



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRÍZ**

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE  
COMPONENTES MEDIANTE CÁLCULOS, DE UN  
BANCO DE PRUEBAS PARA EMBRAGUES, PARA LA  
IMPLEMENTACIÓN EN EL LABORATORIO DE LA  
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

**CASCANTE SANTOS FREDDY FERNANDO**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2014**

**ESPOCH**

FACULTAD DE MECÁNICA

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2013-01-21

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**FREDDY FERNADO CASCANTE SANTOS**

---

Titulada:

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE COMPONENTES  
MEDIANTE CÁLCULOS, DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EMBRAGUES,  
PARA LA IMPLEMENTACIÓN EN EL LABORATORIO DE LA ESCUELA DE  
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

Sea aceptada como parcial complementación para los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

---

Ing. Marco Santillán Gallegos  
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Emilia Aimacaña Sánchez  
DIRECTORA DE TESIS

---

Ing. Raúl Cabrera Escobar  
ASESOR DE TESIS

# ESPOCH

FACULTAD DE MECÁNICA

---

## CERTIFICADO DE EXANIMACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** FREDDY FERNANDO CASCANTE SANTOS

**TITULO DE LA TESIS:** “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE COMPONENTES MEDIANTE CÁLCULOS, DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EMBRAGUES, PARA LA IMPLEMENTACIÓN EN EL LABORATORIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”

**Fecha de Exanimación:** 2014-02-14

### RESULTADO DE LA EXANIMACIÓN:

COMITÉ DE EXANIMACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Carlos Santillán Mariño PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Emilia Aimacaña Sánchez DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Raúl Cabrera Escobar ASESOR DE TESIS			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

### RECOMENDACIONES:

---

---

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Carlos Santillán Mariño  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de grado que se presenta, es original y se basa en procesos de investigación y/o adaptación tecnológica establecida en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos – científicos y sus resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual e industrial le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

Freddy Fernando Cascante Santos

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado de manera muy especial a mi madre y hermanos: Lida A. Santos Tacuamán, Elsa M. Cascante Santos, Edelina M. Cascante Santos, Jorge H. Cascante Santos, Ángel H. Cascante Santos.

Quienes han sido parte fundamental tanto en mi vida como en mi formación profesional, dotándome así del apoyo y la confianza necesaria para obtener lo hasta ahora logrado.

También quisiera dedicar de manera muy grata, a mis primas, Ing. Gloria Miño y Tlga. Marcia Miño. Este trabajo de grado también contiene inspiración de parte de ellas.

**Freddy Cascante Santos**

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente el más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz, por haberme permitido obtener los conocimientos necesarios para ser un profesional y una persona útil en la sociedad.

De igual manera a todas las personas que directa o indirectamente hicieron posible el desarrollo de este trabajo de grado, tanto con ayuda moral como intelectual.

Y de manera muy especial a todos los amigos, compañeros y personas que en el transcurso de esta parte de mi vida estuvieron junto a mí, en los buenos y malos momentos, a quienes siempre han estado cerca para extender la mano ya se para apoyar o felicitar, muchas gracias.

**Freddy Cascante Santos**

## CONTENIDO

Pág.

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1	Antecedentes .....	2
1.2	Justificación .....	2
1.3	Objetivos.....	3
1.3.1	<i>Objetivo general.</i> .....	3
1.3.2	<i>Objetivos específicos:</i> .....	3
<b>2.</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>4</b>
2.1	Embrague .....	4
2.2	Principio de funcionamiento .....	7
2.3	Partes del embrague de fricción.....	9
2.3.1	<i>Disco de embrague.</i> .....	9
2.3.1.1	<i>Requerimientos de los materiales de fricción para discos de embrague.</i> ....	11
2.3.1.2	<i>Elección del material adecuado.</i> .....	11
2.3.2	<i>Plato de presión.</i> .....	17
2.3.3	<i>Carcasa.</i> .....	17
2.3.4	<i>Cojinete de embrague.</i> .....	18
2.3.5	<i>Cubo de deslizamiento axial.</i> .....	18
2.3.6	<i>Horquilla.</i> .....	19
2.3.7	<i>Volante motor.</i> .....	19
2.4	Ubicación del embrague.....	19
2.5	Tipos de accionamiento .....	20
2.5.1	<i>Accionamiento mecánico.</i> .....	20
2.5.2	<i>Accionamiento hidráulico.</i> .....	23
2.6	Flujo de fuerza .....	24
2.6.1	<i>Transmisión de la fuerza.</i> .....	24
2.6.2	<i>Interrupción de la fuerza.</i> .....	25
2.7	Averías del embrague .....	26
2.7.1	<i>El embrague patina.</i> .....	26
2.7.2	<i>Disco pegado.</i> .....	27
2.7.3	<i>Desembrague incompleto.</i> .....	27
2.7.4	<i>El embrague hidráulico.</i> .....	27
2.7.5	<i>El pedal puede estar duro.</i> .....	28
2.8	Recomendaciones para el cuidado del embrague.....	28
2.9	Recomendaciones para el montaje del embrague.....	29
2.9.1	<i>Cuidados en la compra.</i> .....	29
2.9.2	<i>Cuidados al manipular.</i> .....	29
2.9.3	<i>Cuidados al almacenar.</i> .....	29
2.10	Cálculos del sistema de embrague .....	29
2.10.1	<i>Fuerza de apriete.</i> .....	29
2.10.2	<i>Fuerza de fricción.</i> .....	30
2.10.3	<i>Momento.</i> .....	30
<b>3.</b>	<b>COMPROBACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL EMBRAGUE DE FRICCIÓN</b> .....	<b>31</b>
3.1	Desarmar el embrague.....	31
3.2	Comprobación del diafragma .....	32
3.3	Comprobación del plato de presión .....	33
3.4	Comprobación del disco de embrague .....	33
3.5	Comprobación de los muelles .....	34

3.6	Comprobación del cubo de deslizamiento axial.....	34
3.7	Comprobación del cojinete axial.....	35
3.8	Armar el embrague.....	36
<b>4.</b>	<b>DISEÑO, ANÁLISIS Y CONSTRUCCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE LOS BANCOS DE PRUEBA.....</b>	<b>37</b>
4.1	Diseño de la estructura de los bancos.....	37
4.1.1	<i>Cargas.</i> .....	37
4.1.2	<i>Tensión.</i> .....	37
4.1.3	<i>Deformación.</i> .....	38
4.1.4	<i>Deformación plástica y elástica.</i> .....	39
4.1.4.1	<i>Deformación plástica o irreversible.</i> .....	39
4.1.4.2	<i>Deformación elástica o reversible.</i> .....	39
4.2	Estructura soporte.....	40
4.3	Análisis de la estructura .....	40
4.4	Tensión equivalente .....	41
4.5	Factor de seguridad .....	43
4.6	Elección del material .....	44
4.7	Construcción de las estructuras .....	45
4.8	Ensamble de los bancos .....	50
4.9	Cálculos realizados con la utilización de los bancos .....	55
4.9.1	<i>Utilización del banco de accionamiento hidráulico.</i> .....	55
4.9.2	<i>Utilización del banco de accionamiento mecánico.</i> .....	57
4.10	Costos.....	59
4.10.1	<i>Definición de costo.</i> .....	59
4.10.1.1	<i>Costos directos.</i> .....	59
4.10.1.2	<i>Costos indirectos.</i> .....	61
4.10.1.3	<i>Costos totales.</i> .....	61
<b>5.</b>	<b>ELABORACIÓN DE LOS MANUALES .....</b>	<b>62</b>
5.1	Manual de usuario.....	62
5.2	Manual de mantenimiento .....	64
5.2.1	<i>Motor eléctrico.</i> .....	64
5.2.2	<i>Caja reductora de velocidad.</i> .....	64
5.2.3	<i>Bandas.</i> .....	65
5.2.4	<i>Caja de velocidades.</i> .....	65
5.2.5	<i>Kit de embrague.</i> .....	65
5.3	Guía de prácticas .....	66
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>72</b>
6.1	Conclusiones .....	72
6.2	Recomendaciones .....	72

**BIBLIOGRAFÍA**  
**ANEXOS**

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
1 Descripción de los materiales.....	13
2 Estudio de tensiones.....	41
3 Estudio de deformación.....	42
4 Costos directos.....	59
5 Costos indirectos.....	60
6 Costos totales.....	60

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1 Clasificación de los embragues .....	4
2 Esquema general ubicación del embrague .....	5
3 Sistema embragado .....	5
4 Sistema desembragado .....	6
5 Principio de funcionamiento .....	7
6 Embrague de diafragma .....	8
7 Disco de embrague .....	10
8 Descripción de las partes del disco .....	10
9 Disco de material orgánico .....	12
10 Disco de kevlar .....	13
11 Disco de kevlar segmentado .....	13
12 Disco de metal sinterizado .....	14
13 Selección del material adecuado .....	15
14 Plato de presión .....	17
15 Carcasa .....	17
16 Cojinete axial del embrague .....	18
17 Cubo de deslizamiento axial .....	18
18 Horquilla .....	19
19 Volante motor .....	19
20 Transmisión delantera y posterior .....	20
21 Accionamiento mecánico por cable .....	21
22 Accionamiento hidráulico .....	23
23 Transmisión de la fuerza .....	24
24 Interrupción de la fuerza .....	25
25 Fuerza de apriete .....	29
26 Fuerza de fricción .....	30
27 Momento .....	30
28 Desmontaje del embrague .....	31
29 Comprobación del resorte de diafragma .....	32
30 Desgaste de lengüetas .....	32
31 Verificar superficie de contacto .....	33
32 Comprobación de los forros del disco .....	33
33 Comprobación de los muelles .....	34
34 Cubo de deslizamiento axial .....	34
35 Cojinete axial .....	35
36 Disco y eje estriado .....	35
37 Montaje del disco y plato en el volante motor .....	36
38 Deformación plástica y elástica .....	39
39 Estructura soporte .....	40
40 Análisis de tensiones .....	41
41 Análisis de deformación elástica .....	42
42 Factor de seguridad .....	44
43 Ruedas de goma .....	45
44 Preparando el kit de embrague .....	45
45 Puesta del motor eléctrico .....	46
46 Quitando imperfecciones de soldadura .....	46
47 Estructura banco accionamiento mecánico .....	47
48 Preparación de la base del cilindro maestro .....	47
49 Cortando la campana .....	48
50 Kit de embrague descubierto .....	48
51 Ubicación del cilindro maestro .....	49

52 Estructura soporte terminada .....	49
53 Pintado de las partes del kit de embrague.....	50
54 Pintado de la caja de velocidades .....	50
55 Conjunto volante y cigüeñal.....	51
56 Equipo pintado .....	51
57 Instalación eléctrica.....	52
58 Protección acrílica .....	52
59 Piñonería caja de velocidades.....	53
60 Protecciones acrílicas.....	53
61 Bancos pintados.....	54
62 Banco ensamblado de accionamiento por cable.....	54
63 Banco ensamblado de accionamiento hidráulico .....	55
64 Medidas disco y horquilla .....	55
65 Fuente de alimentación .....	62
66 Interruptor de botones .....	62
67 Pedal de accionamiento .....	63
68 Liberación del disco de embrague.....	63
69 Motor eléctrico.....	64
70 Reductor de velocidad.....	64
71 Bandas.....	65
72 Caja de velocidades .....	65
73 Kit de embrague.....	65

## SIMBOLOGÍA

F	Fuerza	N
Fr	Fuerza de fricción	N
W	Potencia	HP
M	Momento de una fuerza	Nm
m	masa	kg
V	Voltaje	V

## LISTA DE ABREVIACIONES

CA	Corriente alterna
DAC	Diseño asistido por computadora
FS	Factor de seguridad
EIA	Escuela de Ingeniería Automotriz
ASTM	Sociedad americana para pruebas y materiales
$r_m$	Radio medio

## LISTA DE ANEXOS

- A** Esquema banco ensamblado
- B** Dimensiones reales del disco de embrague
- C** Tabla propiedades del acero

## RESUMEN

El diseño, construcción y validación de componentes mediante cálculos, de un banco de pruebas para embragues, para la implementación en el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Automotriz, tiene como objetivo desarrollar destrezas y habilidades en las personas dedicadas al mantenimiento del sistema de transmisión de fuerza. Equipo didáctico construido en razón de que en el mercado no existen prototipos fabricados para el efecto.

El estudio inicia con las mediciones de esfuerzos de accionamiento en vehículos que tienen sistemas mecánico e hidráulico, mediciones que determinaron: 1) 23 kgf para desacoplar sistema mecánico, y 20 kgf para desacoplar sistema hidráulico; y, 2) los materiales requeridos cuyos componentes principales son: caja de velocidades, motor eléctrico, reductor de velocidad, kit de embrague, volante motor y cigüeñal. La estructura de los dos bancos que sostienen a los sistemas de embrague del accionamiento mecánico e hidráulico se diseñó utilizando un software para modelado mecánico, mismo que permitió seleccionar el material idóneo para la construcción de las estructuras.

En el ensamble del sistema se pudo comprobar que las revoluciones del motor eléctrico son de 1370 rpm, cuando se requería alrededor de 70 rpm para poder observar el funcionamiento del sistema de transmisión de fuerza, lo que se requirió reducir las revoluciones con la utilización de un reductor de velocidad. Hecho que solucionó el problema presentado y permitió conseguir satisfactoriamente a través de las pruebas de arranque un efectivo prototipo de accionamiento de embrague mecánico e hidráulico.

Se recomienda seguir las instrucciones del manual de usuario y las guías de prácticas a fin de dar un buen uso, manejo y mantenimiento de esta útil herramienta que garantiza calidad en la enseñanza y aprendizaje generando valor agregado a los servicios que prestarán los futuros profesionales.

## ABSTRACT

Clutch test tool components have been validated, constructed and designed by means of calculation so that a laboratory can be implemented in the Automotive Engineering School aiming at allowing people in charge of maintaining the power transmission system to develop skills and abilities. This didactic equipment was constructed since there is not this kind of prototypes in the market.

The onset of this investigation was the force driving measure in vehicles with hydraulic and mechanical system determining that, 1) 23 kgf for mechanical system disassembly, and 20 kgf for hydraulic system disassembly; and 2) materials required whose main components are: speed box, electrical engine, speed reducer, clutch kit, engine flywheel and crank. The two-tool structure holding mechanical and hydraulic driving clutch system was designed with a mechanical-modeling software which allowed selecting the right material for the structure construction.

In the assembly system, it was possible to verify that the electrical engine watts are 1370 rpm when 70 rpm were required so that the force driving system running can be observed that is why watts were decreased with a speed reducer. Thus, the problem was solved. In addition, an effective hydraulic and mechanical clutch driving prototype was gotten by means of starting tests.

It is recommended to follow the user's manual instructions and the practice guides in order that this useful tool can be used, handled and maintained guaranteeing quality for the teaching/learning process and giving an extra value to the services future professionals will provide.

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de tesis tiene la finalidad el mostrar a través de dos bancos el funcionamiento de un sistema de embrague de fricción mono disco, de mando hidráulico y de mando por cable.

En la actualidad los sistemas de embrague de fricción mono disco ya sea de mando accionado por cable o a su vez de mando hidráulico conforman la mayor parte del parque automotor del Ecuador.

Lo cual como profesionales en el campo automotriz nos obliga a conocer de manera exacta los principios de funcionamiento de un sistema de embrague de fricción mono disco.

En los últimos años se han incorporado también varios sistemas adicionales a los vehículos de alta gama, varios de estos sistemas orientados a mejorar la partida de los vehículos de competición.

Algunos de estos sistemas son los embragues de discos múltiples, esto consiste en que múltiples discos de embrague de tamaño muy pequeño están montados en una caja y sumergidos en baño de aceite para evitar sobre calentamiento en condiciones severas de conducción.

El presente trabajo busca mostrar de manera sencilla y didáctica el funcionamiento de los componentes del sistema de embrague, mediante la utilización de los bancos, que son capaces de mostrar el funcionamiento de los componentes que conforman el sistema de embrague.

La demostración se realiza mediante el uso de una caja de cambios manual a la cual se le ha incorporado un sistema de reducción de velocidad con el fin de poder observar el funcionamiento de cada una de las partes que conforman el banco.

Con la realización de este proyecto de tesis, el docente va a tener la posibilidad de demostrar de manera práctica los conocimientos impartidos.

### **1.1 Antecedentes**

Tomando en cuenta que el sistema de transmisión de fuerza está compuesto de motor de combustión interna, kit de embrague y caja de velocidades, los cuales en conjunto transmiten todo el par motor hacia las ruedas del vehículo y, para comprender el correcto funcionamiento de este sistema es necesario contar con un equipo que sea capaz de mostrar en forma real y así poder observar y comprender cómo funciona cada uno de sus componentes.

Debido a que en el laboratorio de Mantenimiento de la Escuela de Ingeniería Automotriz no cuenta con un equipo de transmisión de fuerza, se procedió a resolver este problema con la aportación de dicha unidad la cual es necesaria para el desarrollo del aprendizaje y comprensión de los alumnos.

Partiendo de esta necesidad de dotar al laboratorio de la E.I.A con este tipo de equipo, se procedió a realizar las debidas investigaciones que llevaron a plantear y culminar satisfactoriamente este proyecto dirigido al área de Mantenimiento Automotriz.

### **1.2 Justificación**

En este proyecto de tesis trata detalladamente la descripción, análisis y funcionamiento de los dos tipos de accionamientos del embrague, que hoy en día hacen del automóvil una máquina más confiable y fácil de usar. La necesidad de realizar este proyecto surge con el fin de dotar dos bancos de prueba de embragues a la Escuela de Ingeniería Automotriz los cuales son los dos tipos de accionamientos del embrague tales como el accionamiento hidráulico y mecánico.

La realización de este proyecto servirá para que los estudiantes puedan observar estos dos tipos de accionamiento y así refuercen los conocimientos teóricos impartidos por el docente. Una vez culminada la construcción de estos dos tipos de bancos de prueba de embrague, los docentes podrán realizar diferentes prácticas relacionadas con la determinación del estado de los platos de presión, disco de embrague, cojinete de embrague, volante motor y demás componentes. Este proyecto de tesis cumple con todos los objetivos planteados, constituyéndose en una herramienta útil para mejorar

el aprendizaje y las destrezas de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

### **1.3 Objetivos**

**1.3.1 Objetivo general.** Diseñar, construir y validar componentes mediante cálculos, de un banco de pruebas de embragues, para la implementación en el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Automotriz.

#### **1.3.2 Objetivos específicos:**

Identificar las partes, funcionamiento y tipos de embragues de accionamiento mecánico e hidráulico.

Validar el funcionamiento del sistema de embrague mediante cálculos

Realizar un manual de usuario, mantenimiento y de prácticas para el correcto funcionamiento.

Diseñar la estructura de los bancos de prueba mediante la utilización del programa Solidworks.

Construir los bancos de prueba de los dos tipos de accionamiento.

Dotar a la Escuela de Ingeniería Automotriz los bancos de prueba construidos en el presente trabajo de investigación.

## CAPÍTULO II

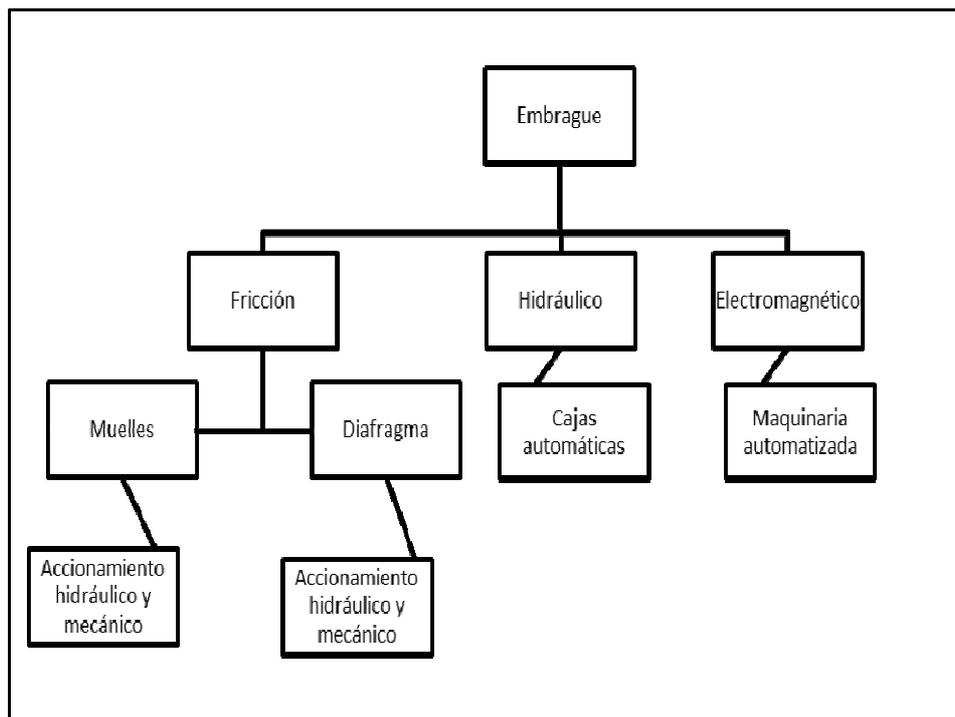
### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Embrague

José Pérez, en su “Mecánica del automóvil” define al embrague como:

La misión del embrague es la de cortar o transmitir el giro del motor a la caja de cambios y de ahí a las ruedas, a voluntad del conductor, para que el vehículo pueda desplazarse cuando lo desee aquel o permanecer detenido con el motor en marcha, así como para efectuar el cambio de velocidad en la caja de cambios sin tener necesidad de parar el motor.

Figura 1. Clasificación de los embragues

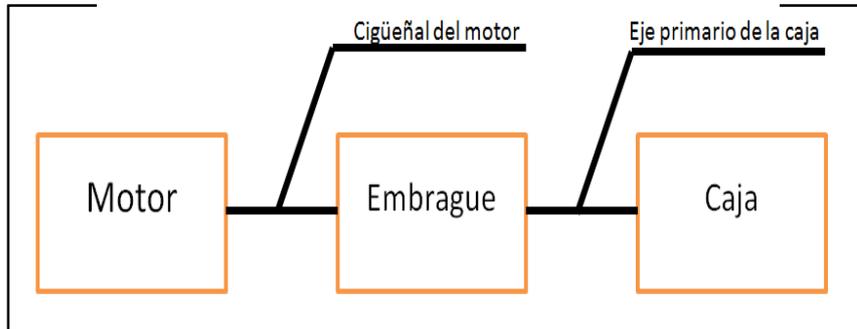


Fuente: Autor

El embrague debe reunir las cualidades de ser progresivo y elástico para que no se produzcan tirones ni brusquedades al ponerse en movimiento el vehículo partiendo de la posición de parado, ni cuando se varíe el régimen del motor. Aunque existen varios tipos de embrague, todos ellos pueden agruparse en tres clases; de fricción, electromagnéticos e hidráulicos. Los primeros basan su funcionamiento en

la adherencia entre dos piezas cuyo efecto produce una unión entre ellas que equivale a considerarlas una sola. En los embragues hidráulicos el elemento de unión es el aceite.

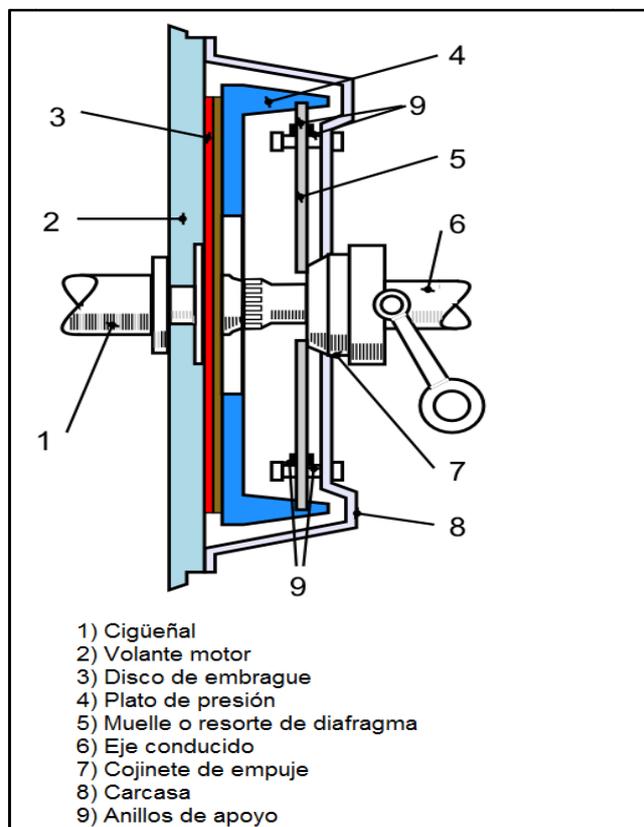
Figura 2. Esquema general ubicación del embrague



Fuente: Autor

El embrague se coloca entre el volante del motor y la caja de cambios y se acciona por medio de un pedal que gobierna el conductor con su pie izquierdo. Con el pedal suelto, el giro del motor pasa a la caja de cambios y a las ruedas, diciéndose entonces que el sistema está embragado.

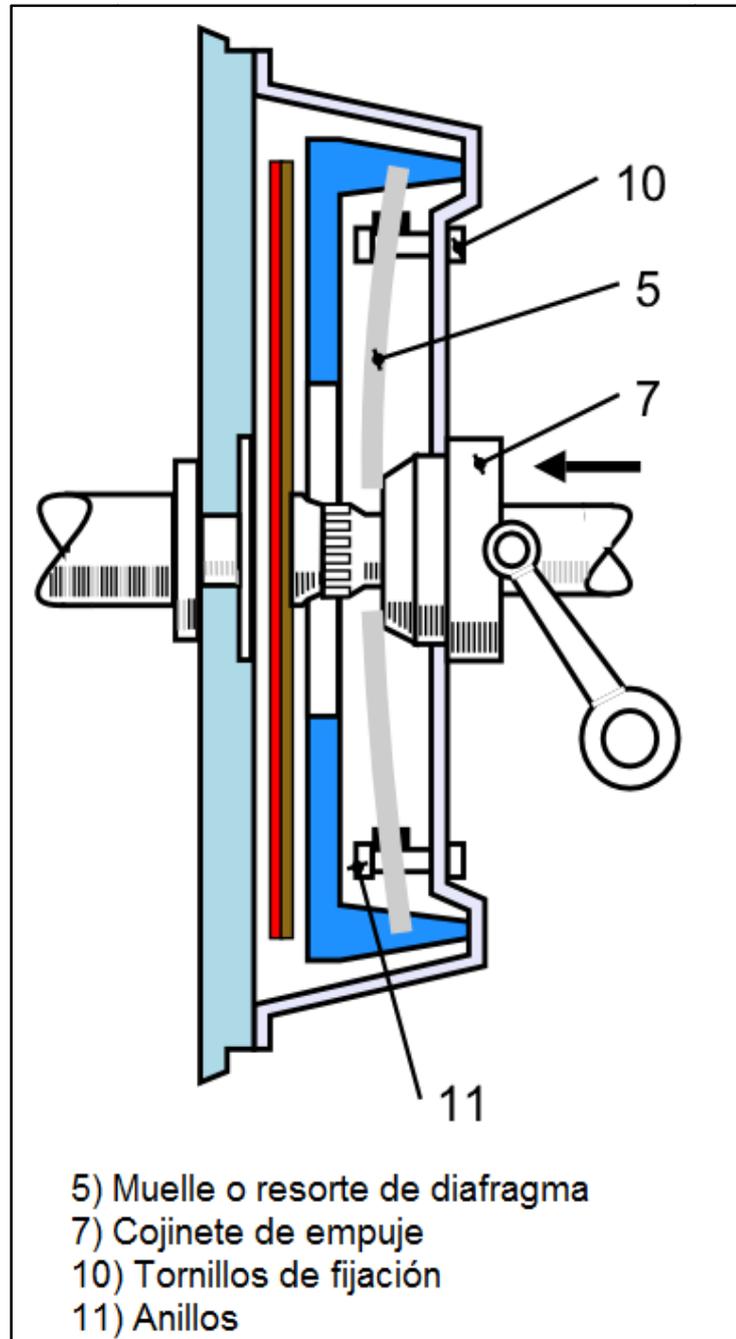
Figura 3. Sistema embragado



Fuente: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Embrague2.png>

Cuando el conductor pisa el pedal del embrague, el giro del motor no se transmite a la caja de cambios y, en estas condiciones, el sistema está desembragado.

Figura 4. Sistema desembragado



Fuente: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Embrague2.png>

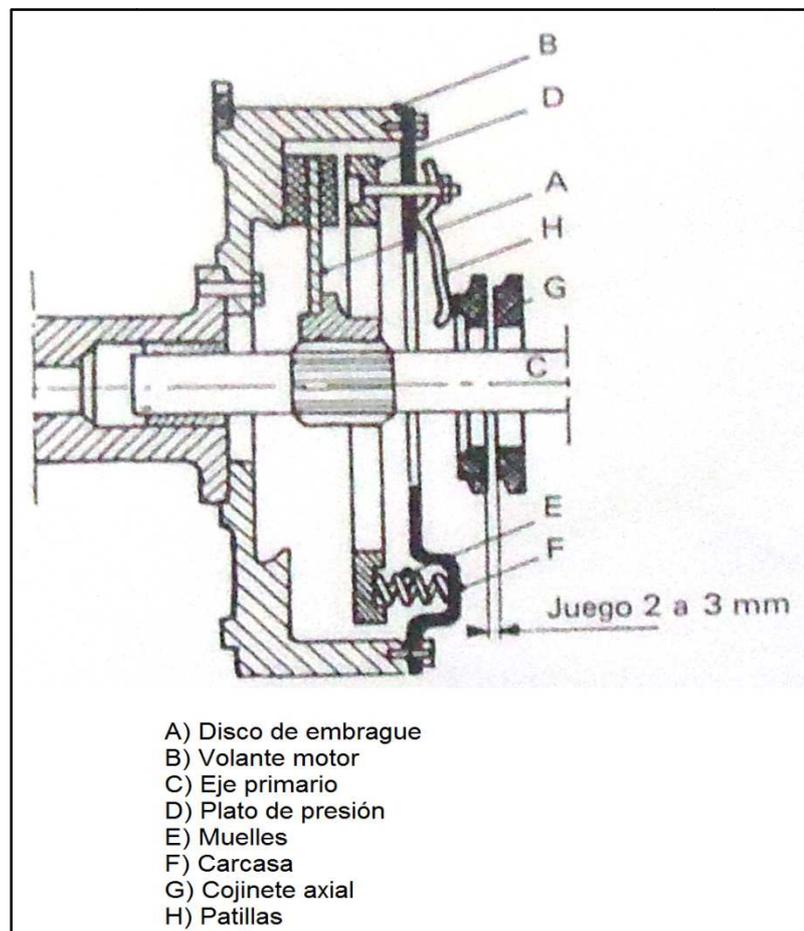
En la posición de parcialmente embragado permite realizar una transmisión de movimiento progresiva. El embrague es, por tanto, un transmisor de par motor. (PÉREZ, 2008)

## 2.2 Principio de funcionamiento

Martínez, en su libro "Manual del automóvil" define al principio de funcionamiento como:

Con el accionar del pedal de embrague, el mecanismo de varillas y articulaciones permite desplazar a la izquierda el cojinete axial, el cual mueve las patillas o el diafragma de esta forma se libera el disco de embrague y así se logra interrumpir el giro del motor hacia las ruedas.

Figura 5. Principio de funcionamiento



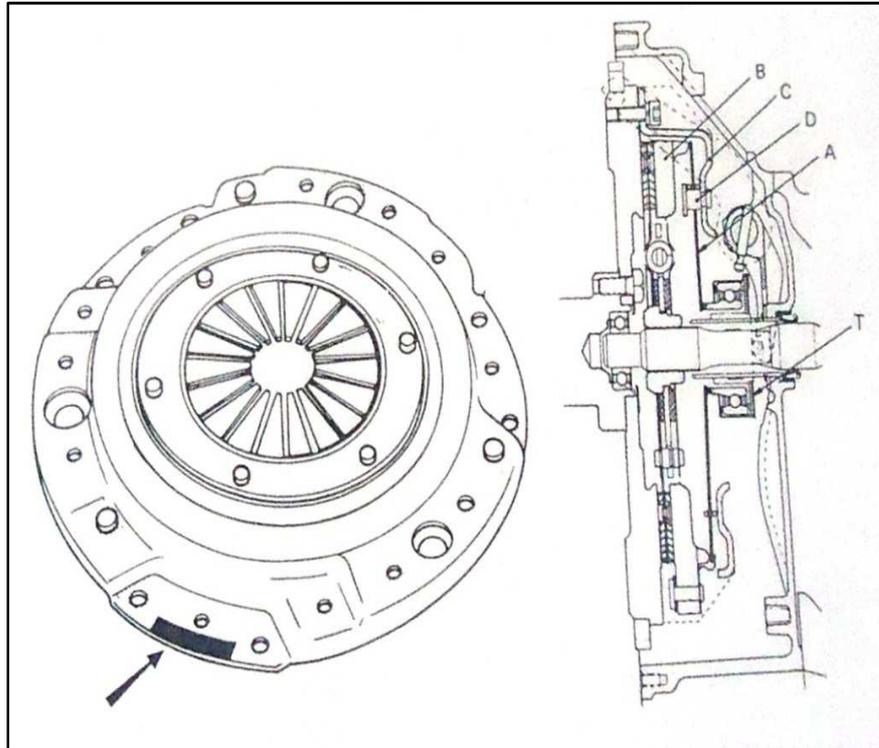
Fuente: Paz, Mecánica del automóvil pág. 225

Al soltar el pedal del embrague, el cojinete axial se desplaza a la derecha de esta forma el disco de embrague queda aprisionado entre el plato de presión y el volante motor. Así de esta forma se transmite el giro del motor hacia las ruedas del vehículo.

En actualidad, los embragues del tipo de muelles han sido sustituidos por los de diafragma como el presentado en la Figura 6, donde puede verse que el diafragma lo

constituye un disco de acero especial en forma cónica, dotado de unos cortes radiales, cuya elasticidad causa a presión necesaria para aplicar la masa contra el disco.

Figura 6. Embrague de diafragma



Fuente: Paz, Mecánica del automóvil pág. 226

En la Figura 6 se muestra un esquema de este tipo de embrague donde puede verse que el diafragma *A* se une en su periferia a la masa de embrague *B*, fijándose a la carcasa *C* en varios puntos *D*.

En la posición de reposo, la elasticidad de la membrana oprime el disco de embrague por medio de la masa.

Cuando el conductor realiza la maniobra del desembrague, la masa se desplaza hacia la derecha, invirtiéndose la posición de conicidad del diafragma y dejando de ejercer presión sobre la masa de embrague, con lo cual, el disco queda en libertad.

El diafragma presenta importantes ventajas con respecto a los muelles, de entre las que puede destacar:

- Resulta más sencillo la construcción
- La fuerza ejercida sobre el plato de presión está más uniformemente repartida

- Es más fácil de equilibrar el embrague
- Se requiere un menor esfuerzo en la acción de desembragado

Las características que ha de reunir el sistema de embrague son:

**Resistencia mecánica.** Para transmitir todo el par motor a las ruedas.

**Resistencia térmica.** Para poder absorber el calor generado por la fricción.

**Progresividad y elasticidad.** Para que su movimiento se transmita sin brusquedad ni tirones.

**Adherencia.** Para que no pueda patinar y pierda fuerza de transmisión.

**Rapidez de maniobra.** Que permita embragar y desembragar con facilidad

Existen diferentes tipos de embragues, el más conocido es el de fricción, aunque se puede encontrar automóviles que incorporen sistemas electromagnéticos o hidráulicos (MARTINEZ, 2005).

## 2.3 Partes del embrague de fricción

**2.3.1 Disco de embrague.** El disco de embrague transmite a la caja de cambios y a las ruedas todo el esfuerzo de rotación del motor, sin que se produzcan resbalamientos, se comprende que sus forros deben ser de un material que se adhiera fácilmente a las superficies metálicas y sea muy resistente al desgaste por frotamiento y al calor.

Los forros están fabricadas con fibras de amianto y soportadas por fibras de latón y cobre impregnadas con resina sintética.

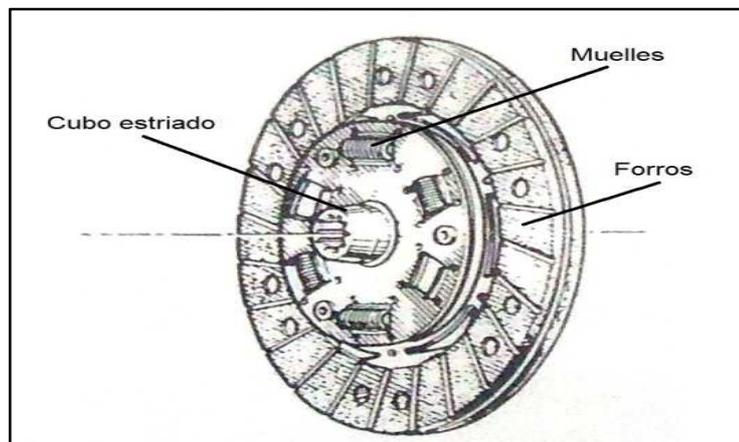
Actualmente y debido al carácter cancerígeno del amianto, éste se viene sustituyendo por fibras arámidas y de vidrio. Estas fibras permiten un alto coeficiente de rozamiento y una buena resistencia a las temperaturas elevadas.

Estos forros están sujetos al disco por medio de remaches, cuyas cabezas quedan incrustadas en el mismo por medio de avellanados practicados en él, para evitar que rocen con el volante del motor y el plato de presión, a los que podrían dañar.

Para dar flexibilidad al acoplamiento del disco al volante al embragar y hacer la unión progresivamente, para que no se produzcan tirones debido a los distintos regímenes del motor, se dispone la constitución del disco que se representa en la siguiente figura, en la que puede verse que el manguito estriado *A*, que se monta en el eje primario, se une al disco *B* por medio de los muelles *C* repartidos por el disco.

El disco *B* lleva unos cortes radiales *D* en toda su periferia y cada una de las lengüetas *E* se doblan en uno y otro sentido. A este disco *B* se unen los forros *F* por medio de remaches.

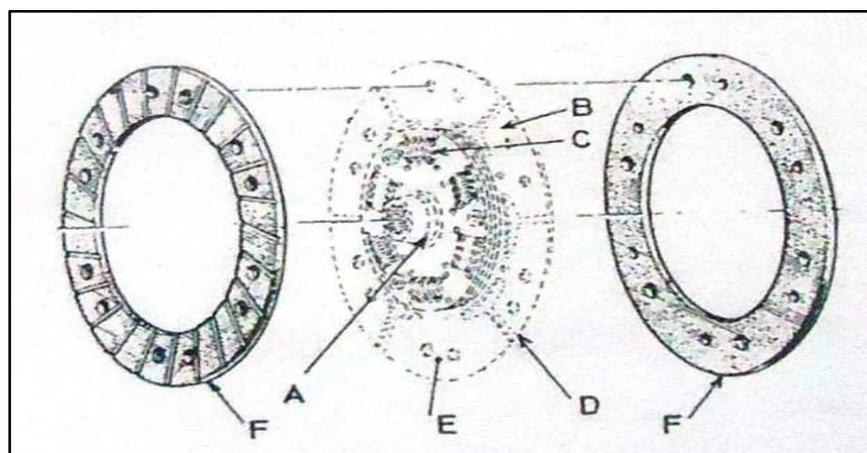
Figura 7. Disco de embrague



Fuente: Paz, Mecánica del automóvil pág. 227

Constituido así el disco, cuando el conductor suelta el pedal del embrague el apriete contra el volante se realiza progresivamente, debido a la flexibilidad de las lengüetas *E*, dobladas unas en sentido contrario de las otras.

Figura 8. Descripción de las partes del disco



Fuente: Paz, Mecánica del automóvil pág. 227

El giro del volante del motor no se transmite bruscamente al eje primario, pues estando este eje detenido, cuando el volante comienza a arrastrar al disco *B*, los muelles *C* actúan de amortiguadores, ya que el manguito estriado *A* tiene que quedarse quieto, por estarlo el eje primario al que va unido por estrías.

No obstante, a pesar de esta disposición del disco, la operación de embragar deberá realizarse lentamente, para que al principio exista resbalamiento entre el volante del motor y el disco de embrague, con el fin de que el movimiento se transmita progresivamente a las ruedas (HERMOGENES, 2003).

**2.3.1.1** *Requerimientos de los materiales de fricción para discos de embrague.* El proceso de transmisión de par en los embragues de fricción está controlado en gran medida por las cualidades del material de fricción en el disco de embrague.

Las principales características del comportamiento tribológico de los materiales en contacto deben ser:

- Ambos materiales en contacto deben tener un alto coeficiente de fricción.
- Un elevado valor de este parámetro permite minimizar la presión necesaria para conseguir la transmisión de par.
- Los materiales deben ser resistentes a las condiciones atmosféricas y ambientales (humedad, presión, contaminación, partículas de polvo).
- Los materiales deben poseer buenas propiedades térmicas: alta conductividad térmica y adecuada resistencia a las altas temperaturas.
- Capacidad para soportar elevadas presiones de contacto.
- Buena resistencia a esfuerzos cortantes transmitidos por la fricción de los elementos.
- Materiales de fabricación y uso seguros, y aceptables para el medio ambiente (algo que cada vez cobra más importancia).

**2.3.1.2** *Elección del material adecuado.* La selección del material de fricción adecuado para una aplicación concreta es condición crítica de un buen funcionamiento del sistema.

Algunas de las características a controlar son:

- Superficie de fricción del embrague.

- Rango de temperaturas de trabajo.
- Características de desgaste/durabilidad.

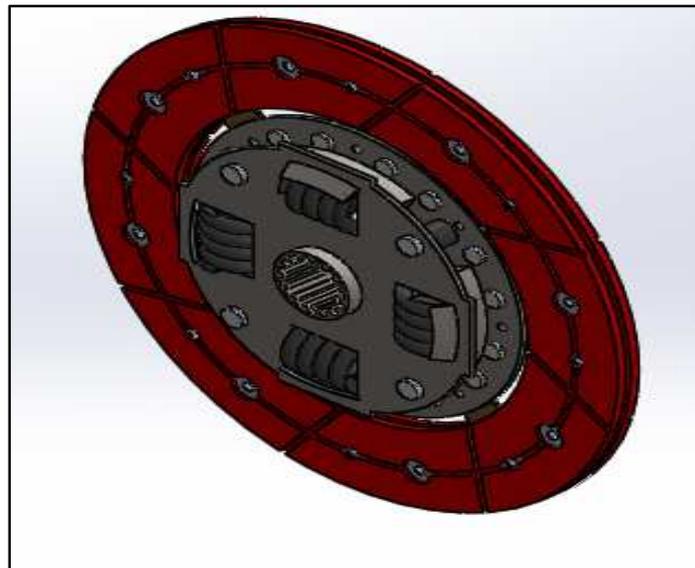
El primer paso en la identificación del material del embrague a adquirir depende de las características del vehículo. Las principales son:

- La potencia del automóvil.
- El modo de uso. Conducción urbana o competición y, en caso de la última, de qué tipo de competencia sea ésta de rally o circuito.

A continuación se detalla el tipo de material utilizado para el disco de fricción:

**Orgánicos.** Su relativa tolerancia a sobrecalentamientos, su entrega progresiva de par y un tiempo inicial de funcionamiento anormal casi nulo los hacen idóneos para vehículos urbanos de potencias elevadas, hasta 400 HP, y competición en circuito con vehículos de similar potencia máxima en los que se busca alta durabilidad.

Figura 9. Disco de material orgánico



Fuente: Autor

**Kevlar.** Coches de conducción urbana de hasta 500 caballos y vehículos de circuito con elevadas potencias y usos muy intensos. Resistencia elevada a un uso intenso, si bien es un material que carece de tolerancia a abusos (no recupera sus características tras sobrecalentarse). Las cualidades del kevlar lo hacen poco apto para conducción urbana en general, especialmente en aquellos casos de frecuentes

paradas por tráfico intenso, donde puede aparecer esmaltado en la superficie de fricción del material y pérdida de las características friccionales. Material muy adecuado para embragues multidisco.

Figura 10. Disco de kevlar



Fuente: <http://8000vueltas.com/wp-content/uploads/2008/08/embrague-de-kevlar.jpg>

***Kevlar segmentado.*** La elevada capacidad de evacuación de calor hace este tipo de material ideal para vehículos deportivos de hasta 650 caballos y vehículos de competición en circuito de elevadas potencias y prolongada duración de la carrera. Ideal cuando se busca un funcionamiento suave y progresivo en vehículos de gran potencia o aquellos equipados con cambios secuenciales. No son aptos para embragues multidisco, pues el choque de los segmentos produce vibraciones intolerables.

Figura 11. Disco de kevlar segmentado



Fuente: <http://8000vueltas.com/wp-content/uploads/2008/08/embrague-de-kevlar-segmentado.jpg>

***Metal sinterizado.*** Principalmente en el caso de embragues de hierro sinterizado, su uso está estrictamente limitado a la competición de resistencia de vehículos de muy elevada potencia. Con un plato de presión adecuadamente dimensionado, el sistema es capaz de soportar fuerzas de presión extraordinarias. El funcionamiento es como el

de un interruptor: activado/desactivado. No funcionan bien en ambientes a baja temperatura.

Figura 12. Disco de metal sinterizado



Fuente: <http://8000vueltas.com/wp-content/uploads/2008/08/embrague-segmentado-de-hierro-sinterizado.jpg>

Se requiere un volante motor con una muy elevada resistencia superficial. Los volantes estándar se destruyen rápidamente por la fricción con estos discos de embrague.

Tabla 1. Descripción de los materiales

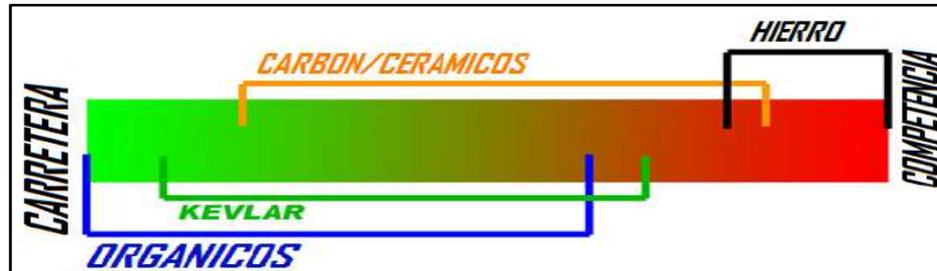
<b>Orgánicos</b>	Ideal para vehículos hasta 400 HP.
<b>Kevlar</b>	Vehículos de hasta 500 HP.
<b>Kevlar segmentado</b>	Vehículos deportivos de hasta 650 HP.
<b>Metal sinterizado</b>	Su uso está estrictamente limitado a la competición.

Fuente: <http://8000vueltas.com/2008/08/18/sistema-de-embrague-de-friccion-parte-5-desarrollo-y-eleccion-de-materiales>

Para elegir el material más adecuado para el disco de fricción según las necesidades del vehículo se debe tener en cuenta dos parámetros importantes los cuales son: la potencia y el uso del vehículo.

En función de los parámetros antes mencionados se tiene el siguiente cuadro que indica el material más adecuado (AZCOITIA, 2008).

Figura 13. Selección del material adecuado



Fuente: <http://8000vueltas.com/wp-content/uploads/2008/08/eleccion-del-material-de-friccion-adecuado.jpg>

**Proceso de diseño y creación.** Para el proceso de diseño y creación de un embrague adecuado, tanto por tamaño, particularidades en su accionamiento, materiales de las partes estructurales y material de fricción sigue una serie de pasos para asegurar el correcto funcionamiento de un sistema que trabaja bajo condiciones severas y grandes cargas térmicas y estructurales.

Detallándose a continuación los pasos que se siguen para el proceso de desarrollo del embrague:

**Diseño del producto.** La carcasa, los discos y el volante motor se modelan mediante programas de diseño. Partes, uniones y funcionamiento conjunto son estudiados. Los componentes diseñados son ensayados mediante programas de elementos finitos para perfeccionar el diseño.

**Creación de prototipos y ensayos.** Los componentes diseñados se fabrican mediante prototipos rápido, y sobre las piezas fabricadas se realiza una serie de rigurosos ensayos en bancos de pruebas simulando las condiciones reales de operación. Los resultados obtenidos de estos ensayos permiten continuar con el proceso de mejora del diseño realizado.

**Comprobación de los prototipos.** Nuevos prototipos fabricados tras las mejoras implementadas en el proceso de ensayos son probados en vehículos para comprobar el funcionamiento óptimo de cada pieza en condiciones reales. Se comprueba el desgaste del material de fricción, vibraciones, ruido, progresividad en la entrega del par.

**Diseño y producción de las herramientas de fabricación.** Las herramientas con las que se fabricarán en serie los componentes del embrague son diseñados a la par que el propio embrague. La calidad de estas herramientas es imperativa para un resultado adecuado de las piezas fabricadas.

**Estampado.** Prensas con cargas que pueden superar las 2000 toneladas cortan y moldean las piezas metálicas. Las piezas estampadas incluyen, por lo general, la carcasa, el volante motor, el disco de presión, el disco de embrague y las bridas.

**Mecanizado.** Máquinas herramienta por control numérico mecanizan componentes como el disco de embrague o el de presión para un encaje óptimo en el ensamblaje final. Las tolerancias de trabajo en este punto son mínimas con fines a obtener uniones exactas y sin holguras.

**Tratamiento térmico.** Partes como los muelles de diafragma son introducidos en grandes hornos en atmósfera rica en carbono para incrementar la dureza superficial y templar el material para mayor durabilidad de las piezas.

Las superficies críticas en piezas que sufren fuertes tensiones, como bridas y soportes de la carcasa, se someten a un proceso de endurecimiento por inducción, en el que el calentamiento por corrientes inducidas y posterior enfriamiento de la superficie de la pieza provocan un proceso de templado metalúrgico que dota a las primeras micras de material de una dureza extraordinaria.

**Ensamblaje.** En este punto el embrague cobra forma a partir de todas las piezas fabricadas por separado. Todos los componentes, que han pasado controles de calidad individuales, son ensamblados.

El embrague final se inspecciona visualmente y se le realiza un equilibrado dinámico antes de las comprobaciones finales. Es en este punto donde los forros de material de fricción son pegados a las caras del disco de embrague mediante pegamentos químicos extremadamente resistentes.

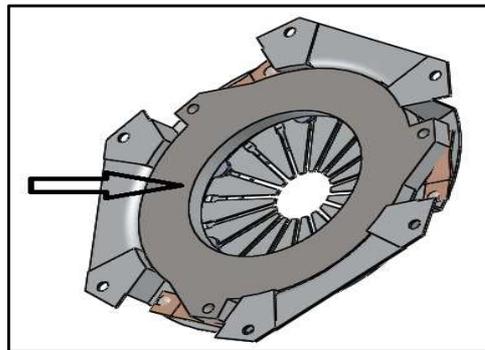
**Comprobaciones finales.** Los embragues que abandonan la línea de producción son comprobados individualmente, debiendo demostrar funcionamiento adecuado ante pruebas de presión, embragado y desembragado, coeficiente de fricción y temperaturas generadas, y asegurar que no se producen desgastes excesivos.

Los discos se ensayan además ante cargas flectoras, capacidad de transmisión de par, presión homogénea por parte del muelle de diafragma, en su caso, y paralelismo de las superficies de fricción(AZCOITIA, 2008).

**2.3.2 Plato de presión.** El acoplamiento del disco de embrague contra el volante motor se realiza por medio de un conjunto de piezas que recibe el nombre de mecanismo de embrague.

De este conjunto forma parte el plato de presión o masa del embrague, es un disco de acero con forma de corona circular, que se acopla al disco de embrague por la cara opuesta al volante motor (AZCOITIA, 2008).

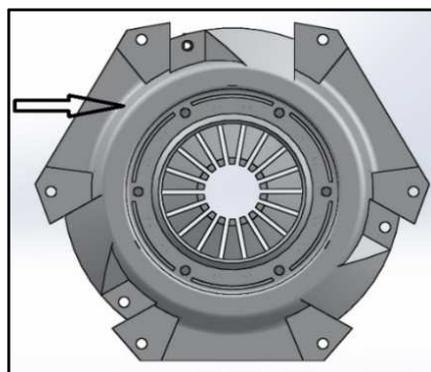
Figura 14. Plato de presión



Fuente: Autor

**2.3.3 Carcasa.** Es el elemento fabricado en acero que sirve de cubierta al mecanismo de embrague, se fija éste al volante motor por medio de tronillos. En ella se aloja el diafragma que permitirá la presión del disco de embrague contra el plato de presión y el volante motor (AZCOITIA, 2008).

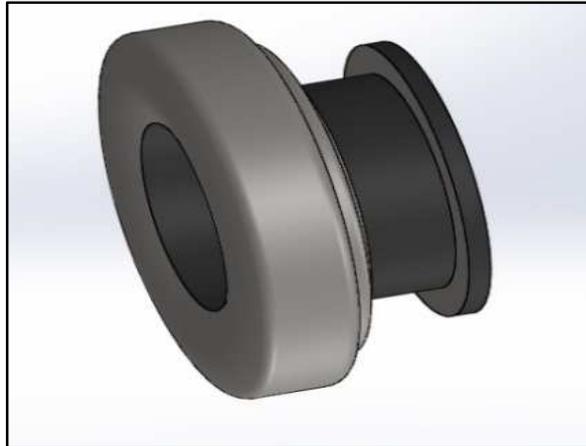
Figura 15. Carcasa



Fuente: Autor

**2.3.4 Cojinete de embrague.** Denominado también cojinete axial o collarín del embrague, es el elemento por el que se acciona el mecanismo. Se desliza sobre el tramo del eje primario situado en la carcasa de la caja de velocidades.

Figura 16. Cojinete axial del embrague



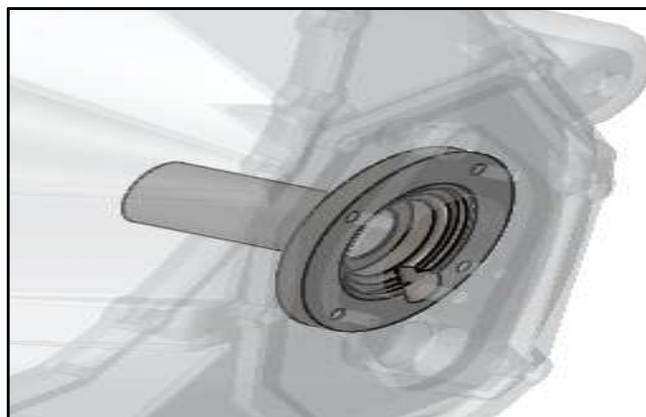
Fuente: Autor

Este collarín gira en la pista del cojinete de embrague hasta que el movimiento en una dirección hace que el rodillo se calce y permita el movimiento (AZCOITIA, 2008).

**2.3.5 Cubo de deslizamiento axial.** Es el eje en el cual se aloja el cojinete del embrague y está sujeto a la caja de cambios.

Se compensa la expansión del eje y se garantizan unas condiciones de carga equitativa en todas las posiciones de desplazamiento axial (AZCOITIA, 2008).

Figura 17. Cubo de deslizamiento axial



Fuente: Autor

**2.3.6 Horquilla.** Se encarga de transmitir el movimiento al cojinete axial desde el bombín cuando se trata del accionamiento hidráulico y desde el cable cuando el accionamiento es mecánico hasta el diafragma (AZCOITIA, 2008).

Figura 18. Horquilla



Fuente: Autor

**2.3.7 Volante motor.** Es el elemento que transmite todo el par motor proveniente del cigüeñal, está hecho de hierro fundido y en su periferia se encuentra una coronilla encargada de transmitir el giro del motor de arranque. Aquí se aloja el disco de embrague y el plato de presión los cuales están sujetos al volante motor por medio de tornillos (AZCOITIA, 2008).

Figura 19. Volante motor



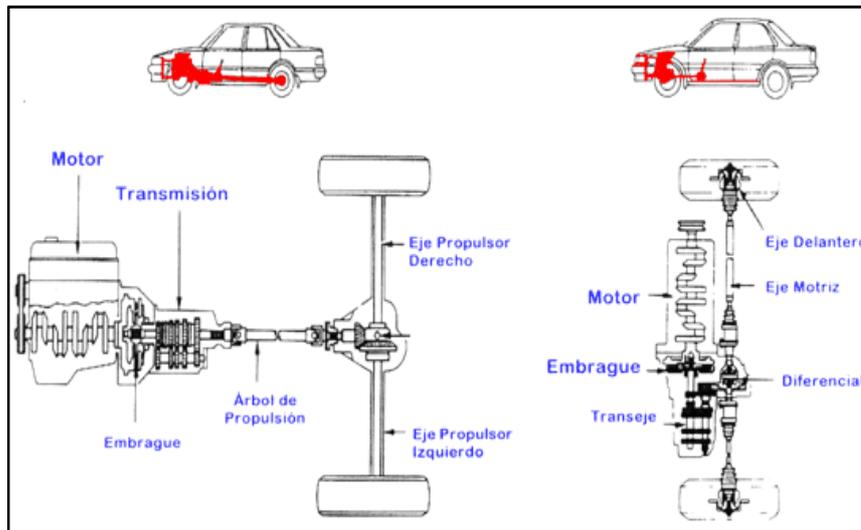
Fuente: Autor

## 2.4 Ubicación del embrague

Hermógenes, en su libro “embrague y transmisión” define a la ubicación del embrague como:

El embrague se sitúa entre el volante motor y la caja de cambios y es accionado por un pedal que maneja el conductor con su pie izquierdo (menos en los automáticos ya que el pedal se suprime). Existen dos tipos de sistema de transmisión; transmisión delantera y transmisión posterior, en ambos el sistema de embrague de fricción es el mismo.

Figura 20. Transmisión delantera y posterior



Fuente: <http://www.mitaller.com/content/traccion-delantera-traccion-trasera-%C2%BFcual-es-mejor>

La Figura 20 muestra la posición que ocupa el sistema de embrague en la transmisión delantera y posterior (HERMOGENES, 2003).

## 2.5 Tipos de accionamiento

Por accionamiento o timonería se entiende todos los elementos que se encargan de llevar la acción que el conductor realiza sobre el pedal hasta el embrague en sí. En este punto se pretende describir las diferentes posibilidades con las que el conductor puede pilotar el sistema de embrague de fricción.

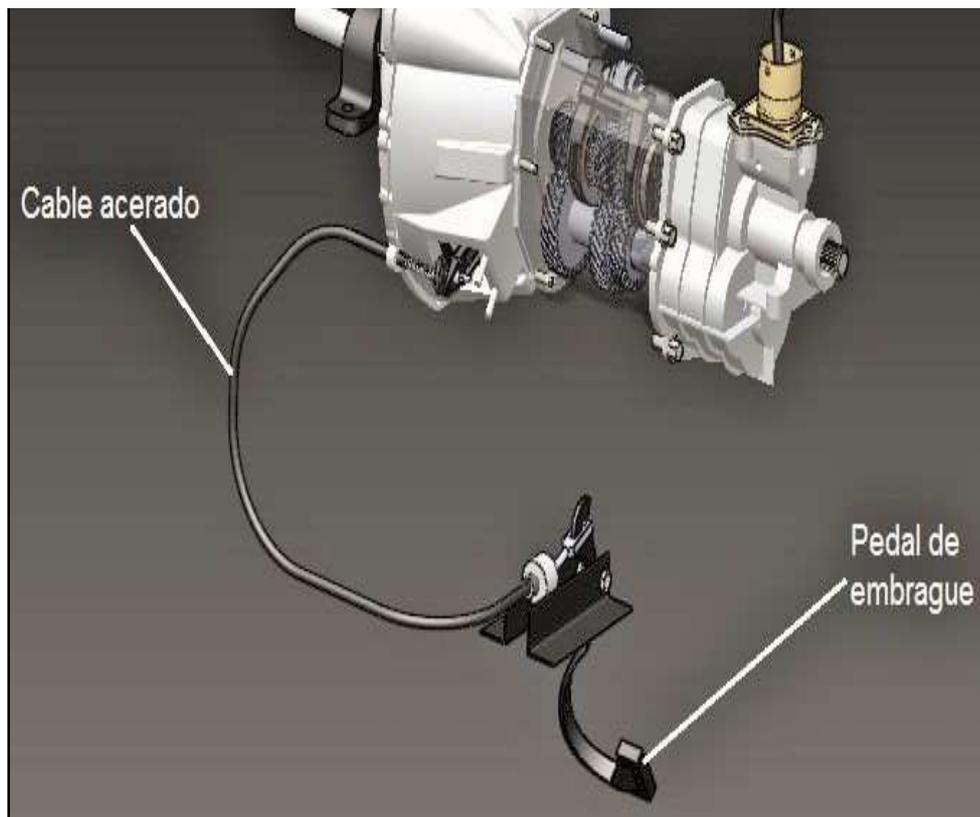
**2.5.1 Accionamiento mecánico.** Se basa en el accionamiento del sistema de embrague por medio de un cable de acero unido por uno de sus extremos al pedal de embrague, y por el otro a la horquilla de embrague.

Al pisar el pedal, el cable tira de la horquilla, aplicándole un esfuerzo capaz de desplazar al cojinete de embrague, deformando a su vez el diafragma del mecanismo con el consiguiente desembragado del sistema.

Al soltar el pedal, la fuerza de dicho diafragma hace desplazar al cojinete en sentido contrario, y éste a su vez al cable, con el consiguiente retorno del pedal a su estado de reposo.

En el sistema de accionamiento del embrague por cable, encontramos básicamente dos variedades. Por una parte tenemos el sistema en el que el cojinete de embrague, en posición de reposo, está en constante contacto con el diafragma, o con las patillas de accionamiento, según proceda (HERMOGENES, 2003).

Figura 21. Accionamiento mecánico por cable



Fuente: Autor

Por otra, se encuentra el sistema en el que el cojinete de embrague y el diafragma, en posición de reposo, tienen una separación denominada guarda. Esta separación se obtiene gracias a un muelle situado en la horquilla del embrague. La separación es ajustable por el extremo del cable.

Actualmente algunos vehículos de última generación poseen un dispositivo auto regulador hidráulico para cables de mando de embragues, cuya finalidad es que no necesita ser calibrado por operario. Diseñado por la casa SACHS éste se encuentra construido por los siguientes elementos:

- Un cuerpo principal de forma esencialmente cilíndrica alargada e internamente hueco.
- Un émbolo alojado en el interior del cuerpo principal.
- Un vástago de regulación.
- Un resorte de regulación caracterizado porque el cual comprende un cuerpo de paso o alojamiento principal, hueco y alargado, que tiene un extremo frontal, con una puerta frontal abierta la cual se puede cerrar.
- Un extremo posterior, con una extensión posterior cerrada, este alojamiento contiene un fluido.

Dentro del alojamiento un émbolo que se puede deslizar, a lo largo de una porción delimitada por dos posiciones terminales de tope y cuenta con un paso que permite el flujo del fluido través del mismo.

Un vástago de regulación, que tiene un extremo que pasa a través de la extensión posterior de alojamiento. Un resorte de regulación empuja permanentemente el vástago de regulación, de esta manera que sea jalado el cable de control del mecanismo de embrague. Éste vástago de regulación se extiende al exterior únicamente en el extremo posterior del alojamiento principal mientras el otro extremo del vástago de regulación queda permanentemente dentro del alojamiento principal y se une fijamente al émbolo.

Este paso del émbolo está provisto con una válvula de cierre formado por un elemento de paso, unidos fijamente al vástago de regulación y con un elemento de cierre el cual se adapta para interrumpir el flujo del fluido a través del elemento de paso en dependencia de los movimientos del vástago de regulación de modo que un extremo del resorte que impulsa permanentemente el vástago de regulación.

Con el émbolo adjunto al vástago de regulación éste otro extremo del resorte de regulación empuja permanentemente al vástago de regulación en forma indirecta a través de un cojinete contra el émbolo.

Teniendo así un accionamiento de acople y desacople del embrague mucho más suave y confortable para el conductor. Este tipo de cable por lo regular se lo utiliza en mayor número en autos sedan y hatchback en todas las marcas Europeas como pueden ser Volkswagen, Peugeot, Lancia y Audi (HERMOGENES, 2003).

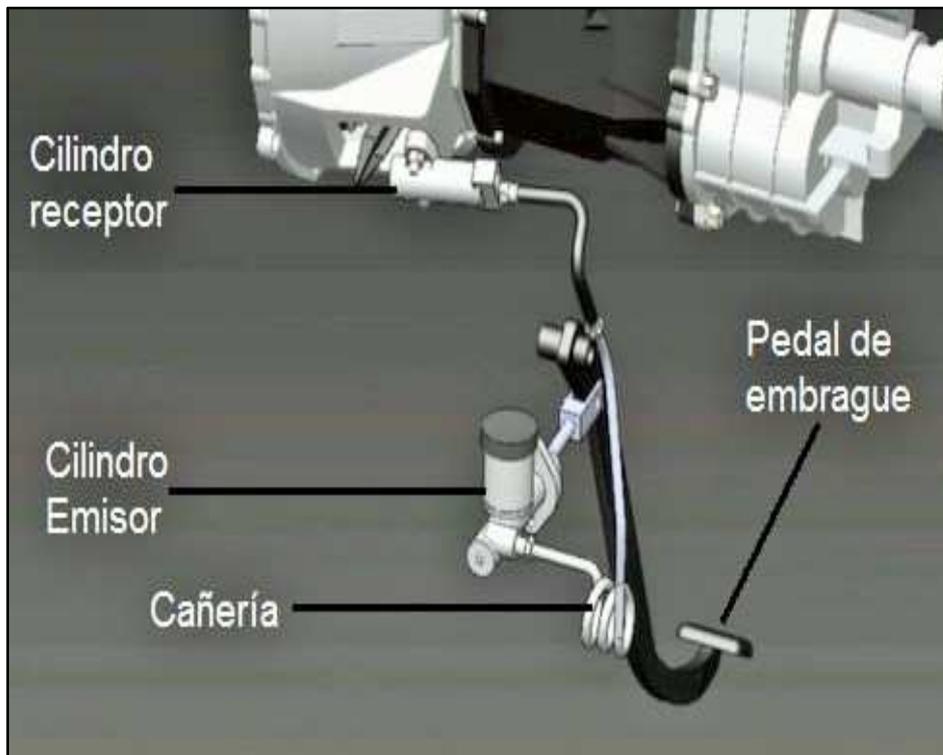
**2.5.2 Accionamiento hidráulico.** En este sistema se utiliza, para desplazar el cojinete y en consecuencia todo el mecanismo, un cilindro emisor (o bomba) y un cilindro receptor (o bombín), comunicados entre sí a través de una tubería.

El sistema funciona por medio del movimiento de unos émbolos situados dentro de los cilindros, movimiento que se efectúa a través de un líquido (que resulta ser el mismo que el utilizado en los sistemas de frenado). Cuando presionamos el pedal de embrague, éste actúa directamente sobre el cilindro emisor, desplazando su émbolo.

Este, a su vez, ejerce una presión sobre el líquido que desplaza al émbolo del cilindro receptor, el cual se comunica con el cojinete de embrague por medio de una horquilla, conectada al émbolo mediante un vástago.

Al desplazarse el émbolo por la fuerza del líquido, se desplaza el vástago y acciona la horquilla. Otra variedad se encuentra en los modelos en que el cilindro receptor y el cojinete de embrague son una misma pieza, con lo que el desplazamiento axial del cojinete de embrague es aplicado del cilindro receptor directamente a dicho cojinete (HERMOGENES, 2003).

Figura 22. Accionamiento hidráulico



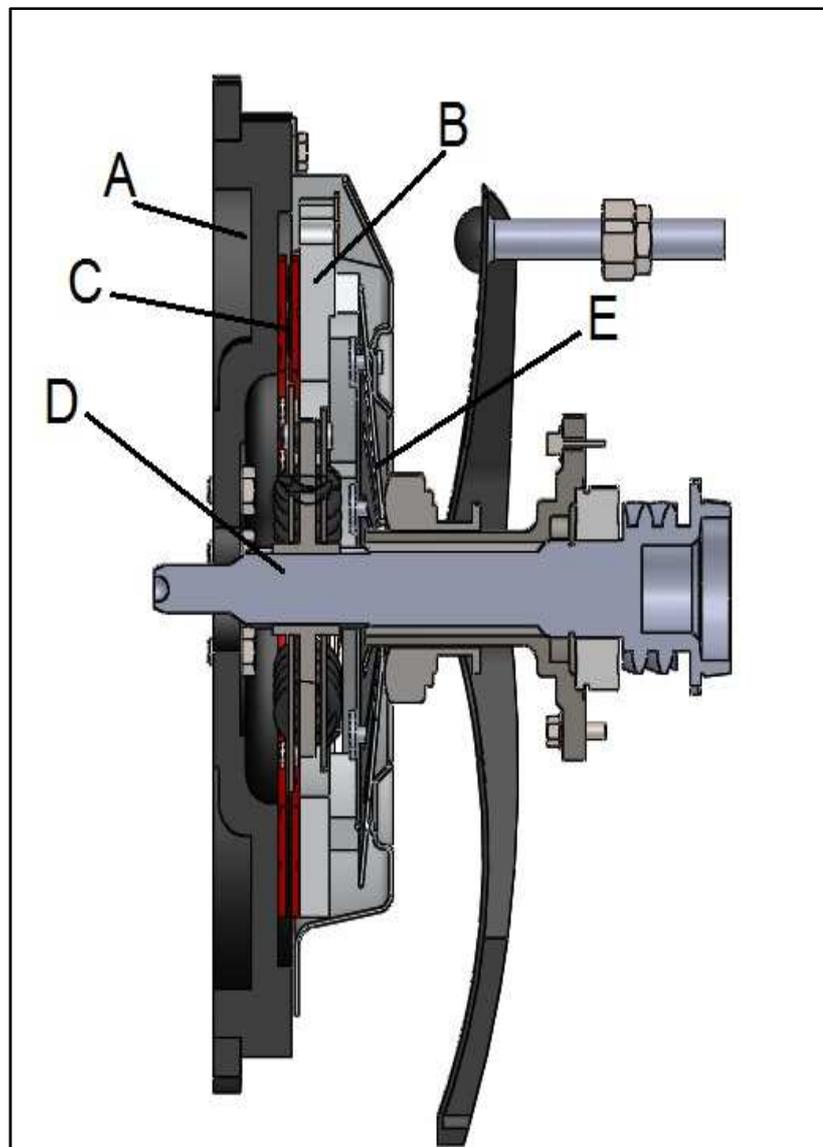
Fuente: Autor

## 2.6 Flujo de fuerza

**2.6.1 Transmisión de la fuerza.** El embrague en su función como elemento de unión, transmite el par del motor a la caja de cambios. El plato de presión *B* atornillado al volante motor *A* presiona al disco de embrague *C* contra el volante motor *A*. El disco de embrague *C* montado sobre un eje estriado *D* transmite el movimiento giratorio a la caja de cambios (PAZ, 2008).

El diafragma *E* se apoya en el diámetro exterior a la carcasa y presiona sobre el plato.

Figura 23. Transmisión de la fuerza

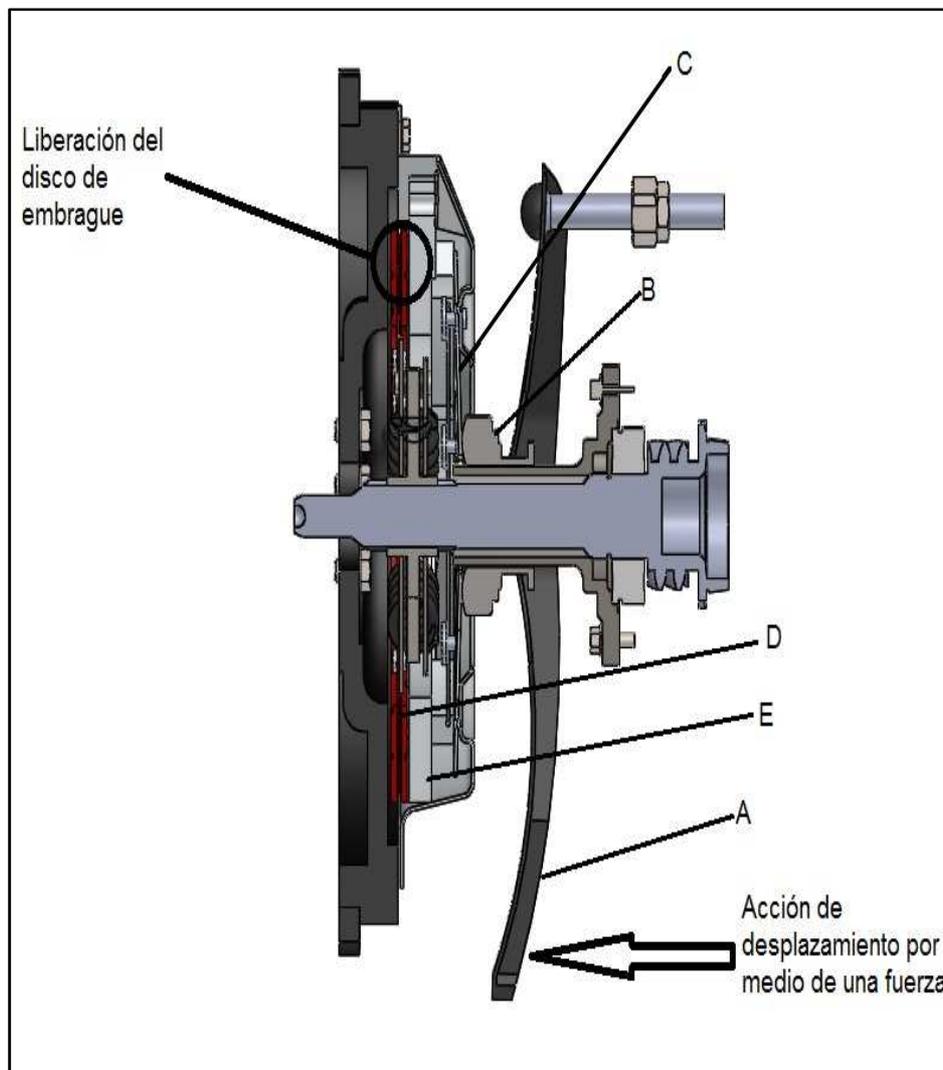


Fuente: Autor

**2.6.2 Interrupción de la fuerza.**El varillaje del pedal de embrague hace que la horquilla *A* ejerza presión sobre el cojinete de empuje *B* contra las lengüetas del diafragma *C* y lo desplaza. Ballestas tangenciales tiran al mismo tiempo del plato de presión *E* hasta que se libera el disco de embrague *D*.El disco de embrague se libera (desplazándose en sentido axial); en este momento, se puede efectuar el cambio de velocidad.

Como se muestra en el siguiente gráfico la acción generada por la fuerza que se transmite desde el pedal de embrague hasta la horquilla por medio del accionamiento mecánico o a su vez por medio del accionamiento hidráulico permite el desplazamiento del cojinete de embrague para la liberación del disco (PAZ, 2008).

Figura 24. Interrupción de la fuerza



Fuente: Autor

## 2.7 Averías del embrague

A continuación se detallará los problemas relacionados con el mal funcionamiento del embrague.

**2.7.1 El embrague patina.** Se nota en que, pisando a fondo el acelerador, el motor se embala sin que el vehículo aumente en proporción su velocidad.

Para comprobarlo, con el coche parado, la directa metida y los frenos bien apretados, se desembraga y acelera ligeramente en vacío; poco a poco se embraga y acelera como si se fuera a arrancar; si el motor no tiende a calarse, sino que sigue girando, es porque el embrague patina.

Las causas pueden ser:

- Mal reglaje en el pedal; comprobar y ajustar las holguras
- Varillas de mando, desde el pedal, agarrotadas, impidiendo que el embrague recobre su posición; limpiar y engrasar

Si continúa el patinado, habrá de llevarse el vehículo a un taller para comprobar las siguientes causas:

- Forros engrasados; lo mejor es poner otros nuevos si se ha impregnado el compuesto
- Forros muy desgastados; reponerlos
- Forros del disco partido; reemplazar el disco

Al arrancar el vehículo lo hace bruscamente, a saltos, aunque el pedal se suelte poco a poco:

- Un soporte del bloque motor puede estar roto, o la sujeción floja
- Trazas de aceite en los forros: limpieza o reposición
- Desgaste del cojinete axial del embrague
- Plato torcido; alinear, rectificarlo o sustituirlo
- Desgaste del cojinete de empuje del embrague

- La cara de frotamiento del volante corroída; habrá de rectificarse, cuidando de disminuir la corona de apoyo de la campana en la misma cantidad para conservar las dimensiones interiores
- El mandril agarrotado en las estrías; despegar, limpiar y aceitar ligeramente

**2.7.2 Disco pegado.** En este caso no es posible desembragar, y no debe forzarse el pedal a fondo para intentarlo, pues puede doblar el diafragma.

La causa más probable es la oxidación del volante o del plato de apriete, por entradas indebidas de aceite en malas condiciones o de agua. Hay que desmontar, despegar el disco y lavar con gasolina cuidando de no salpicar los rodamientos. Las caras del volante y plato se frota igualmente.

**2.7.3 Desembrague incompleto.** Se nota en que, aun pisando a fondo, el cambio de marcha se hace difícil y ruidosamente:

- Mandril agarrotado en las ranuras: despegar, limpiar y aceitar ligeramente
- Disco torcido o forros sucios, pegajosos o desprendidos: enderezar, limpiar o renovar

**2.7.4 El embrague hidráulico.** El resbalamiento es el problema más característico. Los cuidados principales son; buen estado del prensa-estopas para evitar las fugas, comprobación del nivel y relleno cada vez que se cambie el aceite del motor, y cambio del líquido del volante cada 12000 kilómetros.

El nivel viene indicado, generalmente, por el mismo tapón de relleno.

Las averías son:

- Exceso de resbalamiento, por falta de aceite o por ser éste de viscosidad inadecuada; comprobar el nivel y la calidad, reponiendo aquel en la cantidad y clase precisadas por la casa constructora. Si no se conociera, debe ser un aceite fluido de la mejor clase e inoxidable
- Arrastre en ralentí, o sea, que no resbala totalmente, a causa de calidad inadecuada (demasiado espeso)
- Plato de presión en mal estado por ralladuras

- Pérdidas de aceite por mal estado o flojedad de la empaquetadura o de los apoyos
- Líquido del embrague este mezclado con agua u otras impurezas
- Vibraciones, probablemente causadas por haber cambiado algún tapón de los orificios de llenado; o tuercas cambiadas; desequilibrando en ambos casos el volante

**2.7.5** *El pedal puede estar duro.* En toda su carrera o en un punto. Puede ser debido a:

- Defecto en la timonería: verificarla. Comprobar el cojinete, limpiar, lubricar o cambiarlo
- Incrustación del cojinete en los dedos del diafragma, cambiar el embrague (PAZ, 2008)

## **2.8 Recomendaciones para el cuidado del embrague**

Las recomendaciones para el cuidado del embrague se describen a continuación siendo estos unos hábitos que comúnmente el conductor del vehículo debe evitar realizarlos siendo estos perjudiciales para la vida útil del embrague.

- Evite siempre apretar y soltar bruscamente el pedal del embrague para aumentar el torque o alterar la rotación del motor cuando se encuentre en una velocidad constante
- Utilice el pedal del embrague sólo en el momento del cambio de marcha. Cuando el conductor descansa el pie sobre el pedal, esto provoca un accionamiento excesivo del sistema y un desgaste prematuro de los componentes
- No inicie bruscamente la marcha, evitando salidas violentas
- Nunca mantenga el vehículo en una subida utilizando el embrague como freno. Este hábito causa un desgaste excesivo del disco. En estas situaciones utilice siempre el freno de mano del vehículo
- Arrancar el vehículo cuando este estacionado en primera marcha
- Evite siempre sobrepasar la capacidad de carga especificada por el fabricante del vehículo, porque afectará el funcionamiento del embrague y disminuirá su vida útil

## 2.9 Recomendaciones para el montaje del embrague

**2.9.1 Cuidados en la compra.** Verifique el código del producto en el Catálogo de embragues y asegúrese que es el correcto para satisfacer su necesidad. Cerciórese que el embalaje esté sellado y no presente daños. El embalaje sellado es la garantía de tener en sus manos una pieza original.

**2.9.2 Cuidados al manipular.** El manipuleo del embrague siempre debe hacerse con el uso de guantes tenga cuidado para que los guantes estén exentos de cualquier tipo de lubricante. Maneje el embrague cuidadosamente para evitar caídas y daños al mismo.

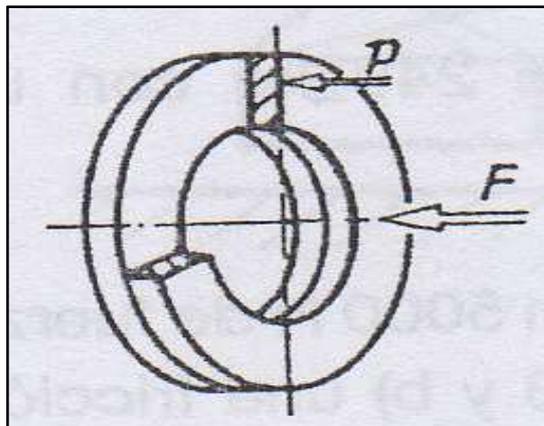
**2.9.3 Cuidados al almacenar.** Si Usted no va a utilizar el embrague de inmediato, preserve su calidad almacenándolo en un lugar seco y ventilado. El embrague debe ser almacenado de preferencia en posición vertical, dentro del embalaje original (PEREZ, 2000).

## 2.10 Cálculos del sistema de embrague

Aplicando los principios básicos de la mecánica se obtienen los siguientes datos.

**2.10.1 Fuerza de apriete.** La fuerza de apriete actúa como fuerza normal. Se calcula a partir de la superficie del revestimiento y de la presión superficial admisible.

Figura 25. Fuerza de apriete

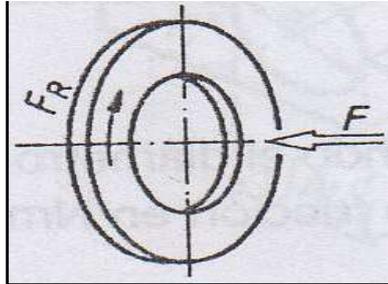


Fuente: SIEGBERT, Matemática aplicada para técnica mecánica página 144

$$F = A * p \quad (1)$$

**2.10.2 Fuerza de fricción.** Es la fuerza empleada para vencer la resistencia de fricción.

Figura 26. Fuerza de fricción



Fuente: SIEGBERT, Matemática aplicada para técnica mecánica página 144

$$F_R = F * \mu \quad (2)$$

Para el coeficiente de fricción de adherencia hay que considerar, dependiendo de los revestimientos emparejados, un valor de 0,15 a 0,35

**2.10.3 Momento.** El par de giro transferible es el producto de la fuerza de fricción con el radio de la fuerza de torsión.

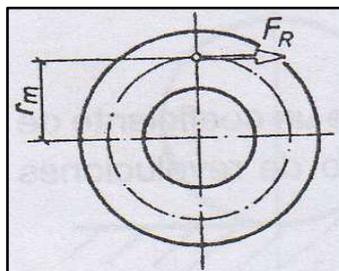
$$M_R = F_R * r_m \quad (3)$$

Para un número  $i$  de superficies de fricción se obtiene

$$M_R = F_R * r_m * i \quad (4)$$

La distancia de acción para la fuerza de fricción actuante se calcula como valor aproximado de los radios del revestimiento: (SIEGBERT, 2008).

Figura 27. Momento



Fuente: SIEGBERT, Matemática aplicada para técnica mecánica página 144

$$r_m = \frac{R+r}{2} \quad (5)$$

## CAPÍTULO III

### 3. COMPROBACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL EMBRAGUE DE FRICCIÓN

#### 3.1 Desarmar el embrague

Es muy importante antes de realizar el desmontaje del sistema de embrague tener todas la herramientas necesarias, además tomar en cuenta las medidas de seguridad empleadas en el taller automotriz.

Al desmontar un embrague para su reparación, hay que tener en cuenta el marcar su posición sobre el volante, ya que en esta posición están compensados los desequilibrios anti vibratorios de ambos elementos.

Así como para el desmontaje de la masa, es conveniente marcar todas sus piezas para volverlas a montar en el mismo lugar, ya que este elemento está equilibrado en conjunto por el fabricante.

Figura 28. Desmontaje del embrague



Fuente: Autor

### 3.2 Comprobación del diafragma

Comprobar el diafragma midiendo la altura de las puntas que debe ser igual para todas y no tener ningún tipo de desgaste en su zona de acoplamiento con el cojinete de empuje. En este caso la altura de las puntas debe ser 47.4mm.

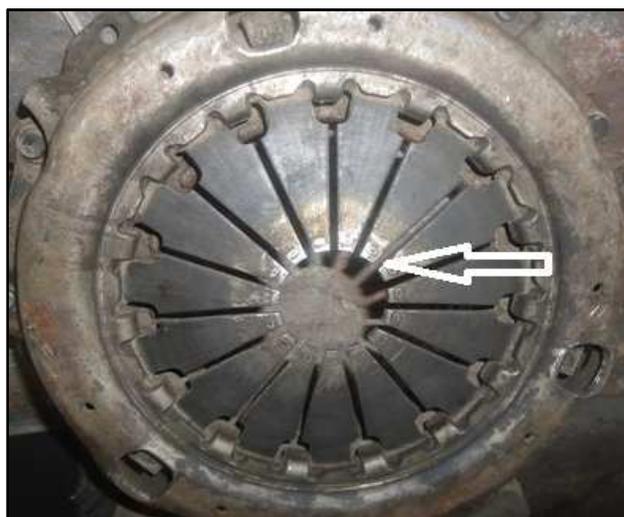
Figura 29. Comprobación del resorte de diafragma



Fuente: Autor

Comprobar si las puntas de las lengüetas del diafragma presentan señales de desgaste excesivo o puntos quemados.

Figura 30. Desgaste de lengüetas

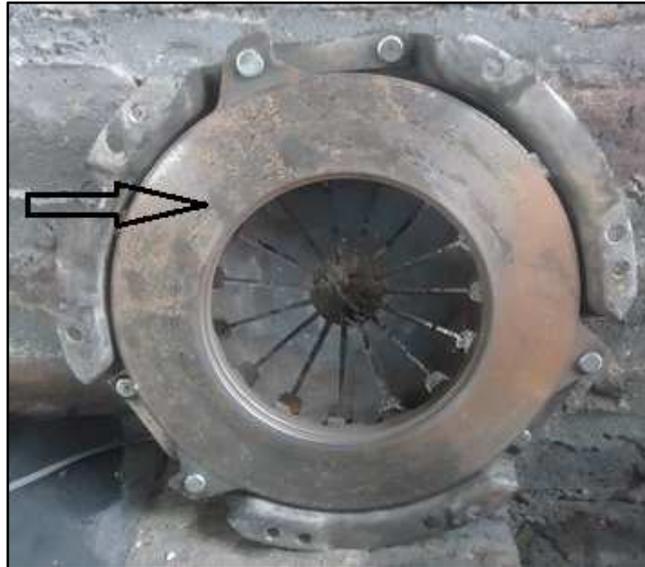


Fuente: Autor

### 3.3 Comprobación del plato de presión

Comprobar que las superficies de asiento en el volante de inercia y en el plato de presión no presenten deformaciones ni ralladuras.

Figura 31. Verificar superficie de contacto



Fuente: Autor

### 3.4 Comprobación del disco de embrague

Se comprobará igualmente el desgaste de los forros del disco midiendo su espesor. Si fuese inferior al valor estipulado como mínimo o si los remaches afloran a la superficie de los forros, deberá sustituirse el disco.

Figura 32. Comprobación de los forros del disco



Fuente: Autor

La medida tomada del disco dio 5mm por lo tanto se debe sustituir el disco ya que los forros están demasiado desgastados. Si los forros estuviesen engrasados, pueden limpiarse con tricloroetileno y un cepillo de alambres. Independientemente deberá corregirse la causa de este engrase, que será debido a fuga del retén posterior del cigüeñal o el del primario de la caja de velocidades.

### 3.5 Comprobación de los muelles

Los muelles que dan progresividad al disco de embrague deberán encontrarse en perfecto estado. Si no fuera así y alguno estuviera roto, deberá cambiarse el disco.

Figura 33. Comprobación de los muelles



Fuente: Autor

### 3.6 Comprobación del cubo de deslizamiento axial

Verificar si el cubo de deslizamiento axial apoyo del eje primario de la caja de cambios presenta rotura.

Figura 34. Cubo de deslizamiento axial

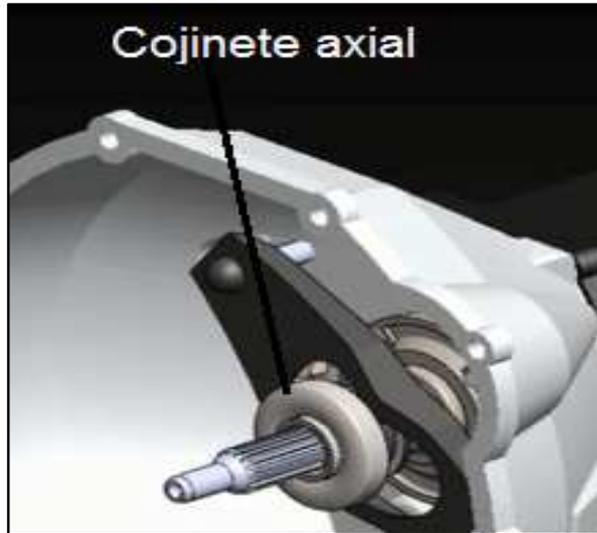


Fuente: Autor

### 3.7 Comprobación del cojinete axial

El cojinete axial de empuje debe estar engrasado y deberá deslizarse suavemente por el cubo de deslizamiento axial.

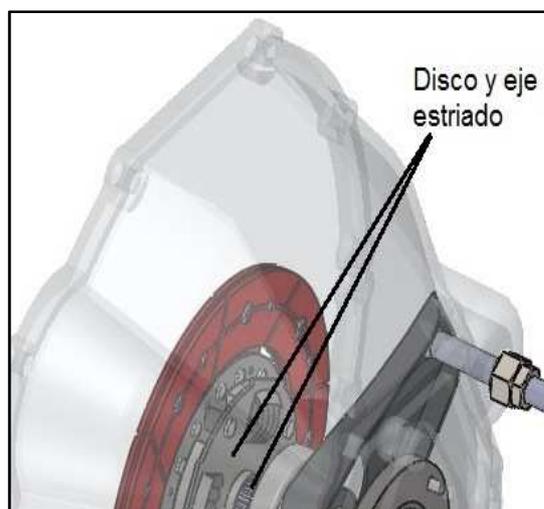
Figura 35. Cojinete axial



Fuente: Autor

Comprobar la holgura existente entre el disco de embrague y su acoplamiento sobre el eje primario de la caja de velocidades, que si es excesiva provoca la oscilación del disco y hace que el funcionamiento sea ruidoso, por lo que deberá cambiarse el disco. Una vez colocado el disco de embrague en el eje estriado hay que tener presente que este conjunto debe estar libre de impurezas o grasas ya que podría rayar el volante motor o podría patinar el disco por la presencia de grasa.

Figura 36. Disco y eje estriado



Fuente: Autor

### 3.8 Armar el embrague

Una vez comprobado las partes del embrague y reparadas las posibles averías, se procederá a su montaje y a la colocación del conjunto en su posición sobre el volante motor.

Antes de realizar el apriete de los tornillo de fijación de la carcasa de embrague con el volante, es necesario centrar el disco de embrague, para que entre luego fácilmente en su alojamiento el primario de la caja de velocidades.

Para efectuar este centrado puede disponerse de un eje primario del modelo conveniente, que se retira posteriormente una vez realizado el apriete de los tornillos de fijación de la carcasa al volante motor.

Figura 37. Montaje del disco y plato en el volante motor



Fuente: Autor

## CAPÍTULO IV

### 4. DISEÑO, ANÁLISIS Y CONSTRUCCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE LOS BANCOS DE PRUEBA

#### 4.1 Diseño de la estructura de los bancos

En el transcurso de este capítulo se realizará un estudio y análisis de la estructura de soporte, para el cual se utilizará un software llamado Solidworks de estudio y simulación del comportamiento de la estructura sometida a tensión; con esto podemos elegir el material adecuado para la construcción de las mismas sin correr el riesgo de que éstas no resistan las cargas generadas por el conjunto del embrague.

A partir del diseño podemos generar un modelo estandarizado para la estructura de las maquetas, posibilitando establecer el material didáctico adecuado y necesario para la realización de las diferentes prácticas que se efectúan en el laboratorio.

Una vez que hayamos concluido el análisis de los componentes y ensamblado todas sus partes podremos obtener una herramienta de fácil manejo, entendimiento y manipulación, aspecto que contribuye al aprendizaje de los estudiantes.

Para el diseño de las estructuras se tomó en cuenta los siguientes parámetros que influyen en el perfil a ser seleccionado para la elaboración de las mismas, siendo los siguientes:

**4.1.1 Cargas.** Las cargas presentes en el diseño son fuerzas que actúan sobre los cuerpos. Según su efecto sobre los cuerpos existen varios tipos de cargas:

- Carga puntual o concentrada
- Carga uniformemente distribuida
- Carga uniformemente variada

**4.1.2 Tensión.** Se denomina tensión mecánica al valor de la distribución de la fuerza por unidad de área en el entorno de un punto material.

Un caso particular es el de tensión uniaxial, que se define como la fuerza  $F$  uniformemente distribuida, sobre un área  $A$ . En ese caso la tensión mecánica uniaxial se representa por un escalar designado con la letra griega  $\sigma$  (sigma) y viene dada por:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (6)$$

Siendo las unidades;  $Pa = 1N/m^2$

La situación anterior puede extenderse a situaciones más complicadas con fuerzas no distribuidas uniformemente en el interior de un cuerpo de geometría más o menos compleja. En ese caso la tensión mecánica no puede ser representada por un escalar. El coeficiente de Poisson se introdujo para dar cuenta de la relación entre el área inicial  $A$  y el área deformada  $A'$ . La introducción del coeficiente de Poisson en los cálculos estimaba correctamente la tensión al tener en cuenta que la fuerza  $F$  se distribuía en un área algo más pequeña que la sección inicial.

**4.1.3 Deformación.** Un cuerpo sólido sometido a un cambio de temperatura o a cargas externas se deforma. El dimensionamiento es otra consideración importante dentro del diseño, al tomar el concepto de diseño se debe interrelacionar con el medio, por lo que hay que apegarse a la realidad utilizando todos los sistemas para no cambiar de alguna forma la configuración original de un sistema que requiere un diseño.

Todos estos parámetros para el diseño se los aplicará como fuerzas puntuales en el prototipo de la estructura (BERROCAL, 2007).

La magnitud más simple para medir la deformación es lo que en ingeniería se llama deformación axial o deformación unitaria, se define como el cambio de longitud por unidad de longitud.

$$\varepsilon = \frac{\Delta s}{s} = \frac{s' - s}{s} \quad (7)$$

Donde "s" es la longitud inicial de la zona de estudio y s' la longitud final o deformada. Es útil para expresar los cambios de longitud de un cable o un prisma mecánico. En la Mecánica de Sólidos deformables la deformación puede tener lugar según diversos

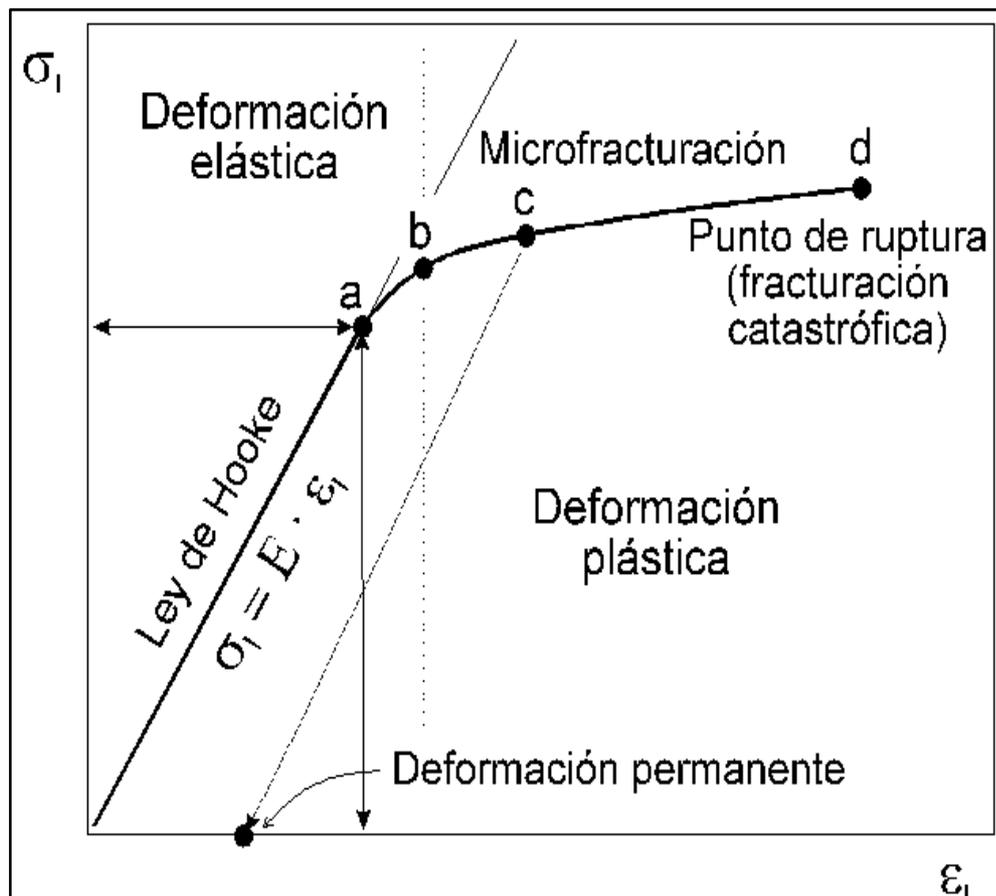
modos y en diversas direcciones, y puede además provocar distorsiones en la forma del cuerpo.

**4.1.4 Deformación plástica y elástica.** Tanto para la deformación unitaria como para el tensor deformación se puede descomponer el valor de la deformación en:

**4.1.4.1 Deformación plástica o irreversible.** Modo de deformación en que el material no regresa a su forma original después de retirar la carga aplicada. Esto sucede porque, en la deformación plástica, el material experimenta cambios termodinámicos irreversibles.

**4.1.4.2 Deformación elástica o reversible.** El cuerpo recupera su forma original al retirar la fuerza que le provoca la deformación. (BERROCAL, 2007)

Figura 38. Deformación plástica y elástica

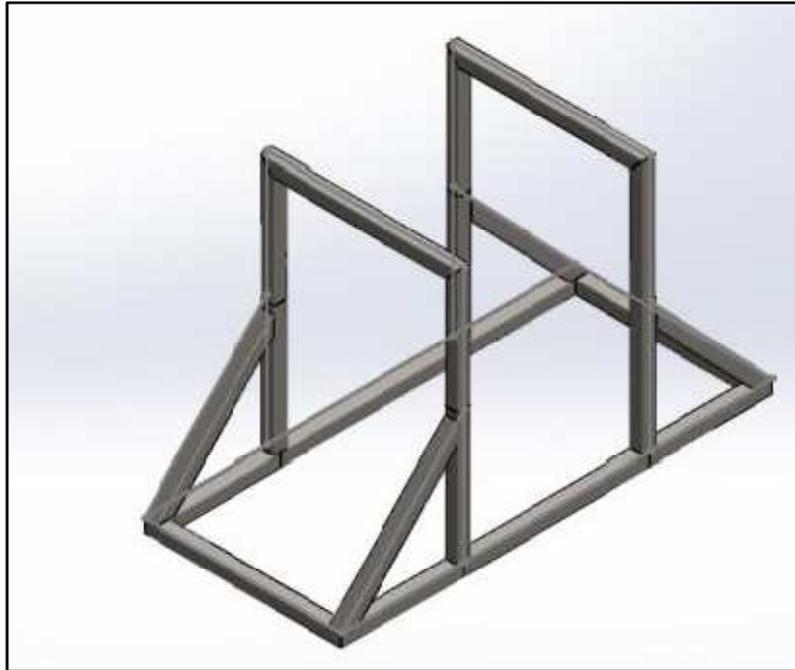


Fuente: BERROCAL, Resistencia de Materiales

## 4.2 Estructura soporte

Se procedió a realizar un bosquejo, para esto se utilizó el software Solid Works con el cual se obtuvo una correcta visualización de la estructura deseada como se puede observar en la Figura 39. Este modelo de soporte permite la fácil manipulación de los componentes que se utilizarán en el momento del ensamblado de los bancos.

Figura 39. Estructura soporte



Fuente: Autor

A partir de este modelo de soporte se procede a ensamblar todos los componentes, antes mencionados, que conforman un sistema de embrague de fricción mono disco de accionamiento mecánico e hidráulico.

## 4.3 Análisis de la estructura

Para el análisis de las estructuras se ha utilizado como instrumento de estudio el software Solid Works.

El software antes mencionado es una herramienta que nos permite agilizar el análisis de las estructuras ya que es posible realizar la simulación del comportamiento de la misma sometida a las diferentes cargas y esfuerzos de trabajo; éste posee las siguientes características.

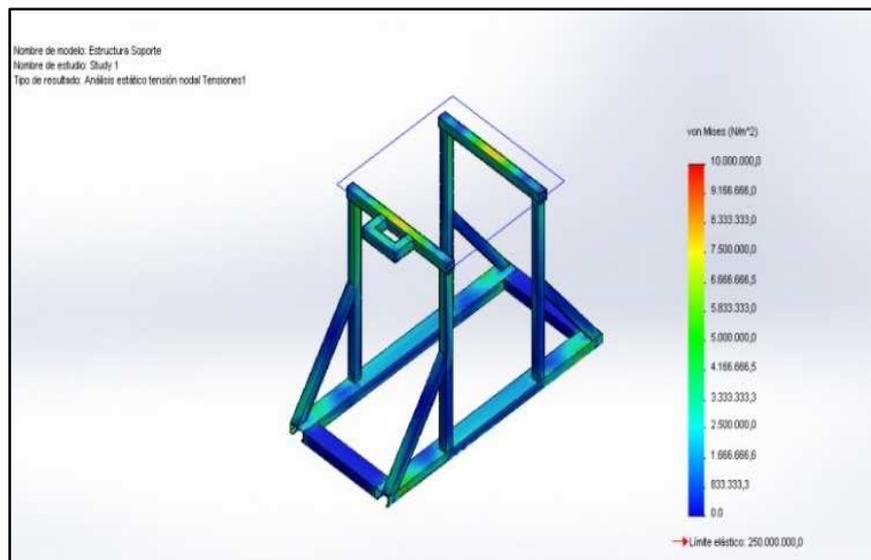
- Recursos de aprendizaje:
- Gestión de datos y comunicación.
- Documentación de diseño y fabricación.
- Personalización y automatización.
- Diseño de estructuras.
- Diseño de ensamblajes.
- Diseño de piezas.
- Análisis de tensión.
- Análisis del factor de seguridad.
- Análisis de esfuerzos.

#### 4.4 Tensión equivalente

Como se puede observar en la tabla 2 de la estructura analizada, la tensión equivalente tiene como un máximo de  $(1.24928e+007 \text{ N/m}^2)$  lo cual está dentro de los rangos que posee el acero estructural ya que el mismo puede llegar a soportar una tensión de 400 MPa como podemos observar en el Anexo C.

La Figura 40 indica el comportamiento de la estructura cuando está sometida a tensión por parte del conjunto del embrague.

Figura 40. Análisis de tensiones



Fuente: Autor

En la tabla 2 de resultados se muestra los valores de tensión mínima y máxima a los que se encuentra sometida la estructura.

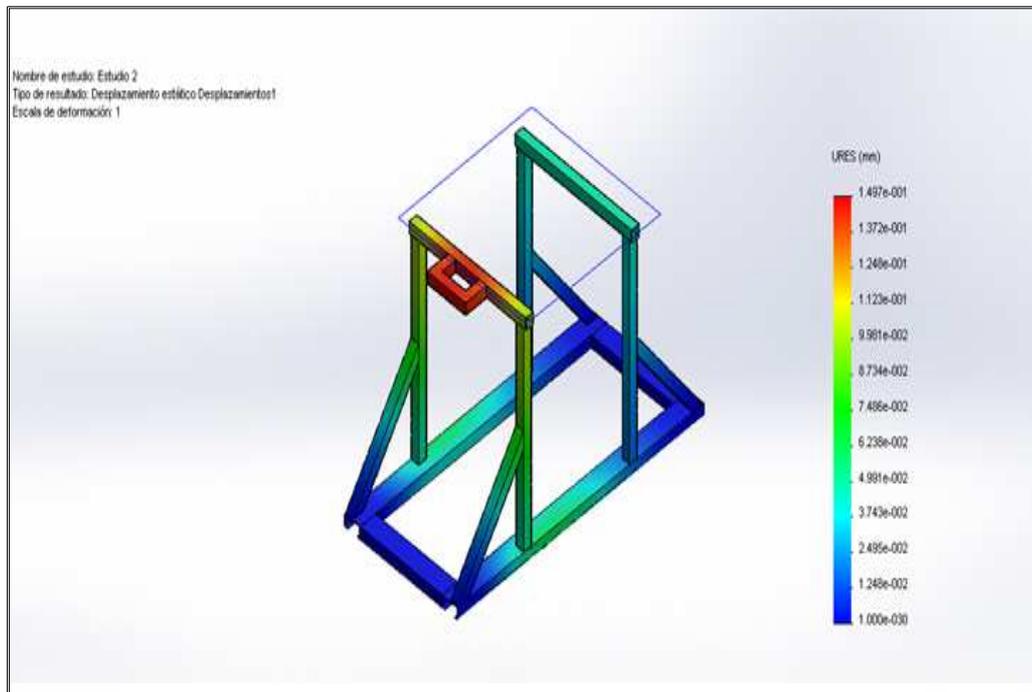
Tabla 2. Estudio de tensiones

Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Tensiones	Von: tensión de Von Mises	8232.75 N/m <sup>2</sup> Nodo: 13183	1.24928e+007 N/m <sup>2</sup> Nodo: 36471

Fuente: Autor

La Figura 41 muestra una pequeña deformación de las vigas superiores de la estructura debido a la acción de la fuerza ejercida por el conjunto del embrague visualizándose las zonas más críticas en color rojo en su máximo valor de 0.154193mm.

Figura 41. Análisis de deformación elástica



Fuente: Autor

En la tabla 3 de resultados se muestra los valores de deformación a los que se encuentra sometida la estructura.

**Tabla 3. Estudio de deformación**

<b>Nombre</b>	<b>Tipo</b>	<b>Mín.</b>	<b>Máx.</b>
Desplazamientos	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 1	0.154193 mm Nodo: 12961

Fuente: Autor

#### **4.5 Factor de seguridad**

La máxima carga que puede soportar a un elemento estructural o componente de maquinaria debe diseñarse de modo que su carga última sea bastante mayor que la carga que el elemento o componente llevará en condiciones normales de uso.

Esta carga menor es la carga admisible y, a veces, la carga de trabajo o de diseño. Así solo utiliza una fracción de la carga última del elemento cuando se aplica la carga admisible.

El remanente de la capacidad del elemento se deja en reserva para asegurar un desempeño seguro. La razón entre la carga última y la carga admisible se define como factor de seguridad. De esta forma tenemos;

$$\text{Factor de seguridad } F.S = \frac{\text{carga última}}{\text{carga admisible}}$$

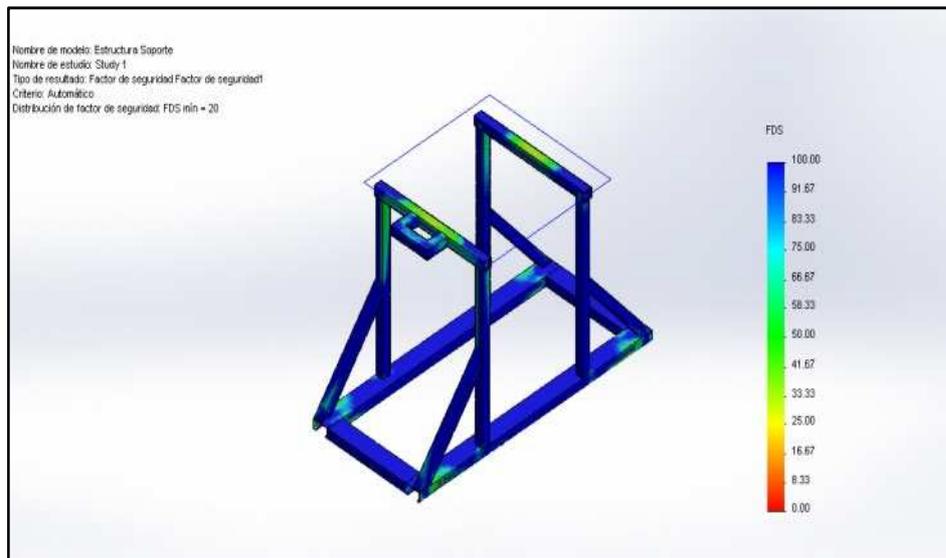
La determinación del factor de seguridad que deba usarse en las diferentes aplicaciones es una de las más importantes tareas de los ingenieros.

Por una parte, si se escoge un valor muy pequeño la posibilidad de falla se incrementa; y si se escoge un valor muy grande el resultado es un diseño caro y no funcional.

Para la mayor parte de las aplicaciones estructurales y de máquinas, los factores de seguridad se establecen por especificaciones de diseño y códigos de construcción escritos por comités de ingenieros experimentados que trabajan con sociedades profesionales, (con industrias o con agencias federales, estatales o municipales). Ejemplos de tales especificaciones de diseño y códigos de construcción son:

- Acero; *American Institute of Steel Construction, Specifications for the Design and Erection of Structural Steel for Buildings.*
- Concreto; *American concrete Institute, Building Code Requirement for Reinforced Concrete.*
- Madera; *NationalForest Products Association, National Design Specifications for Stress-Grade Lumber and Its Fastenings.*
- Puentes para carreteras; *American Association of State Highway Officials, Standard Specifications for Highway Bridges.*

Figura 42. Factor de seguridad



Fuente: Autor

El resultado del estudio obtenido a partir de la utilización del software Solidworks da como resultado un factor de seguridad de 2.

#### 4.6 Elección del material

Para la elección del material se procedió a utilizar el software de cálculo Solid Works, el mismo que determinó el comportamiento de la estructura sometida a diferentes cargas y esfuerzos.

Tomando como base estos indicadores, se procedió a la comparación de las tablas de materiales consiguiéndose como punto de equilibrio entre los valores de seguridad y costo un acero estructural ASTM A36 de forma cuadrada de 1,5mm de espesor por 2,54cm de ancho para las vigas y columnas, y para la base de la estructura se escogió un acero estructural ASTM A36 de perfil en G.

#### 4.7 Construcción de las estructuras

En las siguientes figuras se muestra el proceso de construcción de las estructuras de los bancos.

Para desplazar los bancos de prueba se utilizó ruedas en cada una de las esquinas de la estructura capaces de soportar hasta 150 kg.

Figura 43. Ruedas de goma



Fuente: Autor

Figura 44. Preparando el kit de embrague



Fuente: Autor

En esta sección se puede observar la colocación del motor eléctrico y el reductor de velocidad.

Figura 45. Puesta del motor eléctrico



Fuente: Autor

Luego de realizado los trabajos de soldadura, se procedió con ayuda del esmeril a dar un buen acabado superficial.

Figura 46. Quitando imperfecciones de soldadura



Fuente: Autor

La Figura 47 muestra la estructura soporte del banco de accionamiento mecánico sin el equipo de transmisión de fuerza.

Figura 47. Estructura banco accionamiento mecánico



Fuente: Autor

En la siguiente sección se muestra el desarrollo de construcción de la estructura del banco de accionamiento hidráulico.

Figura 48. Preparación de la base del cilindro maestro



Fuente: Autor

Con la ayuda de la cortadora eléctrica se procedió a realizar el corte en la campana que dejó al descubierto el kit de embrague.

Figura 49. Cortando la campana



Fuente: Autor

La Figura 50 muestra al descubierto el kit de embrague cuya finalidad es mostrar el funcionamiento de cada una de sus partes.

Figura 50. Kit de embrague descubierto



Fuente: Autor

En la Figura 51 se muestra la estructura soporte y la colocación del cilindro maestro.

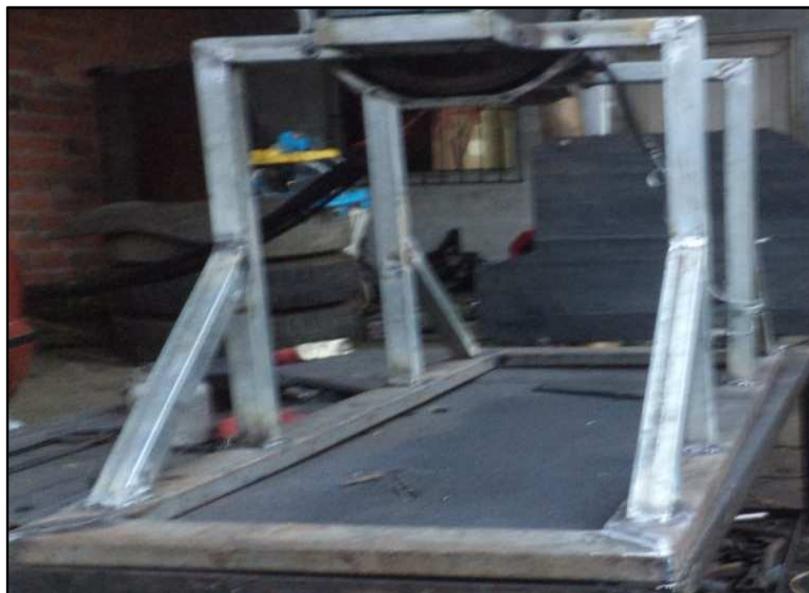
Figura 51. Ubicación del cilindro maestro



Fuente: Autor

En la Figura 52 se muestra la estructura soporte del banco de pruebas con accionamiento hidráulico terminado.

Figura 52. Estructura soporte terminada



Fuente: Autor

#### 4.8 Ensamble de los bancos

Luego de haber realizado la construcción de las estructuras, se procedió a ensamblar los bancos correspondientes como se puede observar en las siguientes figuras.

Figura 53. Pintado de las partes del kit de embrague



Fuente: Autor

Figura 54. Pintado de la caja de velocidades



Fuente: Autor

En la figura 55 se muestra el ensamble del volante de inercia y el cigüeñal.

Figura 55. Conjunto volante y cigüeñal



Fuente: Autor

La siguiente figura muestra la caja de velocidades sobre la estructura soporteunavez que se pintaron todas las partes.

Figura 56. Equipo pintado



Fuente: Autor

En la Figura 57 se muestra la instalación eléctrica para poner en funcionamiento el banco de prueba.

Figura 57. Instalación eléctrica



Fuente: Autor

La siguiente figura muestra la protección en acrílico puesta en el corte realizado a la campana que cubre al kit de embrague.

Figura 58. Protección acrílica



Fuente: Autor

De la misma forma en la caja de velocidades se realizó el corte lateral para poder observar el funcionamiento de la piñonería.

Figura 59. Piñonería caja de velocidades



Fuente: Autor

Luego se procedió a colocar las protecciones acrílicas retantes para brindar seguridad y evitar accidentes en la puesta en funcionamiento.

Figura 60. Protecciones acrílicas



Fuente: Autor

En la siguiente figura se puede observar los dos bancos después de haber sido pintados.

Figura 61. Bancos pintados



Fuente: Autor

La Figura 61 muestra al banco de prueba de accionamiento por cable sin las protecciones por efecto de visualización de todas las partes.

Figura 62. Banco ensamblado de accionamiento por cable



Fuente: Autor

La Figura 62 muestra al banco de prueba de accionamiento hidráulico sin las protecciones por efecto de visualización de todas las partes.

Figura 63. Banco ensamblado de accionamiento hidráulico



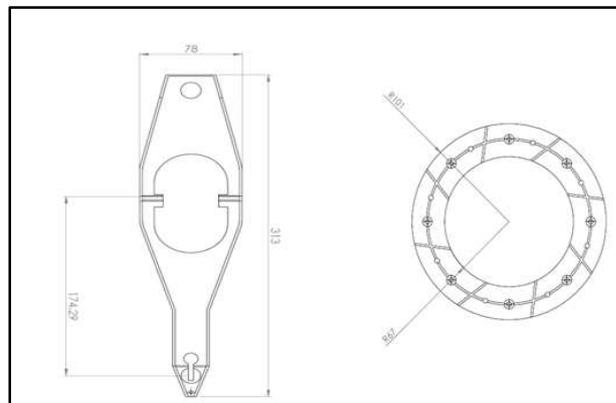
Fuente: Autor

#### 4.9 Cálculos realizados con la utilización de los bancos

**4.9.1 Utilización del banco de accionamiento hidráulico.** De un sistema de embrague de fricción mono disco con accionamiento hidráulico se conocen los siguientes valores; coeficiente de fricción de adherencia 0,2 fuerza de accionamiento 200 N, Radio mayor de 101mm y un radio menor de 67mm. ¿Cuál es el par de giro transferible en Nm?

Se procede a tomar la medición de la fuerza que transmite el pedal del embrague que va desde el cilindro emisor hasta el cilindro receptor que se conecta con la horquilla del embrague la cual empuja al cojinete del embrague (SIEGBERT, 2008).

Figura 64. Medidas disco y horquilla



Fuente Autor

Datos:

$$F = 200 \text{ N}$$

$$R = 101 \text{ mm}$$

$$r = 67 \text{ mm}$$

$$D_1 = 313 \text{ mm}$$

$$D_2 = 174,29 \text{ mm}$$

$$\mu = 0,2$$

Encontrar el momento con respecto a la horquilla.

$$M = F * D_1$$

$$M = 200 * 0,313$$

$$M = 62,6 \text{ Nm}$$

Luego encontrar la fuerza que ejerce el cojinete sobre el diafragma.

Despejando F de la ecuación 1 tenemos:

$$F = \frac{M}{D_2}$$

$$F = \frac{62,6}{0,174}$$

$$F = 359,7 \text{ N}$$

Entonces la ecuación que permite hallar el momento transferible es:

$$M_R = F_R * r_m * i$$

Donde  $i$  es el número de superficies en contacto.

La fuerza de fricción se obtiene multiplicando la fuerza por el coeficiente de fricción de adherencia.

$$F_R = F * \mu$$

$$F_R = 359,7 * 0,2$$

$$F_R = 71,94 \text{ N}$$

La distancia de acción para la fuerza de fricción actuante se calcula como valor aproximado de los radios del revestimiento.

$$r_m = \frac{R+r}{2}$$

$$r_m = \frac{101 + 67}{2}$$

$$r_m = 84 \text{ mm}$$

Por lo tanto desarrollando la ecuación 3 se obtiene:

$$M_R = 71,94 * 0,084 * 2$$

$$M_R = 12,08 \text{ Nm}$$

**4.9.2 Utilización del banco de accionamiento mecánico.** De un sistema de embrague de fricción mono disco con accionamiento mecánico se conocen los siguientes valores; coeficiente de fricción de adherencia 0,2 fuerza de accionamiento 230 N, Radio mayor de 101mm y un radio menor de 67mm. ¿Cuál es el momento de acoplamiento en Nm?

Se procede a tomar la medición de la fuerza que transmite el pedal del embrague el cual está unido a la horquilla por medio de un cable acerado el cual permite el desplazamiento de la horquilla y del correspondiente cojinete de embrague (SIEGBERT, 2008).

Datos:

$$F = 230 \text{ N}$$

$$R = 101 \text{ mm}$$

$$r = 67 \text{ mm}$$

$$D_1 = 313 \text{ mm}$$

$$D_2 = 174,29 \text{ mm}$$

$$\mu = 0,2$$

Encontrar el momento con respecto a la horquilla.

$$M = F * D_1$$

$$M = 230 * 0,313$$

$$M = 72 \text{ Nm}$$

Luego encontrar la fuerza que ejerce el cojinete sobre el diafragma.

Despejando  $F$  de la ecuación 1 tenemos:

$$F = \frac{M}{D_2}$$

$$F = \frac{72}{0,174}$$

$$F = 413,79 \text{ N}$$

Entonces la ecuación que permite hallar el momento transferible es:

$$M_R = F_R * r_m * i$$

Donde  $i$  es el número de superficies en contacto.

La fuerza de fricción se obtiene multiplicando la fuerza por el coeficiente de fricción de adherencia.

$$F_R = F * \mu$$

$$F_R = 413,79 * 0,2$$

$$F_R = 82,7 N$$

La distancia de acción para la fuerza de fricción actuante se calcula como valor aproximado de los radios del revestimiento.

$$r_m = \frac{R+r}{2}$$

$$r_m = \frac{101 + 67}{2}$$

$$r_m = 84mm$$

Por lo tanto desarrollando la ecuación 3 se obtiene:

$$M_R = 82,7 * 0,084 * 2$$

$$M_R = 14 Nm$$

#### **4.10 Costos**

**4.10.1 Definición de costo.** Es la valoración económica del uso o consumo de recursos necesarios para la ejecución del proyecto de tesis denominado "DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE COMPONENTES MEDIANTE CÁLCULOS, DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EMBRAGUES, PARA LA IMPLEMENTACIÓN EN EL LABORATORIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ".

Contemplando dentro de estos todos los valores desde su inicio hasta su finalización. Según su aplicación tenemos que los costos se clasifican en costos directos y costos indirectos.

**4.10.1.1 Costos directos.** Son aquellos que se pueden identificar en la "CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EMBRAGUES". Estos costos corresponden a materiales, mano de obra, equipos y materiales comprometidas directamente con la ejecución del presente proyecto.

Tabla 4. Costos directos

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor unitario (USD)</b>	<b>Valor total (USD)</b>
2	Volante de inercia	90,00	180,00
2	Plato de presión	30,00	60,00
2	Disco de embrague	15,00	30,00
2	Cigüeñal	100,00	200,00
2	Chumaceras	15,00	30,00
2	Horquilla del embrague	20,00	40,00
2	Palanca selectora de cambios	15,00	30,00
2	Cojinete de empuje del embrague	40,00	80,00
2	Cubo de deslizamiento axial	50,00	100,00
2	Pedal de accionamiento	25,00	50,00
2	Eje primario	90,00	180,00
1	Cable acerado del embrague	35,00	35,00
1	Cilindro maestro o bomba	70,00	70,00
1	Cilindro esclavo o bombín	60,00	60,00
4	Poleas	15,00	60,00
4	Bandas	10,00	40,00
4	Aceite hidráulico	10,00	40,00
1	Cañería	25,00	25,00
4	Ruedas de goma	10,00	40,00
2	Estructura soporte	100,00	200,00
2	Motor eléctrico ¼ hp	100,00	200,00
2	Reductor de velocidad	110,00	220,00
	<b>Total</b>	<b>1.035,00</b>	<b>1.970,00</b>

Fuente: Autor

**4.10.1.2** *Costos indirectos.* Son aquellos costos que afectan al proceso de “CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EMBRAGUES”, razón por la cual no se puede asignar directamente al presente proyecto.

Tabla 5. Costos indirectos

Cantidad	Descripción	Valor total (USD)
	Documentación e investigación	200,00
	Transporte	100,00
	Total	300,00

Fuente: Autor

**4.10.1.3** *Costos totales.* Es la sumatoria de los costos directos e indirectos en los que se ha incurrido para la “CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EMBRAGUES”.

Tabla 6. Costos totales

Descripción	Valor total (USD)
Costos directos	1.970,00
Costos indirectos	300,00
Total	2.270,00

Fuente: Autor

## CAPÍTULO V

### 5. ELABORACIÓN DE LOS MANUALES

#### 5.1 Manual de usuario

Conectar el banco a una fuente de CA de 110 V.

Figura 65. Fuente de alimentación



Fuente: Autor

Encender el banco presionando el botón On (encendido) del interruptor de botones mostrado en la figura 45.

Figura 66. Interruptor de botones



Fuente: Autor

Al accionar el pedal del banco de embrague ya sea de accionamiento hidráulico o por accionamiento por cable en este instante estarán en posición de desembragado. Durante la utilización de los bancos se puede apreciar claramente que existe una diferencia de entre los dos ya que el banco de accionamiento hidráulico presentará un menor esfuerzo en la aplicación de la fuerza al pedal. Para este caso se ha tomado en cuenta el banco de embrague de fricción mono disco de accionamiento hidráulico con el fin demostrativo y su correcta manipulación.

Figura 67. Pedal de accionamiento



Fuente: Autor

Una vez accionado el pedal del banco podremos observar a través de la carcasa la cual está en corte y que cubre al sistema de embrague la liberación del disco de embrague. Mediante el accionar del pedal de embrague además de la liberación del disco de embrague se puede observar en la Figura 47 cómo actúa el cojinete de embrague desplazando el diafragma y a su vez el plato de presión recogiendo para poder liberar al disco y así permitir el cambio de velocidades.

Figura 68. Liberación del disco de embrague



Fuente: Autor

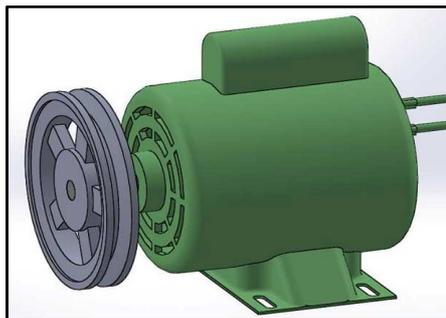
Por último posicionar el selector de velocidades en cada una de las marchas con la que cuenta la caja de cambios y observar las diferencias que presenta cada una.

## 5.2 Manual de mantenimiento

Debido a que el banco necesita una fuente de 110 V de CA, hay que tener en cuenta el buen estado de los cables de alimentación y evitar posibles cortos. A continuación se mencionarán los componentes más relevantes para su adecuado mantenimiento:

**5.2.1 Motor eléctrico.** Los motores deben ser mantenidos limpios. Para limpiarlos, se debe utilizar escobas o trapos limpios de algodón. Si el polvo no es abrasivo, se debe emplear un soplete de aire comprimido, soplando la suciedad de la tapa deflectora y eliminando todo el acumulo de polvo contenido en las aletas del ventilador. Los restos impregnados de aceite o humedad pueden ser limpiados con trapos embebidos en solventes adecuados.

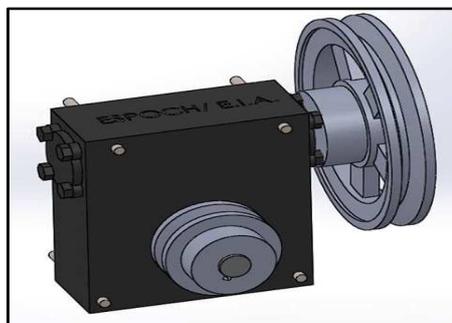
Figura 69. Motor eléctrico



Fuente: Autor

**5.2.2 Caja reductora de velocidad.** El mantenimiento de este componente se lo realizara de forma conjunta con el cambio de aceite de la caja de velocidades. Esta caja tiene una relación de desmultiplicación de 45:1

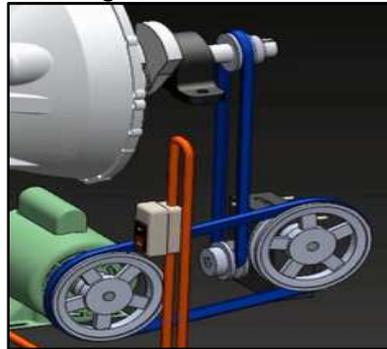
Figura 70. Reductor de velocidad



Fuente: Autor

**5.2.3 Bandas.**El mantenimiento correctivo de este elemento se lo realizará cada 18 meses debido a que éste es el tiempo de vida útil recomendado por el fabricante.

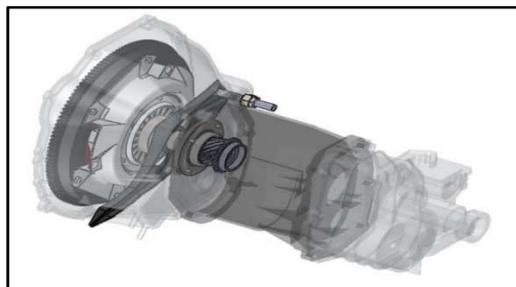
Figura 71. Bandas



Fuente: Autor

**5.2.4 Caja de velocidades.**Se recomienda hacer el respectivo cambio de aceite una vez terminada la práctica de desmontaje y montaje del banco ya que la cantidad utilizado es de dos litros de aceite hidráulico. El cual se lo cambia cada 12 meses que es el tiempo de vida útil del aceite.

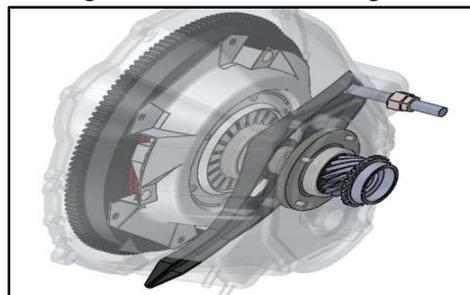
Figura 72. Caja de velocidades



Fuente: Autor

**5.2.5 Kit de embrague.**Este mantenimiento se lo realizará una vez que se detecte en el conjunto del embrague un mal funcionamiento, esto se puede apreciar al tener dificultad al posicionar un cambio, ruidos extraños o dureza en el pedal de embrague.

Figura 73. Kit de embrague



Fuente: Autor

### 5.3 Guía de prácticas

<b>PRÁCTICA # 1</b>
---------------------

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ Código: \_\_\_\_\_

<b>Tema</b>	<b>Introducción al sistema de embrague de accionamiento hidráulico</b>
<b>Objetivos</b>	Identificar del tipo de accionamiento Realizar la correcta manipulación del banco utilizando los pasos mencionados en el manual de usuario Obtener datos
<b>Tipo de actividad</b>	Práctica e identificación
<b>Equipos y/o herramientas a Utilizar</b>	Banco correspondiente a la práctica a realizar
<b>Tiempo de actividad</b>	Según lo estime el docente
<b>Recomendación</b>	Una vez realizada la práctica del reconocimiento del sistema, se debe cubrir al banco con su respectivo cobertor para que así no se deteriore por acumulación de polvo

#### ACTIVIDADES:

1. Investigar sobre el tipo de accionamiento con el que cuenta el banco.
2. Identificar componentes y el tipo de accionamiento con el que cuenta el banco.
3. Tomar los datos procedentes del banco y hacer los cálculos correspondientes a momento transferible y la fuerza para desplazar el cojinete del embrague.
4. Presentar el informe correspondiente.

## PRÁCTICA # 2

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ Código: \_\_\_\_\_

<b>Tema</b>	<b>Comprobación de los componentes del banco</b>
<b>Objetivos</b>	Desmontar el banco de prueba Verificar el buen estado de las conexiones eléctricas Verificar los componentes del kit de embrague Verificar el buen estado del cable del embrague Armar el banco de prueba
<b>Tipo de actividad</b>	Verificación de los componentes
<b>Equipos y/o herramientas a utilizar</b>	Banco correspondiente a la práctica a realizar
<b>Tiempo de actividad</b>	Según lo estime el docente
<b>Recomendación</b>	Después de realizada la práctica, es necesario engrasar las partes móviles que conforman el pedal de accionamiento, para que así no se peguen por acumulación de polvo u oxidación

### ACTIVIDADES:

1. Utilización de las herramientas necesarias para el desmontaje.
2. Verificar que las partes que conforman el kit de embrague estén en buen estado incluyendo el cable del embrague
3. Verificar las conexiones eléctricas y así evitar cortos que afecten el motor eléctrico.
4. Presentar el informe correspondiente.

### PRÁCTICA # 3

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ Código: \_\_\_\_\_

<b>Tema</b>	<b>Comprobación del buen estado del kit de embrague</b>
<b>Objetivos</b>	Comprobar el estado del plato de presión Comprobar el estado del disco de embrague Comprobar el estado del cojinete de embrague
<b>Tipo de actividad</b>	Verificación de los componentes
<b>Equipos y/o herramientas a utilizar</b>	Banco correspondiente a la práctica a realizar
<b>Tiempo de actividad</b>	Según lo estime el docente
<b>Recomendación</b>	Una vez desarmado el banco para la comprobación de las partes, se deberá limpiar las superficies de contacto del kit de embrague para que no quede ningún rastro de grasa o suciedad que puedan rayar el plato de presión y el volante motor

#### ACTIVIDADES:

1. Comprobar visualmente si el plato de presión y volante motor presenta desgastes, deformaciones, ralladuras o daños.
2. Comprobar el desgaste de los forros del disco, midiendo la profundidad de la cabeza del remache (mínima de 0.3 mm).
3. Comprobar el cojinete axial de empuje, debe estar engrasado y deberá deslizarse suavemente por el cubo de deslizamiento.
4. Presentar el informe correspondiente.

## PRÁCTICA # 4

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ Código: \_\_\_\_\_

<b>Tema</b>	<b>Introducción al sistema de embrague de accionamiento mecánico</b>
<b>Objetivos</b>	Identificar del tipo de accionamiento. Realizar la correcta manipulación del banco; utilizando los pasos mencionados en el manual de usuario. Obtener datos.
<b>Tipo de actividad</b>	Práctica e identificación.
<b>Equipos y/o herramientas a utilizar</b>	Banco correspondiente a la práctica a realizar
<b>Tiempo de actividad</b>	Según lo estime el docente
<b>Recomendación</b>	Una vez realizada la práctica del reconocimiento del sistema, se debe cubrir al banco con su respectivo cobertor para que así no se deteriore por acumulación de polvo

### ACTIVIDADES:

1. Investigar sobre el tipo de accionamiento con el que cuenta el banco.
2. Identificar componentes y el tipo de accionamiento con el que cuenta el banco.
3. Tomar los datos procedentes del banco y hacer los cálculos correspondientes a momento transferible y la fuerza para desplazar el cojinete de embrague.
4. Presentar el informe correspondiente.

## PRÁCTICA # 5

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ Código: \_\_\_\_\_

<b>Tema</b>	<b>Comprobación de los componentes del banco</b>
<b>Objetivos</b>	Desmontar el banco de pruebas. Verificar el buen estado de las conexiones eléctricas Verificar los componentes del kit de embrague Verificar que no exista fuga en las cañerías Armar el banco de pruebas
<b>Tipo de actividad</b>	Verificar componentes
<b>Equipos y/o herramientas a utilizar</b>	Banco correspondiente a la práctica a realizar
<b>Tiempo de actividad</b>	Según lo estime el docente
<b>Recomendación</b>	Después de realizada la práctica, es necesario engrasar las partes móviles que conforman el pedal de accionamiento, para que así no se peguen por acumulación de polvo u oxidación

### ACTIVIDADES:

1. Utilización de las herramientas necesarias para el desmontaje.
2. Verificar que las partes que conforman el kit de embrague estén en buen estado.
3. Sustituir las cañerías en caso de fugas.
4. Verificar las conexiones eléctricas y así evitar cortos que afecten el motor eléctrico.
5. Presentar el informe correspondiente.

## PRÁCTICA # 6

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ Código: \_\_\_\_\_

<b>Tema</b>	<b>Comprobación del buen estado del kit de embrague</b>
<b>Objetivos</b>	Comprobar el estado del plato de presión. Comprobar el estado del disco de embrague. Comprobar el estado del cojinete de embrague
<b>Tipo de actividad</b>	Verificación de los componentes
<b>Equipos y/o herramientas a utilizar</b>	Banco correspondiente a la práctica a realizar
<b>Tiempo de actividad</b>	Según lo estime el docente
<b>Recomendación</b>	Una vez desarmado el banco para la comprobación de las partes, se deberá limpiar las superficies de contacto del kit de embrague para que no quede ningún rastro de grasa o suciedad que puedan rayar el plato de presión y el volante motor

### ACTIVIDADES:

1. Comprobar visualmente si el plato de presión y volante motor presenta desgastes, deformaciones, ralladuras o daños.
2. Comprobar el desgaste de los forros del disco, midiendo la profundidad de la cabeza del remache (mínima de 0.3 mm).
3. Comprobar el cojinete axial de empuje debe ser engrasado y deberá deslizarse suavemente por el cubo de deslizamiento.
4. Presentar el informe correspondiente.

## **CAPÍTULO VI**

### **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **6.1 Conclusiones**

Al término de este proyecto de tesis, se logró identificar: partes, funcionamiento y tipos de embrague que forman parte del parque automotriz del país, siendo los más utilizados los sistemas de embrague de accionamiento mecánico y de accionamiento hidráulico.

Los procedimientos de diseño realizados mediante la utilización del software Solidworks permitieron construir las estructuras y el correcto funcionamiento de los bancos.

La manipulación adecuada de los bancos estuvo dirigida por la elaboración de su correspondiente manual de usuario.

Los resultados obtenidos mediante la utilización del software demostró que el diseño de las estructuras cumplen los parámetros de tensión, deformación y del factor de seguridad.

Con la culminación satisfactoria de este proyecto se estuvo aportando al laboratorio de la escuela de Ingeniería Automotriz con un material de aprendizaje para el desarrollo del conocimiento de los estudiantes.

#### **6.2 Recomendaciones**

Aplicar las normas de seguridad industrial y salud ocupacional al momento de manipular los bancos.

Las prácticas a realizarse por parte de los estudiantes estarán regidas por el modelo de guía de prácticas presentado o a su vez como el docente lo crea conveniente.

Tener todas las herramientas adecuadas al momento de realizar las prácticas para así evitar contratiempos.

Tener presente las debidas precauciones al momento de poner en funcionamiento los bancos y así mismo al momento de su desmontaje y montaje.

Lubricar las partes móviles una vez terminada las prácticas con aceite hidráulico para su correcto funcionamiento y al término de cada práctica mantener los bancos con sus respectivas cubiertas.

## BIBLIOGRAFÍA

**AZCOITIA, Jorge. 2008.** 8000vueltas.com. *8000vueltas.com*. [En línea] 17 de julio de 2008. [Citado el: 20 de 12 de 2013.] <http://8000vueltas.com/2008/07/17/sistema-de-embrague-de-friccion-parte-1>.

**BERROCAL, Luis. 2007.** *Resistencia de materiales*. Madrid : McGraw-Hill, 2007.

**HERMOGENES. 2003.** Embrague y transmisión. [aut. libro] HermógenEs Gil. *Manual ceac del automóvil*. Barcelona : Grupo Editorial Ceac, 2003, págs. 527-539.

**MARTINEZ, D. Hemógenes Gil. 2005.** Embrague. [aut. libro] D. Hermógenes Gil Martínez. *MANUAL DEL AUTOMÓVIL*. Madrid : CULTURAL. S. A., 2005, pág. 702.

**PAZ, Manuel Arias. 2008.** Embragues. [aut. libro] Manuel Arias Paz. *Manual de automóviles*. Madrid : Thomson, 2008, págs. 245-253.

**PEREZ, J. M. Alonso. 2000.** El embrague. [aut. libro] J. M. Alonso Pérez. *Técnicas del automóvil*. Madrid : Thomson, 2000, págs. 47-49.

—. **2008.** El embrague. *Mecánica del automóvil*. Madrid : Thompson, 2008, págs. 225-226.

**PÉREZ, J. M. Alonso. 2008.** El embrague. [aut. libro] J. M. Alonso Pérez. *MECÁNICA del automóvil*. Madrid : Thompson, 2008, pág. 224.

**SIEGBERT.** Matemática aplicada para técnica mecánica. pág. 144.

**SIEGBERT, . 2008.** Matemática aplicada para técnica mecánica. Madrid : s.n., 2008, pág. 144.