciar como interactúa el micro controlador con las señales de entrada (sensor de marchas y pulsadores) y señales de salida (solenoides de marchas y embrague).

#### ***4.3.1.2 Programa principal***

En esta parte de la programación se realiza la configuración global del programa, es decir se configuran los pórtricos, así como todos los recursos propios del micro controlador PIC. Para configurar los pórtricos se utilizan los registros TRISX (X = A, B), con lo cual se establece cada una de las entradas de los pórtricos A, B y D y las salidas de los pórtricos B y C.

<b>Descripción</b>	<b>Pórtico</b>
Pulsador subir marcha	Port A.0
Pulsador bajar marcha	Port A.1
Señal neutro	Port D.0
Señal primera marcha	Port D.1
Señal segunda marcha	Port D.2
Señal tercera marcha	Port D.3
Señal cuarta marcha	Port D.4
Señal quinta marcha	Port D.5
Señal sexta marcha	Port D.6
Solenoides subir marcha	Port C.0
Solenoides bajar marcha	Port C.1
Solenoides embrague	Port C.2
LCD 1	Port B.0
LCD 2	Port B.1
LCD 3	Port B.2
LCD 4	Port B.3

Tabla 4.1: Designación de pórtricos

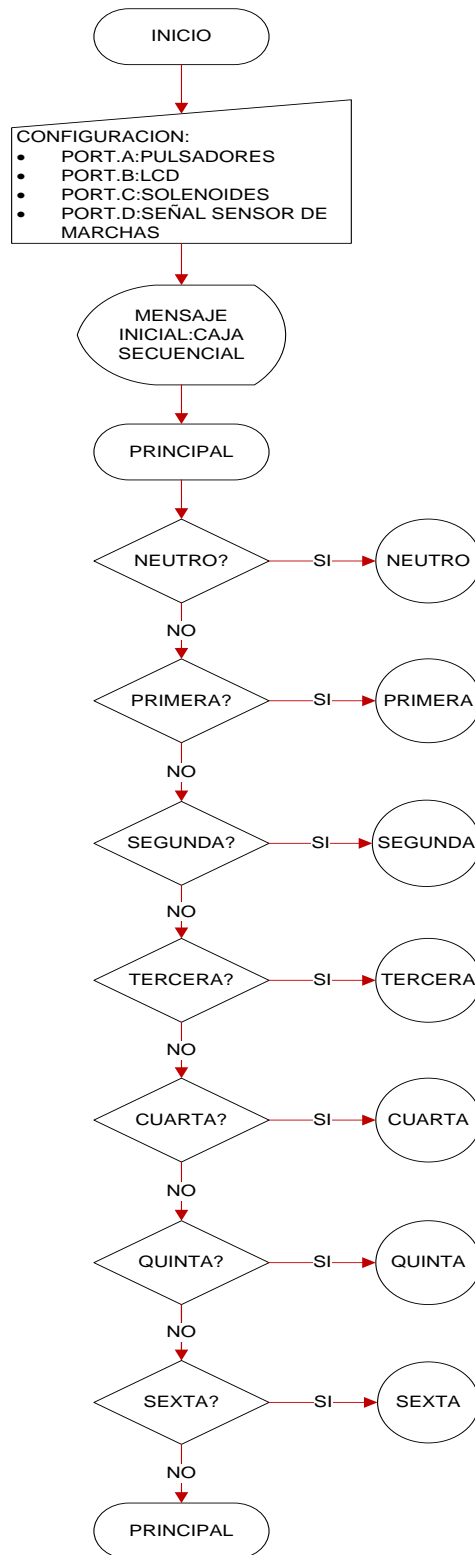


Fig. 4.25: Programa principal

### 4.3.1.3 Neutro

El LCD mostrará el mensaje “Caja Neutro” para indicar que se encuentra en esa marcha, a continuación espera la señal por parte del pulsador para subir o bajar marcha, si no se presiona ningún botón repite el mismo ciclo hasta que se presione un pulsador.

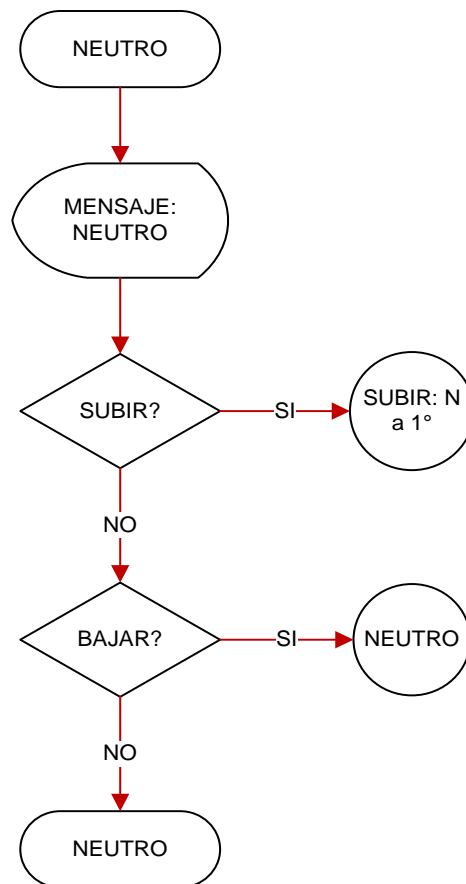


Fig.4.26: Diagrama de flujo “Neutro”

Si se presionó el pulsador de subir marcha el micro controlador activará al relé que acciona al solenoide de bajar marcha y al del embrague, hay que tomar en cuenta que el orden de marchas dentro de la caja de cambios es 1,N,2,3,4,5,6; pero para mayor comodidad de la persona que haga uso de una motocicleta con esta caja de cambios, hemos programado el PIC para que el orden sea N,1,2,3,4,5,6; es decir mecánicamente la

caja de cambios empieza en primera y tiene el neutro a continuación, pero eléctricamente debido a la configuración del PIC el usuario tendrá como primera marcha el neutro y a continuación primera, es por eso al presionar el pulsador de subir marcha se acciona el solenoide de bajar marcha para pasar de N a 1°. Esta lógica se usa únicamente para pasar de N a 1° y de 1 a N, ya que para el resto de cambios si deseamos subir de marcha se activará el solenoide de subir marcha y si deseamos bajar de marcha el solenoide de bajar marcha.

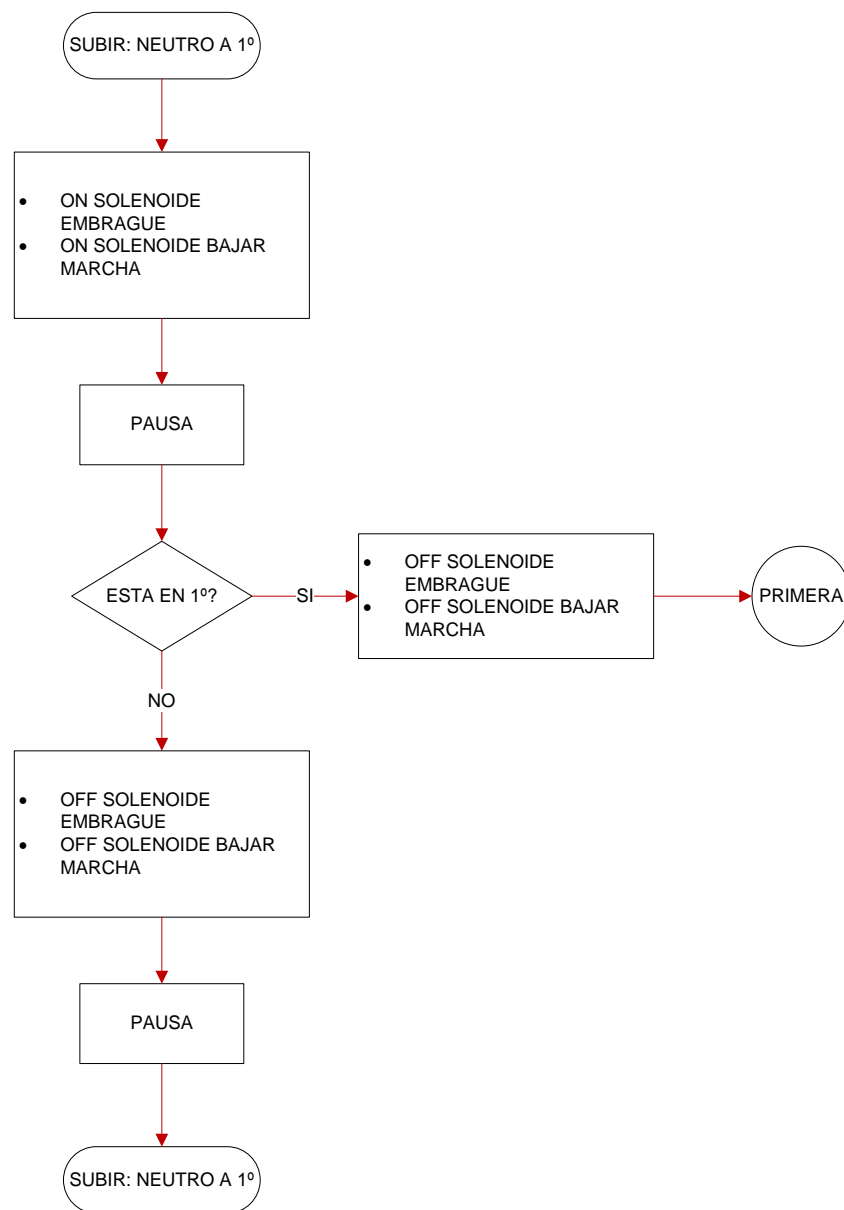


Fig. 4.27: Diagrama de flujo subir de N a 1°

A continuación se realiza una pausa de un milisegundo hasta para que el relé tenga tiempo de cerrar sus contactos y permitir que los solenoides accionen la palanca de cambios y embrague. El PIC espera a que el sensor de marchas envíe la señal de que ingresó la primera marcha para desactivar los relés y pasar a la siguiente rutina o en caso de que por algún inconveniente no entre la marcha vuelva a desactivar y activar los relés hasta que el sensor informe que ingreso la marcha requerida. Una vez que se hizo la explicación de la lógica del programa con la caja en neutro, se procederá a realizar los diagramas de flujo para cada marcha debido a que la lógica es la misma.

#### 4.3.1.4 Primera marcha

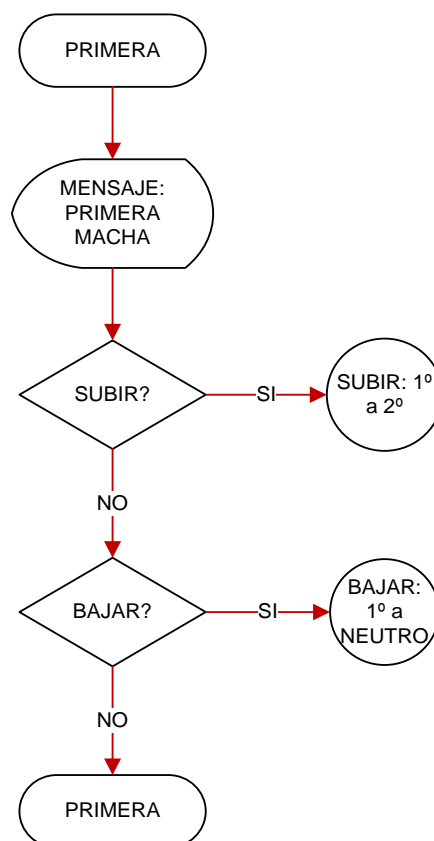


Fig. 4.28: Diagrama de flujo de Primera marcha

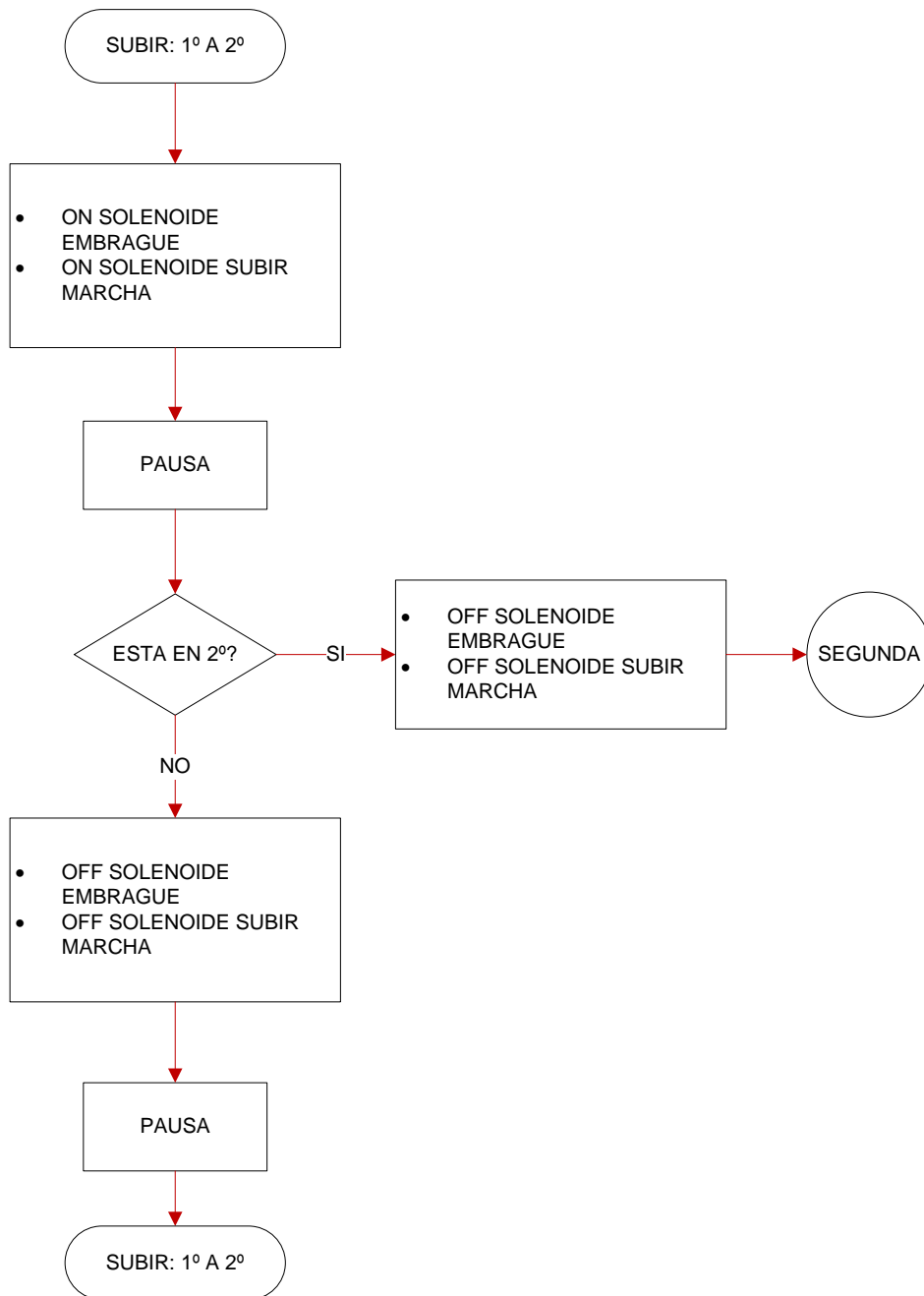


Fig. 4.29: Diagrama de flujo subir de 1º a 2º

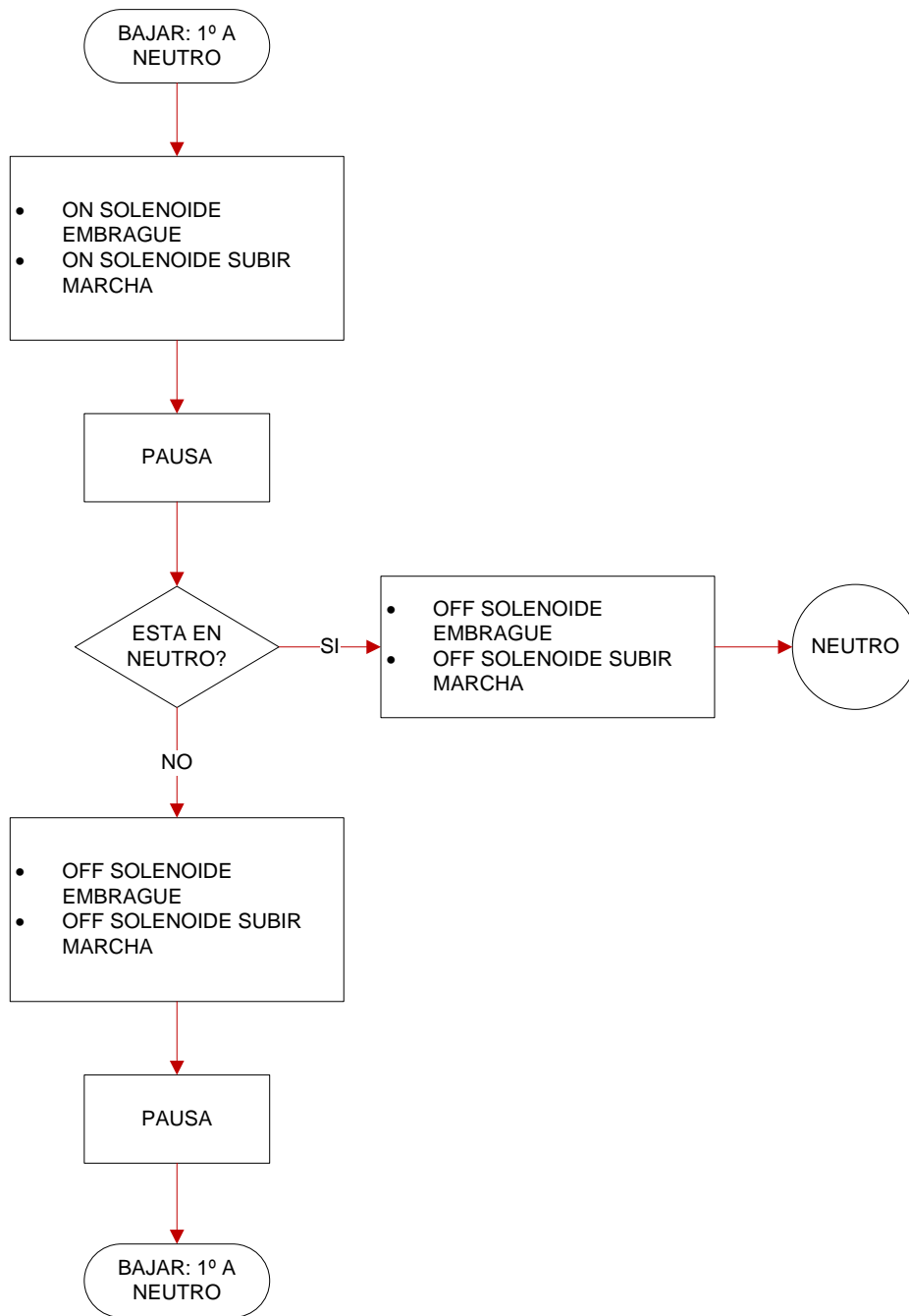


Fig.4.30 Diagrama de flujo bajar de 1º a N



### 4.3.1.5 Segunda marcha

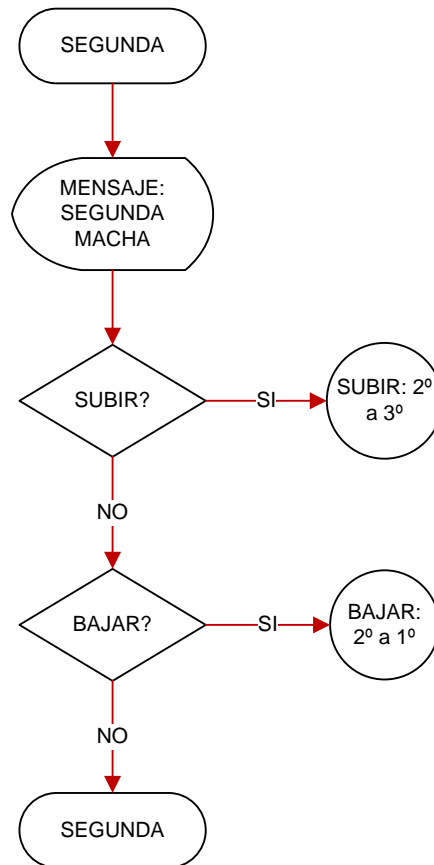


Fig. 4.31: Diagrama de flujo de segunda marcha

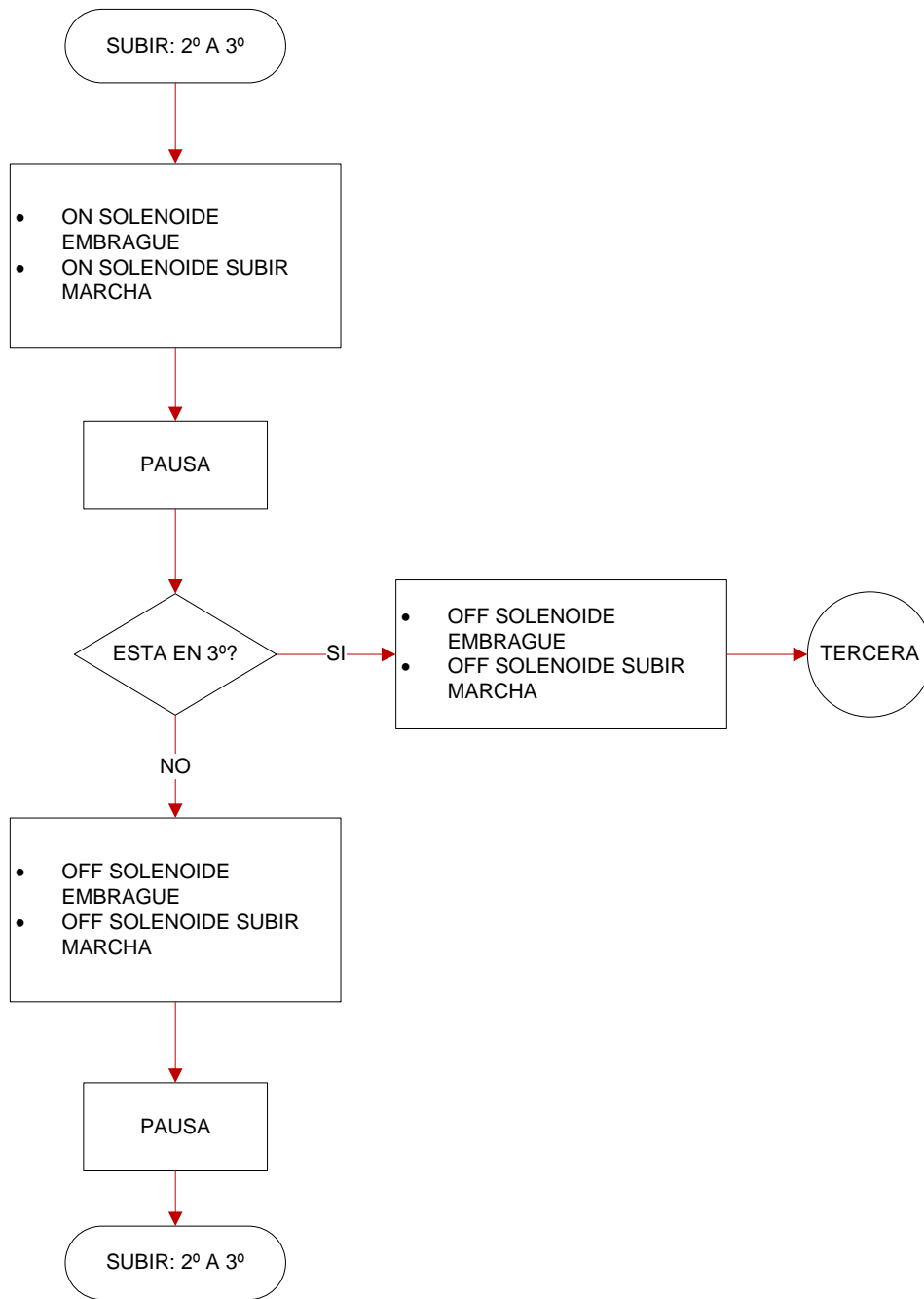


Fig. 4.32: Diagrama de flujo subir de 2º a 3º

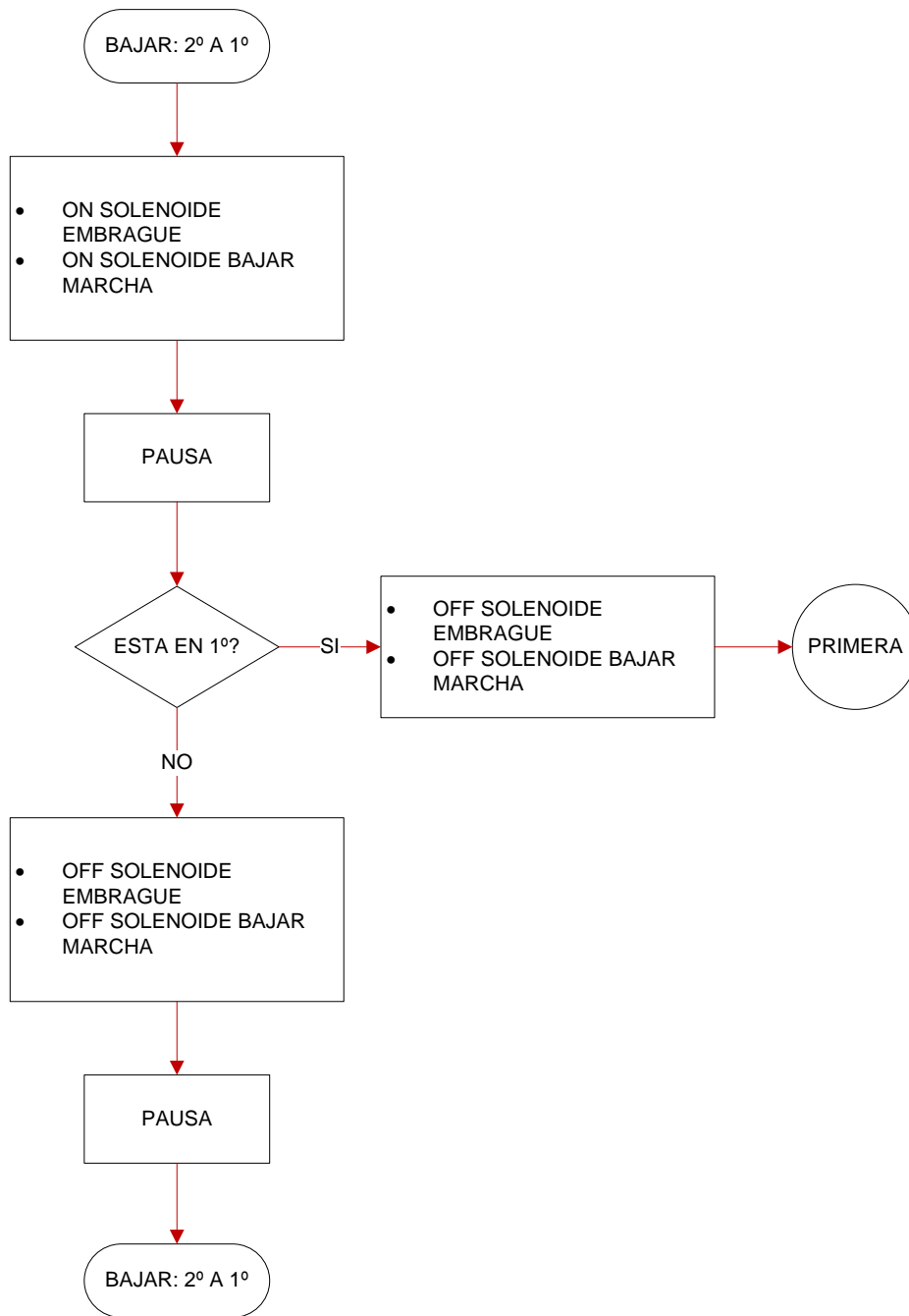


Fig. 4.33: Diagrama de flujo bajar de 2º a 1º

#### 4.3.1.6: Tercera marcha

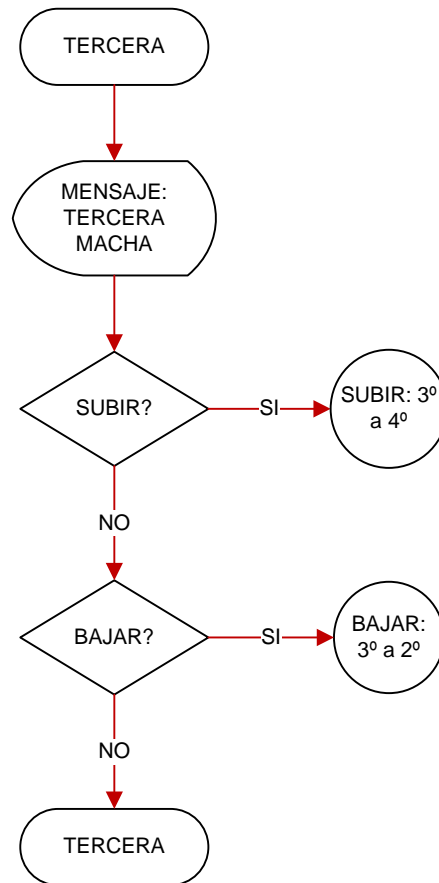


Fig.4.34: Diagrama de flujo tercera marcha

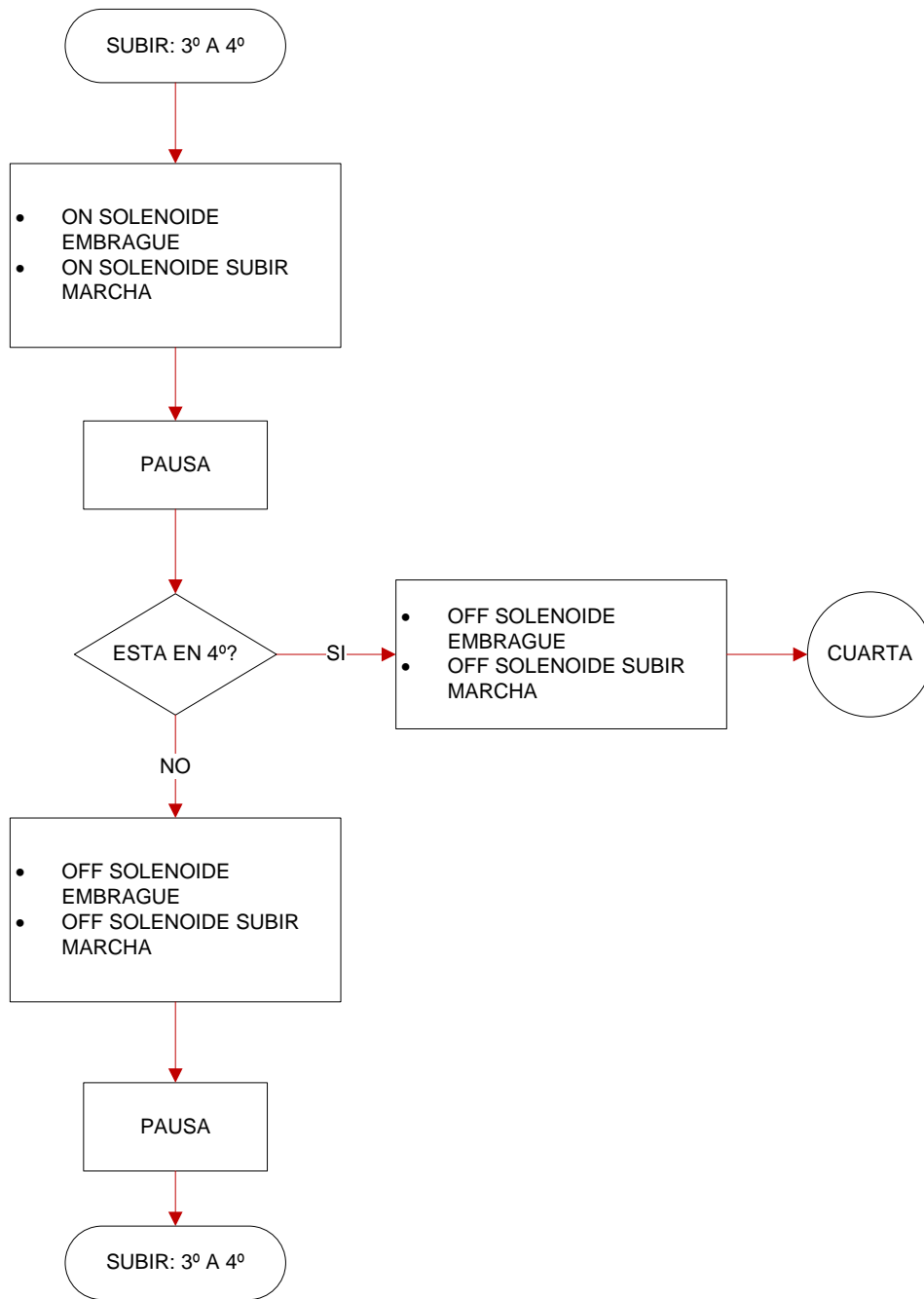


Fig. 4.35: Diagrama de flujo Subir 3º a 4º

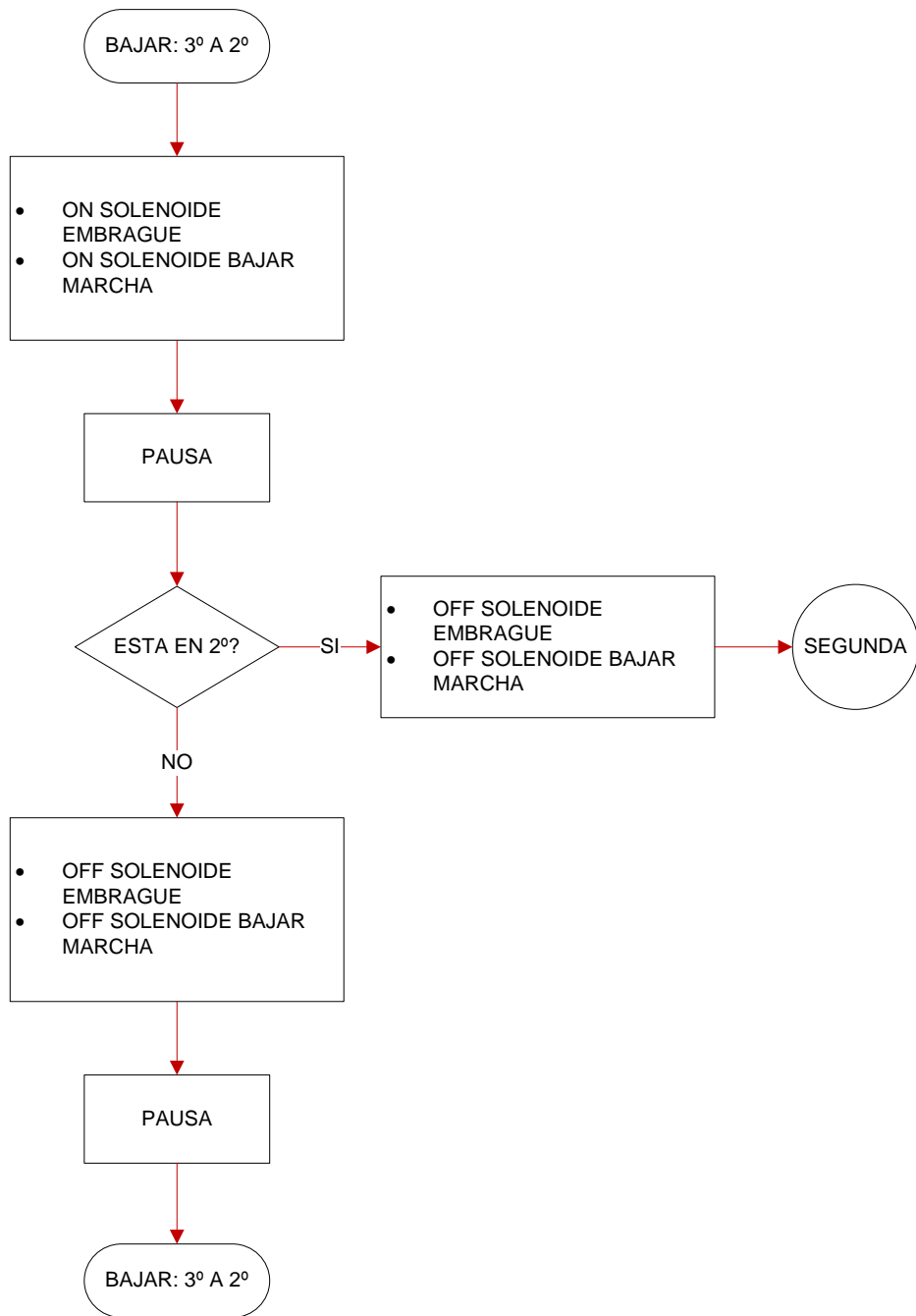


Fig. 4.36: Diagrama de flujo bajar de 3° a 2°

### 4.3.1.7: Cuarta marcha

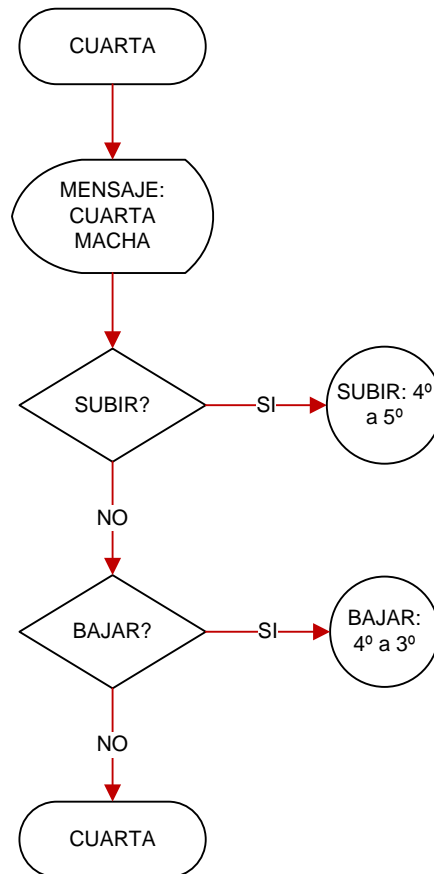


Fig. 4.37: Diagrama de flujo cuarta marcha

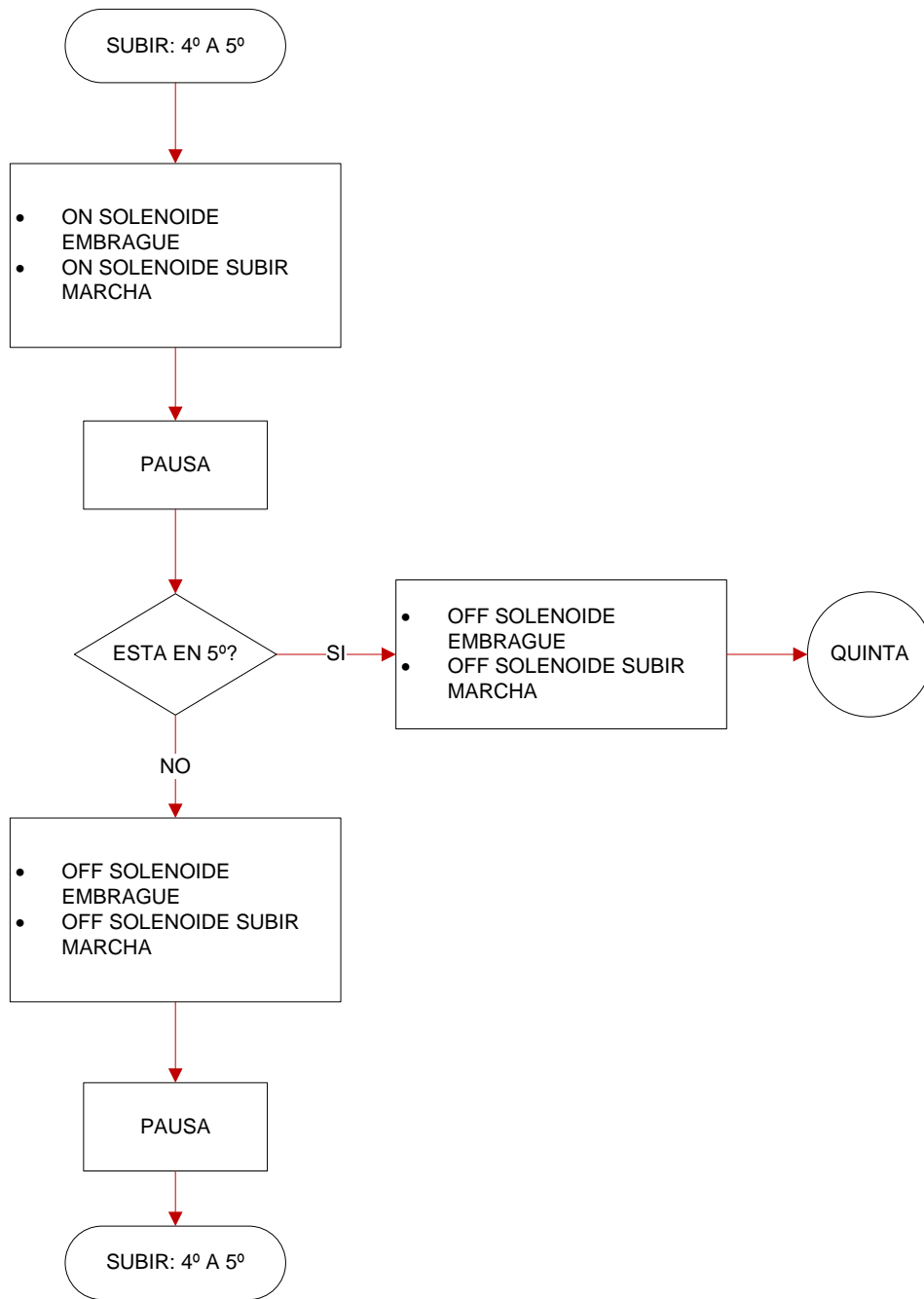


Fig. 4.38: Diagrama de flujo subir 4° a 5°



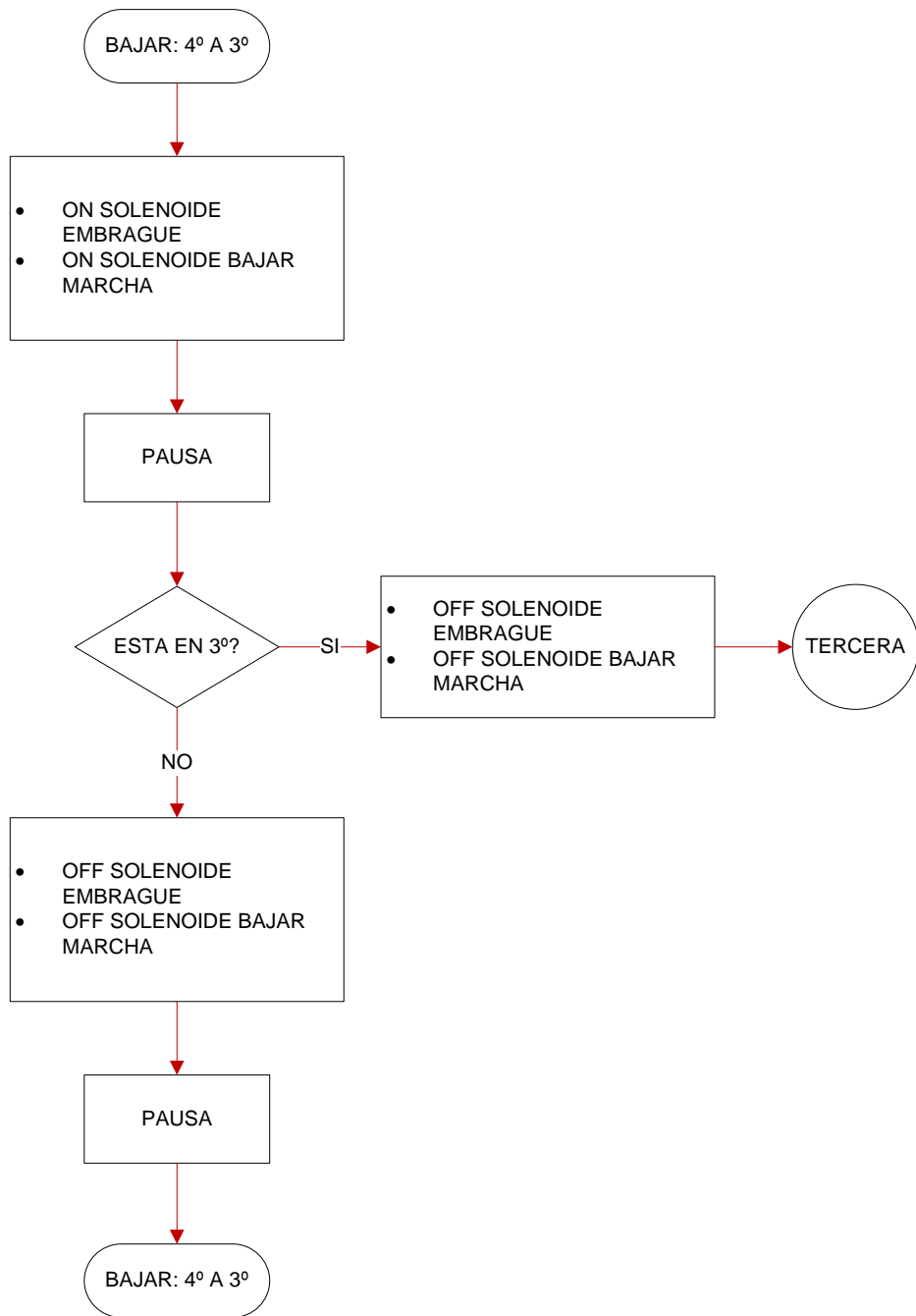


Fig. 4.39: Diagrama de flujo bajar 4º a 3º

### 4.3.1.8 Quinta marcha

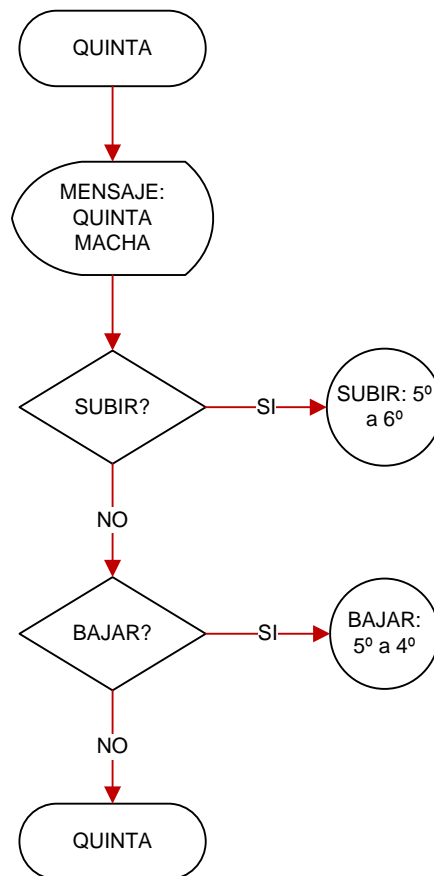


Fig.4.40: Diagrama de flujo quinta marcha

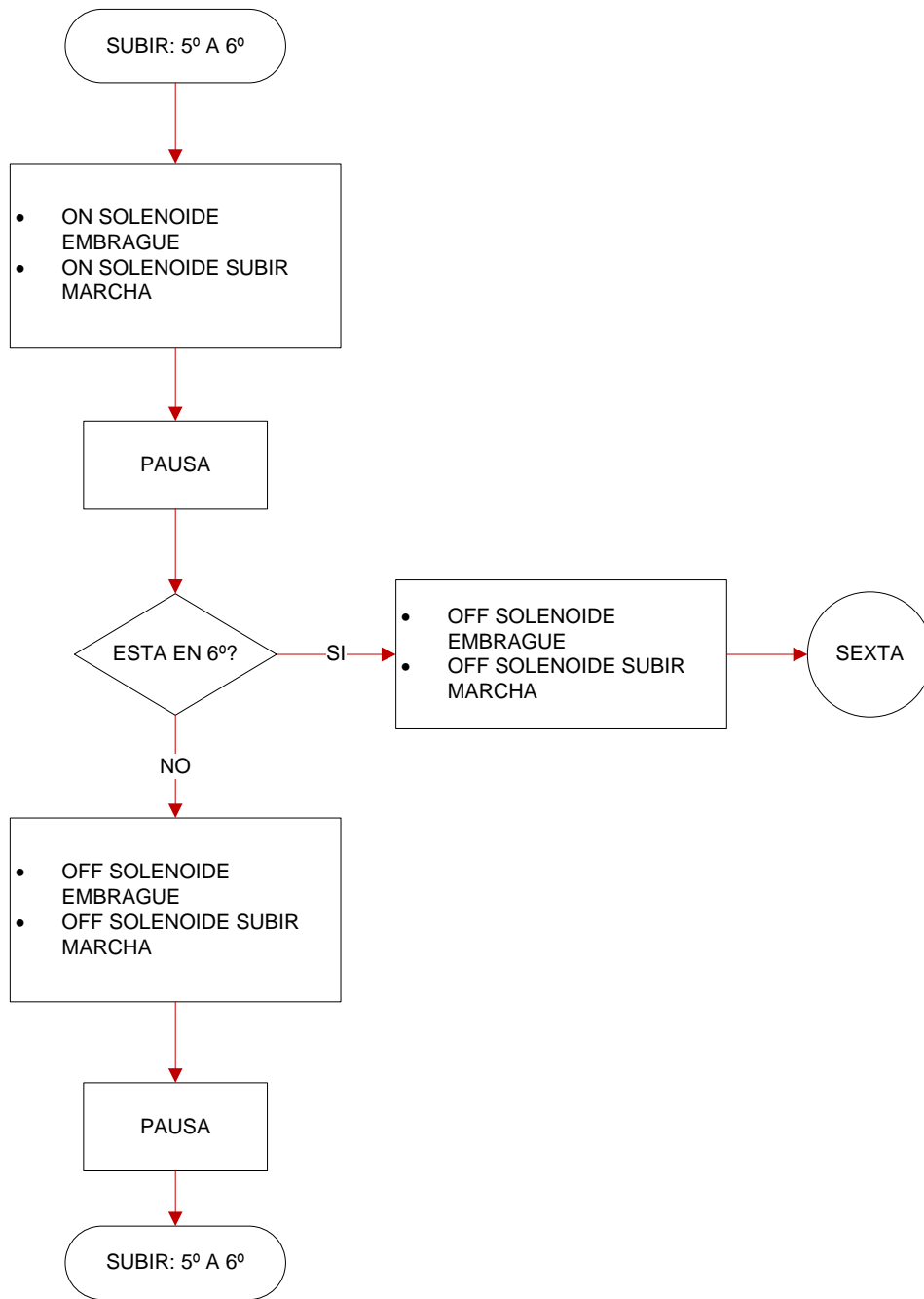


Fig. 4.41: Diagrama de flujo subir de 5° a 6°

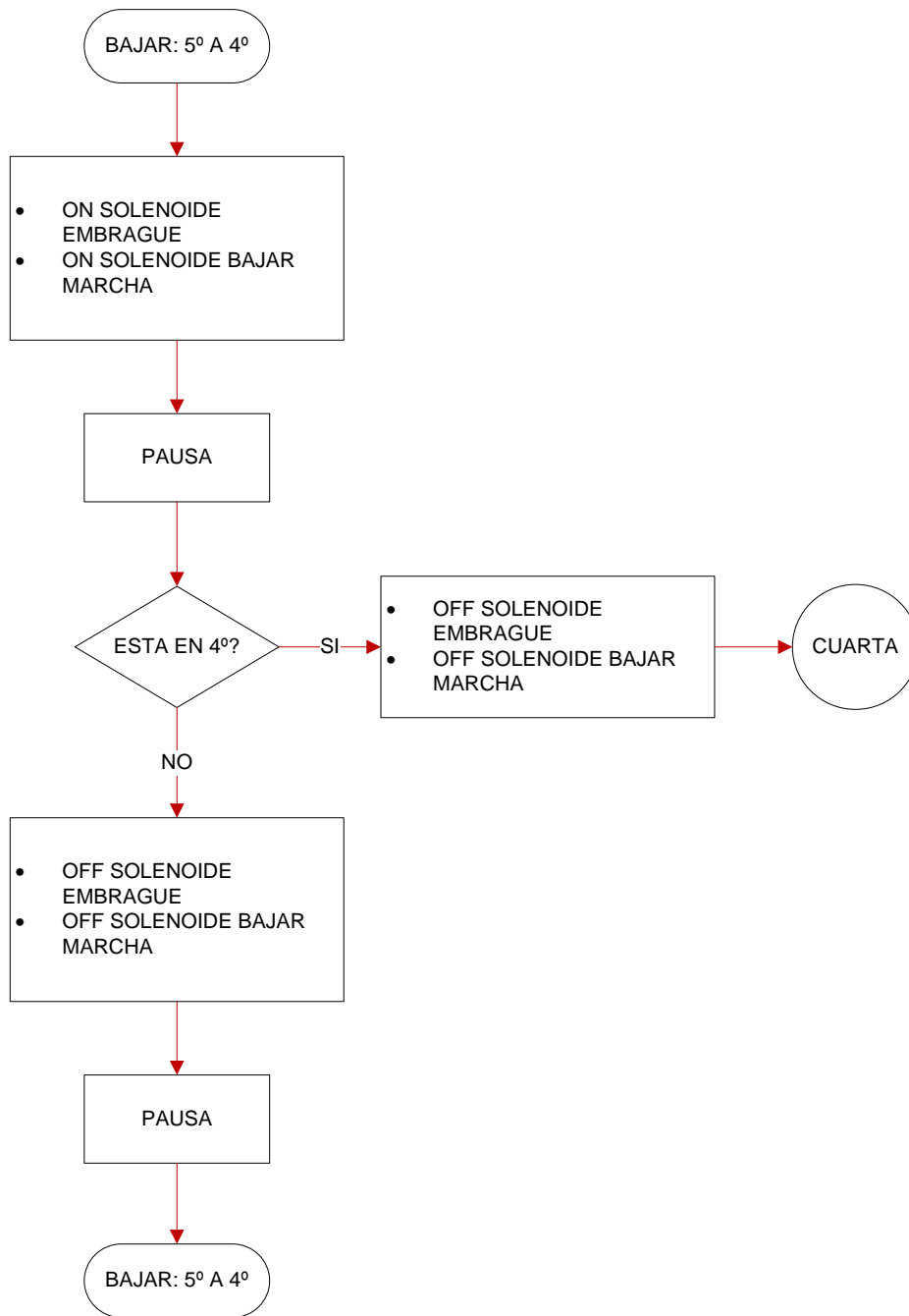


Fig. 4.42: Diagrama de flujo Bajar de 5° a 4°

### 4.3.1.9 Sexta marcha

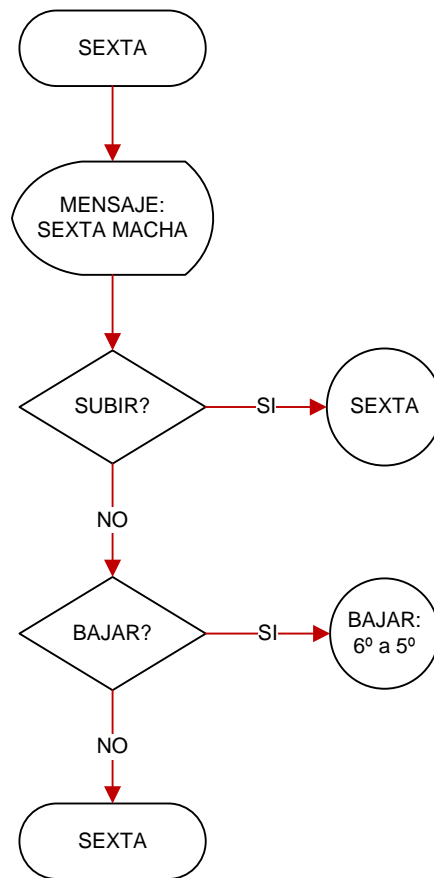


Fig. 4.43: Diagrama de flujo de sexta marcha

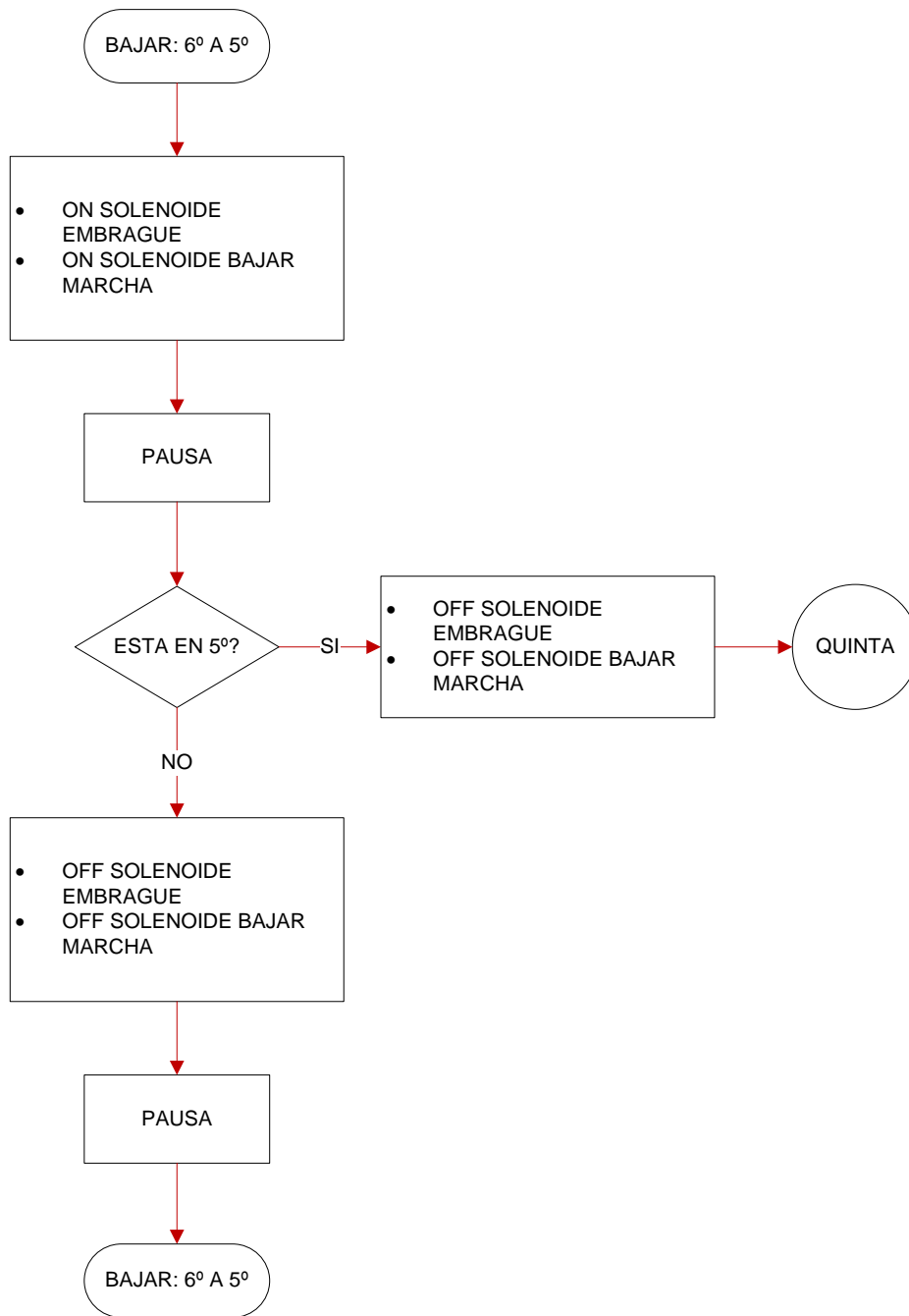


Fig. 4.44: Diagrama de flujo bajar de 6° a 5°

### **4.3.2 Hardware**

En este módulo se va a explicar el diseño y construcción del hardware es decir la parte física del circuito eléctrico que controla a los solenoides de marchas y embrague. Para empezar se realizó un dimensionamiento de los materiales que vamos a utilizar en la construcción del circuito que en un principio se la realizó en una protoboard para facilitar la conexión de los elementos. Posteriormente se hicieron pruebas donde sacamos algunas conclusiones del funcionamiento de los distintos elementos y fue necesario realizar circuitos de acondicionamiento para que la señal sea la ideal y en otros casos circuitos de potencia para controlar a las bobinas de los relés que accionarán a los solenoides de marchas y embrague. Para la distribución de los elementos se va a realizar en tres circuitos separados:

Circuito de fuente: Circuito para una fuente de alimentación de 5v.

Circuito de fuerza: Circuito de accionamiento para las bobinas de los relés.

Circuito de control: Circuito para el sensor de marchas, pulsadores para el cambio de marchas, micro controlador y LCD.

A continuación se presenta el diseño de cada uno de los circuitos anteriormente mencionados.

#### ***4.3.2.1 Arquitectura del hardware***

Como vamos a ver a continuación se realizó circuitos de acondicionamiento para todas las señales excepto para los datos que se transmiten hacia y desde el LCD ya que estos no necesitan filtros ni circuitos de potencia.

Para que el usuario del sistema pueda visualizar los parámetros monitoreados es necesario el diseño de un interfaz hombre - máquina basado en un programa en la plataforma de Windows, que en este caso será Lab View.

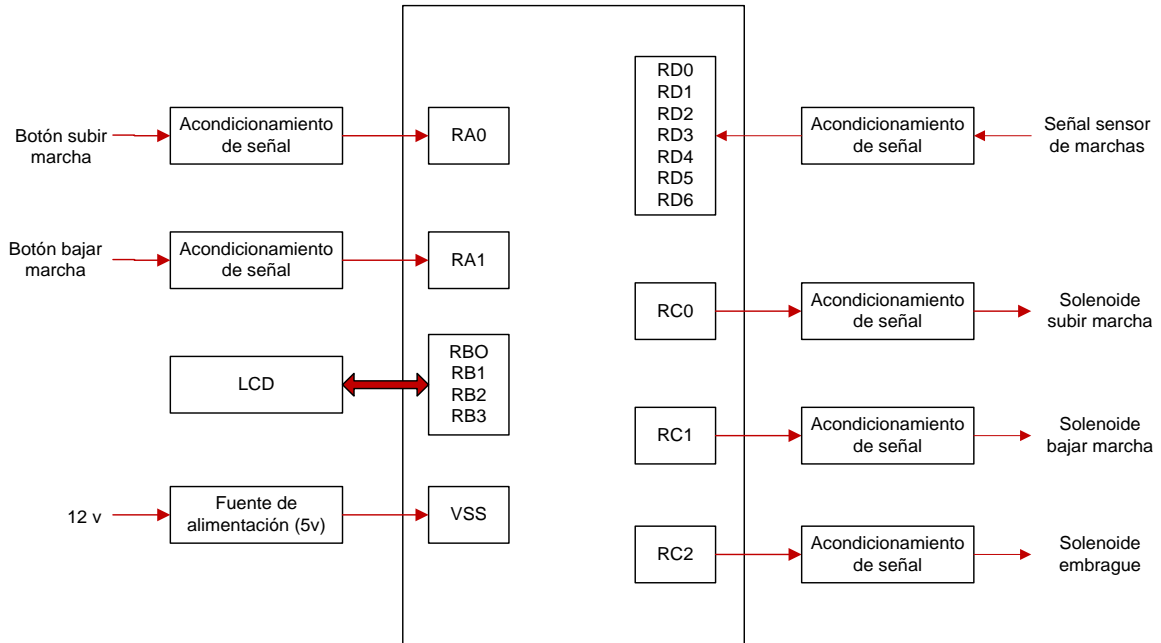


Fig. 4.45: Arquitectura del hardware

#### 4.3.2.2 Fuente de alimentación

Para efectos de alimentación del PIC fue necesario realizar un circuito donde podamos obtener una fuente de 5v.

Se optó por usar un regulador de voltaje 7805 el cual recibe 12v y a la salida nos entrega 5v, la distribución de los pines podemos ver en la figura 4.45. Adicionalmente fue necesario colocar un filtro para estabilizar la señal de ingreso al micro controlador PIC e impedir variaciones de voltaje, este filtro consta de 2 condensadores a la entrada del regulador, uno de 22 pF y otro de 33 uF; a la salida del 7805 vamos a tener los mismos condensadores.



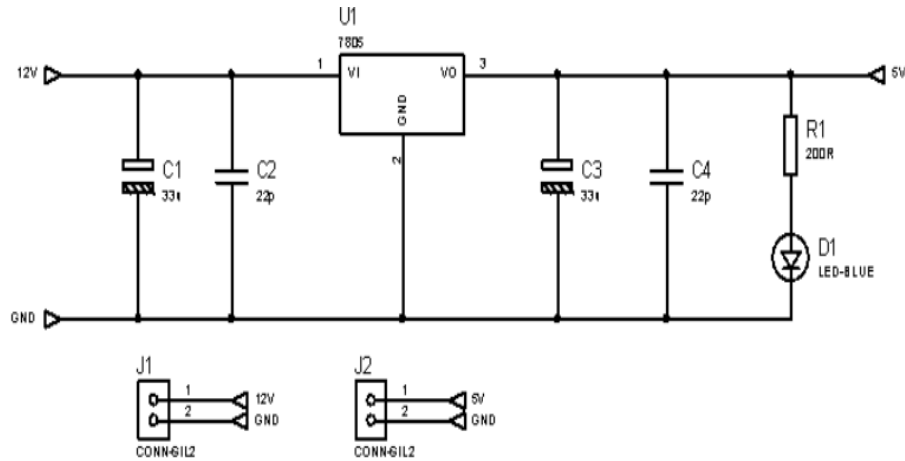


Fig. 4.46: Circuito de la fuente de 5v

#### 4.3.2.3 Bobinas de los relés

Para controlar las bobinas de los relés se utilizaron transistores TIP122, que son transistores Darlington NPN, a su vez la base requiere una resistencia de 4.7 K para controlar la corriente en la base del transistor, a la salida del colector vamos a tener las bobinas de los relés que accionan a los solenoides con un diodo para proteger a la bobina del relé de la corriente inversa que se genera al desconectar dicho elemento.

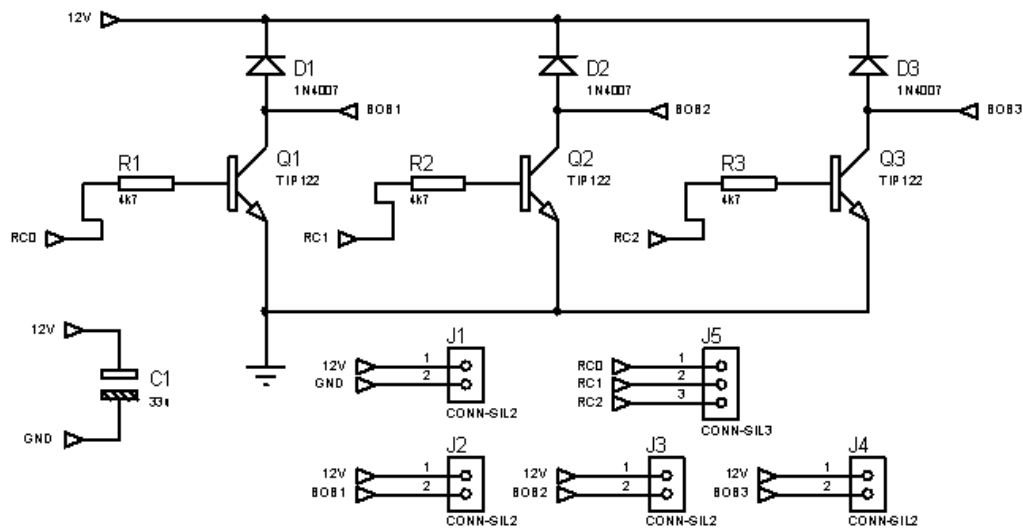


Fig. 4.47: Circuito de las bobinas de relés

Como se puede observar en la figura 4.46 el PIC va a controlar tierra en las bobinas de los relés ya que vamos a tener alimentación constante de 12v. Podemos apreciar la representación de los conectores con la designación de sus terminales.

Para controlar la base se usaron resistencias que las obtuvimos a través del siguiente cálculo, tomando en cuenta que la corriente que deseamos que circule por el transistor y el PIC sea de 1mA

$$I_{Rc} = 1mA$$

$$V_{Rc} = 5v$$

$$R_c = \frac{V_c}{I_c}$$

$$R_c = \frac{5}{1}$$

$$R_c = 5K\Omega$$

#### ***4.3.2.4 Micro controlador PIC***

El micro controlador es un circuito integrado encargado de tomar los datos, almacenarlos y enviarlos a una pantalla LCD donde podemos visualizarlos. En el presente proyecto se utilizó el micro controlador PIC16F877A el cual cuenta con 5 puertos, PORTA, PORTB, PORTC, PORTD, PORTE, que pueden ser configurados como entradas o salidas digitales, en nuestro proyecto usamos simplemente los puertos A, B, C, D.

Todo micro controlador requiere de un circuito que le indique a que velocidad debe trabajar, es decir a que velocidad va a transmitir las líneas de datos. Este circuito es conocido por todos como un oscilador de frecuencia o cristal, en nuestro caso usaremos

un oscilador externo de 4MHz ya que este es lo suficientemente rápido, potente, preciso y de un costo no muy elevado.

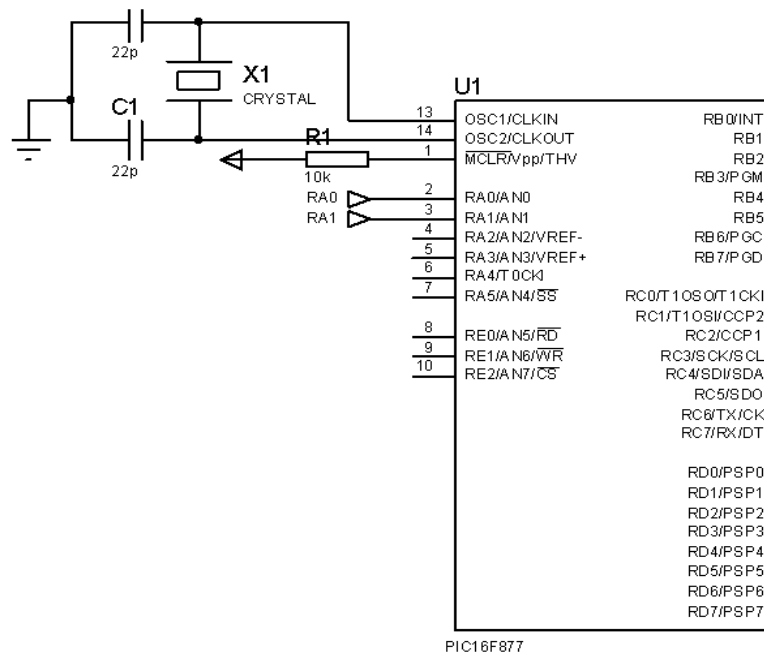


Fig. 4.48: Circuito del oscilador del micro controlador

Una de las condiciones necesarias para que el cristal funcione es el uso de dos condensadores iguales dependiendo de la frecuencia del oscilador, en este caso el fabricante recomienda usar condensadores de 22pF. También es necesario colocar una resistencia de 10 K $\Omega$ , esta resistencia viene dada por el fabricante para el correcto funcionamiento del micro controlador.

A continuación se presenta la distribución de pines en el PIC.

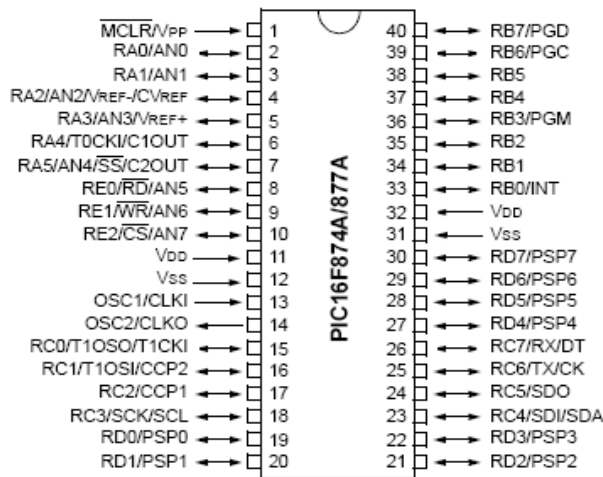


Fig. 4.49: Distribución de pines del microcontrolador

#### 4.3.2.5 Sensor de marchas

El sensor de marchas consiste básicamente en un switch de 7 contactos, los cuales van a enviar una señal negativa. Para que esta señal vaya al PIC fue necesario utilizar unos inversores 74LS04, estos integrados son los encargados de invertir el voltaje enviado por el sensor de marchas.

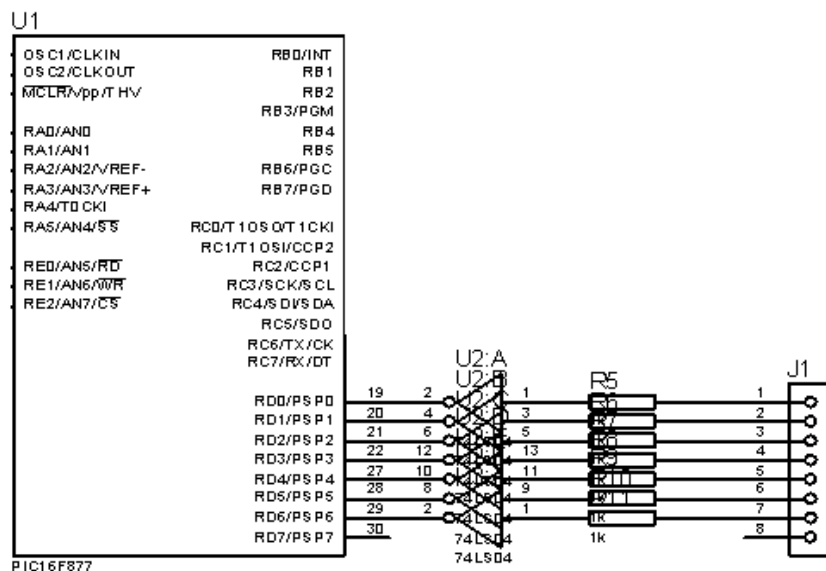


Fig. 4.50: Circuito del sensor de marchas

Este inversor fue necesario ya que en el momento en que el sensor de marchas no envíe una señal el PIC va a reconocer que existe un circuito abierto, pero al cerrar circuito el sensor de marchas va a enviar una señal negativa de unos pocos mili voltios, con lo cual el micro controlador no va a tener un rango amplio de voltaje donde pueda hacer la comparación de circuito abierto o circuito cerrado, como pudimos comparar en las pruebas realizadas se puede presentar problemas de reconocimiento de la marcha. Al colocar el inversor, el momento que el sensor envía una señal negativa esta se va a transformar en 5v, con lo cual el PIC puede hacer la comparación de circuito abierto cuando el sensor no envíe señal y de 5v cuando el sensor envíe señal de que engranó una marcha.

Como medida de protección se colocaron resistencias antes de los inversores para evitar que estos se quemaran debido a los picos altos de corriente que pueden ser provocados por chispazo o un corto circuito.

#### **4.3.2.6 LCD**

El LCD consiste en un circuito integrado en el cual podemos visualizar el monitoreo y control de la caja de cambios. El LCD que vamos a utilizar consta de 16 pines y la visualización de los caracteres se consigue a través de 2 líneas con 16 caracteres alfanuméricos. La resolución de la pantalla es de 128x64 píxeles, el brillo de la pantalla puede ser regulado a través de un potenciómetro.

La distribución de los pines se presenta continuación:

1. Tierra
2. Alimentación 5v
3. Regulación del brillo de la pantalla
4. Controlador RS

- 5. Tierra
- 6. Controlador E
- 11. Bus de datos
- 12. Bus de datos
- 13. Bus de datos
- 14. Bus de datos
- 15. Positivo iluminación pantalla
- 16. Negativo iluminación pantalla

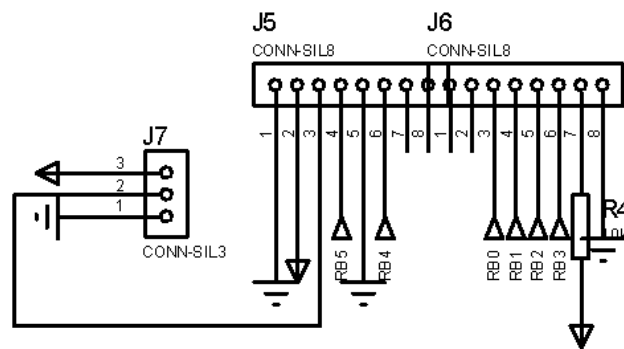


Fig. 4.51: Circuito del LCD

Para controlar el funcionamiento del display el LCD usa los terminales 4 y 6, estos pines también denominados RS son los encargados de informar al controlador interno del LCD que el valor presente en el bus de datos es un comando (cuando RS=0) o bien un carácter para representar (cuando RS=1).

Los pines del 11 al 14 son básicamente el bus de datos que va a viajar hacia y desde el controlador del LCD en forma de bits. Este LCD puede trabajar hasta con 8 bits, pero para nuestra aplicación fue suficiente trabajar con 4 bits es por eso que tenemos conectados únicamente los terminales del 11 al 14, como podemos observar los terminales del 7 al 10 que corresponden a los 4 bits restantes están desconectados.

#### 4.3.2.7 Pulsadores

Los pulsadores son dos switch (uno para subir marcha y otro para bajar) encargados de cerrar circuito a tierra y enviar esta señal a la placa donde se encuentra el circuito de dicho elemento.

Cuando el pulsador está en reposo los 5v de alimentación provenientes del regulador de voltaje pasan a través de una resistencia de 4.8 K $\Omega$  hacia el micro controlador PIC, la resistencia es necesaria para obtener una corriente de 1mA ya que el micro controlador no puede trabajar con corrientes que sobrepasen los 20mA.

El momento en que presionamos el pulsador se cierra circuito y la corriente circula hacia tierra con lo cual tendremos 0V a la entrada del PIC. Se colocó un condensador de 22 pF para evitar un pico alto de corriente y evitar las variaciones de voltaje.

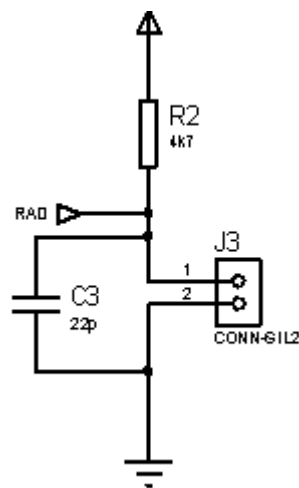


Fig. 4.52: Circuito de pulsadores

El valor de la resistencia se obtuvo de la siguiente manera:

$$I_{Rc} = 1\text{mA}$$

$$V_{Rc} = 5\text{v}$$

$$R_c = \frac{V_c}{I_c}$$

$$R_c = \frac{5}{1}$$

$$R_c = 5\text{K}\Omega$$

## CONCLUSIONES

1. En un principio se planteo realizar el accionamiento del mecanismo de cambio de marchas a través de un mecanismo electro hidráulico, pero a través de las pruebas realizadas pudimos comprobar que al usar el ABS como sistema encargado de generar y controlar la presión hidráulica tenía sus limitaciones. Dado el poco volumen que retiene el acumulador de presión durante la fase de liberación y que la succión de la bomba es muy pequeña; el caudal medio evacuado por la bomba es inferior al volumen máximo suministrado en situación de baja presión para desplazar los actuadores con rapidez. Este inconveniente hace que el cambio de marchas sea muy lento, por esta razón se decidio cambiar de sistema de accionamiento por un mecanismo eléctrico.
  
2. Otro de los motivos por los cuales los actuadores implementados en el mecanismo electro hidráulico tenían un desplazamiento con baja velocidad es que el sistema ABS convencionalmente esta desarrollado para generar presión dentro del circuito de



frenos donde el desplazamiento de los cilindros de freno es mínimo (entre 35 y 80 centésimas de milímetro) , en nuestra aplicación el recorrido de los actuadores es mayor (18 milímetros), es por ello que el desplazamiento de los pistones es lento.

3. Al acabar la construcción del proyecto hemos podido constatar la rapidez que posee para el cambio de marchas, lo cual ayuda a que sea aplicable en motocicletas, buggies, prototipos, etc. En una motocicleta con una caja secuencial con mecanismo manual el cambio de marchas se lo puede realizar entre 1 y 1.5 segundos dependiendo de la destreza del conductor, con la implementación de un mecanismo electro mecánico hemos podido constatar que el cambio de marchas se puede realizar entre 0.40 y 0.60 segundos.

### **RECOMENDACIONES**

1. La eficiencia del mecanismo y la rapidez hace posible que este diseño pueda ser mejorado en proyectos futuros, se puede hacer la implementación de sensores de revoluciones, de posición del acelerador, presión absoluta, que permitan que esta caja de cambios pueda ser completamente automática como una caja de tipo tip tronic, tomando en cuenta que seria necesario aumentar y modificar algunos parámetros en la programación del microcontrolador.
2. Una de las mejoras que se pueden implementar al proyecto para que el mecanismo electro hidráulico pueda realizar el cambio de marchas consiste en la construcción de una bomba que tenga un caudal mayor al que envía una bomba de un sistema ABS en la fase de liberación de presión en los actuadores, esto ayudaría a incrementar la

velocidad de funcionamiento de los actuadores que mueven a la palanca de cambios y el embrague. La razón por la cual no se realizó esta mejora en nuestro proyecto son los costos elevados que representarían el diseño y construcción de los elementos que forman el grupo hidráulico (bomba de presión, acumulador de presión, válvulas de retención, electro válvulas, entre otros).

3. La rapidez en el cambio de marchas y la comodidad que se ofrece al conductor hacen posibles que la construcción del mecanismo eléctrico para el cambio de marchas y embrague pueda ser implementado en una motocicleta, un buggy o un prototipo. Con nuestro proyecto dejamos las bases para un tema de investigación a futuro que podría ser la implementación de una caja mecánica secuencial con un mecanismo eléctrico en cualquier medio de transporte.
4. El embrague usado en nuestro proyecto posee tres discos de fibra unidos debido a que este elemento de acoplamiento fue reconstruido y no se pudo encontrar los discos metálicos faltantes. Este factor no afectará el funcionamiento ni la transmisión del par en la caja de cambios debido a que esta gira sin carga ya que el piñón de salida que se encuentra al final del eje secundario gira en vacío.

## **BIBLIOGRAFIA**

- ALBARENGA ALVAREZ, Beatriz. Física General. Editorial Oxford, 2002
- AMERICAN HONDA MOTORS, entrenamiento técnico automotriz Honda, 2010.
- ARIAZ PAZ, M. Motocicletas, 32º edición, Editorial Dossat, 2003.
- BOSCH, Robert. Sistemas de frenado convencional y electrónico, 3 Edición. 2003.
- CASTRO, VICENTE MIGUEL. La electrónica en el automóvil, CEAC, 1999

- COOMBS, Matthew. Motorcycle Basics Techbook, Segunda edición, 2006.
- GTZ, Matemática aplicada a la tecnología del automóvil, 8° Edición alemana
- PEREZ BELLO, Miguel Ángel. Tecnología de la Motocicleta, Editorial Dossat, 2005.

## ANEXO

### PROGRAMACION DEL MICRO CONTROLADOR

CONFIGURACION INICIAL DE MODULOS

CONFIGURACION ENTRADAS

PORTICO B

DEFINE LCD\_DREG PORTB; UTILIZACION DE PORTB PARA LCD

DEFINE LCD\_DBIT 0; BITS PARA LCD DESDE 4 A 7

DEFINE LCD\_RSREG PORTB; CONTROL DE DATOS LCD

DEFINE LCD\_RSBIT 5; RS PORTB.3

DEFINE LCD\_EREG PORTB

DEFINE LCD\_EBIT 4; E PORTB.2

PORTICO A

TRISA.0=1 ;BOTON SUBIR

TRISA.1=1 ;BOTON BAJAR

ADCON1=6 ;ENTRADAS DIGITALES

PORTICO D

TRISD.0=1 ;SEÑAL MARCHA NEUTRO

TRISD.1=1 ;SEÑAL MARCHA PRIMERA

TRISD.2=1 ;SEÑAL MARCHA SEGUNDA

TRISD.3=1 ;SEÑAL MARCHA TERCERA

TRISD.4=1 ;SEÑAL MARCHA CUARTA

TRISD.5=1 ;SEÑAL MARCHA QUINTA

TRISD.6=1 ;SEÑAL MARCHA SEXTA

TRISD.7=1

#### CONFIGURACION SALIDAS

##### PORTICO C

TRISC.0=0 ;BOBINA DE SUBIDA

TRISC.1=0 ;BOBINA DE BAJADA

TRISC.2=0 ;BOBINA DE EMBRAGUE

##### PROGRAMA DE INICIO

##### MENSAJE DE ARRANQUE DEL SISTEMA

Pause 300

INICIO:

CALL REPOSO

PORTD=0

PAUSE 200

LCDOUT \$FE,\$80," CAJA "

LCDOUT \$FE,\$C0," SECUENCIAL "

PAUSE 200

LCDOUT \$FE,1

PAUSE 200

LCDOUT \$FE,\$80," CAJA "

LCDOUT \$FE,\$C0," SECUENCIAL "

PAUSE 200

LCDOUT \$FE,1

PAUSE 200

LCDOUT \$FE,\$80," CAJA "

```

LCDOUT $FE,$C0," SECUENCIAL "
PAUSE 200
PROGRAMA PRINCIPAL
CHEQUEO EN QUE MARCHA SE ENCUENTRA
PRINCIPAL:
IF PORTD.0=1 THEN GOTO NEUTRO
IF PORTD.1=1 THEN GOTO PRIMERA
IF PORTD.2=1 THEN GOTO SEGUNDA
IF PORTD.3=1 THEN GOTO TERCERA
IF PORTD.4=1 THEN GOTO CUARTA
IF PORTD.5=1 THEN GOTO QUINTA
IF PORTD.6=1 THEN GOTO SEXTA
GOTO PRINCIPAL
CAJA ESTA EN NEUTRO 0
NEUTRO:
CALL REPOSO
LCDOUT $FE,1
LCDOUT $FE,$80, " CAJA "
LCDOUT $FE,$C0," NEUTRO "
PAUSE 50
CALL TIEMPO
OPCION CUANDO PRESIONA BOTONES
IF PORTA.0=0 THEN GOTO SUBIR_1
IF PORTA.1=0 THEN GOTO BAJAR_0
GOTO NEUTRO
PRESIONE BAJAR 0 A 0
BAJAR_0:

```

```

GOTO NEUTRO
PRESIONE SUBIR 0 A 1
SUBIR_1:
HIGH PORTC.2    ;EMBRAGUE SALE
CALL TIEMPO
HIGH PORTC.1    ;BOBINA BAJAR SALE
IF PORTD.1=1 THEN GOTO ENTRO_PRIMERA
GOTO ERROR_NEUTRO
ERROR_NEUTRO:
CALL TIEMPO
CALL REPOSO
CALL TIEMPO
GOTO SUBIR_1
ENTRO_PRIMERA:
CALL REPOSO
GOTO PRIMERA
CAJA ESTA EN PRIMERA 1
PRIMERA:
CALL REPOSO
LCDOUT $FE,1
LCDOUT $FE,$80, " PRIMERA "
LCDOUT $FE,$C0, " MARCHA "
CALL TIEMPO
IF PORTA.0=0 THEN GOTO SUBIR_2
IF PORTA.1=0 THEN GOTO BAJAR_01
GOTO PRIMERA
BAJAR_01:

```

```

HIGH PORTC.2      ;SALE EMBRAGUE
HIGH PORTC.0      ;BOBIBA SUBIR SALE
PAUSE 15
PAUSE 15          ;TIEMPO DE REPOSO ANTES DE NEUTRO
CALL REPOSO
PAUSE 20
IF PORTD.0=1 THEN GOTO NEUTRO
GOTO ERROR_PRIMERA
ERROR_PRIMERA:
CALL TIEMPO
CALL TIEMPO      ;MODIFICACION PRIMERA PRUEBA ; AÑADIDO
CALL REPOSO
CALL TIEMPO
CALL TIEMPO      ;MODIFICACION PRIMERA PRUEBA ; AÑADIDO
GOTO BAJAR_01
SUBIR_2:
HIGH PORTC.2
PAUSE 10
HIGH PORTC.0
IF PORTD.2=1 THEN GOTO SEGUNDA
GOTO ERROR_SEGUNDA
ERROR_SEGUNDA:
CALL TIEMPO
CALL REPOSO
CALL TIEMPO
GOTO SUBIR_2
CAJA ESTA EN SEGUNDA 2

```

```

SEGUNDA:
CALL REPOSO
LCDOUT $FE,1
LCDOUT $FE,$80, " SEGUNDA "
LCDOUT $FE,$C0, " MARCHA "
CALL TIEMPO
IF PORTA.0=0 THEN GOTO SUBIR_3
IF PORTA.1=0 THEN GOTO BAJAR_2A1
GOTO SEGUNDA
SUBIR_3:
HIGH PORTC.2
PAUSE 10
HIGH PORTC.0
IF PORTD.3=1 THEN GOTO TERCERA
GOTO ERROR_2A3
ERROR_2A3:
CALL TIEMPO
CALL REPOSO
CALL TIEMPO
GOTO SUBIR_3
BAJAR_2A1:
HIGH PORTC.2
PAUSE 10
HIGH PORTC.1
IF PORTD.1=1 THEN GOTO PRIMERA
GOTO ERROR_2A1
ERROR_2A1:

```



```

CALL TIEMPO
CALL REPOSO
CALL TIEMPO
GOTO BAJAR_2A1
CAJA ESTA EN TERCERA 3
TERCERA:
CALL REPOSO
LCDOUT $FE,1
LCDOUT $FE,$80," TERCERA "
LCDOUT $FE,$C0," MARCHA "
CALL TIEMPO
IF PORTA.0=0 THEN GOTO SUBIR_4
IF PORTA.1=0 THEN GOTO BAJAR_3A2
GOTO TERCERA
SUBIR_4:
HIGH PORTC.2
PAUSE 10
HIGH PORTC.0
IF PORTD.4=1 THEN GOTO CUARTA
GOTO ERROR_3A4
ERROR_3A4:
CALL TIEMPO
CALL REPOSO
CALL TIEMPO
GOTO SUBIR_4
BAJAR_3A2:
HIGH PORTC.2

```

```
PAUSE 10
HIGH PORTC.1
IF PORTD.2=1 THEN GOTO SEGUNDA
GOTO ERROR_3A2
ERROR_3A2:
CALL TIEMPO
CALL REPOSO
CALL TIEMPO
GOTO BAJAR_3A2
CAJA ESTA EN CUARTA 4
CUARTA:
CALL REPOSO
LCDOUT $FE,1
LCDOUT $FE,$80," CUARTA "
LCDOUT $FE,$C0," MARCHA "
CALL TIEMPO
IF PORTA.0=0 THEN GOTO SUBIR_5
IF PORTA.1=0 THEN GOTO BAJAR_4A3
GOTO CUARTA
SUBIR_5:
HIGH PORTC.2
PAUSE 10
HIGH PORTC.0
IF PORTD.5=1 THEN GOTO QUINTA
GOTO ERROR_4A5
ERROR_4A5:
CALL TIEMPO
```

```

CALL REPOSO
CALL TIEMPO
GOTO SUBIR_5
BAJAR_4A3:
HIGH PORTC.2
PAUSE 10
HIGH PORTC.1
IF PORTD.3=1 THEN GOTO TERCERA
GOTO ERROR_4A3
ERROR_4A3:
CALL TIEMPO
CALL REPOSO
CALL TIEMPO
GOTO BAJAR_4A3
;CAJA ESTA EN QUINTA 5
QUINTA:
CALL REPOSO
LCDOUT $FE,1
LCDOUT $FE,$80,"  QUINTA "
LCDOUT $FE,$C0,"  MARCHA "
PAUSE 10
CALL TIEMPO
IF PORTA.0=0 THEN GOTO SUBIR_6
IF PORTA.1=0 THEN GOTO BAJAR_5A4
GOTO QUINTA
SUBIR_6:
HIGH PORTC.2

```

```

PAUSE 10

HIGH PORTC.0

IF PORTD.6=1 THEN GOTO SEXTA

GOTO ERROR_5A6

ERROR_5A6:

CALL TIEMPO

CALL REPOSO

CALL TIEMPO

GOTO SUBIR_6

BAJAR_5A4:

HIGH PORTC.2

PAUSE 10

HIGH PORTC.1

IF PORTD.4=1 THEN GOTO CUARTA

GOTO ERROR_5A4

ERROR_5A4:

CALL TIEMPO

CALL REPOSO

CALL TIEMPO

GOTO BAJAR_5A4

CAJA ESTA EN SEXTA 6

SEXTA:

CALL REPOSO

LCDOUT $FE,1

LCDOUT $FE,$80," SEXTA "

LCDOUT $FE,$C0," MARCHA "

PAUSE 10

```

```

CALL TIEMPO
IF PORTA.0=0 THEN GOTO SUBIR_66
IF PORTA.1=0 THEN GOTO BAJAR_6A5
GOTO SEXTA
SUBIR_66:
GOTO SEXTA
BAJAR_6A5:
HIGH PORTC.2
PAUSE 10
HIGH PORTC.1
IF PORTD.5=1 THEN GOTO QUINTA
GOTO ERROR_6A5
ERROR_6A5:
CALL TIEMPO
CALL REPOSO
CALL TIEMPO
GOTO BAJAR_6A5
SUB RUTINAS DE CONTROL
REPOSO:
LOW PORTC.0
LOW PORTC.1
LOW PORTC.2
RETURN
TIEMPO:
PAUSE 40
PAUSE 30
PAUSE 30

```

PAUSE 50 ; CORRECCION PRUEBA DE TIEMPOS

PAUSE 50 ; CORRECCION PRUEBA DE TIEMPOS

RETURN

END