

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

**ESPE – LATACUNGA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**PROYECTO DE GRADO**

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN PROTOTIPO  
DE CAJA DE CAMBIOS SECUENCIALPOR  
CHAVETA MOVIL**

**REALIZADO POR:**

**JAIRO JAVIER MORALES ESPINOZA**

**LATACUNGA – ECUADOR**

**2003**

## **CAPITULO I.- INTRODUCCION**

### **1.1.- ANTECEDENTES**

La Escuela Politécnica del Ejército, tiene la misión de entregar al país profesionales con formación integral, bajo aspectos de moral, honestidad, lealtad, fidelidad, trabajo.

Han sido mucho los cambios que se ha dado en la industria de las transmisiones automotrices que están en paralelo a los cambios y perfeccionamientos de las mismas, en los cuales se observan los avances tecnológicos en los sistemas de mando para el cambio semiautomático de las relaciones de transmisión, que hace de que la operación de este tipo de mecanismos, aproveche la máxima eficiencia entregada por el motor con el fin de disminuir el tiempo de accionamiento entre cambio y cambio, variar el número de velocidades según las prestaciones del vehículo y diseño del constructor.

El prototipo a construirse el cual es un diseño propio de quien realiza este proyecto, consiste de un eje dispuesto de tal manera que transfiere: potencia, torque, y velocidad del motor por medio de un sistema de enclavamiento por chaveta móvil que permite accionar al conjunto de engranajes por medio de un pistón en donde rota un conjunto de chavetas o sincronizados que se deslizan a lo largo del eje secundario a través de unas guías diseñadas para este propósito las cuales al desplazarse secuencial mente, se enclavan en cada engranaje de relación seleccionada.

Este sistema permite la transmisión del movimiento rotacional hacia el eje de salida y luego por medio de un diferencial conducir el movimiento a las ruedas.

## **1.2.- JUSTIFICACION**

Para la realización del proyecto se ha tomado como referencia la sistema de enclavamiento por chaveta móvil en maquinas industriales y a la caja de cambios semiautomática existente en los diferentes tipos y marcas de vehículos de hoy en día, que permiten escoger la velocidad del vehículo secuencial mente: automáticamente o manualmente, por medio del accionamiento de una palanca selectora de velocidad ya sea en el piso o en el volante.

## **1.3.- OBJETIVO**

### **1.3.1.- OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO**

Realizar el diseño y construcción de un prototipo de caja de cambios secuencial por chaveta móvil de 5 marchas incluida reversa.

### **1.3.2.- OBJETIVOS ESPECIFICOS DEL PROYECTO**

- ✓ Crear un tipo de caja de transmisión con la cual se obtenga una mejor disposición de los elementos que la conforman, para reducir el tiempo de cambio de marcha entre una y otra velocidad con facilidad de construcción y mantenimiento de la misma.
- ✓ Diseñar los diferentes mecanismos de accionamiento del sistema.
- ✓ Elaborar los engranes, para las diferentes relaciones de transmisión con lo que mejorarán la potencia y velocidad del vehículo para ciertos tipos de condiciones.
- ✓ Analizar el funcionamiento real de este tipo de mando de transmisión y su construcción.

- ✓ Desarrollar la maqueta de la caja de transmisión secuencial tomando en cuenta las necesidades a que están expuestas mediante pruebas e investigación.

#### **1.4.- METAS DEL PROLYECTO:**

- Cumplir con los objetivos trazados en el proyecto.
- Lograr un punto de desarrollo tecnológico acorde con las exigencias automotrices actuales.
- Elaborar un proyecto de aplicación tecnológica de alta rigurosidad.
- Desarrollar destrezas y habilidades para desempeñarse eficazmente en labores relacionadas con este tipo de sistemas de mandos.
- Demostrar que la construcción de la maqueta soluciona inquietudes existentes por parte de los alumnos.

## **CAPITULO II.- PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UNA CAJA SECUENCIAL**

### **2.1.- OBJETIVOS**

En este trabajo conoceremos acerca del funcionamiento de las cajas de cambio automáticas de la nueva generación. Para ello, veremos cuál es la función de las cajas de velocidades en los sistemas de transmisión de los automóviles y por qué son imprescindibles. Rápidamente realizaremos una pequeña descripción de las cajas automáticas convencionales incidiendo en los principios de su funcionamiento además de señalar las ventajas y desventajas que de su uso se derivan. Para terminar con este apartado se describen los diferentes sistemas de cambio automático que se han utilizado durante los últimos años así como sus particularidades y desarrollos tecnológicos a lo largo del tiempo.

A continuación describen las variantes principales que las distintas firmas comerciales han desarrollado. Se trata de las cajas automáticas con posibilidad de accionamiento secuencial, cajas manuales sin embrague, cajas manuales con accionamiento automático y cajas de variación continua CVT (Continuous Variable Transmission). Con todas ellas se adjuntan casos reales de coches que actualmente montan tales cajas de cambio y la descripción de las soluciones técnicas que se aplican en cada caso.

## **2.2.- FUNCIONAMIENTO**

### **2.2.1.- Principio de Funcionamiento de la caja de cambios en general**

#### **a.- Conceptos Previos**

El valor del par en los motores alternativos esta determinado por el valor de la fuerza de expansión de los gases, multiplicado por la distancia entre el eje de la biela el del cigüeñal.

El valor del par motor depende, pues de la fuerza expansiva de la combustión, independientemente del número de revoluciones, si bien al disponer de un mayor par, también se podrá realizar un mayor trabajo por unidad de tiempo. El producto del par por el número de revoluciones representa la potencia.

Por tanto, para aumentar la potencia es preciso aumentar o bien el par o velocidad de rotación del motor. Es también factible mantener la potencia aumentando el valor del par y disminuyendo las revoluciones; esto se consigue a través del cambio de velocidades.

El par máximo se alcanza a un determinado régimen del motor, a partir del cual su valor disminuye, como consecuencia de disminuir el rendimiento volumétrico, y al aumentar las pérdidas por rozamiento, lo que determina el rendimiento mecánico.

A partir del par máximo, el valor de éste disminuye a pesar de aumentar el número de revoluciones, pero el valor a partir del cual disminuye.

Para que se aproveche al máximo el rendimiento del motor, es preciso que su giro se realice entre los valores comprendidos de par máximo y potencia máxima.

#### **b.- Elasticidad del Motor**

Un motor es elástico cuando su par aumenta al disminuir el régimen de rotación, ya que al encontrar el motor una resistencia, su velocidad disminuye y a la vez aumenta su par. Por ello, es preciso que la relación entre par máximo y potencia máxima sea lo más amplia posible, así, un motor elástico requiere un número de velocidades menor.

#### **c.- Velocidad de Régimen**

Se denomina así al régimen de giro del motor comprendido entre el máximo par y la máxima potencia, franja en la cual el rendimiento del motor se aprovecha al máximo.

Cuando el vehículo sube una cuesta su velocidad tiende a disminuir, si disminuye su velocidad también lo hace la potencia desarrollada por el motor, con lo que el vehículo tiende a pararse. Debe disponerse pues de un mecanismo que permita girar al motor a la velocidad de régimen, sin que ello signifique necesariamente un aumento de velocidad del vehículo, ya que lo se pretende es aprovechar al máximo la energía desarrollada por el motor. Disponemos para ello del cambio de velocidades.

#### **d.- Misión de la Caja de Cambios de Velocidades**

La caja de cambios es el elemento de transmisión que se interpone entre el motor el resto de los elementos de transmisión en un vehículo para modificar el número de revoluciones en las

ruedas, e invertir el sentido de giro cuando lo requieran las necesidades de circulación.

Como el par motor y las revoluciones de éste se transmiten a las ruedas originando en ellas una fuerza de impulsión, capaz de vencer la resistencia del vehículo al movimiento, la potencia transmitida en todo momento deberá ser igual al par resistente en las ruedas y la velocidad de éstas.

Si no dispusiera de la caja de velocidades, el número de revoluciones del motor se transmitiría íntegramente a las ruedas, con lo que el par desarrollado por el motor debería ser igual al par resistente en las ruedas. Así pues, tanto habría que aumentar la potencia del motor, en cualquier circunstancia de marcha, como lo hiciera el par resistente, contando para ello con un motor de una potencia tal, que fuera capaz de absorber los diferentes regímenes de carga que se originarán.

Como no se dispone de motores que cubran la anterior circunstancia, se dispone en los vehículos de las cajas de cambios de velocidades, con el fin de obtener el par motor necesario en las diferentes condiciones de marcha, aumentando el par de salida en detrimento del número de revoluciones en las ruedas.

Con las cajas de velocidades se logra mantener, dentro de unas condiciones favorables, la potencia desarrollada por el motor. Actúan pues, como transformador de velocidad y convertidor mecánico de par, conforme al inversor de giro.

#### **e.- Relación de Transmisión**

El par desarrollado por el motor es inversamente proporcional al número de revoluciones de éste, asimismo, el par resistente de las ruedas lo es al número de revoluciones de éstas.

Por tanto el número de revoluciones del motor partido por el número de revoluciones en las ruedas, será la desmultiplicación que ha de aplicarse en la caja de cambios para obtener el par necesario en las ruedas, que está en función del diámetro o el número de dientes de los elementos engranados entre sí.

Las distintas relaciones de desmultiplicación que han de acoplarse en una caja de cambios, se establecen en función del par máximo de revoluciones del motor.

Con ello se determina una franja que comprende el par máximo que se transmite a las ruedas y la velocidad máxima a que puedan girar.

#### **f.- Clasificación de las Cajas de Cambio**

Las cajas de cambios se pueden clasificar, en lo que a turismos se refiere, en dos grandes grupos: cajas de cambio mecánico de selección manual y transmisiones automáticas.

#### **g.- Cambio Mecánico**

En la actualidad la práctica totalidad de las cajas de cambio en las transmisiones no automáticas utilizadas en vehículos de turismo son de engranajes helicoidales de toma constante y sincronizadas.

Se puede distinguir también entre diferentes tipos de transmisiones, según las disposiciones más habituales del motor y del eje de transmisión, se distinguen:

- Motor longitudinal delantero y tracción trasera.
- Motor longitudinal delantero y tracción delantera
- Motor transversal delantero y tracción delantera.
- Motor trasero y tracción trasera.
- Motor delantero y tracción a los dos ejes.

En este último tipo de transmisión, caben además múltiples variantes en la disposición y funcionamiento de los diferentes elementos de transmisión, como la puedan ser la tracción integral, integral permanente, selectiva, de accionamiento automático o manual, etc.; siendo además susceptible de diferentes posibilidades de control.

Cada Disposición del sistema de tracción utilizado, emplea cajas de cambio que aunque no difieren en esencia en su funcionamiento, si difieren al incorporar o no el mecanismo diferencial y la reducción final. En el caso de incorporarlo, cabría distinguir también entre cajas de transmisión de par cónico o de par recto.

Otro de los elementos diferenciadores, lo podría constituir el tipo o sistema de sincronización para igualar el giro de los diferentes ejes a la hora de seleccionar una velocidad, así como el sistema de enclavamiento de la velocidad seleccionada o la propia selección de la velocidad.

## 2.2.2.- Funcionamiento de la caja de cambios secuencial en motocicletas

### a.- La Caja de Cambios

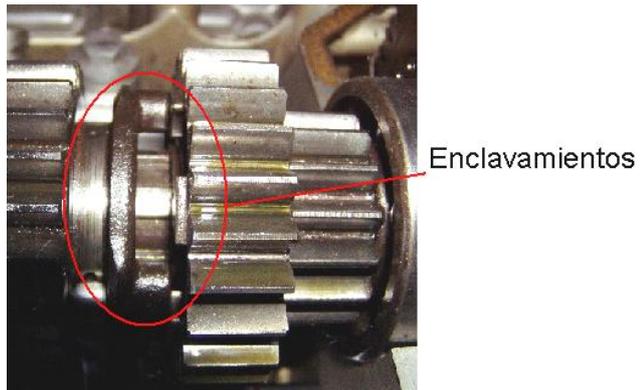


**Fig. 2.1**

Para comprender el motivo por el cual las motos son dotadas de una caja de cambios por medio de la cual es posible la relación de transmisión entre el motor y la rueda posterior, es oportuno hacer referencia a algunos conceptos anteriores.

El torque motriz viene transmitido del cigüeñal a la rueda posterior por medio de la transmisión primaria, de la fricción, de la caja de cambios y de la cadena o cardán de la transmisión final.

Si se trasladan las pérdidas debido a los rozamientos, la potencia en teoría no sufre variaciones, obviando la potencia disponible a la rueda posterior es la misma disponible del cigüeñal del motor ( por el conocido principio físico de la conservación de la energía). Por lo que al momento de rotación es totalmente diverso al rozamiento, subsecuentemente en él, un par de engranajes tienen el mismo efecto que de palanca que conlleva una fuerza.



**Fig. 2.2**

En otras palabras, mientras las palancas accionan los multiplicadores de fuerza, los engranajes son los multiplicadores. Si nosotros tomamos, como ejemplo un engranaje dotado de 10 dientes que transmite el movimiento a un engranaje con 20 dientes, tendremos que pasando de la primera a la segunda velocidad se dividirá mientras la pareja estará doblándose.



**Fig. 2.3 Engrane de 1ª. Marcha**

Del mismo modo, cuando la caja de cambios de la motocicleta, está en primera, el motor girará a un régimen elevado, mientras la velocidad de rotación de la rueda posterior será bastante reducida y el torque en él será muy elevado (ambos dependen de la relación total de transmisión); se dice, el poder está inalterado (sin considerar las pérdidas por roces que a veces pueden ser bastante considerables).

Expresándonos en otros términos nosotros podemos decir que, con el funcionamiento del motor a un régimen determinado, el trabajo efectuado por la rueda de la parte de atrás en la unidad de tiempo siempre es el mismo, cualquiera sea la marcha insertada. Sin embargo en las marchas básicas (1ª. y 2ª.) el artefacto de la rueda se mueve despacio pero transmite un torque elevado, en las marchas altas (4ª. y 5ª.), contrariamente, la rueda de la parte de atrás se mueve rápidamente pero transmite a un torque bastante bajo.

La velocidad de rotación del motor siempre es superior que del eje de la rueda. Poniendo el caso que el primero rueda a 5000 giros por minuto y el segundo a 625, se dirá que la relación total (ya que en este ejemplo no existe informes intermedios) tiene 8:1, es decir a cada giro de rueda corresponde 8 giros del tren motor.

En las motocicletas dotadas de cambio de velocidad también existe una transmisión primaria sin embargo y por consiguiente una relación primaria, constituido por la relación entre el número de los dientes del piñón en el motor y aquéllos de la corona situada a la entrada del cambio. Si el piñón tiene, por ejemplo, 15 dientes y la corona 36, la relación de la transmisión primaria será 2,4: 1, eso es a cada giro del árbol primario corresponderán 2,4 giros del tren motor.

Del cambio a la rueda posterior, cualquiera sea el sistema usado para la transmisión final, existe una relación de reducción ulterior. Suponiendo que el piñón de salida del cambio secundario tiene 14 dientes y la corona en la rueda 42 dientes, la relación de transmisión final (no el total, atención) será de 3:1.

A este punto, sabiendo la relación primaria y la final, conseguir ese total, es necesario tomar en consideración, durante todo el tiempo, la relación existente entre los torques ejercidos en los engranajes de la caja de cambios.

Tenemos en consideración un cambio semejante:

Si colocamos engranajes de 14 - 18 - 21 - 24 - 27 dientes, y el secundario con engranajes de 33 - 28 - 25 - 22 - 21 dientes. La relación es:

1ª. velocidad:  $33/14 = 2,357$  - 2ª. velocidad:  $28/18 = 1,556$  - 3ª. velocidad:  $25/21 = 1,190$  - 4ª. velocidad:  $22/24 = 0,917$  - 5ª. velocidad:  $21/27 = 0,778$ . Además regresando a las relaciones primaria y final conocidas de nuestro movimiento hipotético, puede inferir ahora, las cinco relaciones del total de transmisión. Se compara primero: 2,4 - la relación secundaria (o final): 3.

Relación total: 1ª. Velocidad es:  $2,4 \times 1,190 \times 3 = 8,568$  - 4ª. Velocidad es:  $2,4 \times 0,917 \times 3 = 6,6$  - 5ª. Velocidad es:  $2,4 \times 0,778 \times 3 = 5,6$ .

El saber bien manejar en la selva de los números concernientes al argumento de las relaciones de transmisión no es importante a fines de mantenimiento de una motocicleta, no obstante sirve para entender fácilmente los datos relativos que cada libro de instrucciones en servicio a cualquier tipo de moto existente. Además es fundamental entender la función del cambio de velocidad y todos los órganos de transmisión por completo.

Para intervenir directamente por modificar las relaciones interiores del cambio en base a las demandas del particular o las

transformaciones son prácticamente imposibles, más fáciles (aun cuando se limita un número estrecho de expertos) podrían ser una modificación a la relación de transmisión primaria, sobre todo si ésta es una cadena con cambio separado. En compensación es accesible a todos y muy practicada la opción personal de la relación final de transmisión que es la substitución del piñón o de la corona en que gira la cadena de transmisión, con otros de diferente diámetro fácilmente disponibles en las tiendas de accesorios y lugares de recambio.

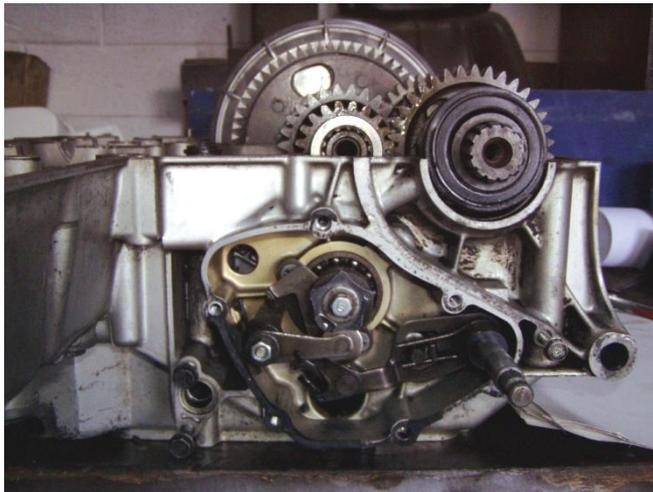
Es inútil decir que la relación final que viene de la casa constructora es lo que mejor se adapta a las características de la motocicleta, pero un uso específico de un modelo Standard (recorridos continuos en terrenos impregnados o bien transformaciones tipo cross o velocidad) estos también pueden un aconsejable cambio de la relación final. Se necesita tener presente que parece acortar la modificación de la relación, junto al piñón se necesita montar uno con un diámetro (y por consiguiente número de dientes) inferior, mientras para la corona sirve al contrario. Viceversa si se quiere alargar la relación.

Y también es importante saber que cada diente en más o menos a la corona: para verificar solo basta tomar una relación al caso como ejemplo,  $44/16 = 2,75$  y probar de agregar tres dientes a la corona, obteniendo una relación  $47/16 = 2,94$ . Dejando invariado el número de los dientes de la corona y disminuyendo en su lugar un solo diente el piñón:  $44/15 = 2,94$  da la misma relación final.

No es aconsejable utilizar piñones con un número de dientes muy limitado, porque de tal modo empeorará las condiciones de trabajo de la cadena.

## **b.- Posición de la caja de cambios**

Actualmente hablar de la posición del cambio no tiene mucho sentido, en efecto la casi totalidad de las motocicletas de producción moderna, sea con ciclo de 2 o 4 tiempos, la caja de cambios esta alojada en el block del motor, es decir formando un único cuerpo.



**Fig. 2.4 Vista lateral mecanismo**

Pero muchas motocicletas todavía en circulación tienen las marchas separadas, como quería la vieja escuela inglés, favorablemente a esta solución por motivos de simplicidad constructiva y de economía: el mismo, adoptado prácticamente como accesorio, para equiparar diversas motocicletas dotadas netamente de un propulsor de cambio diferente. La caja de cambios era unido al motor por un simple giro de cadena (constituyente de la transmisión primaria) cuya tensión era regulable accionando la caja de cambios apoyada en ojales especiales.

Existía también un tipo de caja de cambios, pero eran mucho menos difundidos, los cambios en un semibloque, generalmente

constituido por una caja cilíndrica que venía colocada en fase de proyección de la moldura de las tapas laterales del carter del motor. Alojado en su lugar la caja parecía ser único cuerpo con el motor, no obstante estaban realmente separados y la transmisión primaria era un cadena con tensión graduable que rueda excéntricamente la caja internamente en el vacío.

La caja de cambios en bloque es el más moderno y de soluciones prácticas, también porque permite simplificar el sistema de lubricación y sobre todo escoger a gusto el tipo de transmisión primaria.

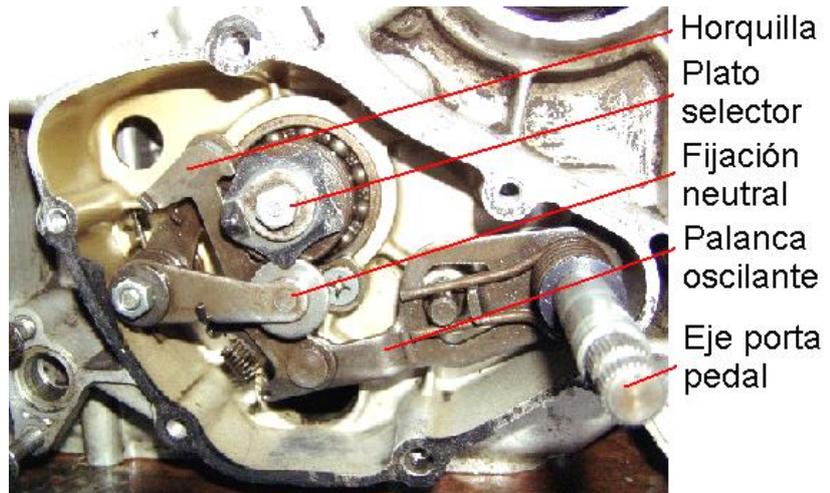
La imposibilidad para usar el cambio como parte de accesorio intercambiable es evidente aplicando la práctica ahora ya difusa de mantenerse, en fase de planificación, las mismas interacciones entre los ejes de transmisión de un tipo de motor para todos los otros motores y la misma caja de cambios puede servir bien para todos.

Con esto se consigue una notable economía constructiva y se tiene la posibilidad de aprovechar con seguridad las piezas ya probadas.

### **c.- Mecanismo para el cambio de velocidades**

En las motocicletas se dispone de un mecanismo y accionamientos que permiten realizar el cambio de velocidad al empujar y a su vez jalar una palanca por medio del uso del pie.

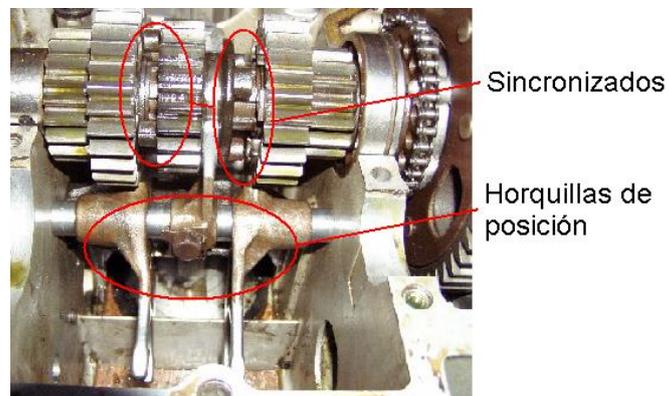
A continuación se presenta un esquema demostrativo del las partes contenidas en este tipo de sistema.



**Fig. 2.5**

#### **d.- Sistema de Horquillas y Sincronizados**

En la Fig. podemos observar los mecanismos que permiten acoplar y desacoplar las diferentes velocidades:

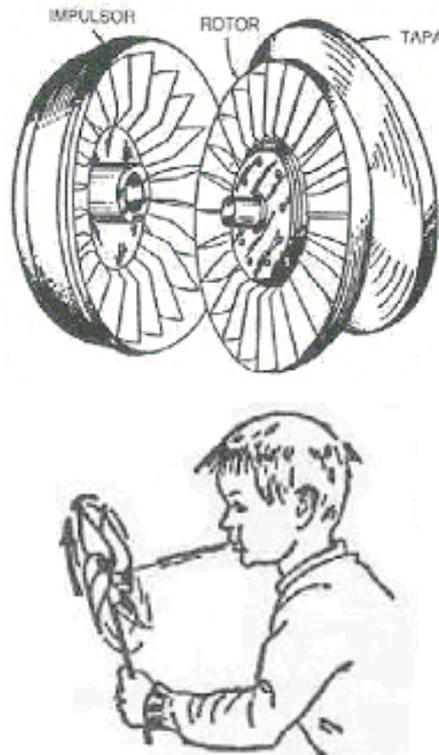


**Fig. 2.6**

#### **2.2.3.- Cajas automáticas convencionales**

La historia de este tipo de cambios empezó en Inglaterra en 1930 con la introducción del uso del embrague hidráulico para impartir una mayor suavidad de transmisión del movimiento del motor a las ruedas. Poco después, hacia 1940 se empezaron a comercializar en América diferentes modelos de cambio automático que cuajaron en el mercado

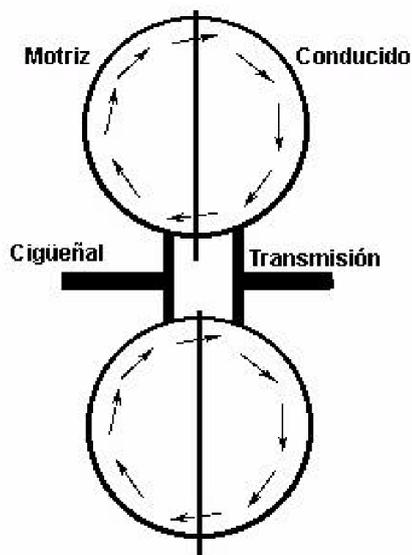
de tal forma que a mediados de los años cincuenta el 70% de los vehículos comercializados en este país contaban con este tipo de transmisiones.



**Fig. 2.7 Hélice de un embrague hidráulico**

Pero, ¿Qué es esto que conocemos como embrague hidráulico? Todos nos hemos dado cuenta cuando empezamos a conducir lo difícil que resulta arrancar y que el coche salga de una manera progresiva, sin tirones, pero también sin que se nos cale o patine en exceso el embrague. Para aminorar este efecto y que el coche salga de una manera progresiva se introdujo en los automóviles (por aquel entonces algunos barcos lo usaban ya) el embrague hidráulico o turbo-embrague.

Como se puede ver en la figura este tipo de embragues consta de dos turbinas contrapuestas una denominada impulsor, que recibe el movimiento del motor, y otra llamada rotor que está unida a la caja de cambios, ambas desacopladas mecánicamente.



**Fig. 2.8 Vista corte fronta del embrague**

Las turbinas están inmersas en un baño de aceite que es la que hace posible que se transmita el movimiento de la misma manera que lo hace el aire cuando mueve un molinillo situado en una corriente. El impulsor al ser girado por el motor impulsa mediante la fuerza centrífuga al aceite hacia el exterior como se indica en la figura. Este movimiento de aceite forma un torbellino toroidal que penetra en el rotor o elemento conducido, (la media rosquilla que tiene enfrente) con un ángulo que depende de la inclinación de las paletas, y de este modo el aceite al chocar contra las aletas del conducido con un cierto ángulo de incidencia, le transmite un par.

El principio de funcionamiento de este tipo de embragues cuenta con las siguientes ventajas:

Los elementos que componen la transmisión (engranajes, ejes etc.) sufren menos debido a que las cargas se aplican de una manera menos

brusca algo, más favorable desde el punto de vista de la fatiga de los materiales.

- Se ha demostrado en la práctica que este tipo de embrague transmite íntegramente el par.
- Por debajo de las 500 revoluciones el resbalamiento (diferencia entre las revoluciones del rotor y el impulsor) es total, de tal manera que se permite que el motor gire a ralentí con el coche parado.
- No hay peligro de que el coche se cale.
- Permite ir en marchas largas a poca velocidad y disponiendo de los mayores esfuerzos rotores.
- No impide utilizar el motor como freno.

Pero no todas son ventajas en este tipo de embragues, también cuenta con algunos inconvenientes:

- Se producen unas pérdidas de rendimiento mayores cuanto más alto es el resbalamiento debido al calentamiento que se produce en el aceite. Esta pérdida de rendimiento repercute en un mayor consumo de gasolina que es del orden de un 5%
- Por otro lado esta progresividad con la que el motor entrega su potencia hace que las aceleraciones suelen ser peores en los modelos con este tipo de embragues.
- No es apto para ser acoplado directamente a una caja de cambios de funcionamiento general debido a que se produce un cierto empuje axial que oprime los piñones y hace imposible insertar las relaciones manualmente.

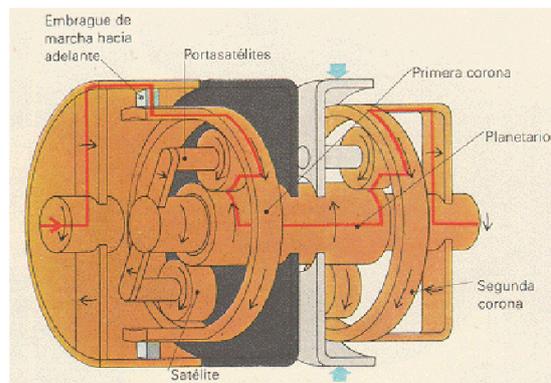
Los tipos de cajas que han venido utilizando este dispositivo hasta ahora son las siguientes:



A continuación se expone como funciona una de estas transmisiones con tres marchas.

**a.- Caja de cambios automática: primera velocidad.**

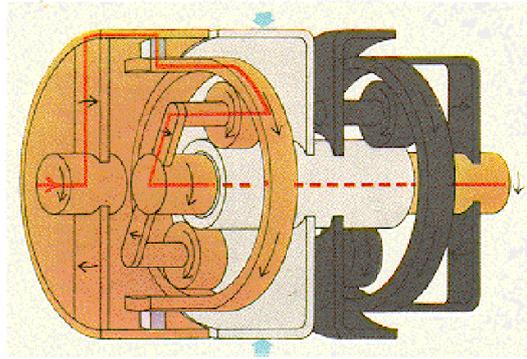
Al funcionar el embrague de marcha adelante, el motor (flecha roja) arrastra la primera corona. Esta hace girar el planetario en sentido contrario. El segundo portasatélites (gris claro) está fijo, con lo que los satélites hacen girar la segunda corona y el eje de salida.



**Fig. 2.11 Primera velocidad**

**b.- Caja de cambios automática: segunda velocidad.**

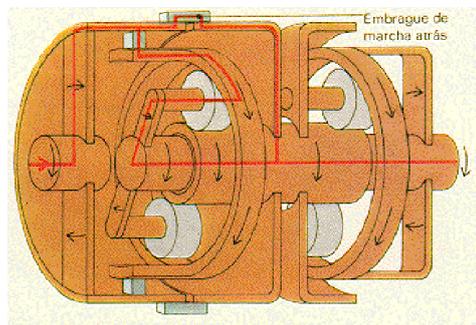
Al funcionar el embrague de marcha adelante, el motor arrastra la primera corona. El planetario común está frenado y la corona hace girar a los satélites y el portasatélites, cuyo eje es también el de salida, por lo que sólo se efectúa una reducción. El segundo tren (gris oscuro) gira sin carga alrededor del planetario.



**Fig. 2.12 Segunda velocidad**

**c.- Caja de cambios automática: tercera velocidad.**

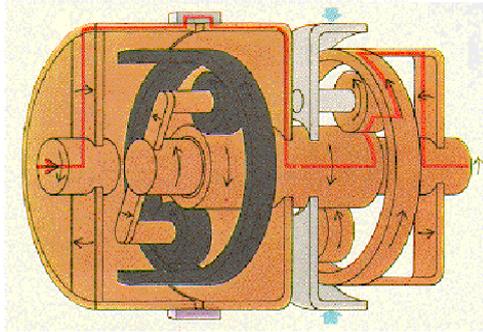
Al accionar el embrague de marcha adelante, el motor arrastra la primera corona. El embrague de marcha atrás también entra en funcionamiento y une el eje de entrada al planetario, con lo que ambos giran a la misma velocidad.



**Fig. 2.13 Tercera velocidad**

**d.- Caja de cambios automática: marcha atrás.**

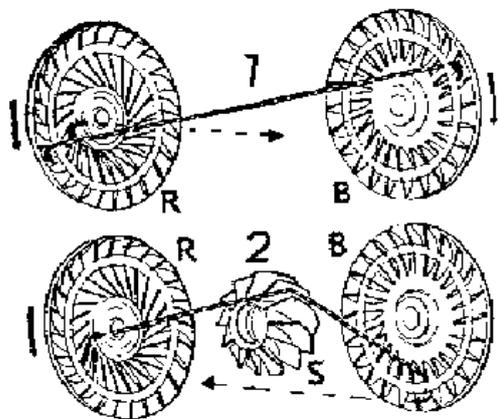
El embrague de marcha adelante no actúa y la primera corona gira sin carga. El de marcha atrás entra en acción, y el motor arrastra el planetario. El segundo portasatélites se frena, y el planetario hace girar los satélites; se provoca el giro de la segunda corona en sentido contrario.



**Fig. 2.14 Reversa**

Posteriormente el embrague hidráulico ha ido evolucionando a lo que se conoce como convertidor de par. Realmente, las diferencias entre uno y otro no son muy grandes.

Como se puede ver en la figura el convertidor de par tiene además intercalado un reactor de rueda libre (S) que es una especie de turbina cuya función es direccionar el flujo de aceite sobre las paletas del rotor en función del resbalamiento. Con esto lo que se logra es que el aceite incida con una dirección más favorable sobre las aletas del rotor haciendo este mecanismo más eficiente sobre todo con altos resbalamientos donde se logra que el par de salida se multiplique con respecto al de entrada. Así pues con el convertidor de par será más fácil iniciar el movimiento con una marcha larga.



**Fig.2.15 Dirección del fluido**

Hoy en día este tipo de cambios se fabrican hasta con 5 marchas y todos cuentan además con una posición de aparcamiento (P) que se utiliza para enclavar el eje por el que llega el movimiento a las ruedas motrices, lo que permite a estos vehículos prescindir del freno de mano.

Además cuentan con diferentes programas de conducción:

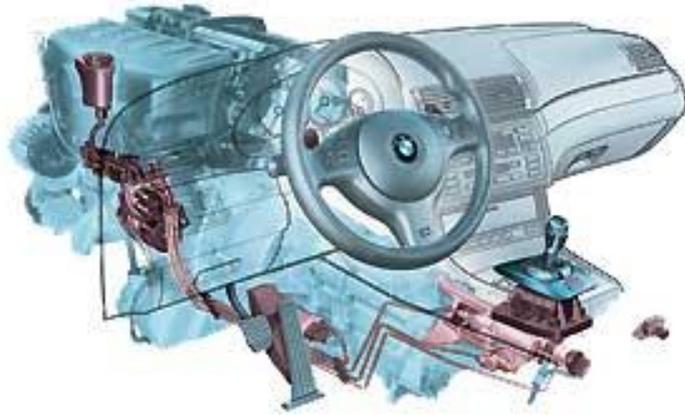
- Programa "Winter": Se utiliza cuando el suelo está helado y lo que hace es engranar una marcha más larga en las arrancadas para transmitir menos par al suelo y de esta manera evitar que patine.
- Programa "económico": Cuando el conductor quiere practicar una conducción económica el programa ascenderá de marchas rápidamente para evitar que el motor se revolucione en exceso y de esta manera ahorrar en combustible
- Programa "deportivo": El programa deja que el motor llegue a altas revoluciones antes de cambiar de marchas.

Las principales desventajas de estas cajas de cambios con respecto a las manuales además de las ya mencionadas sobre consumo y prestaciones, son el elevado coste de fabricación y un mayor peso y volumen.

#### **2.2.4.- Funcionamiento de la Caja Secuencial**

##### ***¿Cómo funciona la caja de cambios secuencial M?***

Todas las marchas se cambian electro hidráulicamente. En el M3, todos los elementos de mando de la caja SMG funcionan "by wire", con lo que reaccionan con gran rapidez y seguridad, sin conexiones mecánicas, igual que los sistemas utilizados en la aeronáutica y en la navegación espacial.



**Fig. 2.16 Conexiones y mecanismos**

Si está activada la modalidad («A»), la caja de cambios secuencial M cambia de marchas en función de un programa elegido por el conductor mediante el “Drivelogic Control”. Si se cambia de la modalidad «A» a la «S», ya que es posible en todo momento y estando el coche en movimiento, el conductor puede subir las marchas pulsando la tecla derecha del volante o dando un ligero toque hacia atrás a la palanca que se encuentra en la consola central.

Para bajar de marchas, hay que proceder a la inversa, es decir, pulsar la tecla del volante que se encuentra en el lado izquierdo o dándole un toque a la palanca moviéndola hacia adelante. Al hacerlo, el sistema efectúa un desembrague doble, tal como lo hacen los pilotos más experimentados, para conseguir que bajen las marchas con mayor rapidez y suavidad.

Pulsando varias veces las teclas o desplazando varias veces seguidas la palanca es posible “pasar por alto” varias marchas. Sin embargo, el sistema electrónico ejecuta estos cambios únicamente si lo permiten las revoluciones del motor. Ello significa que es imposible revolucionar demasiado el motor.

“Shift lights” indican el momento óptimo para cambiar de marcha.

El conductor de un M3 sabe en todo momento qué programa está activado y en qué posición se encuentra la palanca selectora, ya que no tiene más que consultar el visualizador SMG que se encuentra en el panel de instrumentos, debajo del cuentarrevoluciones. Además, los diodos luminosos llamados “shift lights” entran en acción cuando está activada la modalidad secuencial, indicando cuál es el momento óptimo para cambiar de marcha en función de las revoluciones del motor. Al igual que al volante de un Fórmula 1, el conductor de un M3 dotado del sistema SMG siempre tiene la posibilidad de aprovechar al máximo la potencia de su coche. En la modalidad “S”, la caja de cambios secuencial no sube de marchas automáticamente porque, a fin de cuentas, el conductor que elige esta modalidad opta por un estilo de conducción realmente “activo”.

Para poner la “reversa” hay que mover la palanca hacia adelante y la izquierda, igual que en la caja manual. Al ubicar con una marcha puesta, el coche no puede empezar a rodar involuntariamente.

### **2.3.- VENTAJAS**

Los motores térmicos utilizados en los automóviles, sean de gasolina o diesel sufren ciertas restricciones. Estas derivan del hecho de que las prestaciones del motor dependen del régimen de giro del motor. Tal es así que incluso por debajo de un número de vueltas relativamente elevado, normalmente alrededor de las 1300 r.p.m. el motor deja de funcionar correctamente hasta el punto de que al oponerle una mínima resistencia se para. Es lo que se denomina el calado del motor.

Es pues fácil observar que nos resultará imposible poner en marcha un vehículo de peso considerable. De hecho el rango de velocidades en

el que el motor opera de forma correcta y ofreciendo prestaciones elevadas es relativamente pequeño. Es clara la necesidad de variar la relación de transmisión desde el eje motor al eje de salida, de forma que el vehículo disfrute de la capacidad de desarrollar la mayor gama posible de velocidades con los pares que hagan posible hacer frente a los distintos requisitos de carga, pendientes, etc.

Por lo tanto, es necesario un sistema que posibilite al vehículo circular desde velocidad 0 a máxima velocidad manteniendo el esfuerzo de tracción elevado y reduciendo el consumo de combustible.

Existían dos tipos diferentes que solucionaban este problema. La primera, común en Europa es la utilización de embrague y caja de cambio manual. El embrague es un sistema mecánico que permite la existencia de una velocidad diferencial entre el motor y el eje de entrada de la transmisión. De esta forma mientras el motor gira a una velocidad a la que es capaz de generar un par suficiente, ese par se transmite a la salida poco a poco. Además facilita los cambios de relación de transmisión desacoplando motor y transmisión.

La segunda opción, ampliamente utilizada en Estados Unidos y Japón, es la compuesta por el convertidor de par y cajas de cambio automáticas. Actualmente se han introducido en el mercado cajas híbridas, en las que se utilizan tecnología de las manuales y de las automáticas.

La caja SMG ofrece una función especial muy práctica que permite arrancar en cuestas sin que apenas el coche ruede hacia atrás. Se trata de la «ayuda en cuesta», disponible tanto en la modalidad secuencial como en la automática, dando igual si se arranca hacia atrás o adelante. Para activar esta práctica función, no hay más que pisar el freno y mantener pulsada la tecla izquierda del volante durante unos segundos.

A continuación, al soltar el freno se disponen de dos segundos para poner en movimiento el M3 sin que el coche ruede involuntariamente por la pendiente.

La «ayuda de aceleración» permite acelerar al máximo. Desconectando el sistema DSC y eligiendo el programa S6, el conductor sólo tiene que presionar sobre la palanca hacia adelante y mantenerla en esa posición. Entonces, cuando pisa el acelerador a fondo, la caja sube las revoluciones del motor hasta alcanzar el nivel óptimo para arrancar. A continuación, no tiene más que soltar la palanca y el M3 se lanza a la vez que la electrónica se encarga de evitar que patinen los neumáticos. Esta es una función que únicamente ofrece el M3.

El sistema dispone de numerosas funciones de seguridad, entre ellas aquella que durante cuatro segundos evita que se ponga en movimiento el coche mientras la puerta del conductor está abierta (por ejemplo, al cambiar de conductor). Si durante esos cuatro segundos no se pisa el pedal del freno o del acelerador, la caja cambia a punto muerto hasta que el conductor elija una marcha. Además, si está abierto el capó del motor, tampoco se puede poner en movimiento el coche.



**Fig. 2.17 BMW M3**

El M3 equipado con SMG puede aparcarse estando la palanca en las posiciones «R» (marcha atrás), «S», «A» u «O» (con chivato óptico y

acústico). En estas posiciones también es posible retirar la llave del encendido.

#### **2.4.- DESVENTAJAS**

Este tipo de mecanismos el cual ha solucionado inconvenientes de inconformidad de conductor en lo que se refiere a versatilidad de mejorar su conducción, a provocado de que su construcción sea de lo más costoso ya que para este tipo de cajas de cambios la tecnología aplicada en el es sumamente exigente y por esto únicamente lo traen automóviles lujos los cuales son inalcanzables de adquirir.

Otra de las desventajas de este tipo de transmisión es, que contiene un conjunto electrónico altamente avanzado y los daños que se producen son cuando se conduce por vías en mal estado y por lo tanto provocan roturas internas que son muy costosas de reparar.

El prototipo de la caja secuencial por chaveta móvil tiene la desventaja de que existe una gran fricción entre materiales ya que como se demuestra los engranes rotan directamente en el eje de salida y con esto se tiene un desgaste masivo si los materiales no son los adecuados o sea que el uno sea suave y el otro de un tipo mas duro con el cual se realiza una autolubricación del mismo pero debido a las exigencias: fuerza, torque, velocidad, etc..., se tiene la probabilidad de un daño rápido y costoso.

En si el dispositivo al ser un prototipo se tiene muchas dificultades de fabricación y resistencia las cuales serán cambiadas con las pruebas que se realizan para duración de la misma.

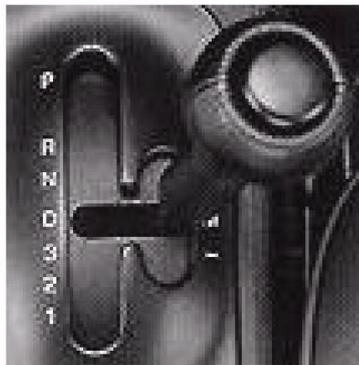
Otra de las desventajas es de que el mecanismo al tener una sistema de rotación en donde el engrane hace contacto directo con el eje

Secundario por lo que se tiene una fricción entre estos dos elementos pero a su vez es disminuida por las ranuras y las dimensiones o espacio que realiza la fricción.

Debido al enclavamiento entre la chaveta, el eje y el engrane, se produce un desgaste del mismo por fricción debido al roce entre las partes haciendo que la duración del material sea muy corta por que se debe realizar muchas pruebas para su optimización y mejoras.

## **2.5.- TIPOS EXISTENTES EN EL MERCADO**

### **2.5.1.- Cajas automáticas con posibilidad de accionamiento secuencial**



**Fig. 2.18 Palanca seleccionadora de función**

Los cambios automáticos han sido tan acogidos que ahora casi la totalidad del parque automovilístico americano cuentan con este tipo de transmisiones. Pero en el mercado europeo no han tenido tanta aceptación bien sea por el aumento que supone sobre el precio final del coche o porque al conductor europeo le gusta participar un poco más en la conducción. Para que esto último no dedujera un problema se crearon los cambios automáticos con funcionamiento secuencial que cuentan con dos modos de funcionamiento: uno totalmente automático en el que el coche se encarga de introducir la relación óptima y otro manual en el que el conductor puede insertar la marcha que quiera y cuando quiera mediante un pequeño toque en la palanca de mando.

Este modo está controlado electrónicamente para evitar que el conductor realice maniobras incorrectas como insertar una marcha demasiado corta a una velocidad tal que se superaría el régimen máximo etc.

Este tipo de cambios apareció por primera vez en 1990 de la mano de Porsche que lo introdujo en su exitoso modelo 911 con el nombre de Tiptronic y pronto marcas como Audi, BMW, Mitsubishi, Honda, Chrysler etc., comenzaron a fabricar sus propias versiones. El cambio Tiptronic fue desarrollado conjuntamente entre Porsche, ZF y Bosch, el primero puso la idea, ZF hizo la caja de cambios y Bosch se encargó del control electrónico.



**Fig. 2.19 Botones de marchas al volante**

En 1995 apareció una nueva versión de este cambio denominada Tiptronic S, que cuenta además con mandos en el volante con los que el conductor puede cambiar de marcha sin perder la concentración en la carretera. Pero el hecho de que estos cambios se accionen desde el volante o con un pequeño toque en la palanca de cambios no quiere decir que se gane en rapidez ya que estos cambios siguen teniendo las desventajas de los convencionales y es que el convertidor de par hace

que se ralentice la entrega de potencia siendo por tanto más lentos que los manuales.

### **2.5.2.- Cambios secuenciales con Drivelogic**

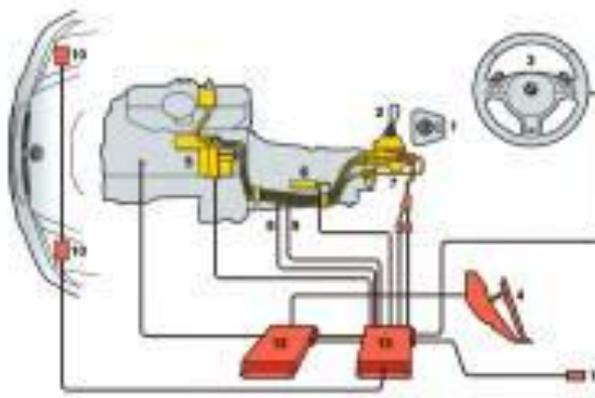
8 centésimas de segundo entre un cambio y otro. Hay quienes para no perder el impulso inicial aceleran a fondo. Mientras el motor ruge y las revoluciones suben, pisan el embrague, mantienen el volante con la mano izquierda, y con la derecha accionan la palanca de cambios. Ni el más rápido de los conductores podría hacer esta operación en 8 centésimas de segundo. Para cumplir este ritual ya no es necesario pisar el pedal del embrague ni soltar el acelerador, tal como se observa en la Fórmula 1, pues los pilotos mantienen todo el tiempo sus dos manos sobre el volante.

La razón es sencilla, los cambios de velocidades se hacen pulsando las teclas ubicadas a los lados del volante. Cada vez que se acciona la tecla de la derecha se engrana una marcha superior, mientras que la tecla de la izquierda sirve para ir bajando de cambio en cambio, todo ello sin tener que quitar el pie del acelerador.



**Fig. 2.20 Cambios al volante o palanca central**

En los bólidos de Fórmula 1, un moderno sistema de gestión electrónica del motor interrumpe la fuerza de tracción del motor durante algunas pocas milésimas de segundo, mientras que la unidad de mando se encarga de efectuar el cambio de velocidad mediante un sistema electrohidráulico y de abrir y cerrar el embrague, por lo cual el pedal del embrague es innecesario.



**Fig. 2.21 Circuito electrónico BMW M3**

Basados en su experiencia en los trazados automovilísticos deportivos, BMW y la empresa Getrag y Sachs desarrollaron la caja secuencial M (SMG II), cuya segunda generación se monta en el BMW M3, trasladando así la tecnología desarrollada en los autos de carrera a los vehículos de serie.

La SMG II es una avanzada evolución de la SMG original. La nueva versión no solo tiene la palanca de cambios secuencial convencional, sino que también dispone de dos teclas en el volante. Así será el conductor quien decida como quiere manejar. Las teclas del volante contribuyen a mejorar el nivel de seguridad activa, ya que usándolas, el conductor no tiene que apartar las manos del volante.



**Fig. 2.22 Palanca central**

Al estilo de los autos de la Fórmula 1, la nueva caja SMG combina la posibilidad de cambiar de marchas secuencialmente y de optar por la modalidad de cambios automáticos. De esta manera el conductor puede elegir entre un cambio secuencial (S) o cambio automático (A). Con la Drivelogic se adaptan las características del cambio de velocidades del sistema SMG al estilo de manejo del conductor, para lo cual dispone de 11 programas diferentes. Cuando el conductor recorta la marcha, el sistema ejecuta automáticamente un desembrague doble. A diferencia de una caja de cambios automática, la transmisión SMG no dispone de un convertidor de par que consume mucha energía y reduce las prestaciones del automóvil.

Con esta caja SMG las prestaciones son ligeramente superiores a las logradas con la caja manual, y además los tiempos conseguidos siempre pueden repetirse. Esta transmisión permite conducir con mayor seguridad y de manera más relajada, pues no hay que estar pendiente de los cambios de velocidad. Los diodos luminosos (shift lights) en el tacómetro indican el momento óptimo para hacer el cambio de marcha, con lo cual se aprovecha al máximo la potencia.

En el modo S, con el sistema Drivelogic el conductor adapta manualmente la dinámica de los cambios de marcha, eligiendo su preferido entre seis programas, que comienzan con el S1 que permite una conducción dinámica reposada, arrancando suavemente en segunda y engranando la 6ta. cuando la velocidad llega a 70 km/h. En el otro extremo está el programa S5 para un estilo de manejo deportivo, que arranca también suavemente, pero la sexta velocidad solo entrará cuando el velocímetro indique 130 km/h. Adicionalmente, en el modo secuencial, si está desconectado el sistema DSC (Control Dinámico de la Estabilidad), el conductor puede conectar la función S6, para manejar al más puro estilo deportivo, con cambios de marcha similares a los de un auto de carreras.

Este programa no se aplica para conducir bajo condiciones normales, sino cuando hay la posibilidad de desplazarse por caminos solitarios o en un circuito. El funcionamiento del S6 es un poco diferente: una vez desconectado el DSC, se presiona y se mantiene hacia adelante la palanca de cambios, simultáneamente se pisa y se mantiene a fondo el acelerador, el sistema electrónico regula automáticamente el número de revoluciones por minuto hasta alcanzar el punto óptimo de arranque a 3500 rpm . Una vez que se suelta la palanca, el M3 sale disparado, las revoluciones suben rápidamente y las shift lights titilan para indicar el momento de cambiar de velocidad.

La caja secuencial M, incide en un mayor nivel de seguridad, pues en situaciones críticas, como por ejemplo al recortar la marcha sobre un pavimento húmedo, el sistema desembraga de inmediato , evitando el arrastre del motor y por tanto que el automóvil derrape. Es una caja fácil de usar, pues ya sea en modo S o en A, al detenerse el automóvil lo pone automáticamente en primera, y lo deja listo para arrancar.

En la modalidad A, la caja hace los cambios automáticamente en función del programa Drivelogic, del estilo de manejo, de la velocidad y de la posición del pedal del acelerador. En A1 se arranca suavemente en segunda. Si al acelerar la velocidad es superior a la mínima que exige el siguiente cambio, el conductor puede provocar ese engranaje con solo soltar ligeramente el acelerador. Lo que indica que en la modalidad A también se tiene la posibilidad de elegir el momento para embragar una velocidad más alta. Los diferentes sensores se encargan de detectar y tener en cuenta las condiciones de manejo del momento.

En las maniobras de adelantamiento, basta que el conductor mantenga el acelerador a fondo para que la caja reduzca las marchas y mantenga el empuje exigido.

Todo este conjunto está controlado por un sistema de gestión electrónica del motor MS S54, desarrollado por BMW, que intercambia datos con la unidad de control de la caja de cambios secuencial M. Ambas unidades de control están conectadas entre sí mediante un bus de datos de alto rendimiento (SMG-CAN).

Once sensores del sistema SMG ejecutan las numerosas funciones especiales de la caja. Uno de ellos es un sensor de aceleración longitudinal mediante el cual es posible disponer de funciones tales como “ayuda en cuesta” o “detección de montaña”.

En el BMW M3 los elementos de mando de la caja SMG funcionan “by wire”. Si está activada en modo A, la caja de cambios secuenciales M cambia de velocidad en función del programa seleccionado por el conductor a través del Drivelogic Control. Si se cambia de modo A a modo S, lo cual es posible aun con el automóvil en movimiento, el conductor puede subir los cambios ya sea con la tecla derecha del volante o con un ligero toque hacia atrás a la palanca anclada en la

consola central. Una señal luminosa debajo del tacómetro indica el modo y el programa activado, y la posición de la palanca.

Para recortar las velocidades, lo hará en sentido contrario, es decir con la tecla de la izquierda o con ligeros toques en la palanca de cambios hacia adelante. En esta operación, el sistema efectúa un desembrague doble, bajando las marchas con mayor rapidez y suavidad. Aun cuando pulsando las teclas varias veces seguidas es posible saltarse algunas velocidades, el sistema electrónico solo permitirá los cambios si las rpm del motor están en un nivel adecuado, evitando así que se sobre revolucione el motor.

En caso de fallar alguno de los procesadores de la unidad de mando de la caja de cambios, el sistema acude a las señales del procesador que funciona en paralelo, con lo que siempre se garantiza el buen funcionamiento del sistema.

En cuanto a la seguridad, se ha previsto, entre otras ventajas, que durante cuatro segundos el sistema evite que el automóvil se ponga en movimiento mientras la puerta del conductor esté abierta, si en ese mismo lapso de tiempo no se pisa el pedal del freno o del acelerador, automáticamente la caja se pondrá en neutro, hasta que el conductor active la palanca para poner el auto en movimiento.

### **2.5.3.- La electrónica y el modo automático**

Hoy en día la electrónica ha llegado también a los cambios de última generación haciendo estos mucho más refinados y además de los programas de conducción típicos de funcionamiento con hielo, económico o deportivo y se habla ya de los autoadaptativos que, como su nombre indican, se adaptan al modo de conducir de cada conductor. Así pues si al conductor le gusta conducir de una manera relajada el

programa insertará las marchas pronto sin estirar mucho el motor y si lo que le gusta es conducir de una manera deportiva dejará que el motor se revolucione mucho antes de insertar la marcha siguiente. Alguno de estos programas cuentan con un modo de reconocimiento del conductor mediante la llave de apertura y así según de quien sea llave que abre el coche, se adaptan los espejos, el asiento y el programa de conducción.

#### **2.5.4.- Caja de velocidades Quickshift 5**

A bordo de los nuevos Renault Twingo Quickshift 5, el pedal de embrague desaparece y aparece una nueva palanca de cambios de tipo "joystick". Para arrancar el motor del vehículo hay que pisar el freno antes de dar un impulso a esta palanca de cambios.



**Fig. 2.23 Renault Twingo**

El modo automático es el modo por defecto en el arranque del coche. Las dos formas de conducir la caja Quickshift 5 pueden ser aprovechadas de la manera siguiente. La caja Quickshift 5 de Renault permite combinar las prestaciones de las transmisiones manuales y automáticas

<b>Caja manual</b>	<b>Caja automática del tipo Proactiva</b>
placer de conducir	facilidad de uso
disponer de 5 marchas	confort en ciudad
Economía de utilización	leyes autoadaptativas
	no se caía el motor
	evita los sobre regímenes de vueltas
	evita la selección de una marcha inadecuada

**Tabla 2.1**



**Fig. 2.24 Tablero Renault Twingo**

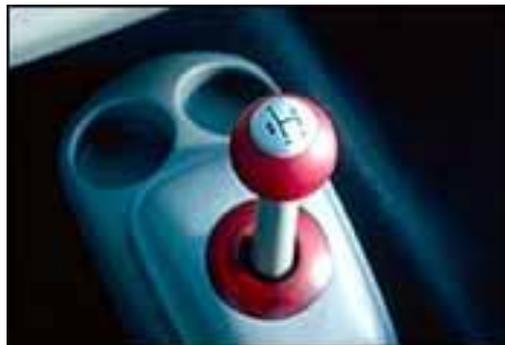
De esta manera, los beneficios aportados por la caja Quickshift 5 pueden resumirse de la manera siguiente:

- elección del tipo de conducción manual para una conducción dinámica y automático para una conducción más confortable

- facilidad de utilización ya que en ninguno de los dos casos el conductor ha de accionar el embrague.
- dispone de 5 marchas en los dos modos de conducción.
- más seguridad, no se puede calar el motor.
- sincronización óptima de la caja que anula los riesgos de cambios inadecuados.
- protección frente a sobre regímenes de vuelta.
- selección de la velocidad más adecuada, al utilizar leyes autoadaptativas.
- buena sensación de freno motor.
- reducción de consumo del orden de un 5% en modo automático con relación a una caja manual tradicional.

### **Modo manual**

El conductor es quien selecciona el cambio de marchas a través de una palanca de mandos de tipo impulsional como el de las cajas secuenciales.



**Fig.2.25 Palanca central**

Un impulso hacia adelante hace subir la velocidad en tanto que un impulso hacia atrás, baja una marcha. Estas maniobras pueden realizarse sin levantar el pie del acelerador.

En el momento del cambio de velocidades, el calculador de la caja actúa sobre el calculador del motor y gestiona el par motor entregado de tal manera que el cambio se produce con suavidad.



**Fig. 2.26 Circuitos**

El punto simboliza la posición estable de la palanca. La letra "N" representa el punto muerto. La marcha atrás (representada por la letra "R") se en-grana mediante dos impulsos sucesivos, uno hacia la derecha y otro hacia atrás, manteniendo mientras tanto bien pisado el pedal de freno.

Es importante tener en cuenta que la caja robotizada Renault no es solamente secuencial sino impulsional. La distinción entre estos dos tipos de cambios radica en que con la secuencial no es posible "saltarse" una velocidad. Así, para ir de 1ª a 3ª, en la secuencial no es posible en tanto que en la impulsional sí lo es.

Ello se lleva a cabo mediante dos impulsos seguidos hacia adelante (+). De la misma forma, a la hora de retener, el conductor puede pasar de 5ª a 3ª (o a segunda) dando dos (o tres) impulsos hacia atrás.

El paso de modo manual a modo automático (y viceversa) se realiza mediante una simple presión en el "interruptor de modo" que se

encuentra en la parte inferior izquierda de la empuñadura de la palanca de cambios.

El cambio de automático a manual se obtiene de igual forma mediante un simple impulso hacia adelante o hacia atrás de la palanca.



**Fig.2.27 Caja de cambios**

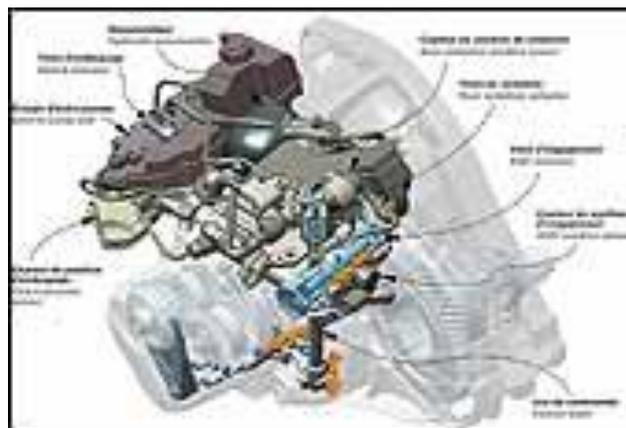
La parte derecha del indicador central informa de la relación engranada en modo manual (1,2,3,4 o 5) la marcha atrás (R) o el punto muerto (N). Si aparece la letra "A" indica claramente que se ha seleccionado el modo automático. En este caso, la relación seleccionada no se indica.

El conductor dispone de una funcionalidad de cambio automático de 5 marchas de la caja manual mediante leyes auto adaptativas. El conductor controla el vehículo mediante el acelerador y freno.

El calculador de la caja selecciona la relación ideal a partir de los datos de entrada. Hay varios factores que entran en juego:

- Velocidad del vehículo
- Aceleración o deceleración del vehículo

- Estilo de conducción (deportivo o sosegado) medido a través del indicador de velocidad y de la forma en que se pisan y sueltan los pedales de acelerador y freno
- El perfil de la carretera, subida o bajada, indicada por la resistencia al avance del coche.
- Además, la caja Quickshift 5 dispone de algunos automatismos de forma que facilitan la utilización y minimizan los errores de conducción que podrían dañar la caja de marchas, el motor o ambos. Estos automatismos son los siguientes:
  - ⇒ Bloqueo del paso a una relación superior en caso de levantar el pie de manera rápida
  - ⇒ Prohibición de pasar a un régimen inferior si existiera posibilidad de daño al motor
  - ⇒ Paso a una velocidad inferior en caso de tirones (pocas vueltas de motor)
  - ⇒ Reducción de una marcha en caso de frenado
  - ⇒ Paso automático a primera velocidad si el conductor lleva el coche por debajo de 7 km/h



**Fig. 2.28 Circuito accionamientos secuenciales**

Esta solución de relación ideal se realiza gracias a las leyes autoadaptativas que forman parte del software del calculador de la caja

de velocidades, como si fuera una caja automática Proactiva. Los pasos de velocidades se realizan mediante la utilización de una lógica difusa (elástica) mediante el calculador. Para hacer más fácil la utilización del vehículo, hay otras funciones de seguridad y de confort que se han integrado en la caja de velocidades.

Hay una función denominada "kick dinámico" que consiste en que cuando se detecta una situación de emergencia (frenazo, adelantamiento, etc.) se realiza un paso a relaciones inferiores para reforzar el aspecto dinámico y salir airoso de la situación comprometida.

Para facilitar las maniobras de aparcamiento, la caja viene equipada con una funcionalidad de "mantenimiento en rampa". Mediante esta técnica, en primera o en marcha atrás, el coche avanza por sí mismo en cuanto se suelta el pedal de freno o el freno de mano. Esta función permite mantener el vehículo en una pendiente ligera.

Contrariamente a lo que sucede en una caja de velocidades automática, la caja Quickshift 5, no dispone de la posición "parking". Por tanto, en los estacionamientos hay que utilizar el freno de mano.

La caja Quickshift 5 dispone igualmente de otra ventaja nada desdeñable para el cliente y que le proporciona economía de uso. En efecto, debido a su concepción basada en la utilización de una caja manual, la caja Quickshift 5 evita los tradicionales pérdidas debidas a rozamientos de las transmisiones automáticas y ofrece de esta manera un excelente rendimiento. El modo automático provisto de leyes automáticas autoadaptativas de lógica elástica, permite una reducción del consumo de un 5% con relación a una caja manual de diseño clásico.

En fin, otra de las ventajas de la caja Quickshift 5 sobre Renault Twingo es su completa compatibilidad con la climatización. La opción de climatización no estaba, hasta ahora, disponible en versiones de Renault Twingo equipadas con cajas de velocidades automáticas.

La otra novedad de la gama Citroën C3, aunque como decíamos anteriormente no llegará hasta septiembre, es la llegada de un nuevo cambio automático de accionamiento secuencial y con mandos en el volante. Aunque según la denominación de Citroën se trata de un cambio manual pilotado. Esta nueva caja de cambios estará unida en un principio solo a la motorización de gasolina de 1.6 litros con 110 caballos en el que por el momento es el buque insignia de la gama.

#### **2.5.5.- Citroën C3 Hdi y automático**

Este cambio, denominado Sensordrive ofrece dos posiciones de funcionamiento diferentes. Por un lado existe el modo manual en el que el conductor mantiene siempre el control de la marcha en la que circula y por otro el automatizado.



**Fig. 2.29 Palanca central Citroën**

En el modo manual el conductor puede seleccionar la marcha en la que quiere circular en cada momento de dos formas diferentes que se

pueden alternar de cualquier manera. Se trata de la posibilidad de accionar una pequeña palanca de cambios en la posición que habitualmente ocupa la palanca normal. Pero además, su conductor tiene la posibilidad de seleccionar las marchas mediante dos pulsadores situados en la parte de atrás del volante. El mando derecho sirva para subir marchas (pasar de segunda a tercera, de tercera a cuarta, etcétera) mientras que el de la izquierda es para bajar marchas (o dicho de otra forma, para reducir). Por razones de seguridad, para poner punto muerto o para accionar la marcha atrás, sólo se puede hacer con la palanca situada en el centro de la parte delantera del habitáculo.



**Fig. 2.30 Botones al volante**

En cuanto al modo automático, junto a palanca del cambio existe un botón "auto" que al pulsarlo permite a su conductor olvidarse del manejo del cambio. Para un mayor control por parte del conductor, cuando se circula en esta posición aparece en el cuadro de instrumentos junto a la indicación de la marcha en la que estamos circulando otra que indica Auto. También por razones de seguridad, para poder poner en marcha el vehículo se debe accionar el pedal del freno.



**Fig. 2.31 Citroën WRC**

### **2.5.5.- Una caja de velocidades manual automatizada**

Técnicamente hablando, la caja de velocidades Quickshift 5 (JHR) ha surgido de una caja transversal mecánica de 5 velocidades (JH) Renault como las que dentro de poco se fabricarán en la factoría sevillana. Esta caja robotizada es una caja manual sobre la que se ha instalado un módulo que posibilita el automatismo de las funciones de embrague, desembrague y cambio de velocidades.

Este sistema es obligatorio que se encuentre acompañado de una gestión del par motor en el cambio de marchas con el fin de sincronizar el embrague y de optimizar los tiempos de paso de las velocidades. Se apoya igualmente sobre otras tecnologías como los sistemas de inyección multipuntos, electrónica de pilotado o la caja de mariposas motorizada.

La caja Quickshift 5 está activada por los principales elementos siguientes:

Calculador de la caja de velocidades que pilota los cambios de marchas. Para disponer de todos los datos referentes al coche, se encuentra conectada al selector de modo de conducción del coche, de las marchas, del contactor del pedal de freno y del calculador del motor.

Puede, igualmente, tener en cuenta factores tales como la inclinación de la carretera o el tipo de conductor (tranquilo, deportivo, etc).

El calculador del motor que gracias a las informaciones surgidas del calculador de la caja de velocidades ajusta a su mejor valor el par motor y el régimen de giro, actuando sobre la inyección y avance de encendido.

El robot de cambio de marchas que asegura el paso de velocidades y que está compuesto de diferentes sistemas a base de cilindros hidráulicos (para las funciones de embrague y desembrague, para la selección del cambio de marchas) y de un grupo electro hidráulico que proporciona la energía necesaria para cambiar de marcha.

Con el fin de poder integrar perfectamente todos estos elementos, Renault Twingo ha adoptado la técnica del multiplexado. Es preciso recordar que los sistemas de multiplexado hacen que la comunicación sea más rápida entre los calculadores que actúan y fundamentalmente en el caso de la caja Quickshift 5, entre el calculador de la caja de marchas y el de inyección del motor.

Una caja sin mantenimiento.

Además de que resulta más fácil de mantener, la caja Quickshift 5 ha sido diseñada para que el cliente no tenga que mantenerla, ya que no tiene ningún elemento de desgaste. Con un tipo de aceite especial que no se cambia nunca (como en el resto de las cajas de velocidades mecánicas Renault) bastará un simple control del nivel de aceite en las operaciones de mantenimiento periódicas

### **2.5.6.- Cajas manuales sin embrague**

Este tipo de cajas de cambio son manuales convencionales. Sin embargo el conductor no tiene pedal de embrague. Poseen un sistema de embrague electrónico. El modo de funcionamiento es el siguiente.

Cuando queremos cambiar de marcha levantamos el acelerador y vamos directamente a la palanca de cambio. Un sensor de presión detecta que tenemos intención de cambiar de velocidad, por lo que el embrague electrónico desembraga y entonces se permite que se mueva la palanca. Una vez que la palanca ha llegado a su posición y se deja de ejercer presión, el sistema embraga y se continúa la marcha.

Los sistemas Saab Sensonic, Renault Zoom, Alpina B10, Mercedes clase-A y Smart MCC son unos ejemplos de este tipo de tecnología.

### **2.5.7.- Cajas manuales con accionamiento automático**

Estas cajas de cambios tienen una arquitectura interna muy parecida a las cajas de cambio manuales convencionales. La diferencia está en que en las convencionales el conductor se encarga de pisar el embrague y cambiar de marcha, mientras que en este tipo de cajas un accionamiento cambia la velocidad cuando el conductor apriete un botón o palanca. Estas cajas de cambio también permiten un funcionamiento automático, en el que el coche cambia de velocidad sin que el conductor se preocupe más que de acelerar y frenar.

Las principales ventajas son su precio, su pequeño tamaño y la rapidez de cambio, por lo menos tan rápida como la manual. Sin embargo hay que señalar que el cambio es un poco más brusco que el automático. Vamos a analizar un poco más detenidamente las cajas más conocidas con este tipo de tecnología.

### 2.5.8.- Ferrari F355 F1

El Ferrari acelera de 0-100Km en 4.7 seg. Esta cifra refleja que no hay pérdida de rendimiento, lo que supone una importantísima ventaja con respecto al cambio Tiptronic.



**Fig.2.32 Transmisión caja de velocidades**

El sistema Ferrari se basa en una caja manual de 6 velocidades, en la que se ha introducido un embrague electrónico y un actuador de alta presión para el cambio. Tiene tres modos de funcionamiento:

- a.- Modo totalmente automático, generalmente utilizado para conducción urbana, en la que un ordenador se encarga de cambiar la velocidad teniendo en cuenta las revoluciones del motor, la carga y la posición del acelerador. Este funcionamiento no es tan suave como el de una caja con convertidor de par.
  
- b.- Modo deportivo, en el que la caja de cambios queda a disposición del conductor. El cambio de velocidades se realiza tirando de unas paletas que se sitúan en la columna de la dirección

justamente detrás del volante. La derecha sube velocidades y la izquierda las baja. Se puede llegar hasta 8000 r.p.m.

El cambio a una velocidad superior se realiza en tan solo 0,15 seg., gracias al actuador de alta presión y al embrague electrónico.



**Fig. 2.33 Botones al volante**

c.-Modo semiautomático. Es prácticamente igual que el modo deportivo, en el que el conductor tirando de las paletas cambia de velocidad. Sin embargo, si llegamos a superar las 6000 r.p.m., el ordenador se encarga de cambiar a una velocidad mayor.

De esta forma, reducimos la aceleración, pero obtenemos unos cambios más suaves. En el nuevo Ferrari 360 Modena se ha retocado un poco el software del ordenador, concretamente cuando reducimos una marcha, el motor se acelera antes de engranar la velocidad, lográndose un cambio más suave.

## **2.5.9.- Alfa Romeo's Selespeed**

Esta tecnología se ha heredado de Ferrari. La operación es prácticamente igual, pero se han introducido algunas modificaciones, ya que la naturaleza de los Alfa Romeo no es tan deportiva como la de los Ferrari. Las principales diferencias son que se monta en una caja de 5 velocidades y que el cambio es más suave pero más lento.



**Fig 2.34 Accionamientos**

Los cambios se realizan mediante unos botones situados en el volante. Cuando se pulsa un botón de cambio, la inyección reduce la potencia del motor, después actúa el embrague, luego el actuador hidráulico se encarga de engranar la siguiente velocidad, se vuelve a embragar y el motor continúa dando potencia. Existen tres modos de funcionamiento.

1. Modo normal, en el que el proceso de cambio se realiza entre 1 y 1,5 seg.

2. Modo sport, en el que el proceso de cambio se realiza en 0.7 seg. Este modo se activa automáticamente si superamos el 60% del recorrido del acelerador o si sobrepasamos las 5000 r.p.m.
3. Modo automático, simula a una caja completamente automática.

### **2.5.10.- BMW M-Secuencial**

BMW, con la salida de la caja manual semiautomática de Ferrari, introdujo en el M3 la caja E36. El sistema de operación es muy parecido. Sin embargo, las marchas se cambian mediante una palanca de tipo secuencial. Al lado de la palanca tiene un botón que introduce la posibilidad de gestión totalmente automática. Esta caja, tiene peor rendimiento que la manual que se monta en el mismo coche. Sin embargo, permite al conductor concentrarse más en la conducción, el acelerador y los frenos.

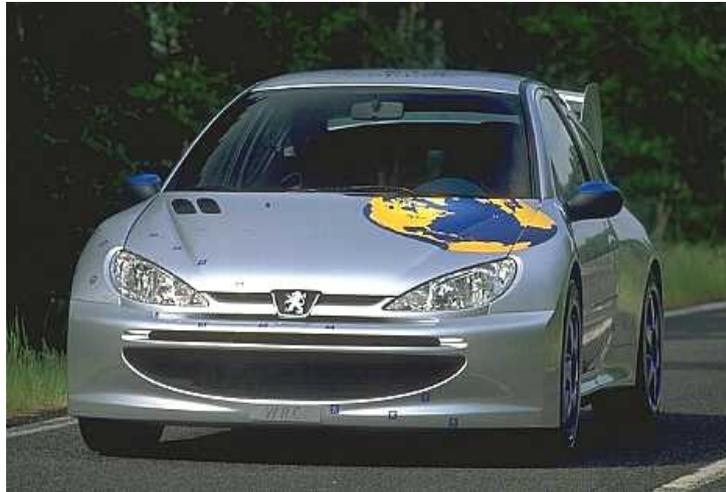
### **2.5.11.- EL 206 TAMBIÉN AUTOMÁTICO**



Apenas transcurridos cinco meses desde su aparición en el mercado, la gama 206 se enriquece con una nueva versión dotada de una caja de cambios automática de gestión electrónica y "autoadaptativa".

Se trata del **206 XT 75** de 5 puertas, equipado con el motor de gasolina TU3JP, de 1.360 CC que desarrolla 75 CV de potencia máxima y un par de 11,5 mkg, a 2.600 r.p.m., al que se le ha acoplado la caja de cambios AL4, de cuatro relaciones y marcha atrás. En este tipo de caja de cambio, el conductor puede disponer de un programa autoadaptativo, con nueve leyes diferentes, que permite elegir, la mejor adaptada al estilo de conducción, así como al perfil de la ruta, temperatura del motor y carga del vehículo. Aparte, tres pulsadores

situados en las proximidades de la leva de mando de la caja, permiten seleccionar, la primera velocidad, un programa denominado de "conducción deportiva" u otro de "débil adherencia". Con esta nueva propuesta de caja, Peugeot completa su oferta de automatismo a todos los modelos de su gama, y ofrece a sus clientes amantes de este tipo de mecánica, la posibilidad de conducir un 206 al que se le ha acoplado la tecnología más avanzada.



**Fig.2.35 Peugeot 206**

En España, el mercado de los vehículos dotados de cajas de cambio automáticas no llega al 1% de las ventas, mientras que en países como Suiza superan el 25%, en Suecia llegan al 15,8%, en Gran Bretaña al 12,6 % y en los Países Bajos se acercan al 10%, correspondiendo el mayor peso a los vehículos del segmento superior. Dentro del segmento B, la tasa de automatización es del 5,7% en Suiza, el 5,5 en los Países Bajos, el 3,8% en Gran Bretaña y el 2,6 en Suecia, en tanto que en España este porcentaje sólo alcanza el 0,5%, lo que indica el enorme campo de posibilidades que este tipo de mecánica tiene para captar los clientes españoles, aún poco informados de las ventajas que ofrecen las cajas automáticas, tanto a nivel de comodidad en la conducción como en

su mantenimiento, con un consumo que está a un nivel similar al de las cajas convencionales.

### **CAJA DE CAMBIOS AUTOACTIVA AL4**

Desarrollada conjuntamente por Renault y PSA, Peugeot Citroën, está constituida por un convertidor con "lock-up" de dos trenes epicicloidales, tres bandas de freno y un par de transferencia del movimiento hacia el diferencial. En las proximidades de la caja se ubica todo el sistema de gestión electrónica, conectada al calculador de inyección multipunto del motor, así como al encendido.

#### **El pilotaje**

Un calculador Siemens está encargado de administrar la caja automática dotada del sistema de auto-diagnóstico, memoria programable y una logística de programación. Esta última, comprende treinta y dos reglas basadas en comportamientos subjetivos de los conductores. De esta manera, el calculador puede analizar e interpretar lo que demanda el conductor ante una situación determinada, en relación a su comportamiento durante la conducción, (posición del acelerador, esfuerzo en el pedal, régimen y par motor, régimen de la turbina del convertidor, velocidad instantánea y media del vehículo, etc.).

Mientras que las cajas automáticas tradicionales disponen de dos criterios de cambio de velocidad (confort y deportiva), seleccionables, además, manualmente, la caja AL 4 se adapta automáticamente al estilo del conductor, gracias a nueve leyes de cambio auto-adaptables, tres específicas del tipo de conducción (económica, media o deportiva), otras tres según el tipo de ruta, teniendo en cuenta la carga del vehículo (fuerte / débil subida, o descenso) y las tres restantes, relacionadas con las condiciones térmicas (arranque en frío, temperatura del motor y antipolución).

Gracias a la gestión electrónica establecida en el sistema, se obtienen funciones puntuales como el "kick down" o retroceso automático de una o dos relaciones, sin manifestar puntos duros durante el accionamiento rápido del pedal del acelerador.

### **La palanca de velocidades**

El mando de la palanca de cambios está situado en la consola central sobre una rejilla dispuesta en escalera. El posicionamiento de los distintos programas de marcha se indican sobre una viñeta dotada de diodos electro luminiscentes colocados en el cuadro de instrumentos frente al conductor. Un dispositivo interno en la caja garantiza el bloqueo de la palanca sobre cada una de las 6 posiciones posibles. A su vez, un resorte retrae automáticamente a esta palanca hacia la izquierda de la rejilla, la cual, debido a su diseño, permite un paso rápido "marcha adelante marcha atrás" y viceversa, gracias a un corte en rampa.

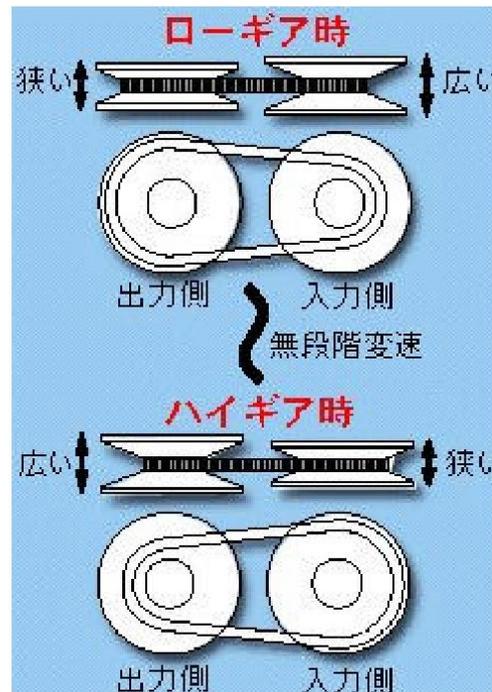
Cerca de la letra "P", que corresponde a la posición de parking (la caja en esa situación está bloqueada), se distingue una viñeta que representa la acción de frenado, lo cual constituye una llamada al conductor para que, estando el vehículo parado, la palanca se sitúe en esa posición.

La relación del puente para esta caja es de 23:73 (0,3151). La caja de cambios automática AL4 no precisa prácticamente mantenimiento, ya que está engrasada de por vida, siendo únicamente necesario el control de nivel de aceite cada 60.000 kms.

### **2.5.12.- Cajas de variación continua CVT (Continuous Variable Transmission)**

En teoría, las cajas de cambio de variación continua son el diseño perfecto, ya que varían la relación de velocidades continuamente, por lo que podemos decir que es una transmisión automática con un número

infinito de relaciones. Como resultado, en cada caso se puede elegir la relación de transmisión más adecuada para obtener un rendimiento óptimo, tanto en aceleración como en consumo. Nos podemos mover por la curva de potencia máxima, algo imposible con las cajas automáticas o manuales, en las que se producía un escalonamiento entre las diferentes velocidades.



**Fig.2.36 Mecanismo por variación de la banda**

La teoría de funcionamiento de estos mecanismos es muy simple, tal y como se va a explicar en la siguiente figura:

El secreto está en una correa que transmite el movimiento entre dos poleas. La polea conductora es la que proviene de la salida del motor y la conducida es la que va al eje de transmisión. Las poleas no son fijas, si no que están constituidas por dos platos móviles que se ensanchan o se encogen tal y como se ven en la figura. Cuando abrimos el plato del eje del motor, la polea se mete entre los platos, por lo que la polea secundaria se cierra. El resultado es una relación de transmisión baja.

Por el contrario, cuando se cierran los platos primarios, el radio de la órbita en la correa primaria es mayor, por lo que la relación de transmisión aumenta.

Por lo tanto, controlando la apertura de los platos de las poleas podemos obtener diferentes relaciones de velocidades. Además se trata de una relación continua, ya que podemos realizar desplazamientos de los platos tan pequeños como queramos. Cabe destacar que cuando el radio de una polea varía, también varía la otra, ya que la longitud de la polea es fija. Esto produce que el efecto de cambio de relación de velocidades se multiplique.

Sin embargo, este tipo de cajas de velocidades presente dos importantes inconvenientes en su implementación:

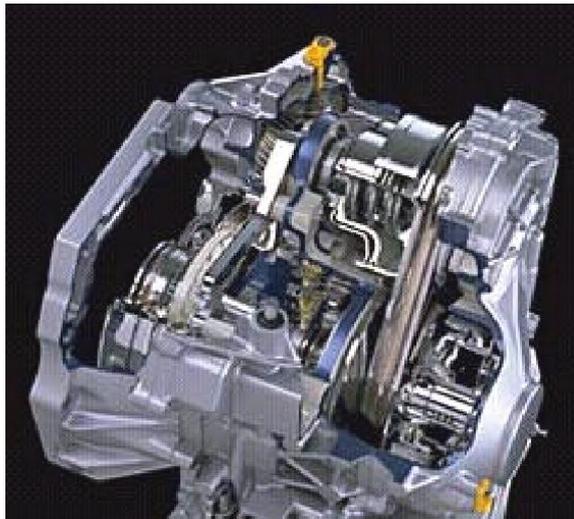
- a) La correa está sometida a unas tensiones muy elevadas.
- b) Es muy difícil conseguir un agarre perfecto entre poleas y correa.

Estos problemas se han solucionado con la introducción de cadenas en vez de poleas de goma. Las cadenas están constituidas por unas piezas transversales que se encargan de asegurar el agarre a las poleas y por otras piezas longitudinales, que consiguen aguantar la tensión a la que se ve sometida la cadena.

En los años 80 se utilizaba este sistema de cambios en coches de pequeña cilindrada, ya que la cadena solo resistía los esfuerzos producidos por motores de bajo par. En la actualidad se han conseguido cadenas que resisten los pares de motores de gran cilindrada. Nos vamos a centrar ahora en describir tres tipos de cajas de cambio de variación continua que existen en el mercado y analizar sus ventajas e inconvenientes.

### 2.5.13.- Nissan M6 Hyper-CVT

A Nissan se le conocía como el líder en el sector de las cajas de cambio, especialmente después del lanzamiento de su M6 Hyper-CVT. Esta caja de cambio, además de tener el modo de funcionamiento automático como todas las CVT, está provista de un modo manual que simula un caja de 6 velocidades, que se adapta perfectamente a todo tipo de conducción. En su lanzamiento fue una revolución, ya que se montó con un motor de 170 Cv y de más de 1200Kg. Sus ventajas eran su precio, su ligereza y su tamaño, en donde superaba a las automáticas.



**Fig.2.37 Vista interior caja de velocidades Nissan M6**

Sin embargo, no era más rápida que las automáticas, no se podía montar en motores con un valor elevado de par y sobre todo producía un efecto goma: cuando pisabas el acelerador, el motor se revolucionaba hasta la cifra de máxima potencia, con el consiguiente nivel de ruido, hasta que el coche comenzaba a acelerar.

#### 2.5.14.- Audi Multitronic CVT

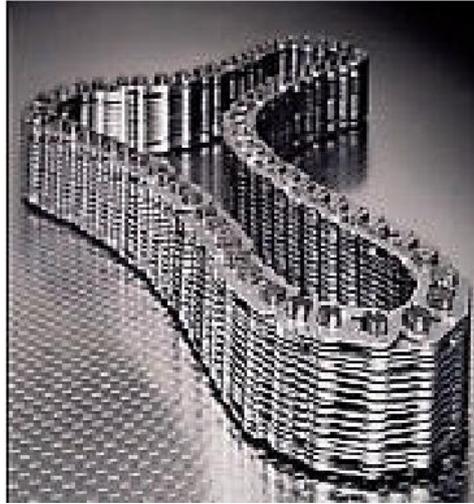
Como hemos señalado en la en la introducción de las cajas CVT, éstas deben ofrecer un menor consumo de combustible así como una mayor aceleración que las cajasmanuales. Sin embargo, hasta que no salió al mercado la Multitronic de Audi, no se obtenían mejores resultados. Ahora en el A6 se puede ver la mejoría del rendimiento: menos consumo y más aceleración.

	<b>0-100Km</b>	<b>Consumo</b>
A6 con caja manual 5 velocidades	8.2 seg.	9.9 l / 100km
A6 Tiptronic 5 velocidades	9.4 seg.	10.6 l / 100km
A6 Multitronic CVT	8.1 seg.	9.7 l / 100km

**Tabla 2.2**

Las diferencias que Audi ha introducido para conseguir este rendimiento son:

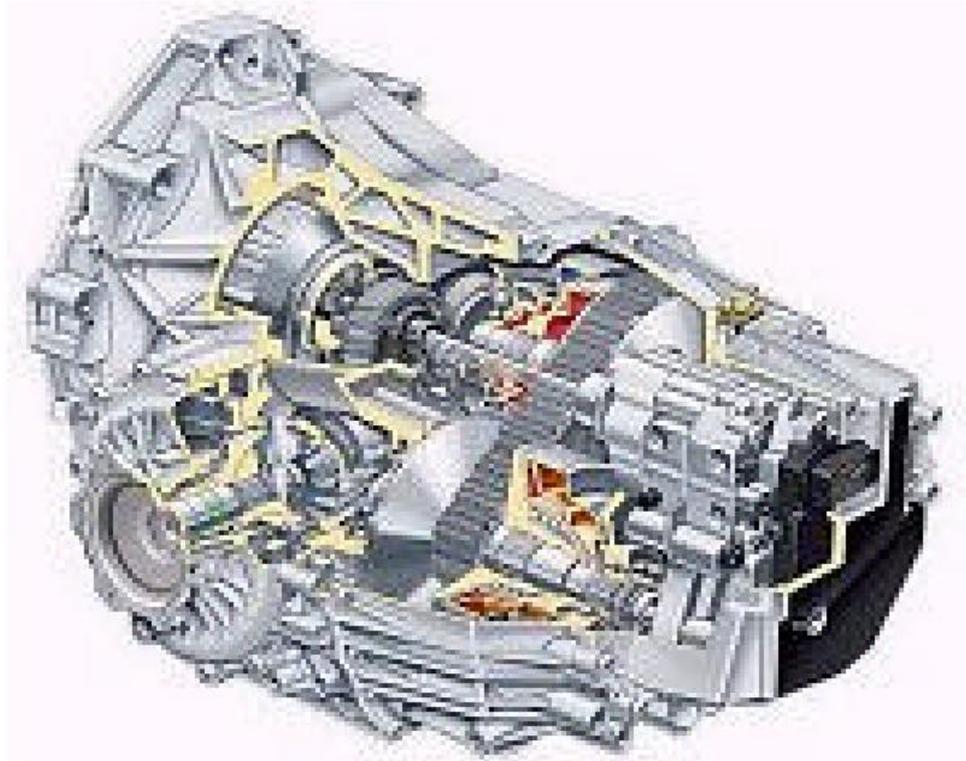
1. Utilizar una cadena en vez de una correa para transmitir el par entre las dos correas. La cadena de acero está formada por 1025 láminas y 75 pares de pines capaz de soportar tensiones superiores a 1,6 toneladas. Es casi tan flexible como la correa, pero mucho más resistente.



**Fig.2.38 Correa de transmisión**

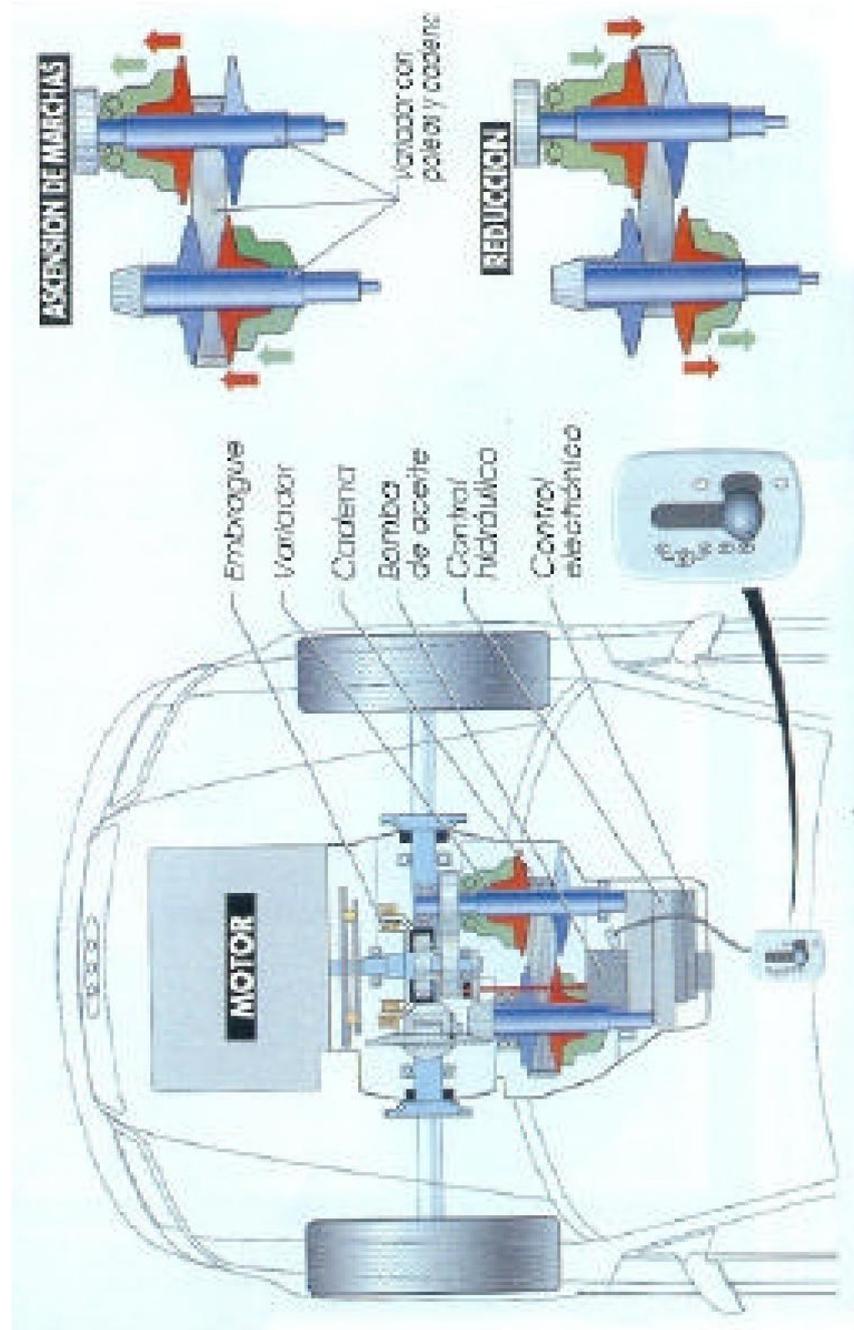
2. Tiene un sensor de par que se encarga de que el variador trabaje de un modo casi automático. Este sensor actúa de modo similar a una válvula de limitación de par y se torsiona de tal modo que cierra o abre los taladros de alimentación hidráulica, generando automáticamente un equilibrio entre el par motor que se transmite y la fuerza de presión. Este factor es un requisito importante para que los cambios del variador sean extraordinariamente rápidos.

Pero el Multitronic además es un sistema inteligente. Sensoriza el régimen de giro del motor para eliminar el efecto goma de los CVT anteriores. Además, un sensor en el pedal del acelerador detecta si el conductor quiere una buena aceleración o un bajo consumo, utilizando la relación adecuada. Por último tiene la posibilidad de cambio secuencial de 6 velocidades, que se consiguen con seis posiciones fijas en el diámetro de las poleas. Cabe destacar que estos cambios se producen sin transiciones y exentos de sacudidas con toda rapidez gracias a una adaptación continua. Para su manejo se pueden utilizar tanto la palanca de cambio como los botones del volante.



**Fig. 2.39 Vista interior del accionamiento**

Una vez más Audi logra asombrarnos con su tecnología. Una vez más lo hace con una caja de velocidades sin engranes, es decir, sin velocidades. Una caja que debería llamarse de transferencia de movimiento, pues es lo que hace de manera continua.



**Fig. 2.40 Funcionamiento Audi Sistem**

El nuevo Audi A4 es totalmente diferente del anterior, aún cuando guardan un parecido de marca y también es similar al A6 de donde se le pueden reconocer algunas líneas.



**Fig. 2.41 Audi A4**

Sin embargo, no se puede negar que el A4 es la más reciente, moderna y atractiva propuesta de diseño de la casa de los cuatro aros. El paso siguiente será conocer el convertible que por más increíble que suene cambiará totalmente pero manteniendo la línea de diseño A4.

### **Magnitud tecnológica**

El A4 nuevo es una pieza única. Se le puede conseguir en México con motores 1.8 litros turbo de 170 caballos con transmisión, manual, tiptronic (automática de cambios secuenciales) o la nueva multitronic (continuamente variable), además del motor de 3.0 litros de 220 caballos con transmisión tiptronic y multitronic.



**Fig. 2.42 Tablero Audi A4**

La tracción total a las cuatro llantas está sólo presente en transmisiones manuales y tiptronic, ya que la multitronic aún no está validada para estos niveles de torque y transferencia de energía requeridos por la tracción Quattro. En realidad le aconsejamos la versión 1.8 litros turbo con la transmisión manual o la 3.0 con la transmisión multitronic.

### 2.5.15.- Nissan Extroid CVT

El sistema Extroid de las cajas de cambio de variación continua es toda una revolución dentro de este tipo de cajas. En vez de usar una correa o una cadena para variar la relación de cambio, se utiliza dos pares de rodillos. Se va a explicar su funcionamiento mediante la siguiente figura.

Como se puede observar, los rodillos unen el eje de entrada (que proviene del giro del motor) y el eje de salida (que va al eje de la transmisión). Variando el ángulo de los rodillos se pueden obtener diferentes relaciones de transmisión.

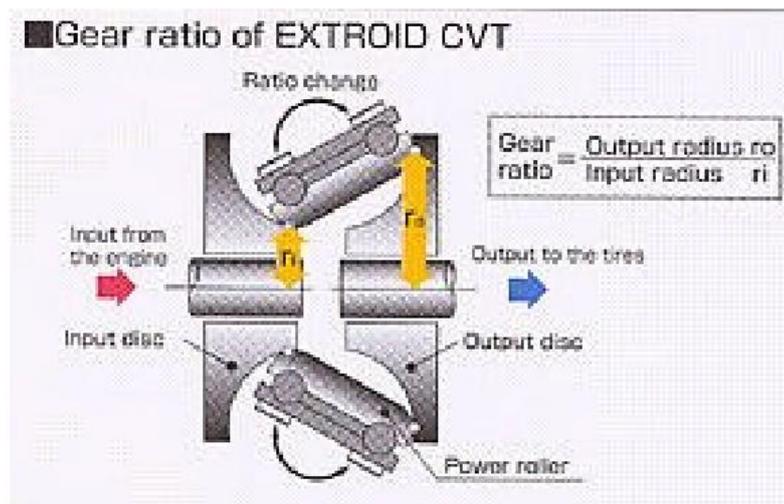
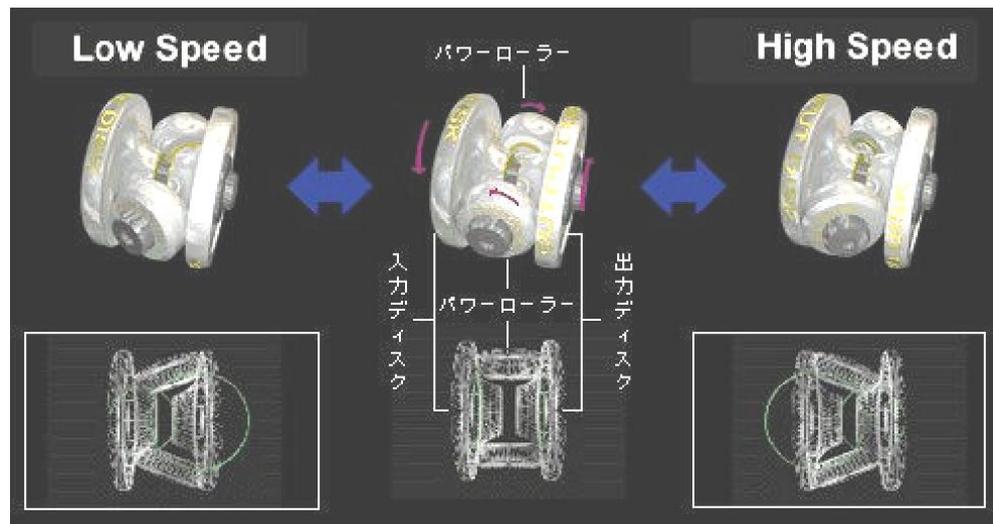


Fig. 2.43 Relación de transmisión Nissan Extroid

Por ejemplo, para unas relaciones bajas, el rodillo asienta en el disco de entrada cerca de su diámetro interior, el más pequeño, por lo que el rodillo asienta en el disco de salida en la periferia. Esto tiene como consecuencia que el disco de salida gire mucho más lentamente que el disco de entrada.



**Fig. 2.44 Velocidades**

Si comparamos este sistema con los de correa o cadena, los rodillos pueden soportar un mayor par. Además como los ejes de entrada y salida son coaxiales, la caja de cambios es mucho más compacta, por lo que se puede montar longitudinalmente.

Un sistema electro-hidráulico se encarga del movimiento de los rodillos. Un aceite especialmente diseñado permite la transmisión de tracción entre los discos a la vez que reduce la fricción y el desgaste.

También existe la posibilidad de accionamiento secuencial con seis velocidades. El mayor problema de esta caja de cambios es su coste y la limitación en la relación de velocidades empleada.

### ■エクストロイドCVTの動力の流れ

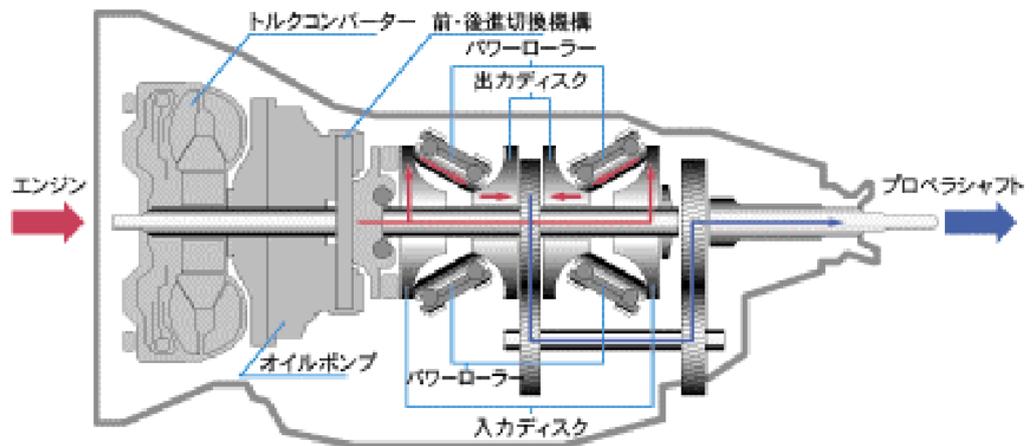


Fig. 2.45 Vista lateral caja de velocidades Nissan

### 2.5.16.- Clasificación de las cajas de cambios según distintos criterios

- Según el mecanismo para variar las relaciones
- Según el tipo de mando
- Según la conexión entre el motor y el cambio

Quizá lo que genera más confusión al catalogar una caja de cambios es su tipo de mando, especialmente en la caja automática. Para una caja manual sólo existe la palanca «en H», ya que los mecanismos secuenciales sólo se usan en competición, no en coches de serie.

Para una caja automática, en cambio, hay distintas posibilidades, que resultan de combinar dos variables: por una parte, si se trata de un mando analógico o secuencial; por otra, si ese mando sirve para seleccionar marchas o para eliminarlas.

Por analógico entiendo aquél en el que hay una posición del mando para cada una de las relaciones de cambio. Por secuencial, aquél en el que hay una secuencia para variar las relaciones, mover una palanca o

pulsar un botón, pero no una posición de esa palanca o ese botón distinta para cada marcha.

Con estos dos tipos de mando hay también dos tipos de funciones. Una es la que llamo «de selección», aquella en la que el movimiento del mando sirve para engranar marchas. En el caso de las cajas automáticas, el mando de selección está supeditado al control electrónico, que evita la inserción de marchas que provocarían un régimen demasiado alto o demasiado bajo en un momento dado.

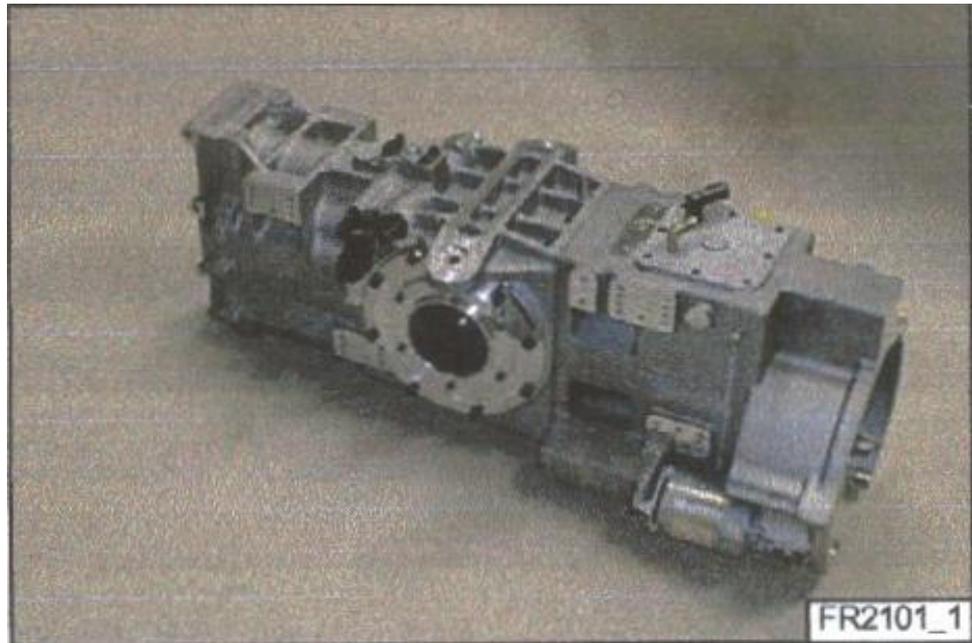
Opuesto al mando de selección está el «de bloqueo». Con este tipo de mando, propio de la caja automática, lo que se hace es eliminar la posibilidad de que el cambio engrane ciertas marchas. Se dice que un cambio de cinco marchas está «bloqueado» en tercera si sólo pueden entrar las tres primeras. Con la aparición de la caja que estrenó el Clase S de 1998 (y que no tiene ningún nombre específico), Mercedes ha aumentado la confusión, ya que tiene un mando secuencial de bloqueo. A diferencia de los mandos secuenciales de selección, el de Mercedes sirve para eliminar marchas, no para engranarlas.

	<b>Caja manual</b>	<b>Caja automática</b>
Analógico de selección	Cualquiera	Alfa Romeo Q-System
Secuencial de selección	Sólo en coches de competición	Fiat Speedgear Porsche Tiptronic
Analógico de bloqueo	No hay	Renault Proactiva
Secuencial de bloqueo	No hay	Mercedes

**Tabla 2.3**

## 2.6.- DESARROLLO TECNOLÓGICO

### 2.6.1.- MANUAL DE REPARACION Y MANTENIMIENTO DE LA CAJA DE CAMBIOS SECUENCIAL RENAULT



**Fig. 2.46 Caja de velocidades Renault F 3000**

#### INTRODUCCION

- La caja de cambios deportiva del Renault, es una SADEV SL75/14 FR 2000, del tipo de 6 marchas hacia delante y una marcha atrás que pueden cambiarse rápidamente.
- El mando de la caja de cambios es secuencial.
- El caja de cambios se ajusta a una limitada combinación del diferencial ZF; las focas de transmisión de trípode se integran dentro del diferencial.
- El interruptor del limitador de revoluciones está integrado en la caja de ,cambios.

- El peso del conjunto armado de la caja de cambios sin el contenido de aceite es de: 45 Kg.

## DATOS TÉCNICOS SOBRE LOS CAMBIOS

Están disponibles tres relaciones proporcionales las cuales no pueden combinarse, dependiendo de las características del circuito.

### Relaciones cortas

Par cilíndrico	1ra.	2da.	3ra.	4ta.	5ta.	6ta.
10	12	16	16	18	21	23
31	36	36	29	27	27	26

### Relaciones medias

Par cilíndrico	1ra.	2da.	3ra.	4ta.	5ta.	6ta.
10	12	17	19	20	20	22
31	34	36	32	28	24	23

### Relaciones largas

Par cilíndrico	1ra.	2da.	3ra.	4ta.	5ta.	6ta.
10	14	18	18	21	20	27
31	37	35	28	27	22	26

### Relación para reversa

14	Transferencia
18	
40	

La proporción inversa es constante.

- La 5ta. marcha en la versión corta (21/27 ) es igual que la 4ta. en la versión larga (21/27).

### L.S.D

- El LSD actúa simétricamente sobre la aceleración y desaceleración.
- Las pendientes usadas en las placas dan un porcentaje de fricción de 45%.
- El precarga en el LDS en un nuevo estado sin usar es 8m.Kg. con una tolerancia de -1.5 m.Kg, +1 m.Kg.

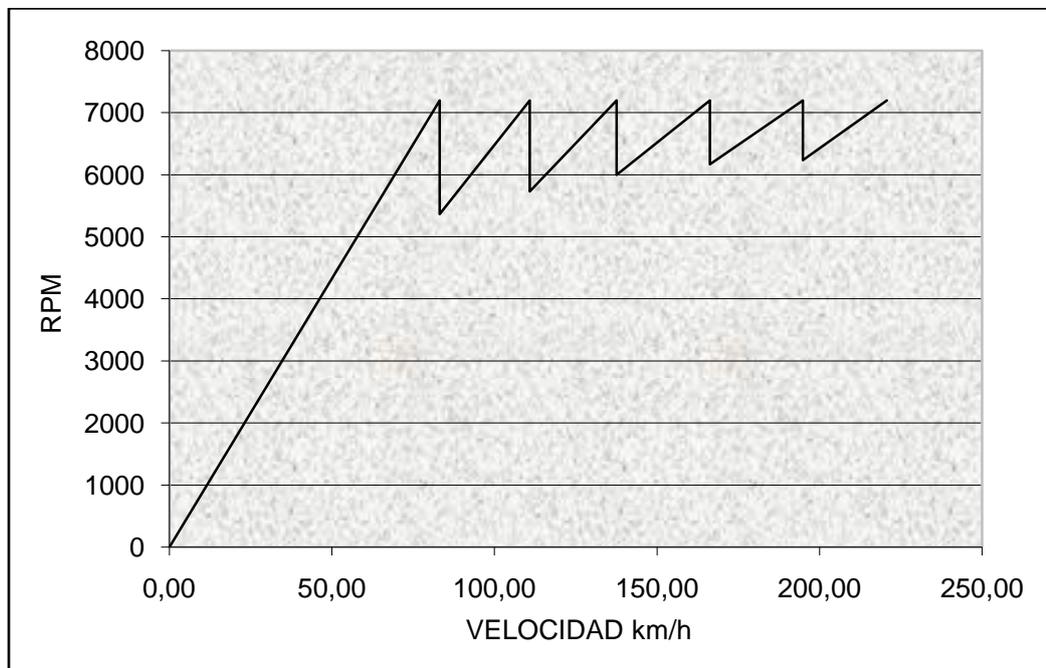
NOTA: El precarga en el LSD es medida con un tirón del torque. Cuando la caja de cambios está en neutral, una rueda se bloquea y medidamente acciona a la otra rueda.

Es normal para el precarga en el LSD reducir por alrededor de 30% después de un periodo de uso.

## DIAGRAMAS DE RELACION DE CAMBIOS

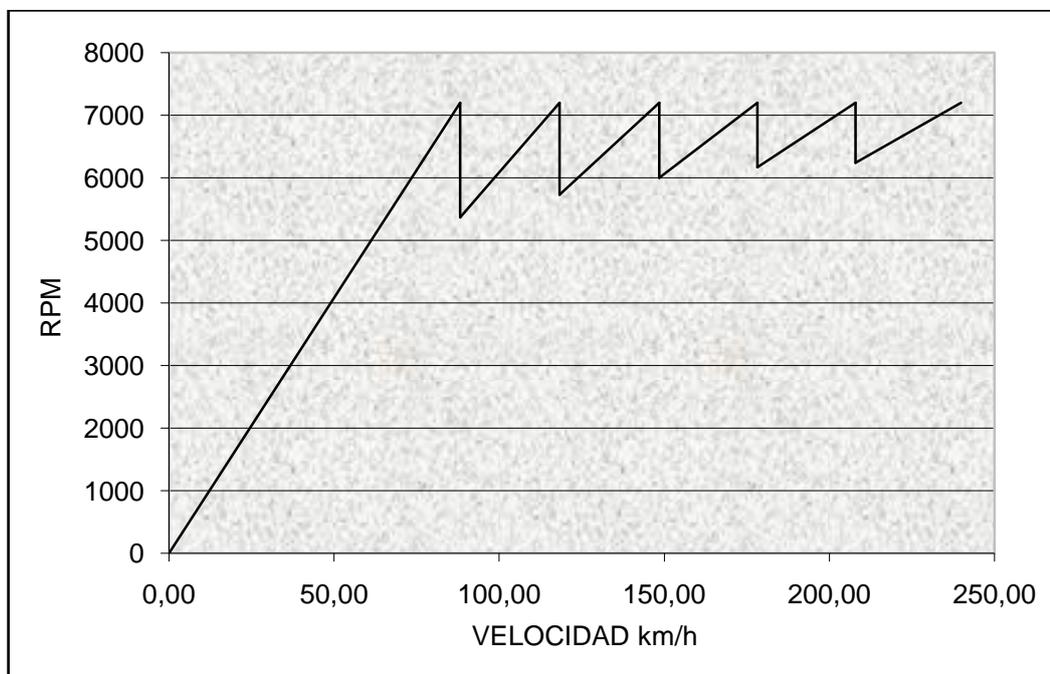
### RELACION CORTA

	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta
Relación	12/36	16/36	16/29	18/27	21/27	23/36
	3,00	2,25	1,81	1,50	1,25	1,13
Desaceleración Rpm	-	1800	1400	1241	1056	844
Km/h	83,14	110,85	137,61	166,28	194,86	220,72



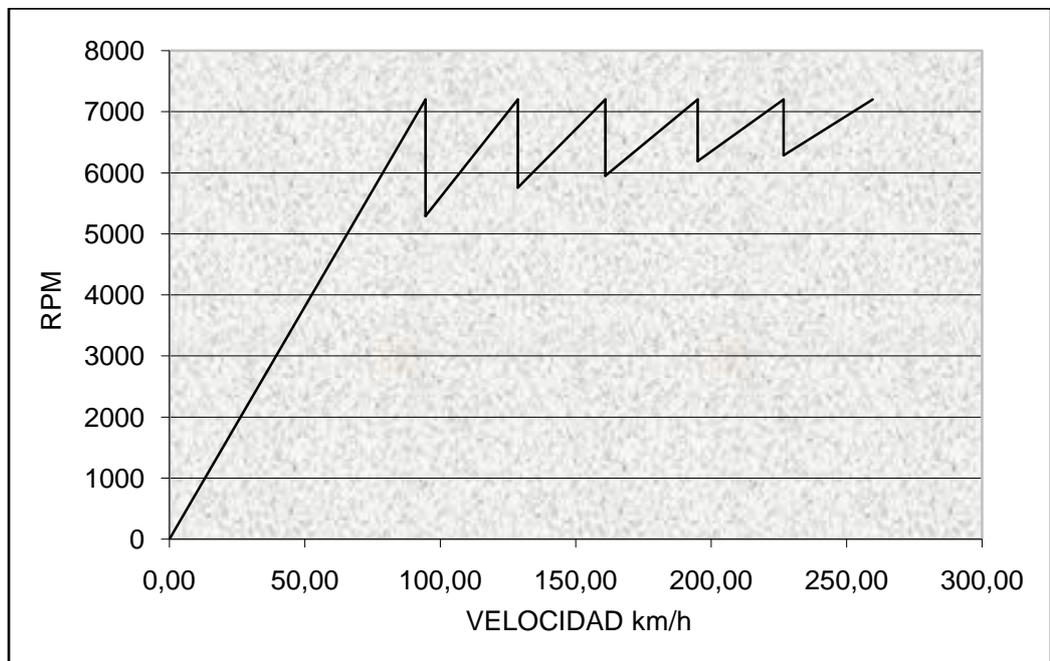
## RELACION MEDIA

	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta
Relación	12/34	17/36	19/32	20/28	20/24	22/23
	2,83	2	2	1	1	1
Desaceleración Rpm	-	1831	1467	1200	1028	960
Km/h	88,13	118,21	148,46	178,16	207,85	239,82



## RELACION LARGA

	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta
Relación	14/37	18/35	18/28	21/27	20/22	27/26
	2,83	2	2	1	1	1
Desaceleración Rpm	-	1909	1447	1254	1013	916
Km/h	94,48	128,57	160,91	194,86	226,74	259,81



## LUBRICANTE

1era.llenada	Frecuencia de cambio	Viscosidad Calidad
Después de los 50 Km	Antes de cada carrera	ELF HTX 752

Nivel;

- El nivel de aceite hasta la apertura 1



**Fig.2.47 Tapón de aceite**

## PRECAUCIONES ESPECIALES

Ningún aditivo debe agregarse al aceite. Las consecuencias resultantes no están en cualquier circunstancia cubierta por el proveedor ahorrado.

## ALMACENAMIENTO Y USO

Tenga particularmente cuidado con cualquier botella que está abierta cuando usó:

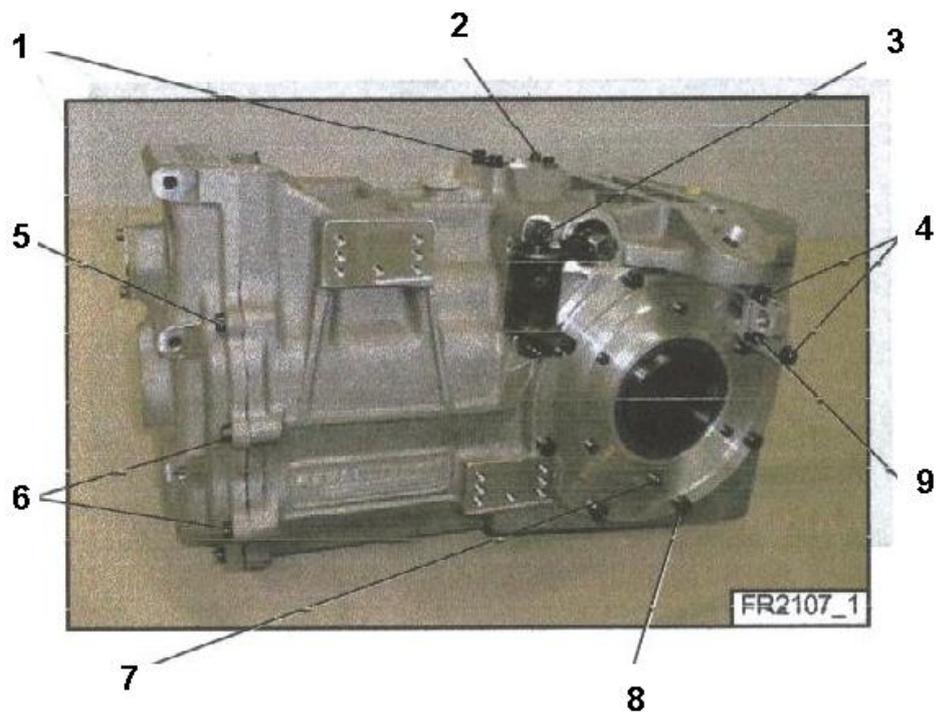
- Cierre de nuevo propiamente la botella después del uso prevenir la introducción de agua o suciedad.
- Almacenar los galones horizontalmente, protegidos del severo clima
- No guarde botellas cerca de una estación del lavado.
- No depositar el aceite en los recipientes más grandes

## LAVADO DE PRESIÓN

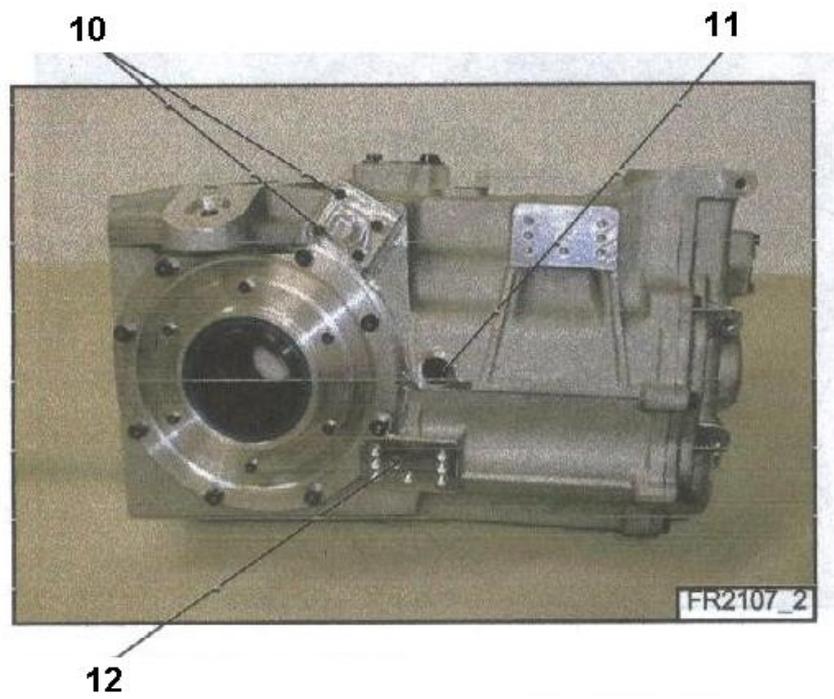
Cuando la caja de cambios es removida, selle todas las aperturas correctamente para prevenir el ingreso de agua en el interior.

	<b>TIPO DE SELLANTE</b>	<b>ELEMENTO</b>	<b>TORQUE Nm</b>
1	Loctite bajo esfuerzo threadlock 222	perno de Fijación	13
2	Loctite bajo esfuerzo threadlock 222	perno guía	6
3	Loctite normal threadlock 243	perno del eje de transferencia externo	22
4	Loctite bajo esfuerzo treadlock 222	perno del seguro del empujador	25
5	Loctite bajo esfuerzo treadlock 222	perno tapa engranes	22
6	Loctite bajo esfuerzo threadlock 222	perno tapa engranes	22

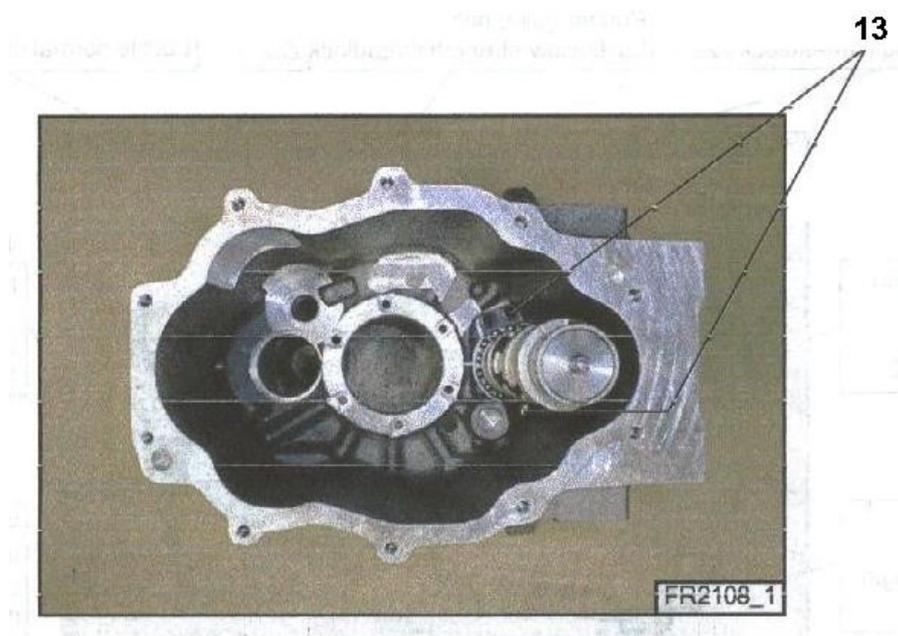
7	Loctite bajo esfuerzo threadlock 222	perno del sello de la placa	6
8	Loctite bajo esfuerzo threadlock 222	perno de la placa derecha	25
9	Loctite bajo esfuerzo threadlock 222	perno del seguro del empujador	22
10	Loctite bajo esfuerzo threadlock 222	Tapa que cierra el perno del bloque	6
11	Loctite alto esfuerzo threadlock 270	perno palanca reversa	55
12	Loctite sealant 577	perno de antirotación del pin de reversa	22
13	Loctite normal threadlock 243	perno retenedor rodamiento	22
14	Loctite alto esfuerzo threadlock 270	Tuerca del eje secundario	180
15	Loctite alto esfuerzo threadlock 270	Tuerca del eje primario	100
16	Loctite normal threadlock 243	perno ajustador de conjunto satélites	15
17	Loctite blockpress 648	perno corona	90
18	Loctite gasket paste 518	Tapa de la junta superior e inferior	
19	Loctite gasket paste 518	Juntura entre la carcasa y la caja de cambios	



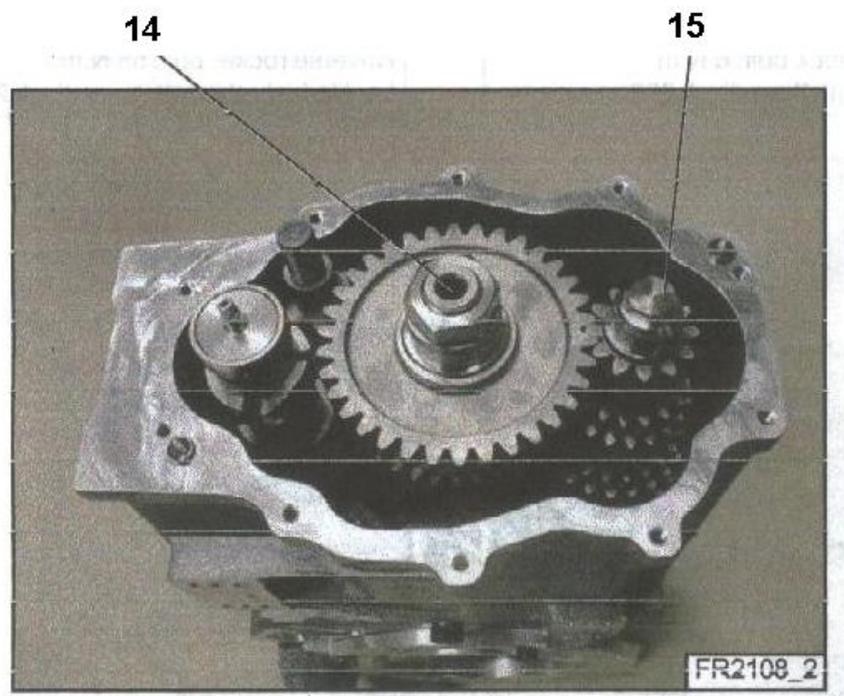
**Fig.2.48 Pernos de sujeción vista lateral derecha**



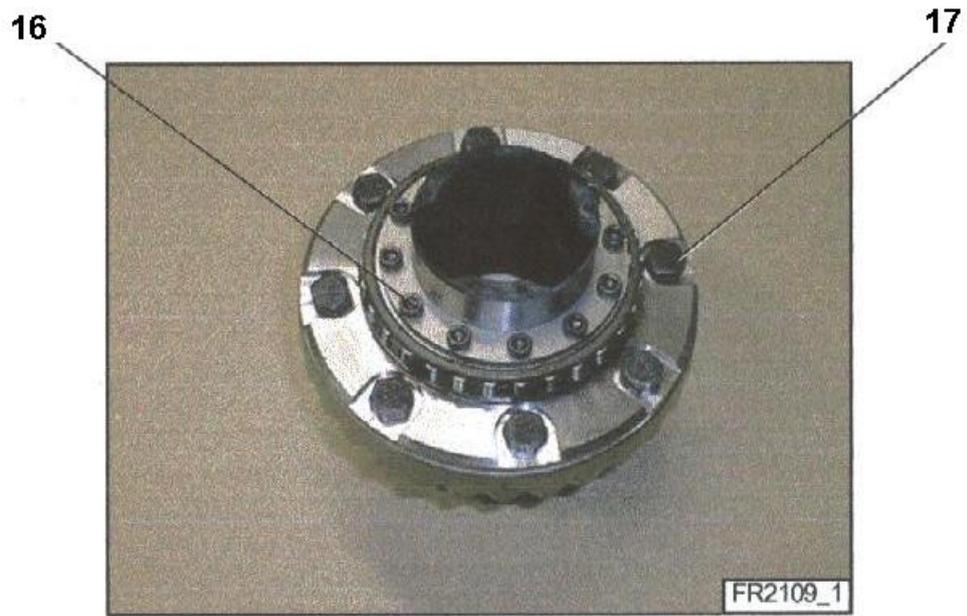
**Fig. 2.49 Vista lateral izquierda**



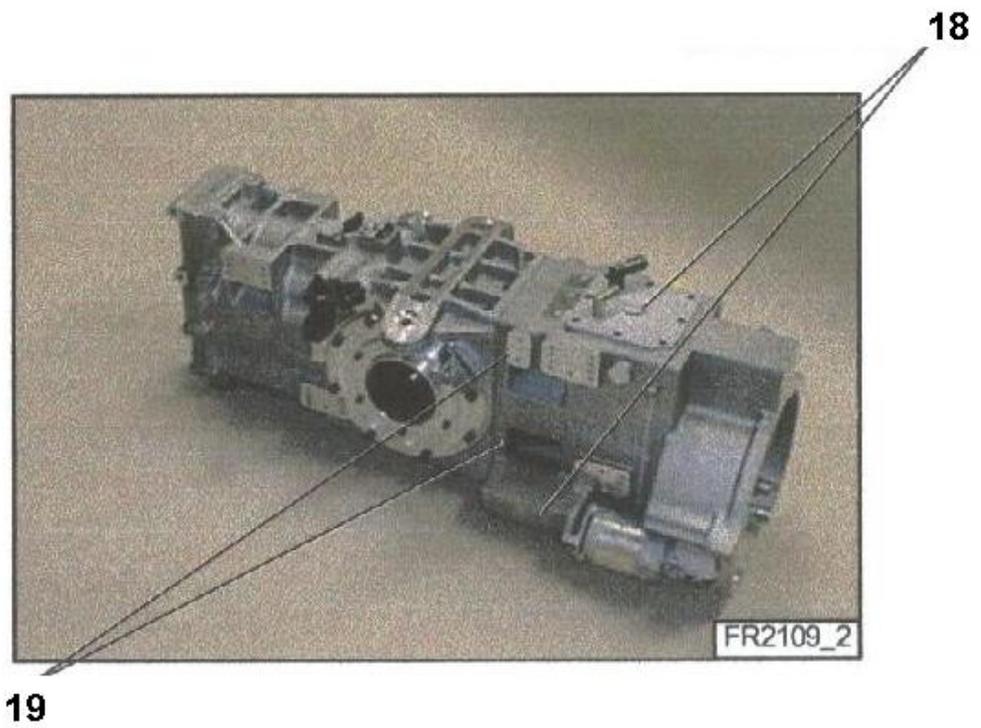
**Fig. 2.50 Carcasa interior**



**Fig. 2.51 Tuercas de ajuste**

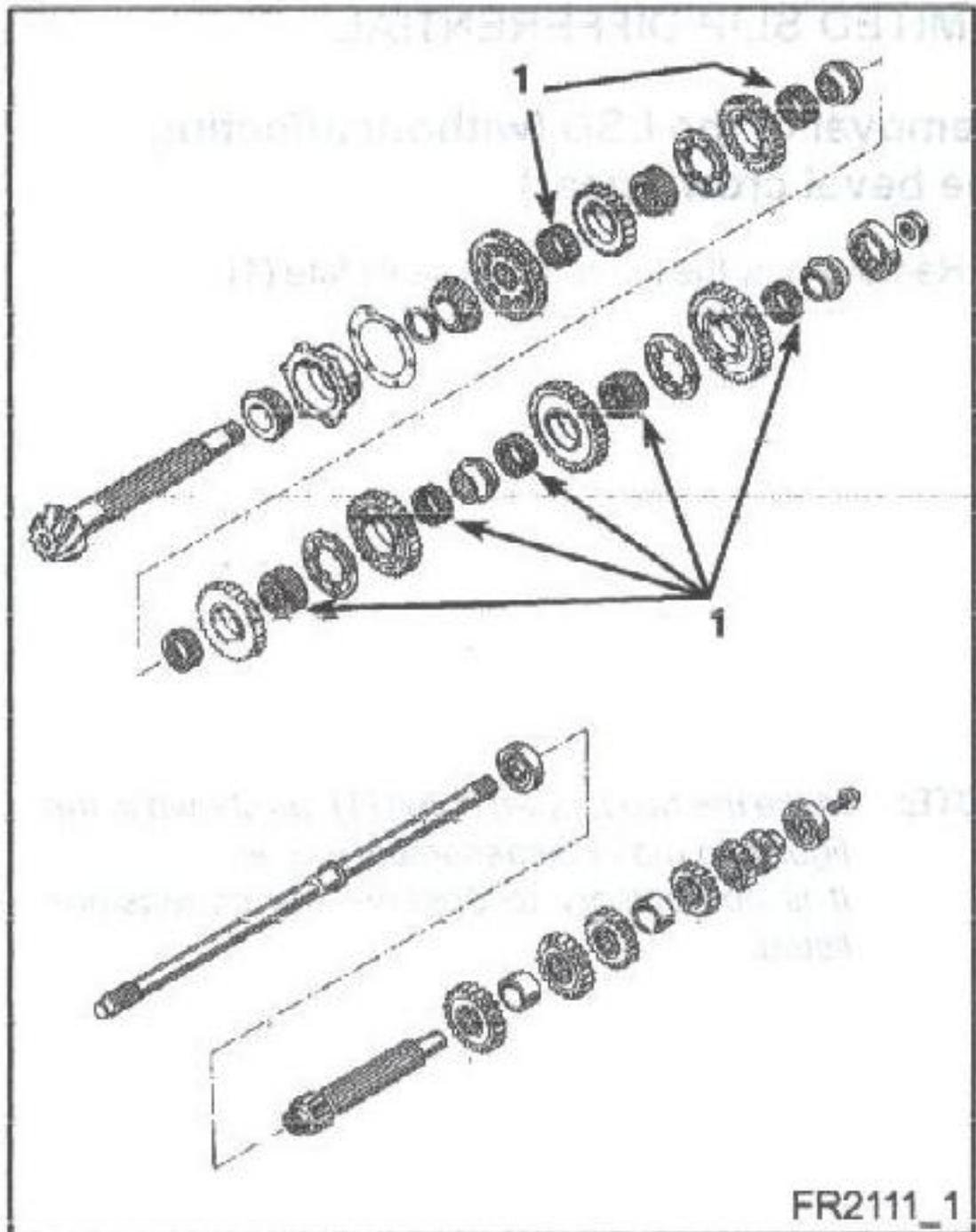


**Fig. 2.52 Corona**



**Fig.2.53**  
**Caja de velocidades acoplada al sistema de embrague multidiscos**

En este grafico se indica con el número 1 los cojinetes o rodamientos dispuestos en los ejes.



**Fig. 2.54 Piñonearía de la caja secuencial Renault**

	ELEMENTO
A	Magneto limpiador
B	Eje selector
C	Tornillo eje secundario
D	Tornillo del eje primario

Fig. 2.55



Fig. 2.56

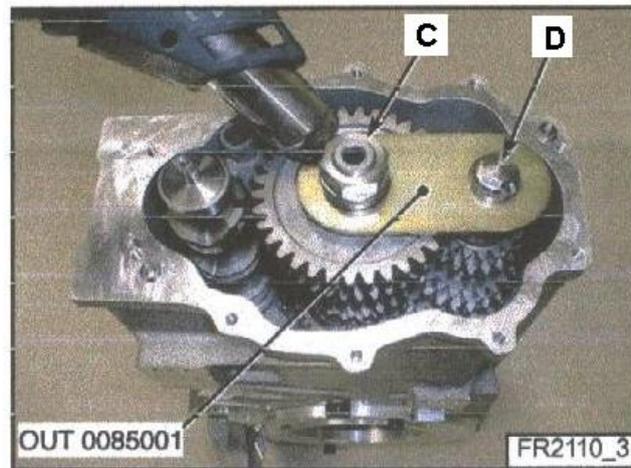
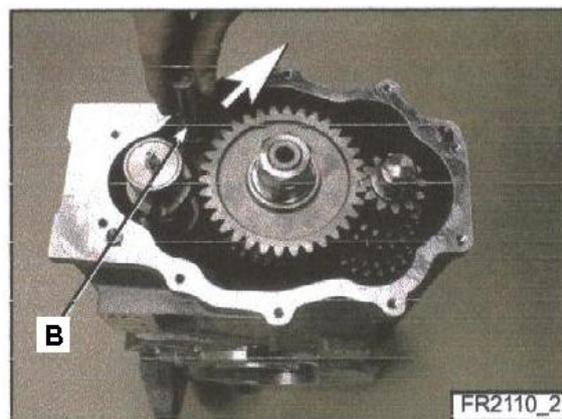


Fig. 2.57



## DIFERENCIAL

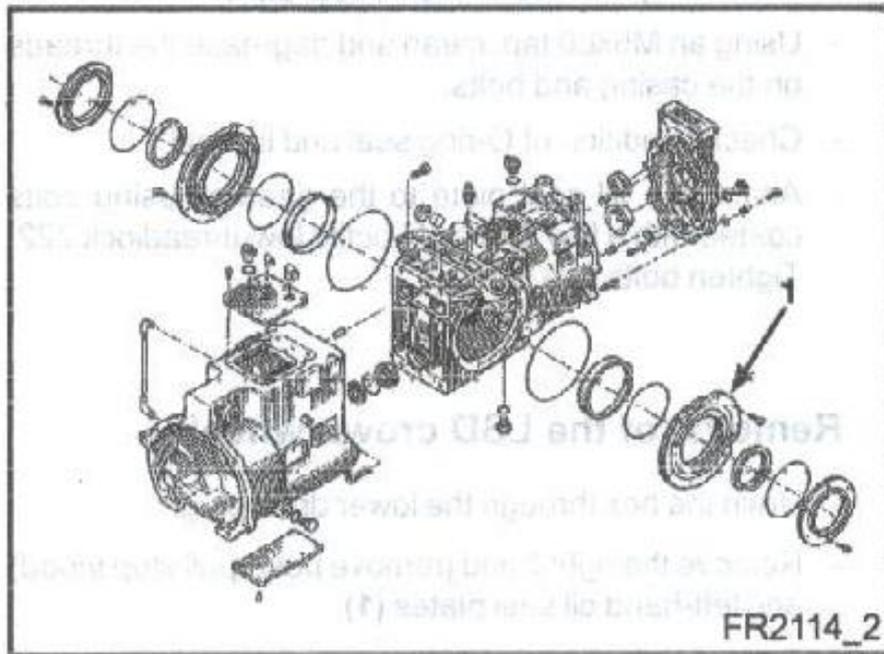


Fig. 2.58 Despiece carcasa

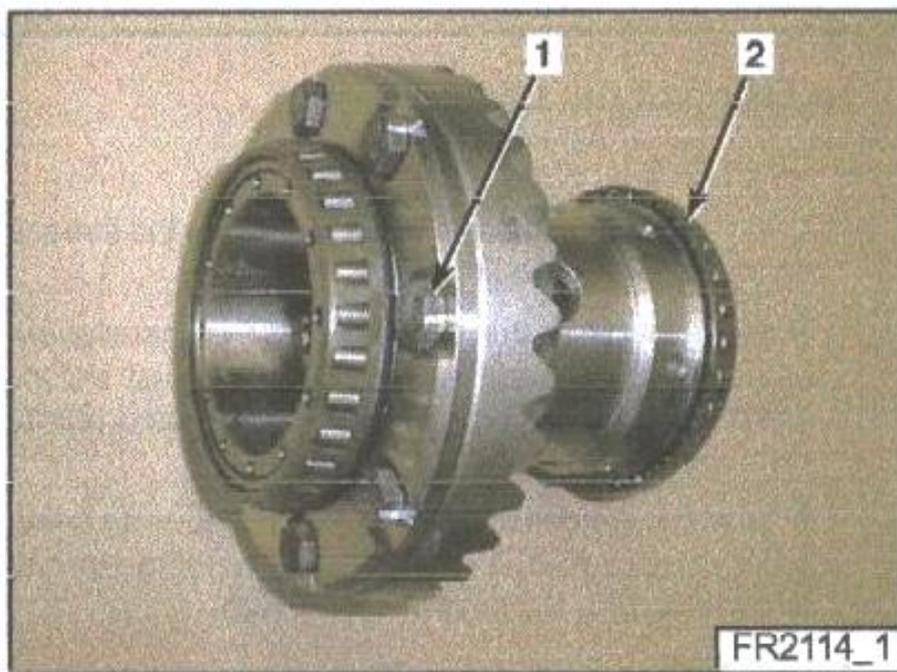


Fig. 2.59 Corona

## 2.6.2.- Proyecto sistema de selección de velocidades semiautomático

### Introducción:

La realización del presente proyecto persigue los siguientes objetivos:

- Dotar al Melmac de un sistema de selección de velocidades semiautomático. Con él, ya no será el propio piloto quien, con su fuerza, engrane las marchas (sí la selección), sino que lo hará el propio sistema.

- Mejorar el diseño de la selección de velocidades en cuanto a comodidad, eficacia y manejabilidad se refiere. Comodidad y manejabilidad, puesto que originariamente la palanca de cambios va situada a la izquierda del piloto. La velocidad de engranamiento es mejorable, debido a que el piloto debe separar una de sus manos del volante y de que el accionamiento utilizado es puramente mecánico.

- Estudiar las posibilidades de accionamiento de la caja de cambios del vehículo.

- Abrir nuevas puertas a la incorporación de la electrónica en la caja de cambios del Melmac. Esto a corto plazo ofrecerá diversa posibilidades de control del propio cambio (automatización). Además, la futura sustitución del carburador posibilitará la comunicación entre el motor y la caja de velocidades.

Hay que señalar que la finalidad no es únicamente innovar sino que se trata de un ejercicio más de ingeniería dentro del Laboratorio de Automoción de la Escuela de Ingenieros de San Sebastián.

En lugar de entrar de lleno en el propio diseño, se ha considerado conveniente hacer previamente un repaso de los distintos tipos de cambios automáticos existentes en el mercado. Debido a ello, se puede decir que el contenido se distribuye fundamentalmente en una parte teórica (análisis) y otra práctica (diseño). La parte correspondiente a los cambios comerciales antecede a la de diseño. Esto se debe a que el rumbo de este último apartado tendrá como origen las conclusiones obtenidas en la parte teórica.

A continuación se va realizar una pequeña presentación del vehículo y de su caja de cambios.

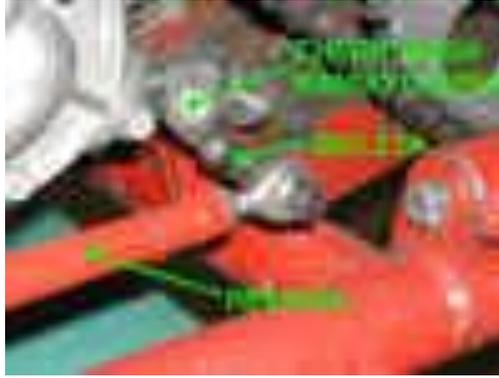
Proyecto:

### **Descripción**

La transmisión del Melmac corresponde al de una moto Honda CBR 600. Su accionamiento es secuencial y no dispone de marcha atrás. Originalmente, la selección de marchas se realizaba mediante un accionamiento puramente mecánico mediante movimientos longitudinales de una palanca de cambios. El movimiento longitudinal de la palanca se transformaba en un giro alternativo del eje a través de un reenvío y una bieleta.



**Fig. 2.60 Accionamiento por palanca**



**Fig. 2.61 Mecanismo**

Internamente, el movimiento de los engranajes se realiza gracias a:

- Mando de selección: el eje selector es el encargado de provocar el giro de una rueda dentada. El espacio que queda entre cada diente corresponde a una relación de marcha determinada.

- Tambor de selección: el giro de la rueda dentada se traduce en el movimiento del tambor de selección. Éste lleva talladas una levas cilíndricas que posibilitan el movimiento de las horquillas para mover los engranajes desplázales.



**Fig. 2.62 Interior alojamiento embrague**



Fig. 2.63 Eje selectora de marcha



Fig. 2.64 Plato selector

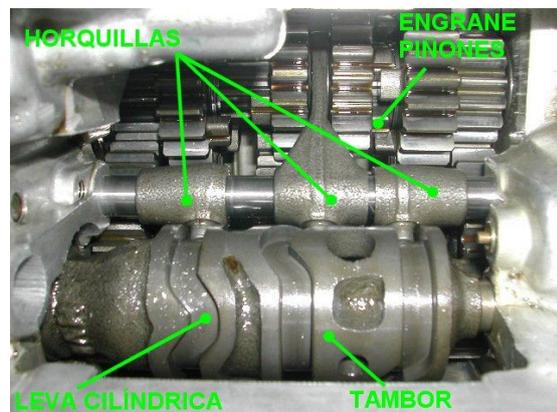


Fig. 2.65 Orquillas

## **Cambios automáticos comerciales**

Tipos:

- Entrada de la electrónica
  - Gestión sencilla
  - Inteligentes o adaptativos
  - Automático-secuenciales
- Embrague pilotado
- Manuales-secuenciales o robotizados
- Variador continuo

## **Diseño del accionamiento**

Fases:

*Elección actuación*

Existían dos posibilidades de actuación:

- Sobre el tambor de selección:
  - Desventajas: diseño complejo y poco espacio
  - Ventajas: pequeña fuerza necesaria debido a la existencia de menor nº de elementos intermedios (menores inercias y rozamientos)
- Sobre el eje selector:
  - Desventajas: mayor fuerza necesaria
  - Ventajas: diseño sencillo y espacio disponible

La selección adoptada fue la segunda.

## Toma de mediciones

Magnitudes necesarias:

- Par necesario
- Ángulo girado

Ensayos:

- Dinamómetro
- Sensor de fuerza
- Sensor de fuerza + sensor de giro

Ejemplo:

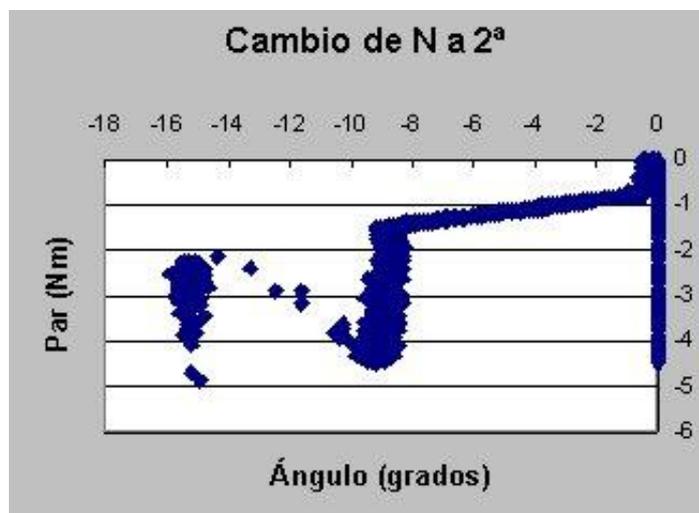


Fig. 2.66 Diagrama de esfuerzos

## Concepción mecanismo

*Accionamientos posibles:*

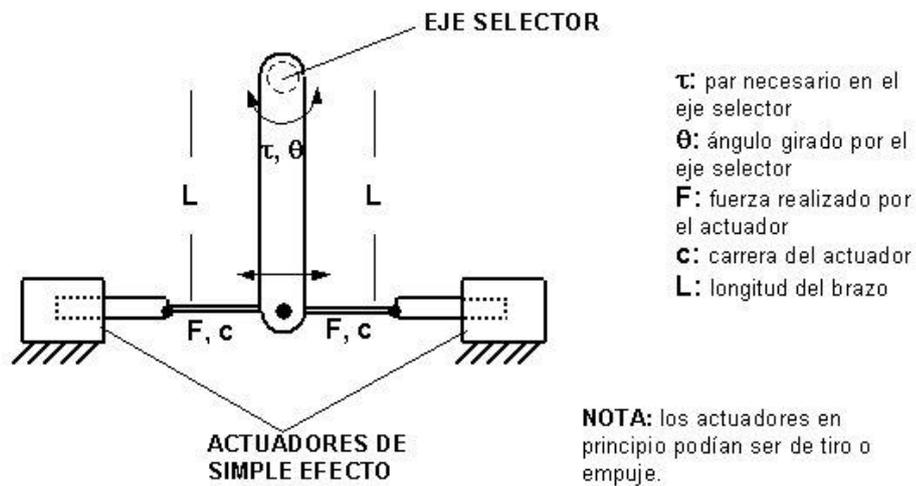
- Eléctrica

- Magnética
- Hidráulica
- Neumática

De todas ellas se eligió la magnética. Se acudió a un solenoide de tipo lineal ya que los giratorios no ofrecían suficiente par.

### Elección actuador

Con la incorporación de una configuración lineal, se añadía un nuevo elemento: el brazo.



**Fig. 2.67 Desplazamiento angular de la palanca por medio de los solenoides**

Se tomaron una serie de valores del brazo y con ellos se obtuvieron parejas de valores de fuerza/carrera posibles que debían cumplir los actuadores.

El solenoide debía cumplir los siguientes requisitos:

- Valores de fuerza/carrera permisibles

- Alimentación a 12 voltios (batería vehículo)
- Movimiento libre del émbolo

Actuador encontrado: de la empresa ARIANIC con 7 kg de fuerza mínima y 26 mm de carrera.

### **Mecanismo principal**

Una vez elegidos los actuadores, el siguiente paso era buscar la posición donde iban a ir ubicados.



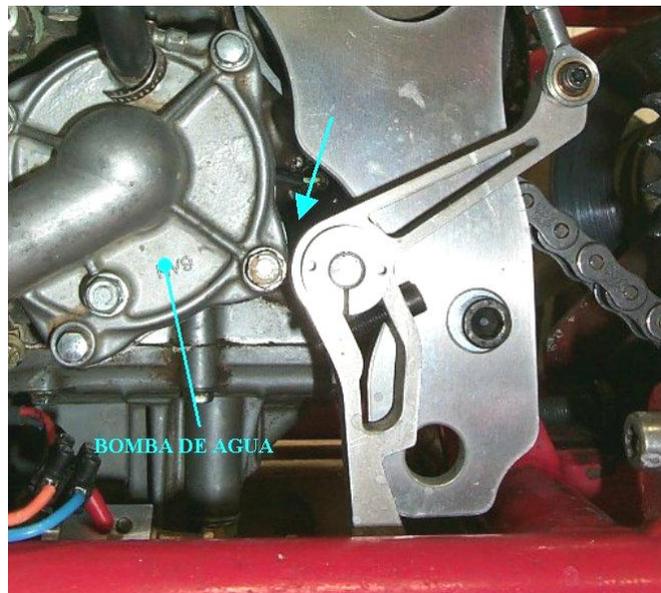
**Fig. 2.68 Posiciones propuestas para los solenoides**

De las mostradas en la foto, se eligieron la 4 y la 5.

Para alojar el actuador superior y servir a la vez de cubrecadena se diseñó un soporte como se muestra en la siguiente figura. El brazo, elemento transmisor de esfuerzos, adoptó una forma como la siguiente.



**Fig. 2.69 Soporte principal**



**Fig. 2.70 Brazo actuador**

La unión entre el brazo y los actuadores se realizó a través de dos rótulas hembra y una barra roscada.



**Fig. 2.71 Acople solenoide Brazo actuador**



**Fig. 2.72 Vista lateral de todo el conjunto en el vehículo**



**Fig. 2.73 Vista lateral del conjunto individual**

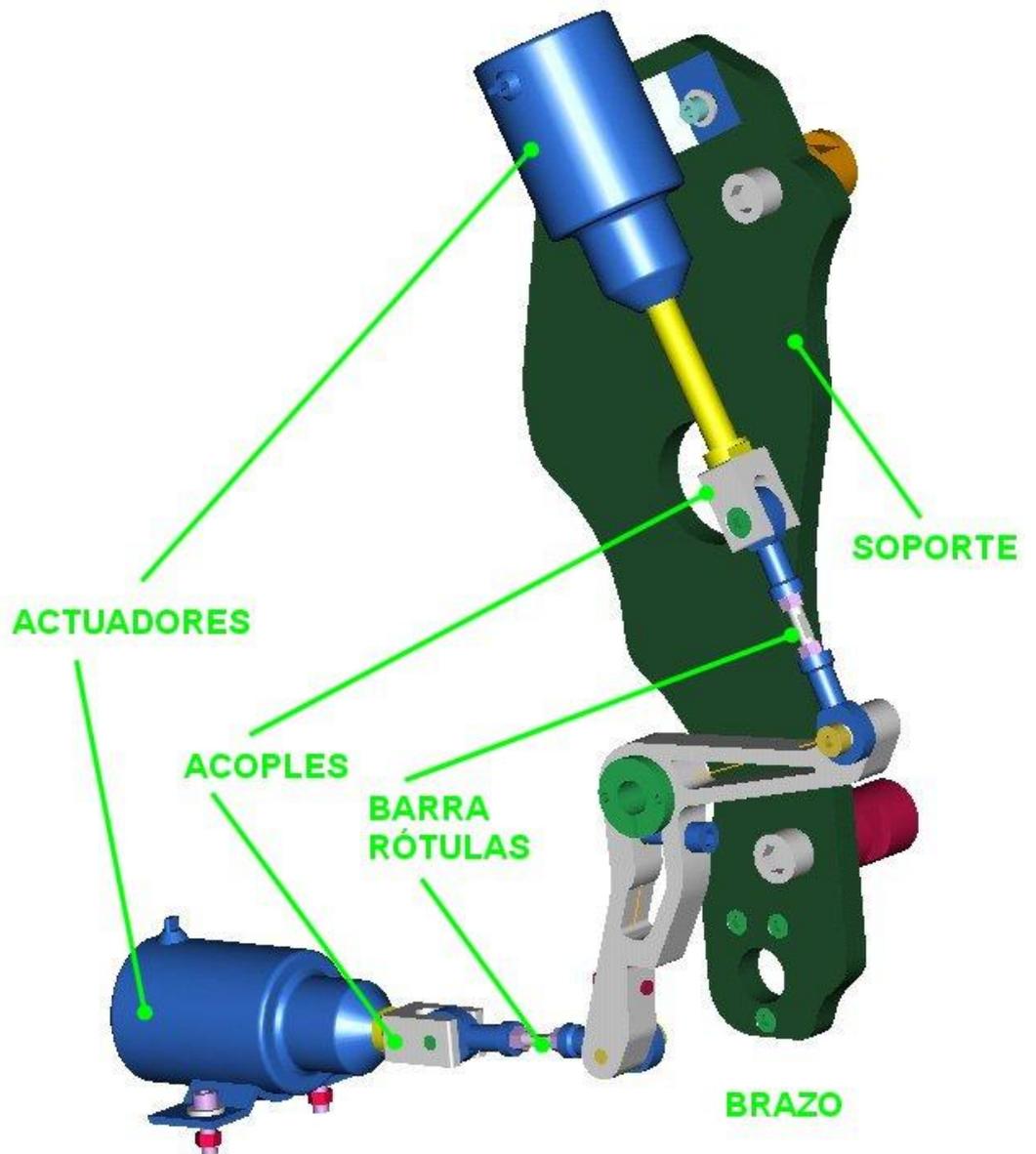


Fig. 2.74 Dibujo 3D elementos

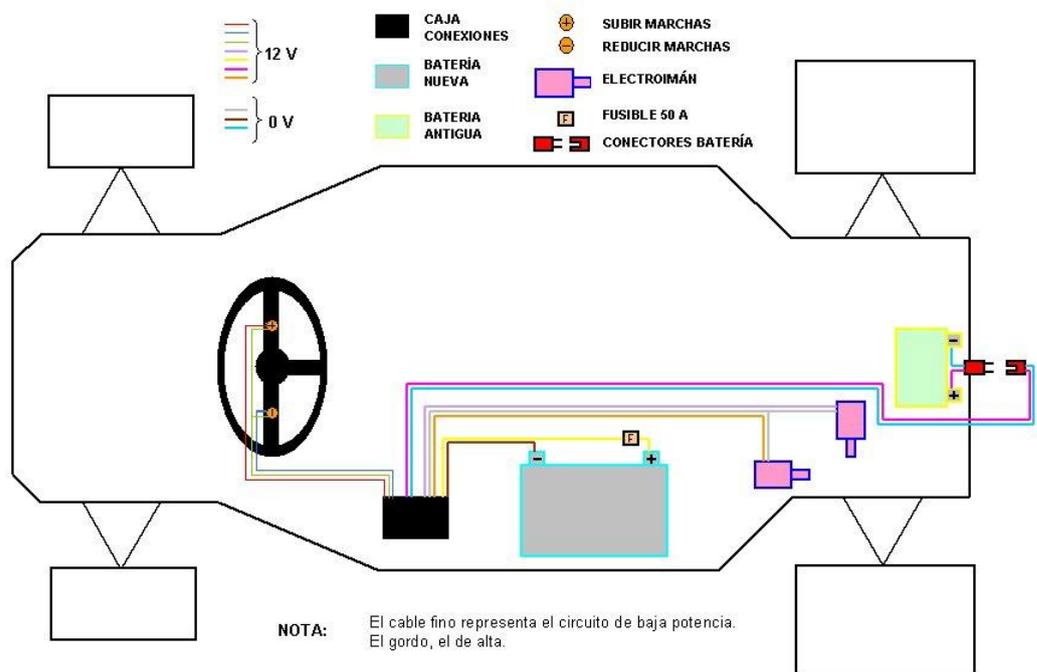
### Punto muerto

Debido a que el conjunto principal se había diseñado para que el eje recorriera el máximo ángulo ( $16^\circ$ ), el punto muerto ( $10^\circ$ ), a priori, no se podía engranar. Por ello, se proyectaron dos mecanismos que realizaran este cometido; ambos utilizaban también un solenoide (uno de ellos mayor que el otro).

## Instalación eléctrica

El primer objetivo era el de asegurar el funcionamiento del mecanismo principal. Por ello, el diseño del punto muerto no se tomó en consideración para esta parte. La primera consecuencia de la introducción de los nuevos actuadores fue el sobredimensionamiento de la batería. A pesar de todo, no se desprendió de la original para poder tener dos circuitos separados: el del propio cambio y el correspondiente al resto de elementos eléctricos del vehículo como display, reguladores de tensión, etc.

Para la selección de las marchas se eligieron dos botones colocados sobre el volante. Dentro del circuito del cambio se distinguió una parte de alta potencia (correspondiente a los solenoides) y otra de baja que controlaba a la primera a través de dos relés (alojados en la caja de conexiones).



**Fig. 2.75 Circuito eléctrico**

## **Análisis tensional**

De todas las piezas diseñadas, se realizó un análisis tensional de aquella que debía aguantar mayores esfuerzos:

el brazo. Se realizaron dos ensayos estáticos, colocando una fuerza de 20 kg (la máxima aportada por el solenoide) en cada extremo e imponiendo una unión rígida en el centro.



**Fig. 2.76 Esfuerzos presentes en el brazo actuador**

## **Prueba a bordo**

La prueba, realizada el 23 de marzo de 2002, resultó satisfactoria. Tan sólo se tuvo que jugar con la regulación de las rótulas, de modo que las marchas entrasen correctamente.

El mayor motivo de sorpresa ocurrió al observar que el punto muerto se podía engranar desde el volante, actuando con cierto tacto sobre los botones.

Imágenes de conjunto:

Conjunto explosionado:



**Fig. 2.77 Componentes eléctricos**

Mecanismo:



**Fig. 2.78 Mecanismo**

Botones insertados en el volante:



**Fig. 2.79 Botones en el volante**

## **CAPITULO III.- DISEÑO DE LOS ELEMENTOS**

### **OBJETIVO:**

Los engranes son ruedas cilíndricas dentadas que se emplean para transmitir movimiento y potencia desde un eje o flecha giratorio a otro. Los dientes de un engrane impulsor se insertan, enlazándose con precisión, en los espacios entre los dientes del engrane que es impulsado. Los dientes impulsores empujan a los dientes que son impulsados, ejerciendo una fuerza perpendicular al radio del eje. Por consiguiente se transmite un torque y , debido a que el engrane esta girando, también se transmite partencia.

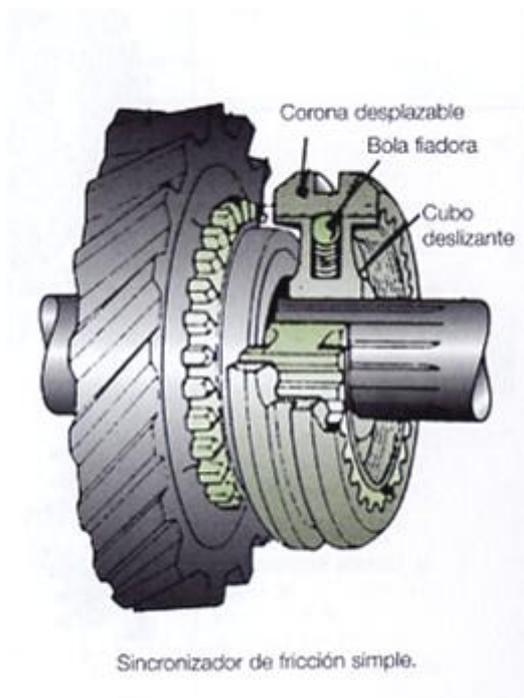
Una vez que concluya este capitulo, usted estará capacitado para realizar las operaciones que mencionaron antes.

### **3.1.- DISEÑO DEL SISTEMA DE ENCLAVAMIENTO (CHAVETA MOVIL)**

#### **3.1.1.- Antecedentes**

En las primeras cajas de cambios utilizadas, el cambio de velocidades se establecía por el desplazamiento de los engranajes, siendo éstos de dientes rectos, y haciéndolos engranar entre los del eje intermediario y los del eje secundario, contando con que la caja fuese de tres ejes, de forma similar a como se hace hoy con los engranajes de la marcha atrás. Este sistema requería detener prácticamente el vehículo para cambiar de velocidad y permitir la selección de otra relación.

Con posterioridad se emplearon los collarines desplazables, similares a los que hoy utilizamos pero sin el sincronizador. Aquí lo que se desplazaba tan sólo era el collarín y los engranajes podían tener toma constante con lo que se introdujeron los engranajes helicoidales. Aun así, la habilidad del conductor era quien evitaba las averías en el cambio.



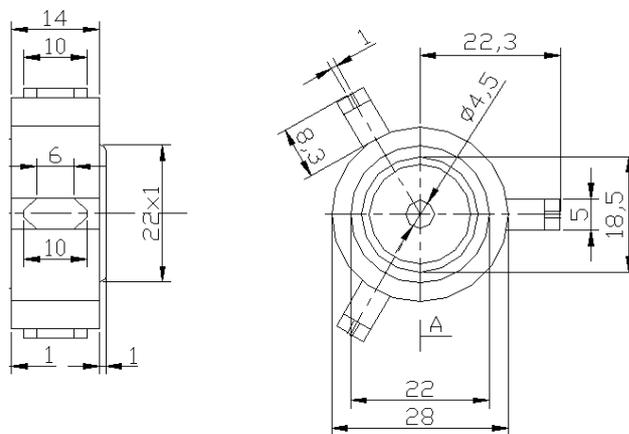
**Fig. 3.1 Sincronizado**

### **3.1.2.- Diseño del prototipo**

Tomando en consideración a lo comentado anteriormente, llegue a determinar que el funcionamiento del mecanismo sincronizado es realmente eficiente, ya que permite acoplar y desacoplar al eje secundario conjuntamente con el engranaje de una manera óptima y precisa al forzar el ingreso de los dientes en las ranuras de los engranes. Para realizar este tipo de trabajo el diseño en la construcción del sincronizado o chaveta móvil, se a realizado biselados (Fig.) en los extremos del mismo para permitir el fácil ingreso o acoplamiento al ser empujados contra las ranuras el engrane.



**Fig. 3.2 Chaveta o sincronizado**



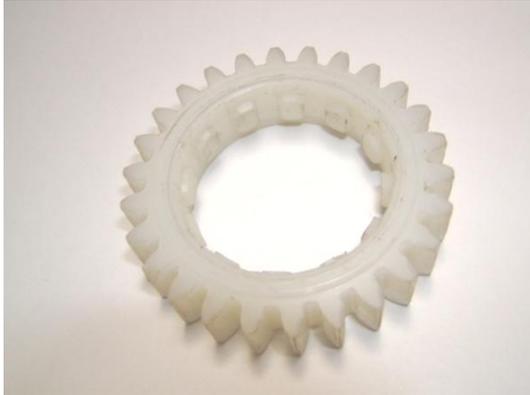
**Fig. 3.3 Dimensiones**

De acuerdo con todas estas consideraciones, busque la manera de que este sincronizado acople y desacople a cada uno de los engranajes o engranes conducidos y así llegue a diseñar una chaveta móvil la cual se desplaza a través de unas guías mecanizadas en el cilindro eje del secundario y así permitir que al ser acoplado a un eje y este a su vez empujado por el sistema de mando, vaya conectando según la velocidad seleccionada que en este caso es secuencialmente desde una inferior a una superior o viceversa, y reversa; teniendo un espacio libre entre la 1ª velocidad y reversa para obtener una velocidad neutral o de libre desplazamiento.

### 3.2.- DISEÑO DE ENGRANAJES DE TALLA RECTA PARA EL SISTEMA DE COEFICIENTE METRICO O MODULO METRICO

#### PRIMERA MARCHA

##### ENGRANE



##### PIÑÓN



Fig. 3.4 Ruedas dentadas

#### Datos:

- a) Potencia = 50 Hp
- b) Velocidad del piñón = 7000 RPM
- c) Velocidad del engrane = 2500 RPM

#### 5 Relación de velocidad nominal

$$VR = NG/NP$$

$$VR = 7000/2500$$

$$VR = 2.80$$

#### 5 Diámetro de paso

$$\text{Módulo} = 2.5$$

$$N_P = 12 \text{ (decisión de diseño)}$$

$$D_P = N_P \times m = (12)(2.5) = 30 \text{ mm}$$

$$N_G = N_P \times VR = (12)(2.80) = 33.6 \text{ (utilice 34)}$$

$$D_G = N_G \times m = (34)(2.5) = 85 \text{ mm}$$

3. Velocidad final de salida =  $n_G = n_P (N_P / N_G)$

$$n_G = 7000 \text{ RPM} \times (12/34) = 2470.6 \text{ RPM}$$

4. Distancia central

$$C = (N_P + N_G)m / 2$$

$$C = (12 + 34)2.5 / 2 = 57.50 \text{ mm}$$

5 Velocidad de línea de paso en metros por segundo

$$V_t = \pi D_P n_P / (60\ 000)$$

$$V_t = \pi 30 \times 7000 / (60\ 000) = 11.00 \text{ m/s}$$

6. Carga transmitida

$$W_t = 1000(P) / V_t = (1000)(50) / 11 = 3390.90 \text{ N}$$

7. Ancho de la cara

$$F = 12(m) \text{ mm} = 12 \times 2.5 = 30 \text{ mm}$$

8. Número de calidad

$$Q_v = 10 \text{ [consulte Tabla 11-12 / ANEXO 1]}$$

9. Factor de dinámica

$$K_v = 0.84 \text{ a partir de } Q_v = 10 \text{ y } V_t = 11 \text{ m/s [Fig. 11-29 / ANEXO 2]}$$

10. Factor de aplicación

$$K_a = 2.00 \text{ [Tabla 11-13 / ANEXO 3]}$$

11. Factor de tamaño

$$K_s = K_B = 1.00 \text{ [tabla 11-14 / ANEXO 4]}$$

12. Factor de distribución

$$K_m = 1.21 \text{ Según la relación F/DP}$$

13. Factores de geometría

$$J_P = 0.33 \quad \text{[Fig. 11-26 según el número de dientes / ANEXO 5]}$$

$$J_G = 0.44$$

14. Paso diametral

$$P_d = 1 / m = 1 / 2.5$$

15. Tensión por flexión

$$\sigma_{tP} = (K_a W_t K_s K_B K_m) / (K_v F m J_P)$$

$$\sigma_{tP} = (2 \times 3390.90 \times 1 \times 1 \times 1.16) / (0.84 \times 30 \times 2.5 \times 0.33)$$

$$\sigma_{tP} = 394.71 \text{ MPa.}$$

Este es un nivel de tensión aceptable. La fuerza que se requiere en el material de grado 2 con dureza HB de 400 [Fig. 11-14 / ANEXO 6].

## 16. Desgaste

$$C_s = 1.0$$

$$C_p = 191 \text{ [Tabla 11-15 / ANEXO 7]}$$

$$I = 0.112 \text{ [Fig. 11-30 / ANEXO 8]}$$

$$C_v = K_v = 0.84$$

$$C_a = K_a = 2.00$$

$$C_m = K_m = 1.21$$

## 17. Tensión debida al contacto

$$\sigma_c = C_p \sqrt{\frac{(C_a C_s C_m W_t)}{(C_v F D p)}}$$

$$\sigma_c = 191 \sqrt{\frac{(2 \times 1.0 \times 1.21 \times 3390.9)}{(0.84 \times 30 \times 30 \times 0.112)}}$$

$$\sigma_c = 1880.31 \text{ Mpa.}$$

EL MATERIAL RECOMENDADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL TREN DE ENGRANES PIÑONES REALIZADA MEDIANTE LOS CALCULOS DE DISEÑO, ESPECIFICAMENTE PARA LA RELACION DE LA PRIMERA VELOCIDAD LA CUAL SOPORTA EL TORQUE MAXIMO PRODUCIDO POR EL MOTOR, ES DE :

**AISI 1340 OQT 400, 400 HB MÍNIMO A 8% DE ELONGACIÓN Y Su = 1960 MPA.**

### 3.3.- DISEÑO DEL EJE SECUNDARIO O EJE DE SALIDA

#### 3.3.1.- OBJETIVOS:

Una flecha o eje es el componente de los dispositivos mecánicos que transmite energía rotacional y potencia. Es parte integral de dispositivos o artefactos como reductores de velocidad tipo engrane, impulsores de banda o cadena, transportadores, bombas, ventiladores, agitadores y muchos tipos de equipo para automatización. En el proceso de transmitir potencia a una velocidad de giro o velocidad rotacional específica, el eje se sujeta, de manera inherente, a un momento de torsión o torque. Por consiguiente, en el eje se genera tensión por esfuerzo de corte por torsión. A su vez, por lo regular, un eje soporta componentes transmisores de potencia como engranes, poleas acanaladas para bandas o ruedas dentadas de cadena, que ejercen fuerzas sobre el eje en sentido transversal, e decir perpendicular a su eje. Estas fuerzas transversales provocan que se generen momentos de flexión en el eje, ello requiere de un análisis de tensión debida a la flexión.

- ➔ Proponer geometrías razonables para que los ejes soporten una amplia gama de elementos que transmiten potencia.
- ➔ Calcular las fuerzas que ejercen sobre los ejes de los engranes.
- ➔ Determinar la distribución de torques en los ejes
- ➔ Considerar los factores de concentración de tensión que por lo general se encuentran en el diseño de flechas o ejes.

Datos:

- a) Propiedad del Material a usar = AISI 1020 extruido en frío
- b) Potencia ejercida en la entrada del eje  $P = 50$  hp.
- c) Número de revoluciones de salida del motor  $N = 2,470$  rpm
- d) Diámetro exterior  $D_e = 41$  mm

e) Diámetro interior  $D_i = 30 \text{ mm}$

f) Distancias:

$$AB = 64 \text{ mm}$$

$$BC = 54.5 \text{ mm}$$

$$CD = 57.15 \text{ mm}$$

$$AD = 175.65 \text{ mm}$$

$$AC = 118.5 \text{ mm}$$

g) Diámetros engranes

$$D_P = 50 \text{ mm}$$

$$D_G = 85 \text{ mm}$$

h) Angulo de presión  $\phi = 25^\circ$

## Desarrollo

1.- Resistencia a punto cedente

$$S_y = 51 \text{ Kpsi.} \quad (\text{Apéndice 3 / ANEXO 9})$$

2.- Resistencia a la tracción

$$S_u = 61 \text{ Kpsi.}$$

3.- % Elongación = 15

#### 4.- Tensión por durabilidad

$$S_n = 24 \text{ Kpsi.} \quad [\text{Fig. 5-9 / ANEXO 10}]$$

#### 5.- Factor de tamaño para diámetros menores de 50 mm (D en mm)

$$C_s = (D / 7.6)^{-0.068}$$

$$C_s = (1.614 / 7.6)^{-0.068}$$

$$C_s = 0.89$$

#### 6.- Factor de confiabilidad

$$C_R = 0.81 \rightarrow 0.99 \text{ Confianza}$$

#### 7.- Resistencia por durabilidad

$$S'_n = S_n \times C_s \times C_R$$

$$S'_n = 24000 \times 0.89 \times 0.81$$

$$S'_n = 17335 \text{ Psi.}$$

#### 8.- Factor de diseño

$$N = 3 \rightarrow \text{Choque o impacto normal}$$

#### 9.- Torque presente en la flecha

$$T_A = 63000 (P) / n$$

$$T_A = 63000 (50 \text{ hp}) / 2,470 \text{ rpm.}$$

$$T_A = 1,275 \text{ lb.pulg.}$$

10.- Fuerzas aplicadas en los engranajes

TANGENCIALES

RADIALES

$$WtB = 1,275 / (DB / 2)$$

$$WrB = WtB \times \tan (\phi)$$

$$WtB = 1.275 / (85 / 2)$$

$$WrB = 30 \times \tan (25^\circ)$$

$$WtB = 30 \text{ lb.}$$

$$WrB = 13.98 \text{ lb.}$$

$$WtD = 1,275 / (DD / 2)$$

$$WrD = WtD \times \tan (\phi)$$

$$WtD = 1,275 / (30 / 2)$$

$$WrD = 85 \times \tan (25^\circ)$$

$$WtD = 85 \text{ lb.}$$

$$WrD = 39.61 \text{ lb.}$$

11.- Cálculo de las reacciones en el eje tangencial

→

$$\Sigma F_x = 0$$

$$R_A = F_B - R_C + F_D \quad (1)$$

→

$$\Sigma M_oA = 0$$

$$R_C = \frac{F_B(AB) + F_D(AD)}{AC}$$

$$R_C = \frac{(30 \times 2.52) + (85 \times 6.915)}{4.665}$$

$$R_C = 142.20 \text{ lb.} \quad (2)$$

(2) en (1)

$$RA = 30 - 142.20 + 85$$

$$RA = - 27.20 \text{ lb.}$$

12.- Calculo de las reacciones en el eje radial

→

$$\Sigma F_x = 0$$

$$RA = FB + RC - FD \quad (1)$$

→

$$\Sigma M_oA = 0$$

$$-RC = \frac{FB(AB) - FD(AD)}{AC}$$

$$-RC = \frac{(13.98 \times 2.52) - (39.61 \times 6.915)}{4.665}$$

$$-RC = -51.16 \text{ lb.}$$

$$RC = 51.16 \text{ lb.} \quad (2)$$

(2) en (1)

$$RA = 13.98 + 51.16 - 39.61$$

$$RA = 25.53 \text{ lb.}$$

13.- Tensión de esfuerzo de corte por torsión en un cilindro  $\tau_{\text{máx.}}$ .

$$J = \frac{\pi}{32} (D^4 - d^4)$$

$$J = \frac{\pi}{32} (41^4 - 30^4)$$

$$J = 197\,897 \text{ mm}^4$$

$$C = D / 2 ; 41 / 2 = 20.5$$

$T_c$

$$\tau_{\text{máx.}} = \frac{T_c}{J}$$

$$(879 \text{ N.m} \times 20.5 \text{ mm})$$

$$\tau_{\text{máx.}} = \frac{\text{-----}}{197\,897 \text{ mm}^4} \times 10^3 \text{ mm} / \text{m}$$

$$\tau_{\text{máx.}} = 910.6 \text{ Mpa.}$$

### 3.3.- DISEÑO DEL EJE PRIMARIO (EJE RIGIDO O MACIZO)

#### 3.3.1.- Tensión debida al esfuerzo de corte

##### DATOS

- a) Diámetro del eje requerido  $D = 20 \text{ mm.}$
- b) Número de revoluciones  $n = 7000 \text{ rpm.}$
- c) Factor de diseño  $N = 2$
- d) Potencia de entrada  $P = 50 \text{ hp.}$
- e) Resistencia a punto cedente  $S_y = 51000 \text{ psi.}$
- f) Momento máximo aplicado  $M_{\text{máx.}} = 66.45 \text{ lb.pulg}$

##### 1.- Torque presente en la flecha

$$T_c = \frac{63000 (P)}{n}$$

$$T_c = \frac{63000 (50 \text{ hp})}{7000 \text{ rpm}}$$

$$T_c = 450 \text{ lb.pulg} \Rightarrow 50.84 \text{ N.m}$$

##### 2.- Tensión de Diseño

$$\tau_d = 0.5 \times S_y / N$$

$$\tau_d = (0.5 \times 51000) / 2$$

$$\tau_d = 12750 \text{ psi.}$$

### 3.- Torque Equivalente

$$T_e = \sqrt{M_o^2 + T_c^2}$$

$$T_e = \sqrt{((210.996 \text{ lb.pulg})^2 + (450 \text{ lb.pulg})^2)}$$

$$T_e = 497.010 \text{ lb.pulg}$$

### 4.- Coeficiente de sección polar

$$Z_p = T_e / \tau_d$$

$$Z_p = 497.010 / 12750$$

$$Z_p = 0.039 \text{ lb.pulg}^3.$$

### 5.- Valor del diámetro del eje

$$D = \sqrt[3]{(16Z_p/3.1416)}$$

$$D = \sqrt[3]{(16 \times 0.039/3.1416)}$$

$$D = 14.81 \text{ mm}$$

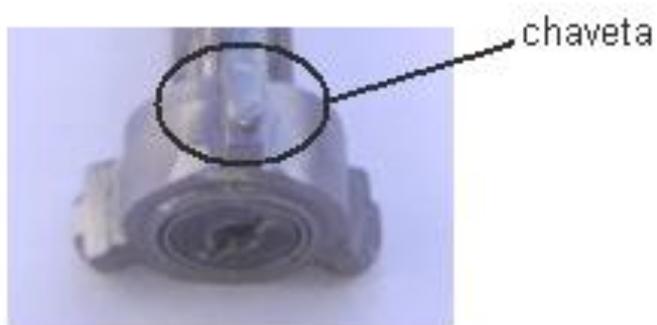
⇒ El diámetro requerido es de aprox. 15 mm por lo que con el diámetro propuesto de 20 mm satisface con todas las expectativas de diseño.

## CAPITULO IV.- FUNCIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DE LA CAJA SECUENCIAL



**Fig. 4.1 Despiece ejes**

### 4.1.- CHAVETA MOVIL



**Fig. 4.2 Sincronizado**

La chaveta móvil está compuesta por un cilindro en el que ha sido mecanizado de acuerdo al diámetro interior del eje cilíndrico dando como resultado un pistón en el que constan tres prolongaciones a 120 grados entre centros. El funcionamiento está en que esta chaveta se desliza a través de la guía del eje secundario siendo esta empujada como un pistón a través del eje por medio del sistema de mando; esta

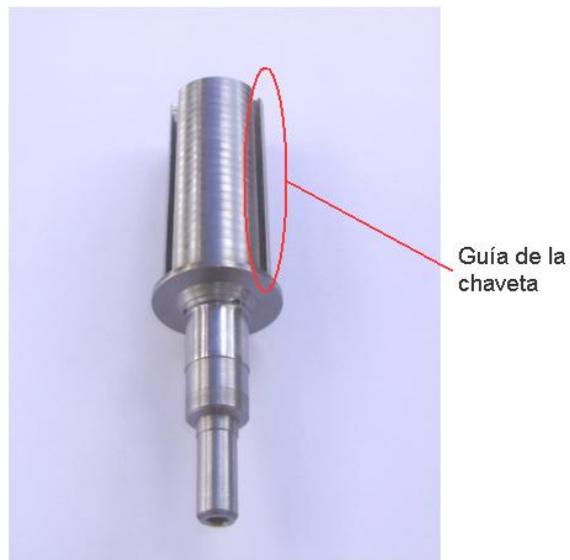
chaveta diseñada a manera de sincronizado (extremos biselados), va enclavando a cada engrane según la marcha seleccionada, en definitiva esta chaveta hace la función de sincronizado para todas las relaciones.



**Fig. 4.3 Movimiento de la chaveta móvil**

La chaveta esta diseñada de tal manera que al acoplarse con los dientes internos del engrane de salida permita un enclavamiento normal entre los dos, sin producir un choque fuerte causando daños.

#### **4.2.- EJE SECUNDARIO O DE SALIDA (ENCLAVAMIENTO)**

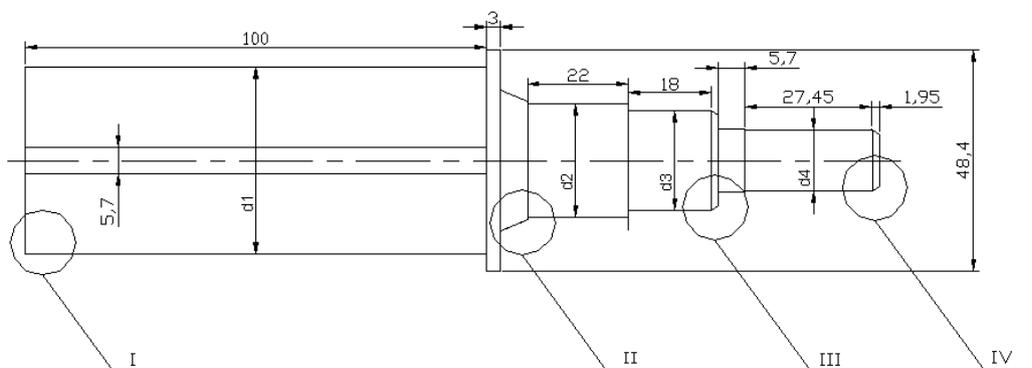


**Fig. 4.4 Eje secundario**

El par motor es transmitido al eje primario de la caja secuencial por medio de un banda, este eje se encuentra alojado por los piñones o engranes de entrada los cuales al ser enclavados por la chaveta, transmiten el par motor hacia el engrane o engrane de salida así, realizándose la relación correspondiente a esa seleccionada marcha.

Los engranajes de talla recta del eje secundario se encuentran constantemente acoplados con los engranajes correspondientes del primario. El eje secundario esta diseñado de tal manera que en el diámetro exterior contenga a los engranajes de salida los mismos que rotan en contacto con el eje produciéndose un leve rozamiento llamado fricción. Esta fricción puede ser controlada según el numero de vueltas al que giran los engranajes con respecto al eje y así determinar un cierto tipo de material que permita obtener una menor fricción y por ende un desgaste menor. Para esto se puede utilizar un material suave en el un caso y duro para el otro.

En el eje constan de tres canales en donde el sincronizado se desliza para acoplar a cada tren de engranajes correspondientes; el material y las dimensiones están diseñadas de tal manera que soportan una carga considerable aplicada por el tórque del motor y la relación de transmisión que se genera dependiendo de la velocidad que ha sido seleccionada.



**Fig. 4.5 Dimensiones**

### **4.3.- PISTON DE EMPUJE**



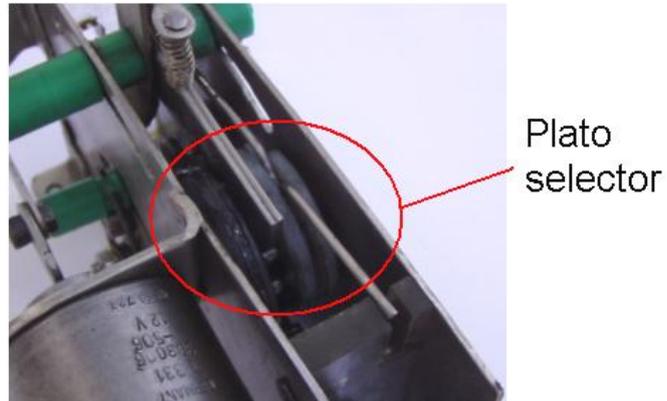
**Fig. 4.6 Pistón de empuje**

Este dispositivo permite realizar el acoplamiento entre los engranajes de entrada y los engranajes de salida para efectuar la relación de transmisión y por ende el cambio de velocidad.

Este dispositivo consta de un eje el cual empuja a un pistón rotatorio en donde constan las chavetas (sincronizados), estos permiten enclavar el eje secundario con la rueda dentada y así obtener una transmisión de la fuerza desde el piñón del eje de entrada o motriz hacia este eje dando un par y una velocidad (revoluciones por minuto) determinada.

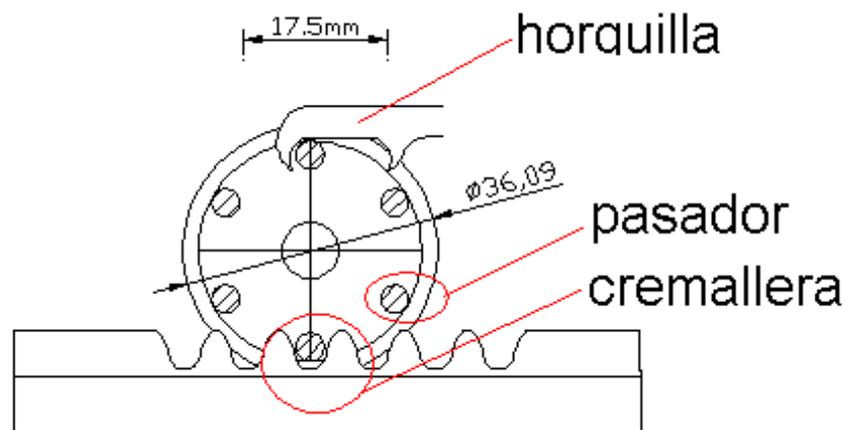
El pistón (chavetas) giran en un rodamiento de tipo CAMROL MCF/MCFR, que permite la libre rotación del mecanismo, pues el eje se encuentra fijo conectado hacia el sistema de mando, el eje recorre una distancia determinada por el recorrido que realiza la cremallera y es de 17.5mm entre engrane y engrane.

#### 4.4.- PLATO SELECTOR DE MARCHA



**Fig. 4.7 Plato selector**

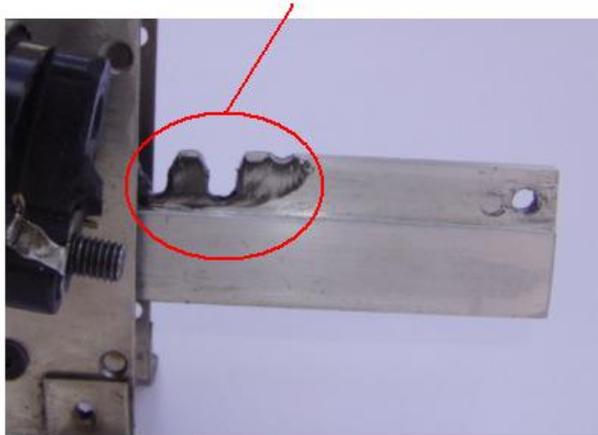
Para determinar la distancia que recorre la chaveta se a dispuesto de un plato selector el cual esta dividido geométricamente de tal forma que su paso tiene una distancia de 17.5mm de recorrido; está compuesto de seis pasadores los que hacen la vez de engrane, estos son atraídos por la horquilla que esta conectada a la palanca manual de desplazamiento, este movimiento hace que la cremallera recorra un espacio determinado, así empujando al pistón para permitir que los sincronizados enclaven en los engranes y realizar el cambio de velocidad.



**Fig. 4.8 vista en corte longitudinal**

#### 4.5.- CREMALLERA

Dientes con paso de 17.5 mm



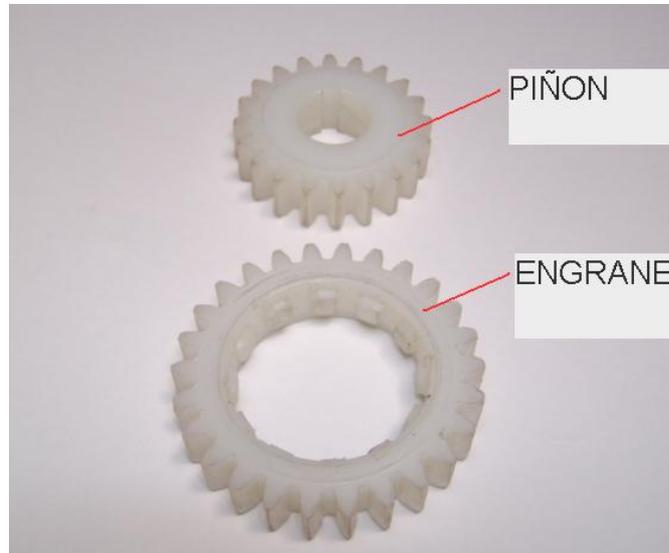
**Fig. 4.9 Cremallera**

El funcionamiento de la cremallera (Fig.4.9) se basa en el sistema de la piñón cremallera, al girar el piñón en este caso el plato selector, la cremallera es desplazada transversalmente al sentido de marcha.

La ventaja de este sistema de piñón-cremallera consisten en su construcción aplanada, un preciso retorno a la posición original y una fabricación económica

Está construida de tal manera que recorre una distancia  $p$  (paso), por medio del plato selector con lo que se obtiene un empuje hacia el embolo (chaveta móvil) que se encuentra conectado a la misma.

#### 4.6.- TREN DE ENGRANAJES



**Fig. 4.10 Ruedas dentadas**

El principio de funcionamiento de los piñones o ruedas dentadas es transmitir el movimiento, torque y velocidad de un eje a otro, cumpliendo parámetros como la relación de transmisión basada en el número de dientes, y el diámetro de las mismas. Al variar cualquiera de estas condiciones se puede obtener una distinta relación de transmisión y esto se utiliza con el fin de encontrar la velocidad, potencia y torque adecuado, para el desplazamiento del vehículo según los requerimientos y exigencia del fabricante establecidos por parámetros de físicos como peso-potencia.

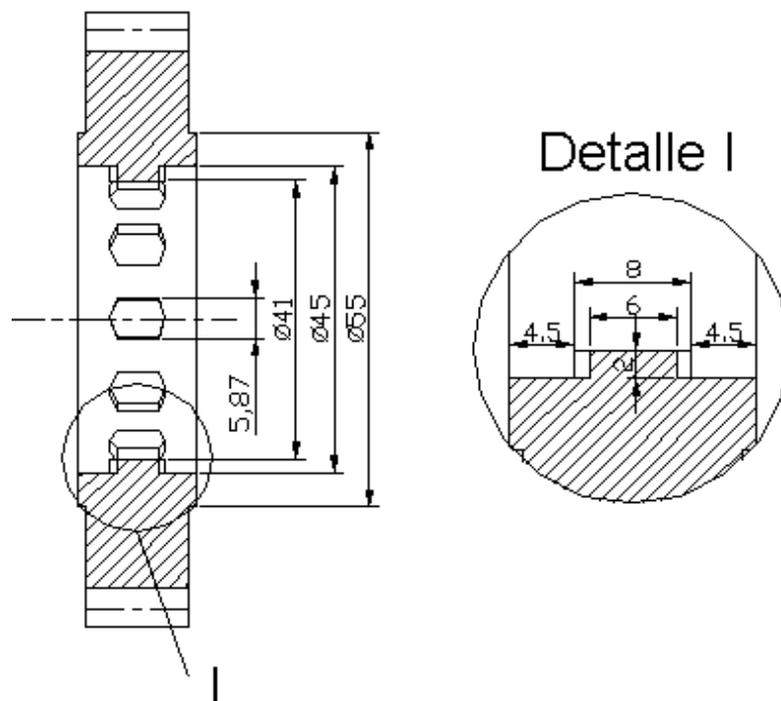
El tren de engranajes funciona de tal modo que cuando la chaveta móvil o sincronizado se desplaza en la guía del eje secundario, acople a un tren de engranes y para esto cada engrane de salida contiene dientes interiores o ranuras diseñadas para que si produzca un enclavamiento o enganche del eje con los engranes por medio de la chaveta.

ranuras



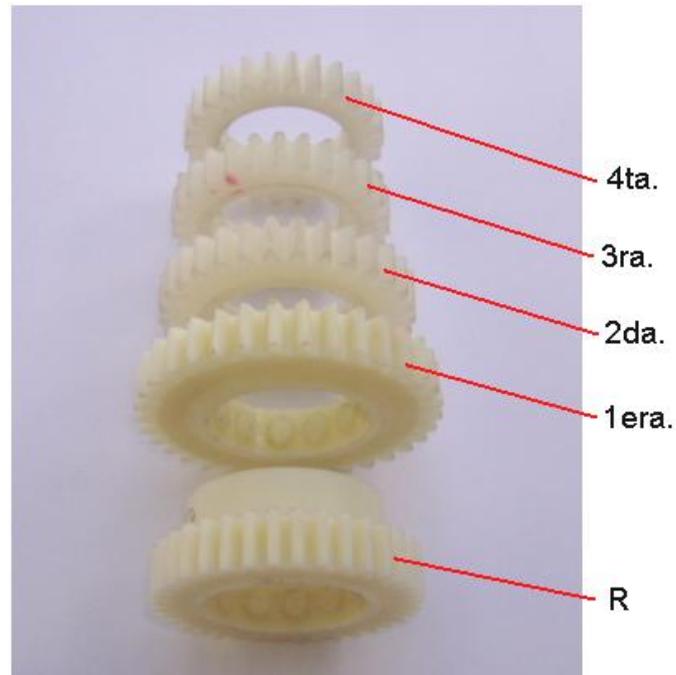
**Fig. 4.11 Ranuras**

En la (Fig.4.12) se demuestra el mecanizado de los engranajes cada diente esta biselado de tal manera que permita al sincronizado ingresar de una manera rápida sin choque.



**Fig. 4.12 Dimensiones**

#### 4.7.- PIÑONES DE TRANSMISION DE SALIDA

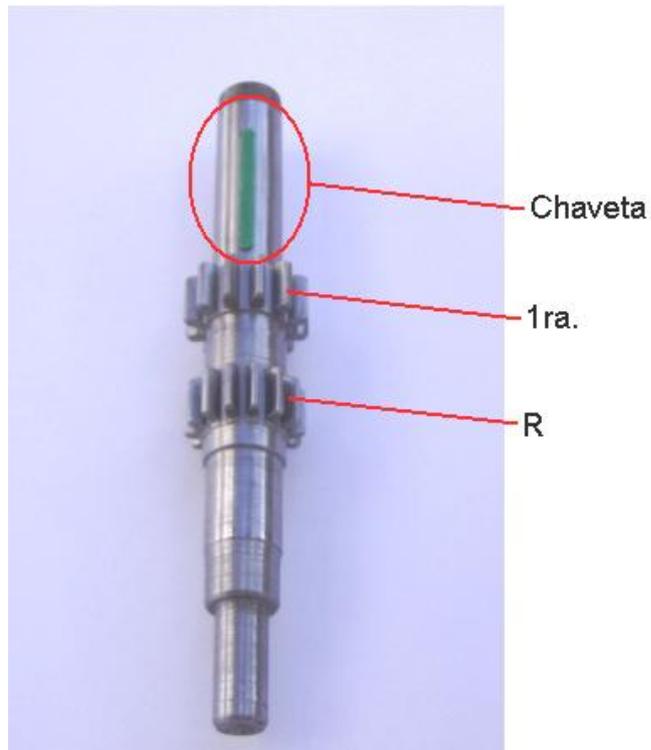


**Fig. 4.13 Ruedas dentadas conducidas**

Conociendo ya el funcionamiento del tren de engranajes, en el Capítulo III, se demuestra todos los cálculos necesarios para el Diseño y Análisis de Construcción de los Engranajes de Talla Recta y de igual manera se puede Diseñar según modificaciones realizadas por el fabricante en función a parámetros necesarios para obtener el mejor rendimiento del vehículo.

Para esta disposición de parámetros elegidos con el fin de tener cuatro velocidades que permitan llevar al vehículo desde una velocidad mínima de 0 Km / h, hasta la máxima velocidad de 180 Km / h, tomando en cuenta que el número de revoluciones máximo propuesto es de 7000 Rpm, se realiza los cálculos demostrados en el Capítulo III.

#### 4.8.- EJE MOTRIZ



**Fig. 4.14 Eje primario o motriz**

El eje motriz o de entrada, llamado así debido a que este eje está directamente conectado hacia el motor por lo tanto se tiene el mismo número de revoluciones como la potencia y el torque. En este eje van alojados los piñones o engranes de entrada de donde el movimiento rotacional del motor es transmitido hacia los engranes de salida y conjuntamente en la posición que se encuentre enclavado la chaveta, se transmite hacia el eje de salida o secundario y así se obtiene la velocidad, potencia y torque hacia las ruedas, pasando antes por un tren de transmisión llamado cono-corona.

#### 4.9.- ENCLAVAMIENTO SECUNDARIO DE LAS MARCHAS



**Fig. 4.15 Enclavamiento**

Para mantener a todo el conjunto: plato selector, cremallera, eje y chaveta móvil, en una sola posición o sea en una sola marcha y evitar que por producto de la vibración de todos los componentes en si, hagan que el sincronizado se mueva cuando esta acoplado a un engranaje y si esto sucede se puede obtener diferentes síntomas como son: ruido por roce, desacoplamiento involuntario, en el mayor de los caso puede llegar a producirse un trabamiento de los engranes lo que daría como resultado una rotura de los mismos.

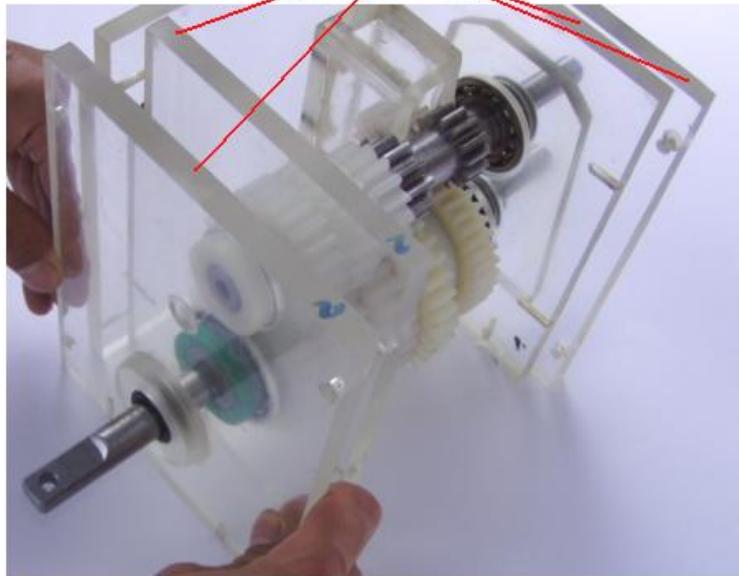
Para impedir este problema tenemos un resorte de enclavado, en este caso un alambre con propiedades elásticas que sujetado por el un extremo y por el otro se tiene un dobles en forma de v que insertada entre pasador y pasador junto a la horquilla, mantiene la marcha segura para que no se deslice independientemente, y a su vez ayuda a que el plato selector gire mas violentamente.

AL impulsar el botón que activa al solenoide ya sea de marchas rápidas o lentas, se tiene un fuerte impulso hacia la horquilla y por ende

el giro del plato selector, al regresar este a su posición original el resorte de enclavado permite, que la horquilla no tienda a regresar al plato produciéndose un desacoplamiento de la marcha por motivos anteriormente especificados.

#### 4.10.- CARCASA

Tapas que conforman la carcasa



**Fig. 4.16 Carcasa**

La carcasa esta construida por un material plástico transparente (acrílico) con un espesor de 11mm; la carcasa esta compuesta por diferentes tapas con las que contienen a los elementos y estas a su vez realizan un cierre hermético, para evitar la fuga de aceite.

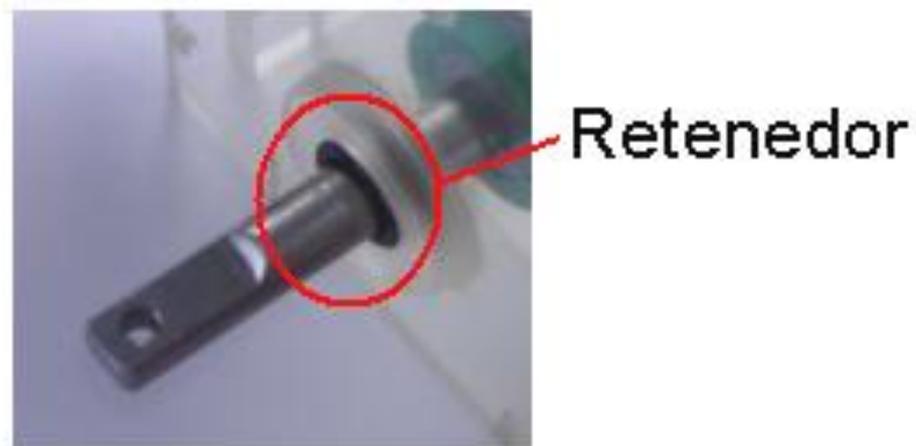
Este diseño de tapas transparentes es con la finalidad de poder observar el movimiento giratorio de los ejes, engranes y piñones y a su vez observar al aceite realizar su trabajo de lubricación.

Las tapas están sujetas cada una por cuatro pernos M5 siendo suficiente para sujetar y mantener una estabilidad adecuada para el

funcionamiento de todos los componentes debido a que la revoluciones de entrada son de 1200rpm producidas por el motor eléctrico que las genera se produce una vibración considerable debido a que la fricción entre dientes de talla recta es mayor que en los dientes helicoidales.

Una de las tapas contiene al piñón loco o piñón de inversa con el que constituye la relación de transmisión para la marcha atrás o reversa.

#### 4.10.1.- Reten de aceite del pistón de empuje



**Fig. 4.17**

El retenedor esta alojado en la tapa exterior y permite mantener el aceite en el interior y a la ves sirve de guía para el pistón de empuje, está instalada en un anillo plástico adherida en la tapa exterior de la caja.

Para tener una eficacia de retención del aceite, el pistón de empuje debe tener una superficie muy lisa para evitar el desgaste del reten y evitar fugas internas de aceite.

#### 4.10.2.- Retén de aceite para los ejes tanto de entrada como de salida

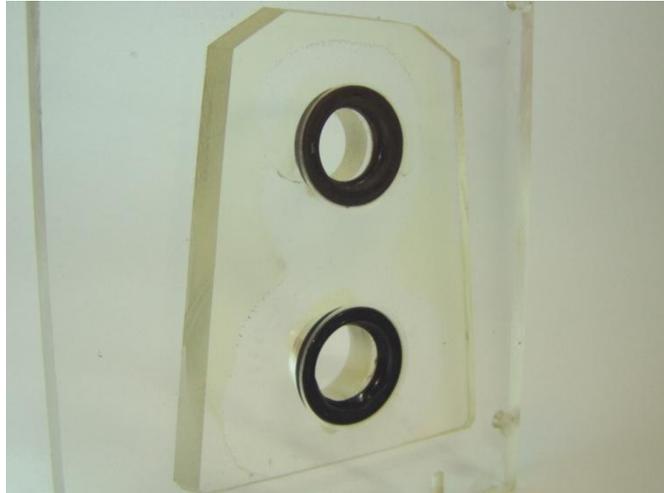


Fig. 4.18

### CAPITULO V.- PISTON INDUCIDO ELECTRICAMENTE

#### 5.1.- MAGNETISMO

Constituye una de las propiedades fundamentales de la materia. Todas las sustancias –incluyendo vidrio, plásticos, madera, etc.- muestran hasta cierto grado propiedades magnéticas, aunque la mayoría de ellas lo hacen en un grado tan reducido que se consideran en general como no magnéticas. Sólo los tres metales, hierro, níquel y cobalto, y algunas de sus aleaciones (como el acero), son muy magnéticos.

El magnetismo no sólo es una importante propiedad de la materia, sino que está también asociado con la electricidad. Un conductor por el que pasa una corriente eléctrica tiene en torno suyo un campo magnético resultante del movimiento de las cargas eléctricas – electrones-, que constituyen la corriente. De hecho, todos los efectos

magnéticos son producto del movimiento de las cargas eléctricas. Esto ocurre incluso con las sustancias que se comportan como imanes sin estar conectadas a una alimentación eléctrica externa. Sus campos magnéticos son producto del movimiento de electrones existente dentro de los átomos o las moléculas de la sustancia misma. Por esta razón, el magnetismo y la electricidad no son fenómenos independientes, y muchos conceptos básicos del magnetismo son similares a los de la electrostática (estudio de las cargas eléctricas)



**Fig. 5.1 Campo magnético**

### **5.1.1.- Conceptos básicos**

Un concepto importante del magnetismo es el del polo magnético (análogo a una carga puntual en la electrostática). Hay dos tipos de polos magnéticos: los polos norte y los polos sur. Los polos iguales se repelen y los diferentes se atraen (del mismo modo que las cargas eléctricas iguales se repelen y las de signo distinto se atraen). Cuantos más fuertes son los polos, mayor es la fuerza de atracción o repulsión existente entre ellos. También, cuanto más cercanas están mayor es la fuerza. De hecho, la magnitud de la fuerza magnética es inversamente

proporcional al cuadrado de la distancia existente entre los polos (una relación de la inversa de los cuadrados similar a la ley de Coulomb en la electrostática).

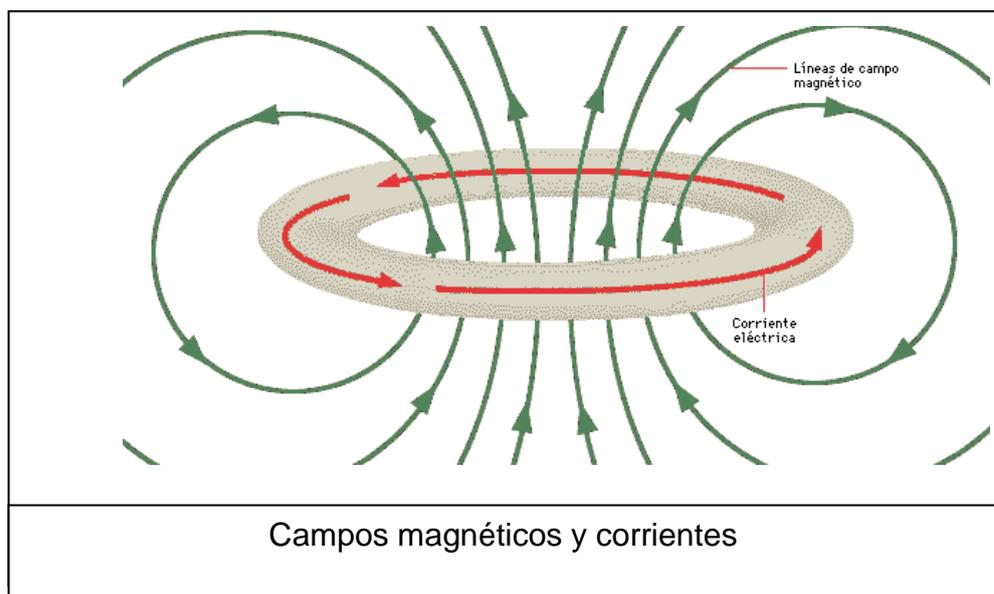
Otra semejanza existente entre el magnetismo y la electrostática es el concepto de campo. Un imán produce su efecto más intenso cerca de los polos, pero su influencia se extiende también al espacio que lo rodea. La región en que se puede detectar esa influencia recibe el nombre de campo magnético (análoga al campo eléctrico de la electrostática). Un campo magnético puede representarse mediante líneas de campo, que indican su fuerza y sentido. Donde las líneas están más próximas, el campo es fuerte (es decir, un polo magnético situado en ese punto experimenta una fuerza intensa), y viceversa, donde las líneas están muy separadas, el campo es débil. Las flechas que aparecen en las líneas de campo muestran el sentido en el que se movería un polo norte libre en ese punto del campo; un polo sur libre se movería en sentido opuesto. Un polo magnético libre o monopolo es un concepto teórico y no puede existir en la realidad. Todos los imanes tienen polo norte y polo sur; si cortamos un imán recto en dos, se producen dos imanes menores, cada uno con sus polos norte y sur propios.

## **5.2.- PRINCIPIO DEL ELECTROMAGNETISMO**

El hierro, el acero, y otras sustancias ferromagnéticas son magnéticas debido a su estructura atómica. Un átomo se compone de un núcleo central, con carga positiva, rodeado de electrones con carga negativa, que describen rápidas órbitas en torno al núcleo, a la vez que giran sobre sí mismos. Como los electrones llevan su carga eléctrica, al moverse, cada uno de ellos da lugar a un diminuto campo magnético. Ese efecto se produce en todas las sustancias, pero en la mayoría de

ellas los electrones están dispuestos de tal modo que sus campos magnéticos se anulan casi completamente entre sí.

No se anulan, en cambio, los campos magnéticos de los electrones de los materiales imantados ferromagnéticos, y cada átomo actúa como un diminuto imán de barra. Además, incluso cuando una sustancia ferromagnética no está imantada, existe cierto orden entre sus <<átomos-imanés>> (conocidos científicamente como dipolos atómicos, porque existe una diminuta separación de polos en cada átomo). Los dipolos se alinean entre sí en zonas extremadamente pequeñas (del orden de  $10^{-10} \text{ m}^3$ ), llamadas dominios. Dentro de cada dominio todos los dipolos están alineados en la misma dirección, pero los dominios en sí están orientados al azar dentro de un material no imantado, de manera que los efectos magnéticos de los distintos dominios se anulan entre sí.



**Fig. 5.2**

Pero cuando una sustancia ferromagnética es imantada por un campo externo, los dominios que están ya alineados con el campo aumentan a costa de los que apuntan en contra de él. Además, los otros

giran sobre sí mismos, alineándose con el capó externo. Debido a la alineación conjunta de los dipolos, sus efectos magnéticos se combinan, produciéndose en el material un campo magnético general inducido. Se dice que la imantación de una sustancia saturada cuando todos sus dipolos apuntan en la misma dirección.

### **5.2.1.- Efecto magnético de una corriente eléctrica**

Un movimiento de carga eléctrica es la causa subyacente a todo magnetismo. Por esa razón, una corriente eléctrica, al ser un movimiento de carga, produce un campo magnético. Cuanto mayor es la corriente, más fuerte es el campo magnético que produce. Si la corriente pasa por un alambre, la forma del campo magnético depende de la configuración del alambre. Un alambre simple y recto que lleva una corriente, por ejemplo, está rodeado por un campo magnético cilíndrico.

Dos alambres rectos portadores de corriente puestos en paralelo se atraen entre sí cuando las corrientes pasan en el mismo sentido, y se repelen cuando aquéllas fluyen en sentido opuesto. La fuerza de atracción o repulsión varía de acuerdo con la magnitud de la corriente, o sea que, midiendo esa fuerza, se puede averiguar la corriente. Ese es el principio del equilibrado de corriente, instrumento fundamental de la medición de las corrientes.

Una de las aplicaciones más útiles de este efecto es el solenoide, consistente en un tramo de alambre aislado enrollado en torno a un cilindro. Produce un campo magnético que, dentro de él, es sumamente uniforme, tanto en intensidad como en sentido. En conjunto, el campo magnético de un solenoide recuerda al de un imán recto y se comporta de un modo similar; como si tuviese un polo norte en un extremo y un polo sur en el otro. Si, por ejemplo, colgamos suelto un solenoide

cargado de corriente, se alinea automáticamente con el campo magnético de la tierra.

### **5.2.2.- El campo magnético**

Una barra imantada o un cable que transporta corriente pueden influir en otros materiales magnéticos sin tocarlos físicamente porque los objetos magnéticos producen un 'campo magnético'. Los campos magnéticos suelen representarse mediante 'líneas de campo magnético' o 'líneas de fuerza'. En cualquier punto, la dirección del campo magnético es igual a la dirección de las líneas de fuerza, y la intensidad del campo es inversamente proporcional al espacio entre las líneas. En el caso de una barra imantada, las líneas de fuerza salen de un extremo y se curvan para llegar al otro extremo; estas líneas pueden considerarse como bucles cerrados, con una parte del bucle dentro del imán y otra fuera. En los extremos del imán, donde las líneas de fuerza están más próximas, el campo magnético es más intenso; en los lados del imán, donde las líneas de fuerza están más separadas, el campo magnético es más débil. Según su forma y su fuerza magnética, los distintos tipos de imán producen diferentes esquemas de líneas de fuerza. La estructura de las líneas de fuerza creadas por un imán o por cualquier objeto que genere un campo magnético puede visualizarse utilizando una brújula o limaduras de hierro. Los imanes tienden a orientarse siguiendo las líneas de campo magnético. Por tanto, una brújula, que es un pequeño imán que puede rotar libremente, se orientará en la dirección de las líneas. Marcando la dirección que señala la brújula al colocarla en diferentes puntos alrededor de la fuente del campo magnético, puede deducirse el esquema de líneas de fuerza. Igualmente, si se agitan limaduras de hierro sobre una hoja de papel o un plástico por encima de un objeto que crea un campo magnético, las limaduras se orientan siguiendo las líneas de fuerza y permiten así visualizar su estructura.

Los campos magnéticos influyen sobre los materiales magnéticos y sobre las partículas cargadas en movimiento. En términos generales, cuando una partícula cargada se desplaza a través de un campo magnético, experimenta una fuerza que forma ángulos rectos con la velocidad de la partícula y con la dirección del campo. Como la fuerza siempre es perpendicular a la velocidad, las partículas se mueven en trayectorias curvas. Los campos magnéticos se emplean para controlar las trayectorias de partículas cargadas en dispositivos como los aceleradores de partículas o los espectrógrafos de masas.

### **5.2.3.- Tipos de magnetismo**

Todos los materiales son diamagnéticos, paramagnéticos o ferromagnéticos. Cada uno se comporta de un modo característico si se coloca dentro de un solenoide con corriente (es decir, dentro de un campo magnético uniforme), cosa que depende de la estructura electrónica de los átomos y de la disposición de éstos dentro del material.

En un pedazo de material diamagnético (como el bismuto o el cobre), los electrones de cada átomo están dispuestos de tal modo que sus efectos magnéticos se anulan entre sí; por esta razón, una sustancia diamagnética no está asociada a ningún campo magnético unitario. Pero si se coloca una barra de ese material dentro de un campo inducido, se alteran ligeramente las trayectorias de los electrones. Como resultado, esa sustancia adquiere una imantación muy débil, y de sentido opuesto al del campo inducido. Por lo tanto, la susceptibilidad (razón del campo magnético inducido al inductor) de los materiales diamagnéticos es muy pequeña y negativa (del orden de  $-10^{-5}$ ). Si colgamos libremente una barra de material diamagnético dentro de un campo magnético uniforme y fuerte, se alinea en sentido transversal al mismo. El efecto

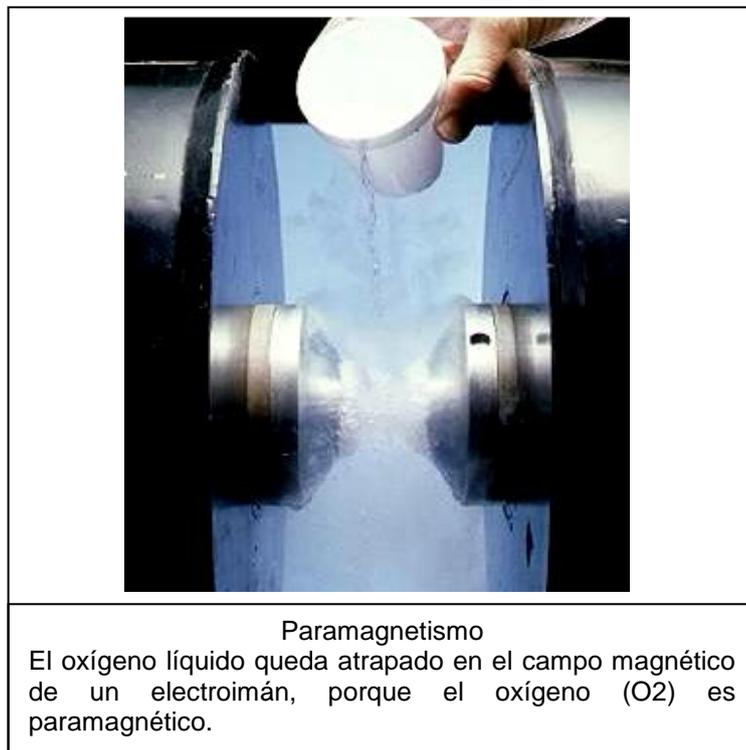
diamagnético existe en todas las sustancias, pero puede amortiguarse por la acción de los efectos paramagnéticos y ferromagnéticos más potentes.

En un material paramagnético (como el platino o el aluminio) los efectos magnéticos de los electrones no se anulan totalmente, actuando cada átomo como un débil y diminuto imán recto. En circunstancias normales, esos dipolos atómicos se orientan al azar y no existe ningún efecto magnético total. Pero, bajo la influencia de un campo inductor, los dipolos tienden a alinearse con el campo. Como consecuencia, el campo magnético inducido en esa sustancia se orienta en el mismo sentido que el campo inductor, por lo que una barra de material paramagnético, suspendida libremente, se alinea automáticamente con el campo inductor. Sin embargo, el alineamiento de los dipolos no es completo, por lo que el magnetismo inducido suele ser débil, aunque aún es lo suficientemente fuerte para superar el efecto diamagnético. La susceptibilidad de las sustancias paramagnéticas es pequeña y positiva (del orden de  $+10^{-3}$ ).

Muchas sustancias son paramagnéticas, pero muy pocas presentan la tercera y más importante forma del magnetismo; el ferromagnetismo. Los materiales ferromagnéticos, como el hierro y el cobalto, muestran un comportamiento paramagnético, pero mucho más fuerte que el de la mayoría de las sustancias paramagnéticas, debido a que se alinean muchos más dipolos atómicos al estar dentro de un campo inducido. Por esta razón, los materiales ferromagnéticos tienen susceptibilidades grandes y positivas (a menudo superiores a  $+10^3$ ).

Las propiedades magnéticas de los materiales se clasifican siguiendo distintos criterios.

Una de las clasificaciones de los materiales magnéticos —que los divide en diamagnéticos, paramagnéticos y ferromagnéticos— se basa en la reacción del material ante un campo magnético. Cuando se coloca un material diamagnético en un campo magnético, se induce en él un momento magnético de sentido opuesto al campo. En la actualidad se sabe que esta propiedad se debe a las corrientes eléctricas inducidas en los átomos y moléculas individuales. Estas corrientes producen momentos magnéticos opuestos al campo aplicado. Muchos materiales son diamagnéticos; los que presentan un diamagnetismo más intenso son el bismuto metálico y las moléculas orgánicas que, como el benceno, tienen una estructura cíclica que permite que las corrientes eléctricas se establezcan con facilidad.



**Fig. 5.3 Diamagnetismo**

Un material ferromagnético acaba perdiendo sus propiedades magnéticas cuando se calienta. Esta pérdida es completa por encima de una temperatura conocida como punto de Curie, llamada así en honor

del físico francés Pierre Curie, que descubrió el fenómeno en 1895. (El punto de Curie del hierro metálico es de unos 770 °C).

#### **5.2.4.- Imantación y desimantación**

Un mineral de hierro llamado magnetita es la sustancia magnética (es decir, susceptible de imantación) natural más importante que existe. La piedra imán –un tipo específico de magnetita- es la única sustancia natural que se comporta de suyo como un imán (es decir, atrae las sustancias magnéticas).

Un trozo corriente de material ferromagnético, por ejemplo de acero, no actúa como un imán, pero se puede convertir en imán de varias maneras. Una consiste en poner simplemente el acero cerca de un imán fuerte. La parte del acero más cercana al polo norte del imán se convierte en polo sur (y viceversa), siendo el acero además atraído hacia el imán. Es debido a ese fenómeno del magnetismo inducido por lo que un imán atrae al hierro y demás materiales ferromagnéticos. Ese método de imantación sólo induce por lo general un débil campo en el acero, porque se han alineado relativamente pocos dominios. Se puede conseguir una mayor alineación de dominios –y un campo magnético más fuerte- frotando repetidamente el acero con un imán recto, siempre en el mismo sentido.

Por el modo más efectivo de imantar un pedazo de acero es colocarlo dentro de un solenoide que tenga corriente directa fuerte. La corriente produce un fuerte campo magnético dentro del solenoide, que a su vez induce un campo magnético en el acero.

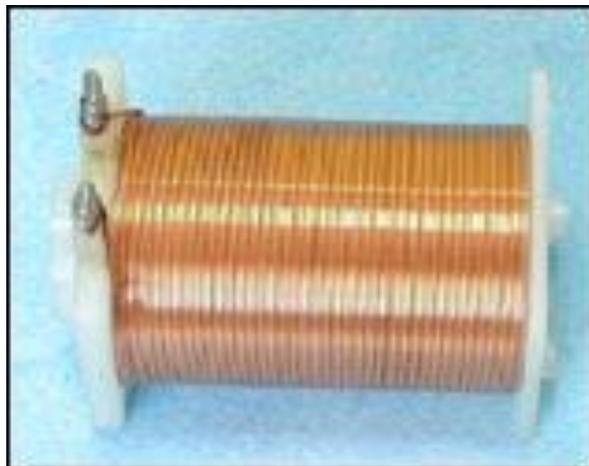
Cuando el acero se ha imantado tiende a conservar el magnetismo, convirtiéndose en imán permanente. En cambio, en algunos otros materiales ferromagnéticos, el magnetismo inducido es sólo temporal. El

hierro puro (<<dulce>>), por ejemplo, pierde su magnetismo en cuanto es retirado del campo magnético.

Aunque los imanes permanentes tienden a conservar el magnetismo, se pueden desimantar de varios modos. Un tratamiento violento, martilleando, por ejemplo, reduce la fuerza de un imán permanente al sacar por salto físico los dominios de su mutua alineación. Con todo, ese método rara vez desimanta por completo un imán permanentemente. Entre otros métodos desimantadores más eficaces están el calentamiento hasta cerca del punto de fusión (unos 1400 °C en el acero), o la colocación dentro de un solenoide, por el que se hace pasar una corriente alterna, reduciéndola después gradualmente a cero. El calentamiento desimanta el material al aumentar las vibraciones aleatorias de sus átomos, destruyendo así su organizado alineamiento. Similarmente, al pasar una corriente alterna decreciente por un solenoide se invierte el campo magnético varias veces por segundo, lo que deja al cuerpo ferromagnético totalmente vacío de campo.

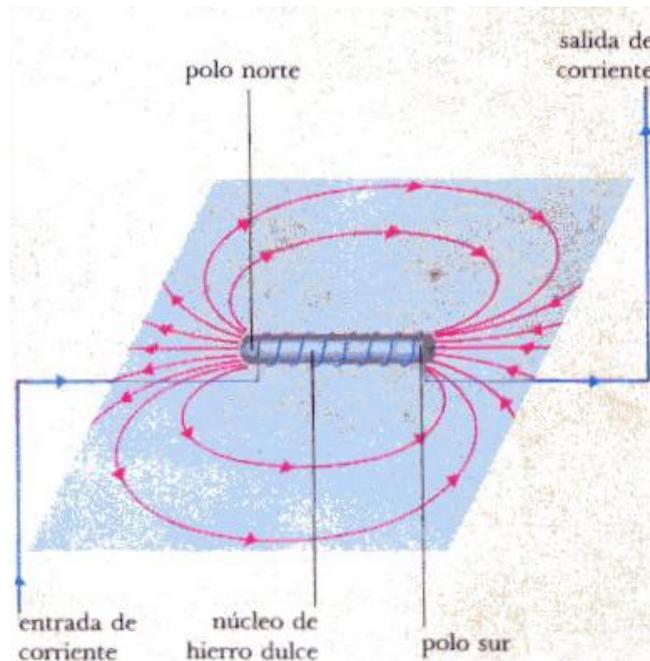
### 5.3.- FUNCIONAMIENTO DEL SOLENOIDE

El solenoide es un hilo metálico arrollado que, recorrido por una corriente eléctrica, se comporta como un imán.



**Fig. 5.4 Arrollamiento**

Aunque las características esenciales de los imanes se conocían desde la antigüedad, las propiedades magnéticas de la materia no fueron estudiadas hasta comienzos del siglo XIX. En 1819, el danés Christian Oersted demostró que un hilo conductor recorrido por una corriente eléctrica desviaba una aguja magnética, por lo que el hilo actuaba como un imán. El año siguiente, el francés André Ampère asistió a una reproducción del experimento de Oersted y dedujo la primera teoría del electromagnetismo, estableciendo las fórmulas que permiten el cálculo de las fuerzas entre conductores.



**Fig. 5.5 Electromagnetismo**

Cuando se sitúa una aguja imantada cerca de un solenoide, es desviada de modo que su dirección tienda a ser paralela al eje de las espiras del solenoide. Desplazando la aguja alrededor de la bobina, o espolvoreando limaduras de hierro sobre un plano que atraviesa la bobina, es posible dibujar las líneas de fuerza del campo magnético creado por el solenoide. Cuando el solenoide tiene la forma de un

cilindro muy largo, el campo magnético en el interior del mismo es prácticamente uniforme lejos de sus extremos, paralelo al eje del solenoide y proporcional a la intensidad de la corriente eléctrica que recorre el solenoide, así como al número de espiras de la bobina. La intensidad del campo magnético B puede calcularse según la fórmula:

$$B = \mu_0 NI / L$$

donde N es el número de espiras, I la intensidad de corriente, L la longitud del solenoide, y  $\mu_0$ , la llamada permeabilidad magnética del vacío, tiene un valor de  $4\pi \cdot 10^{-7}$ .

#### 5.4.- PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO



**Fig. 5.6 Solenoide**

Para las pruebas de funcionamiento de los solenoides o llamados también pistones electro magnéticamente conducidos. Primeros se deberá conocer como funciona y de que elementos están compuestos los solenoides para así de una manera más fácil determinar los parámetros que se requieren para el funcionamiento del mismo.

La potencia electro magnética se determina por el número de vueltas del alambre del arrollamiento inducido y por el diámetro o grosor del mismo. En el solenoide por ser un impulsador del mecanismo de acoplamiento del piñón de arranque con el volante, posee dos arrollamientos uno primario y otro secundario el uno de calibre menor y el otro de mayor respectivamente. El arrollamiento primario, permite absorber la alta tensión derivada del arrollamiento secundario la cual es dirigida hacia tierra evitando que haya una sobrecarga hacia la batería provocando un corto circuito.

Para realizar las pruebas de funcionamiento, se debe tener los siguientes instrumentos:

- Multímetro digital
- Newtómetro o medidor de fuerza

#### **5.4.1.- PRUEBAS**

- Para verificar el funcionamiento se debe comprobar la resistencia que es medida entre el un extremo y el otro del arrollamiento por medio del multímetro, previamente desconectada la fuente de energía que en este caso es la batería de 12 voltios.

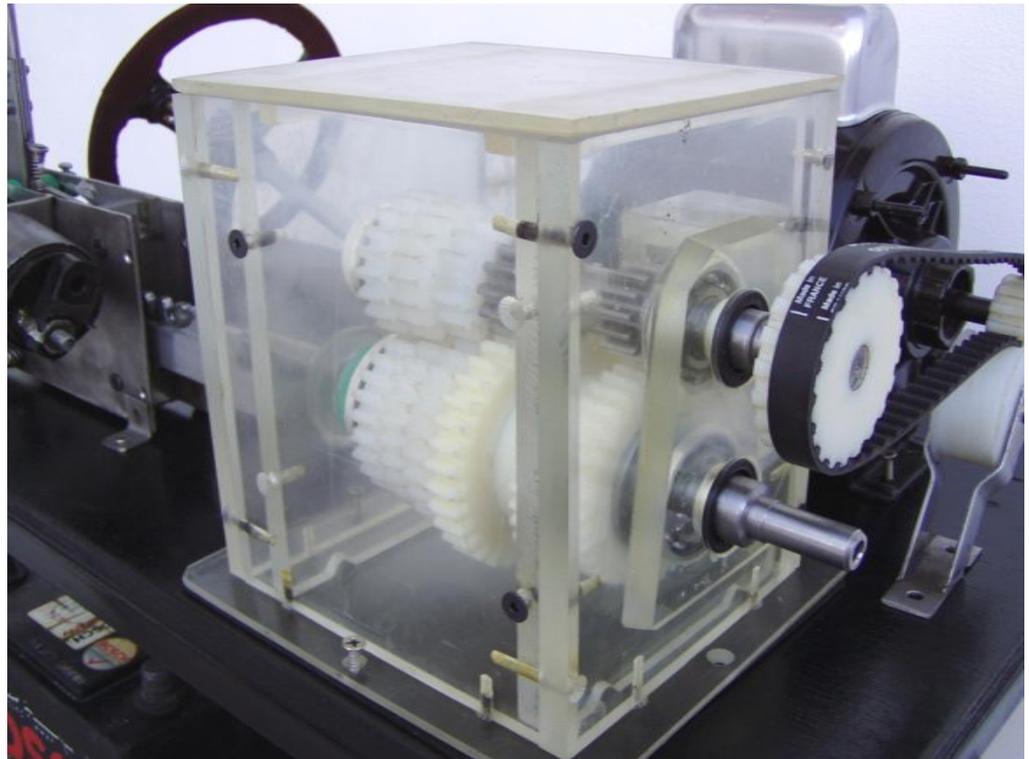
Valor de la resistencia del arrollamiento generadora del campo magnético =  $1,3 \Omega$

- Por medio del Newtómetro, obtenemos la fuerza que ejerce el pistón al ser electro magnéticamente inducido.

Valor de la fuerza con la que atrae el pistón = 25 N

## CAPITULO VI.-ELABORACION “MAQUETA DEL PROTOTIPO DE CAJA SECUENCIAL

### 6.1.- ESQUEMA DEL PROCESO DE DESMONTAJE Y MONTAJE DE LA CAJA DE VELOCIDADES SECUENCIAL



**Fig. 6.1 Conjunto Caja Secuencial**

#### 6.1.1.- DESMONTAJE

- ✓ Desconectar la banda dentada del motor eléctrico aflojando al tensor de la misma.
- ✓ Desmontar la conexión con el velocímetro retirando la cadena del conector.
- ✓ Destornillar todos los tornillos que fijan a la caja de velocidades sobre la mesa o banco de prueba.
- ✓ Retirar los pernos que sujetan al pistón de empuje con la cremallera.

- ✓ Una vez retirada la caja procedemos a retirar el aceite volcando la misma retirando primeramente la tapa con la que la cubre.

### **6.1.2.- MONTAJE**

Efectuar en orden inverso las operaciones del desmontaje, teniendo en cuenta los puntos siguientes:

- ✓ Vigilar el centrado de la caja con respecto al paralelismo entre el eje del motor y los ejes tanto de salida como de entrada.
- ✓ Realizar un ajuste de todos los tornillos de tal manera que no se provoque un aislamiento del material donde ajustan estos en este caso la base de madera del banco de pruebas.
- ✓ Llenar hasta el nivel de aceite de la caja de velocidades.
- ✓ Comprobar la selección correcta de las marchas.
- ✓ Comprobar el funcionamiento del acoplamiento para que no exista trabamientos.
- ✓ Comprobar y ajustar en su caso el velocímetro.

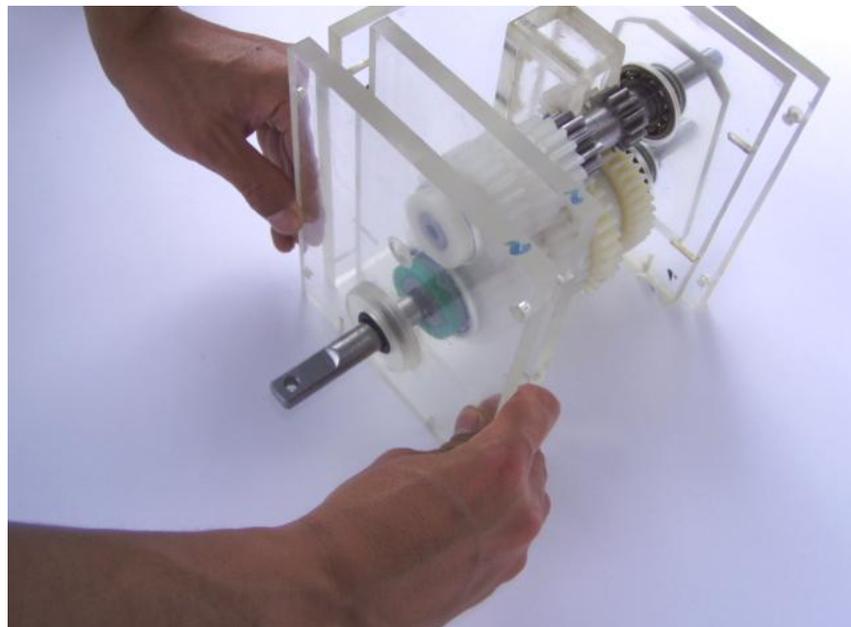
### **6.1.3.- DESARMADO DE LA CAJA DE VELOCIDADES**

- ✓ Desmontar la caja de velocidades y colocarla sobre un soporte adecuado.
- ✓ Desmontar la tapa inferior.
- ✓ Quitar los tornillos de fijación de todas las tapas.
- ✓ Invertir la caja de velocidades.
- ✓ Retirar las tapas que contienen a los retenedores. (Fig. 6.2 )



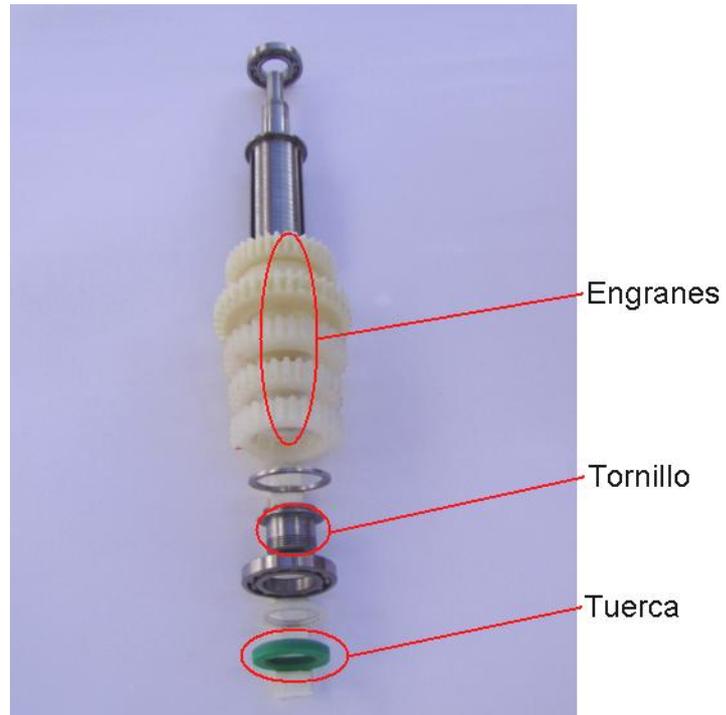
**Fig. 6.2 Tornillos en tapa que contienen a los retenedores**

- ✓ Desmontar el piñón de velocidad de entrada del motor eléctrico
- ✓ Luego de desmontar todos los tornillos de todas las tapas, posteriormente procedemos a sacar las mismas.



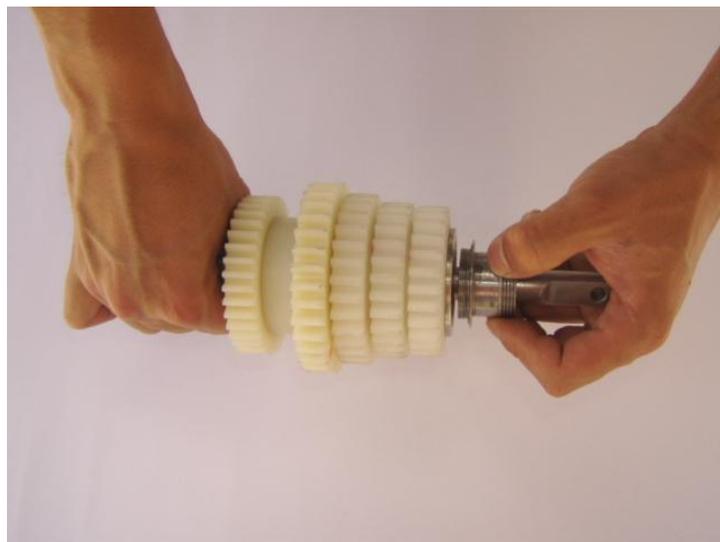
**Fig. 6.3 Tapa conjunto retenedor pistón de empuje**

#### **6.1.4.- EJE DE SALIDA O SECUNDARIO**



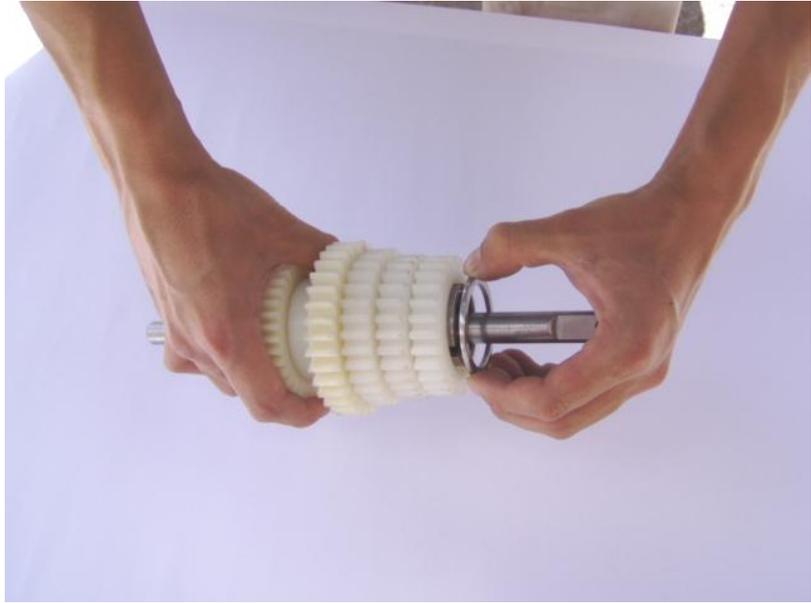
**Fig. 6.4 Conjunto piñonería eje secuencial o conducido**

- ✓ Desenroscar el tornillo de ajuste de los engranajes y base del rodamiento



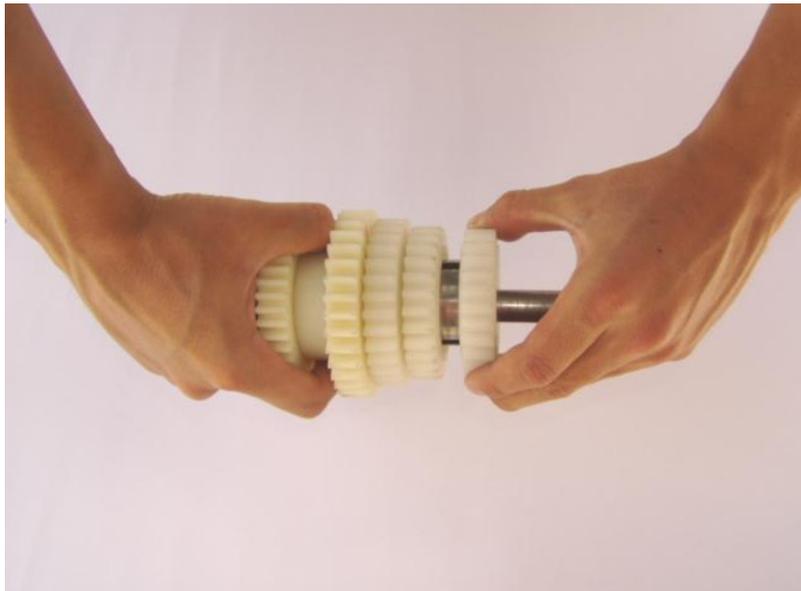
**Fig. 6.5 Tornillo de ajuste de engranes**

- ✓ Luego de desmontar el tornillo, quitamos la arandela de acero inoxidable mediante un leve empujón del engranaje de cuarta velocidad.



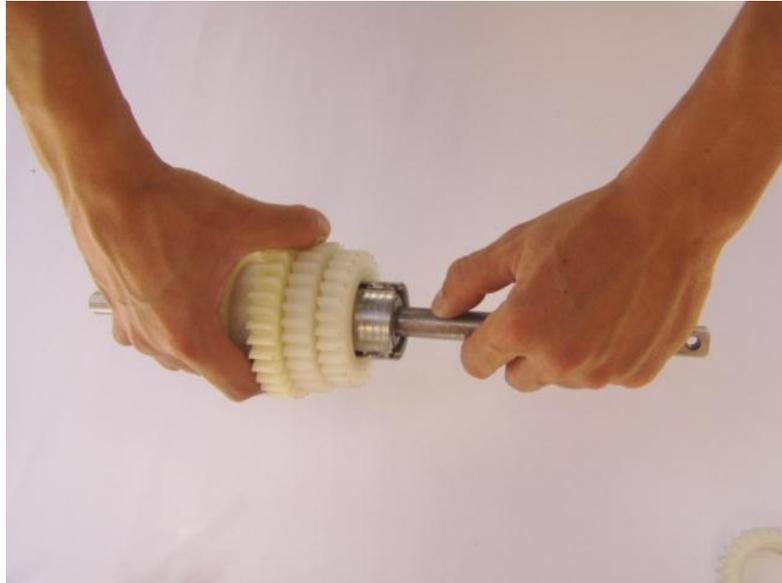
**Fig. 6.6 Anillo de ajuste eje cilíndrico**

- ✓ Sacamos uno por uno los engranajes teniendo en cuenta la posición a la que se encontraban antes para su luego armado.



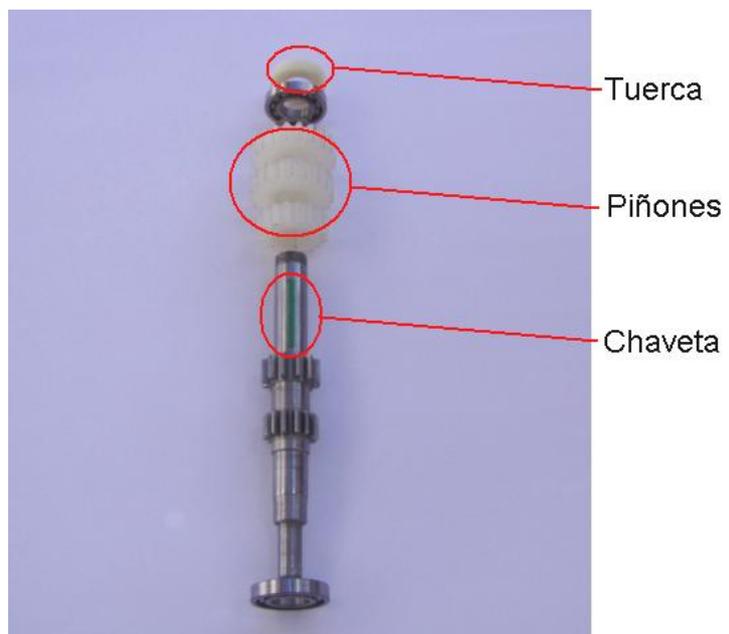
**Fig. 6.7 Engranajes**

- ✓ Desmontar posteriormente al eje o pistón de empuje deslizándolo por el eje secundario, fijándose en la señal en el diente o sincronizado para luego ser ensamblado normalmente.

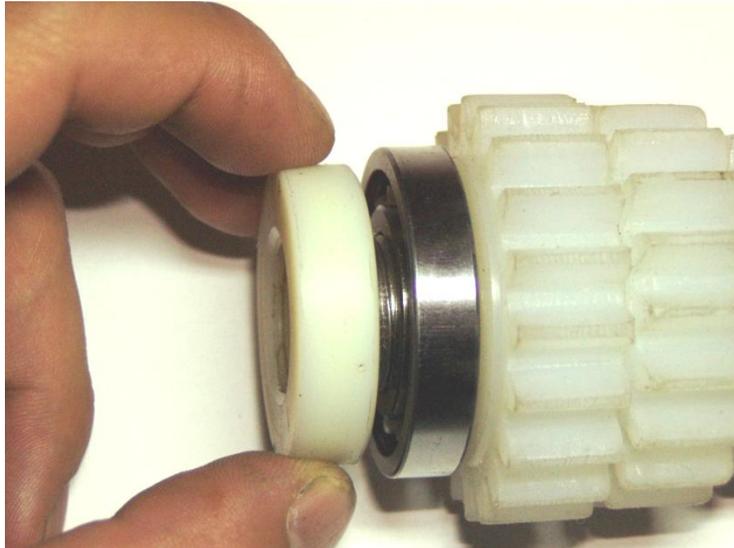


**Fig. 6.8 Pistón de empuje**

#### **6.1.5.- EJE DE ENTRADA O MOTRIZ**

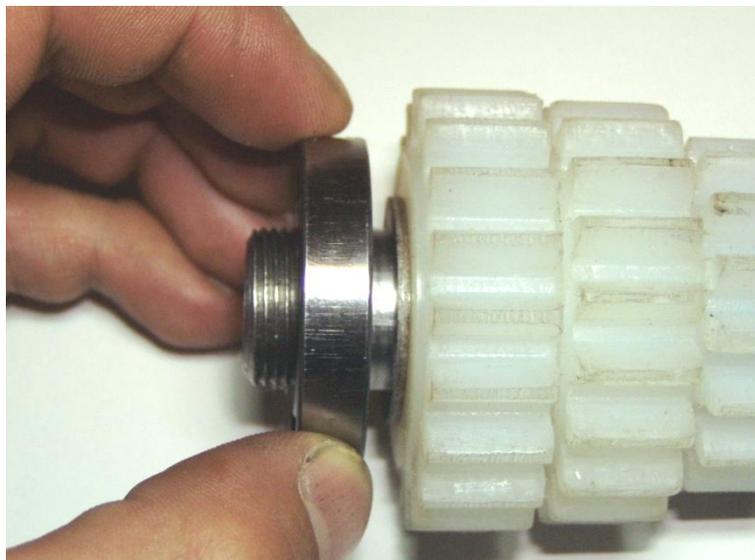


**Fig. 6.9 Conjunto piñonería eje primario o motriz**



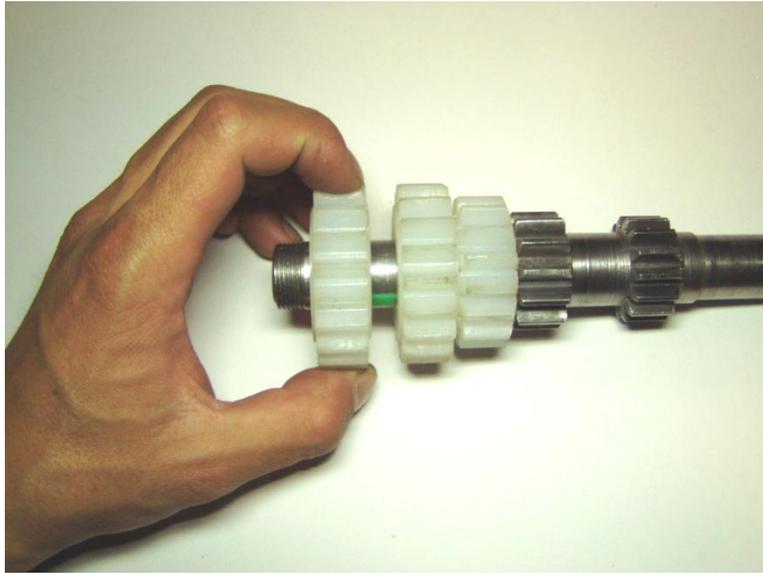
**Fig. 6.10 Tuerca**

- ✓ Para desmontar los piñones del eje de salida o eje motriz, aflojamos la tuerca que sujeta a estos.



**Fig. 6.11 Rodamiento**

- ✓ Luego de quitar la tuerca, sacamos el rodamiento y a su vez la rodela



**Fig. 6.12 Retiro de piñones**

- ✓ Retiramos los piñones de manera ordenada.
- ✓ No retirar la chaveta pues no es necesario.

### **6.1.6.- PIÑONERÍA DE CAJA DE VELOCIDADES**

1. Tuerca de eje secundario
2. Arandela de reglaje
3. Rodamiento de eje secundario
4. Tornillo de ajuste de engranes del eje secundario
5. Arandela de ajuste del eje secundario
6. Engrane conducido de 4<sup>a</sup>
7. Engrane conducido de 3<sup>a</sup>
8. Engrane conducido de 2<sup>a</sup>
9. Engrane conducido de 1<sup>a</sup>
10. Bocín de ajuste Neutral
11. Engrane conducido de Reversa
12. Eje de empuje
13. Eje secundario
14. Sincronizado o Chaveta Móvil
15. Rodamiento de eje secundario
16. Tuerca de eje primario o motriz
17. Rodamiento de eje primario
18. Arandela de reglaje
19. Piñón conductor de 4<sup>a</sup>
20. Piñón conductor de 3<sup>a</sup>
21. Piñón conductor de 2<sup>a</sup>
22. Chaveta de eje primario
23. Eje primario o motriz
24. Rodamiento de eje primario.

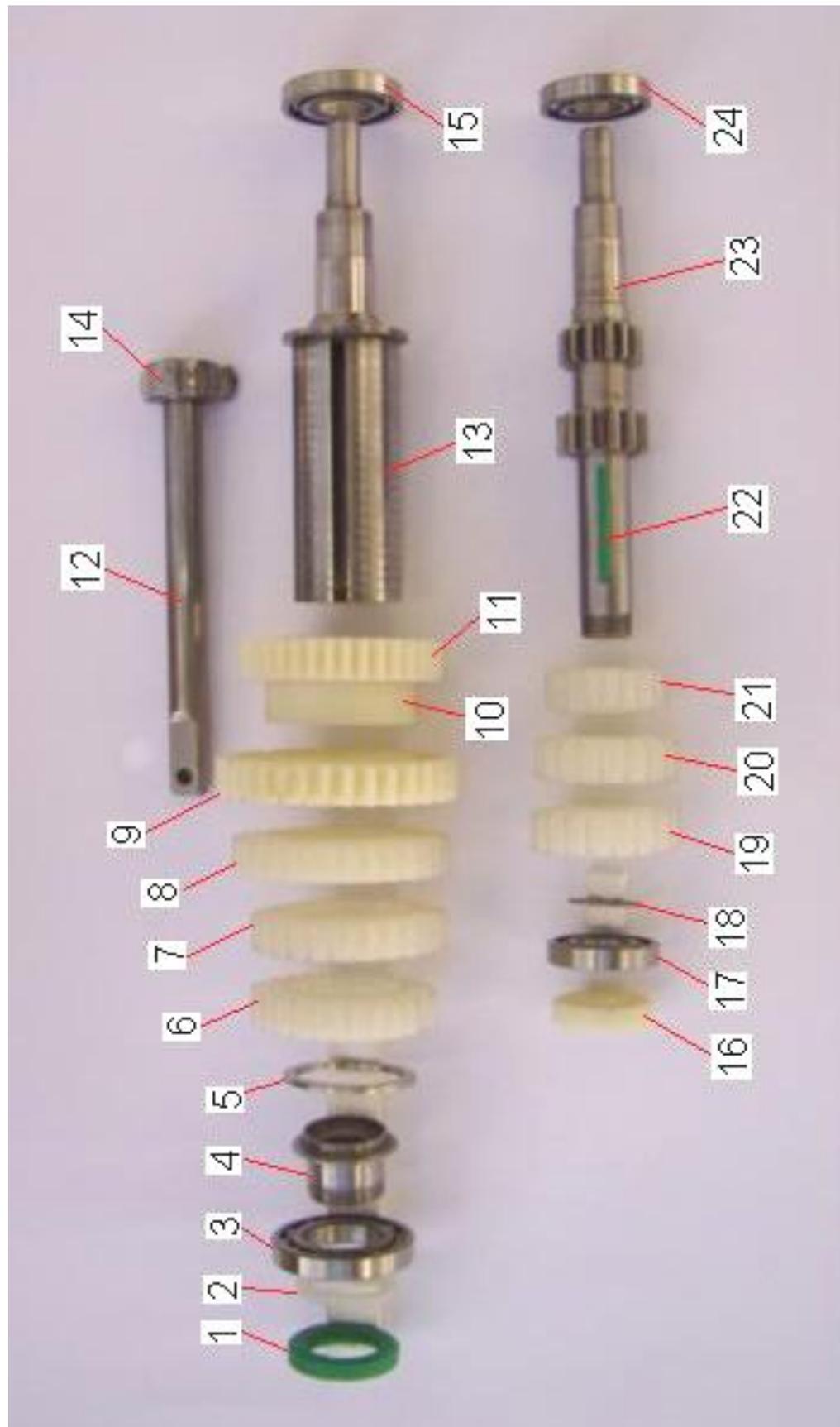
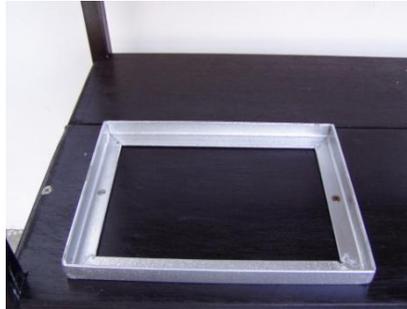


Fig. 6.13 Despiece piñones

### 6.1.7.- BANCO DE PRUEBAS

- ✓ Introducir cables conductores de electricidad.



**Fig. 6.14**

- ✓ Ensamblar la base de la batería.



**Fig. 6.15**

- ✓ Conectar el pedal (acelerador).



**Fig. 6.16**

- ✓ Chequear carga de la batería.

## 6.2.- OBTENCIÓN DE LOS MATERIALES DISPENSABLES

Para la obtención de los materiales que conforman los elementos de los piñones del prototipo de caja de velocidades secuencial, se determinaron realizando los cálculos respectivos basados de acuerdo a los estudios realizados según el autor Robert L. Mott, en donde, se obtuvo el tipo de material según las exigencias (fuerzas cortantes, fuerzas tangenciales, etc.) para cada uno de los ejes. El estudio de materiales resistentes para este tipo de trabajo, se lo realiza para la relación de transmisión en primera velocidad como antes mencionada en anteriores capítulos, por ser el lugar y también por ser los elementos en donde se produce el mayor esfuerzo ya sea por tracción, fricción, torsión y otros.

A continuación se presenta una tabla en donde se podrá observar con que tipo de material se debe trabajar para obtener buenos resultados de durabilidad y exigencias aplicadas en cada uno de los elementos:

**Tabla 6.1**

ELEMENTO	DIÁMETRO MÍNIMO	TENSIÓN DEBIDA AL ESFUERZO DE CORTE POR TORCIÓN	TIPO DE MATERIAL
Eje Secundario	22	910 Mpa	AISI 1020 extruido en frío
Eje Primario	14.8	12750 Mpa	AISI 1020 extruido en frío

ELEMENTO	DIÁMETRO DE LA RAIZ	TENSIÓN DEBIDA AL CONTACTO	TIPO DE MATERIAL
ENGRANE	78.7	1883 Mpa	AISI 1340 OQT 400, 400 HB mínimo a 8% de elongación y Su = 1960 MPa.
PIÑÓN	23.7	394 Mpa	AISI 1340 OQT 400, 400 HB mínimo a 8% de elongación y Su = 1960 MPa.

Al realizar la maqueta se ha provisto de materiales los cuales permiten realizar la construcción del prototipo como medio didáctico y lo cual conlleva a una reducción de los costos ya que los materiales diseñados por los cálculos, el valor por material y mecanizado son elevados.

Para la construcción de la caja o carcasa, se dispuso de un material resistente y con el cual nos permite observar detenidamente la rotación de los engranajes y a su vez mantener a todos los elementos fijamente sin ocasionar algún problema con lo que se refiere a roturas por vibración este tipo de material es:

*Acrílico de tipo Estándar con una Resistencia a la Tracción de 72 Mpa, un módulo de tracción de 2960 Mpa, Resistencia a la Flexión 110 Mpa, Módulo de Flexión 3170 Mpa.*

En la elaboración de los ejes se dispuso de un material que podemos encontrar en el mercado:

*K 100 Bolher, Resistencia a la Tracción de 800 Mpa, Tipo de aleación C200 Si 0,20% Mn 0,3% Cr 11,5%, Dureza Superficial 63 – 65 HRC 600 °C*

Para algunos mecanismos y elementos como el sistema de mando y la arandela de ajuste del eje secundario, se obtuvo del siguiente material:

*AISI Aceros austeníticos 304, UNS S30400, Con una condición de Recocido, Resistencia a la tracción de 586 Mpa, Resistencia al punto cedente 241 Mpa, Ductibilidad 60 (elongación porcentual en 2 pulg.).*

### **6.3.- Construcción de la base / Chasis**



**Fig. 6.17 Banco de prueba**

Para la construcción de la base / chasis se utilizó materiales necesarios como tubo cuadrado de 25 mm, madera de 15 mm de espesor y tornillos triple pato de ranura recta.

## MEDIDAS

Largo = 700mm

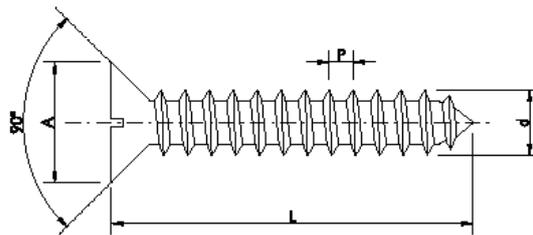
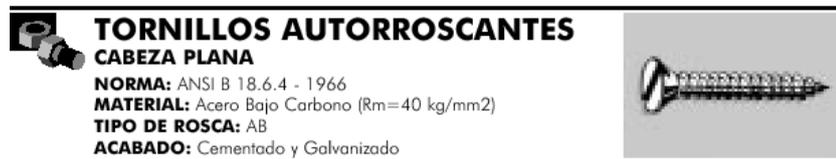
Ancho = 400mm

Altura = 800mm

## 6.4.- MATERIALES Y HERRAMIENTAS NECESARIAS

### 6.4.1.- MATERIALES:

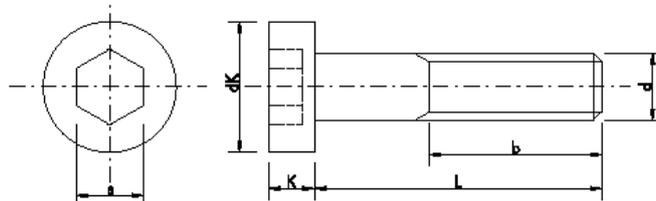
- Acrílico 1 x 1m de espesor 11mm
- Tablero de madera 2 x 2m de espesor 15mm
- Tubo cuadrado metálico 0.025 x 0.025 x 4 m
- Cable de cobre forrado (hilos) de diferentes colores
- Tornillos triplepato estrella



	Ranura Recta	Ranura en Cruz
CABEZA PLANA		

**Fig. 6.18 Tornillo triplepato**

- ☑ Tornillos hexágonos o Allen de cabeza cilíndrica



**Fig. 6.19 Perno Allen**

#### 6.4.2.- HERRAMIENTAS:

- Destornillador en cruz



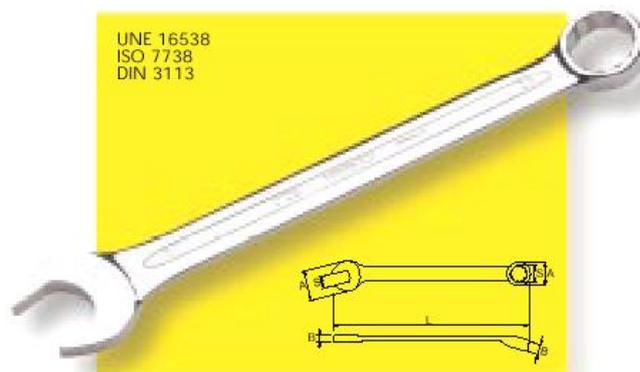
**Fig. 6.20 Destornillador**

- Llave hexágona 4mm



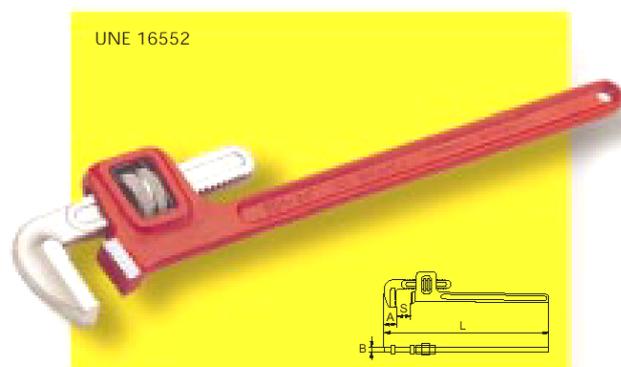
**Fig. 6.21 Llaves hexágonas**

- Llave mixta 13mm



**Fig. 6.22 Llave mixta**

- Llave de tubo

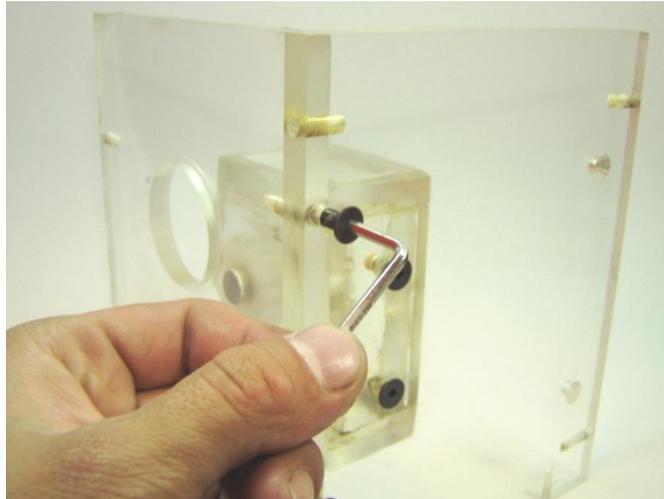


**Fig. 6.23 Llave de tubo**

## **6.5.- ACOPLAMIENTO DE LOS ELEMENTOS**

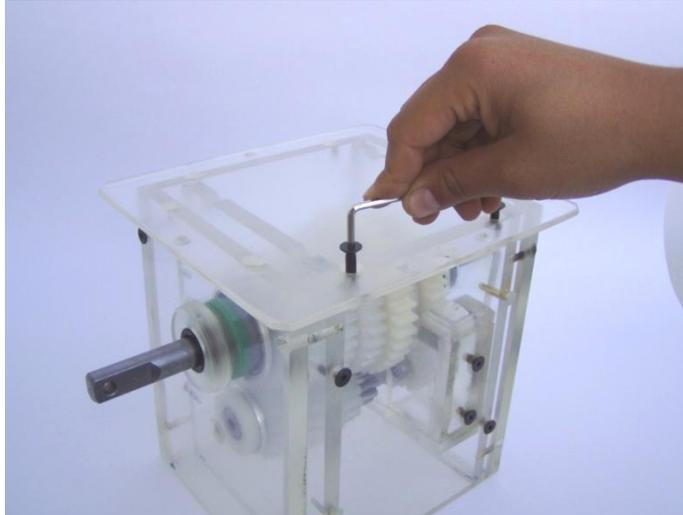
### **6.5.1.- SECUENCIA DE ARMADO**

1. Se acopla todas las tapas que conforman la carcasa de la caja de velocidades.



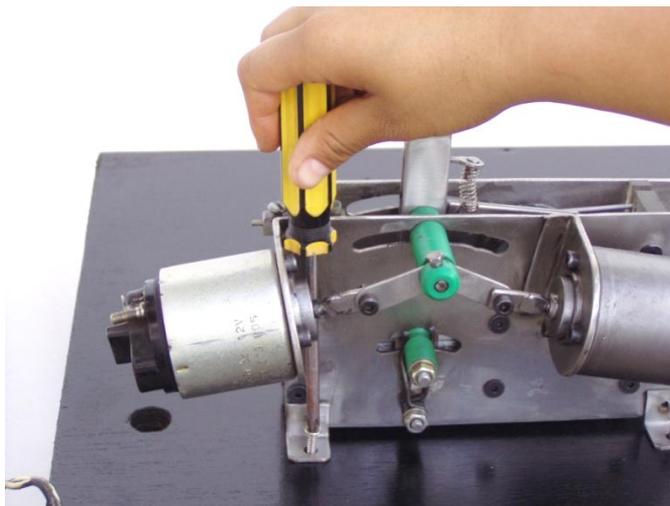
**Fig. 6.24 Armado tapas carcasa**

2. Se arma la tapa inferior de la carcasa en la que contiene un perfil mayor a esta, debido a los orificios que sirven para colocar los tornillos autoajustables. Acoplar la caja de velocidades atornillando uno por uno en forma de cruz sobre el tablero o banco de pruebas, para que al asentarse no se produzca una deformidad de la misma.

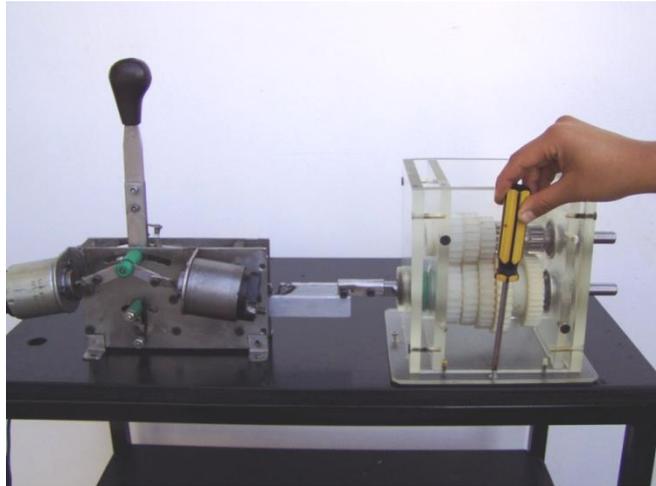


**Fig. 6.25 Base tapa inferior caja de velocidades**

3. Se coloca el sistema de mando en su posición de acople con la caja de velocidades, tomando en cuenta que exista una línea recta entre los dos elementos. Instalamos los tornillos Allen con el conector entre la cremallera y el pistón de empuje, para luego ser atornillado sobre la mesa en el lugar establecido por los orificios mismos.

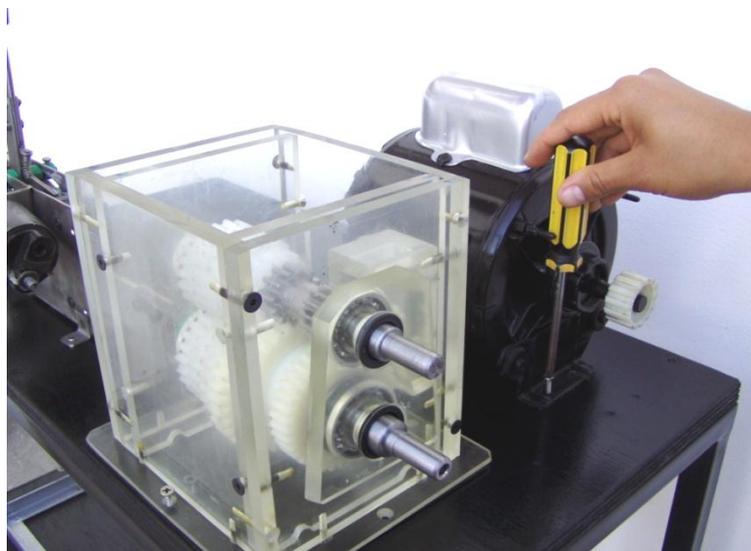


**Fig. 6.26 Atornillado del sistema de mando**



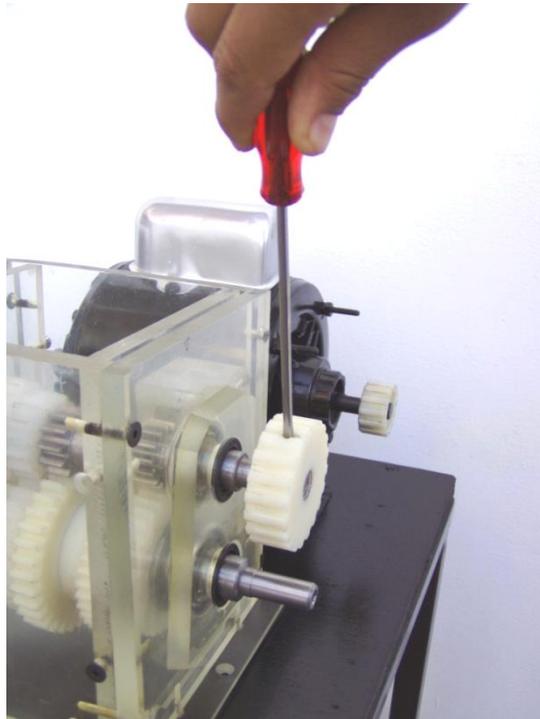
**Fig. 6.27 Atornillado caja de velocidades**

4. El motor eléctrico se instala de manera que tenga una paralelismo entre ejes (Secundario o Primario con el eje del motor). Ajustamos los tornillos y se verifica su posición.



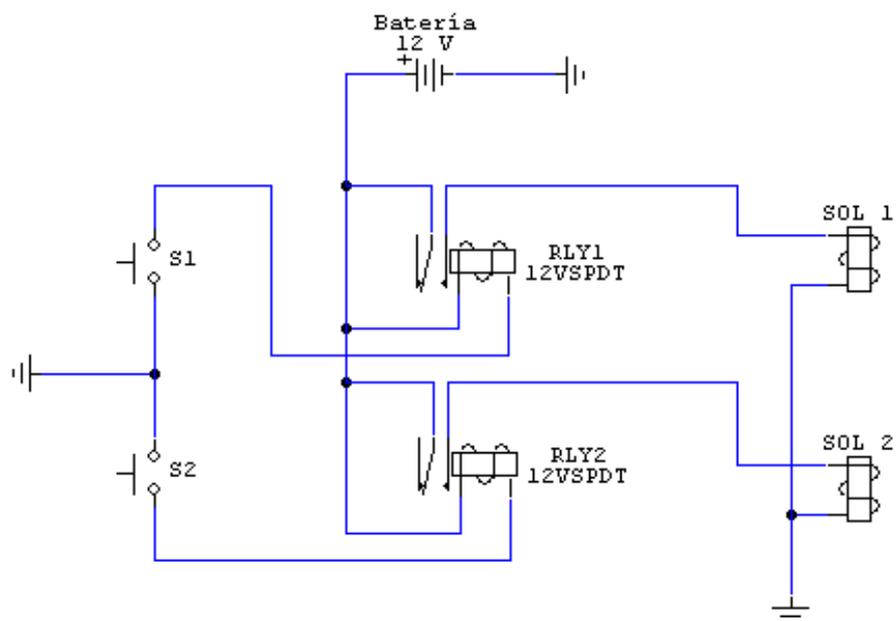
**Fig. 6.28 Atornillado motor eléctrico**

5. Instalar el piñón en el eje de entrada o motriz de conexión para la banda.



**Fig. 6.29 Colocación piñón de la banda**

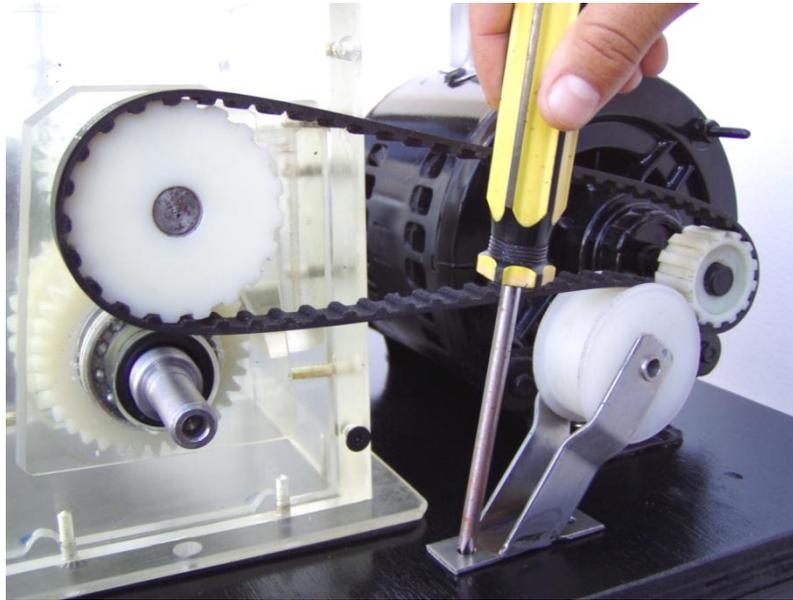
6. Se conecta todo el circuito eléctrico especificado en el diagrama a continuación:



**Fig. 6.30 Circuito eléctrico**



8. La banda es tensada por medio de un ajustador que posee un rodamiento para mantenerla fija y evitar que se produzca un desacople de la misma.



**Fig. 6.32 Templador de la banda**

## **6.6.- ACCESORIOS**

### **6.6.1.- Volante con botones insertados**

Los botones tienen la propiedad de soportar un voltaje de 12 Voltios y un amperaje igual a 25 Amperios.



**Fig. 6.33 Volante – botones**

### 6.6.2.- Tensor de la banda

Para tensar al banda, tan solo se debe recorrer en forma longitudinal al mismo y luego apretar, de esta manera podemos tener una buena fijación de la banda.



**Fig. 6.34 Templador**

### 6.6.3.- Reles

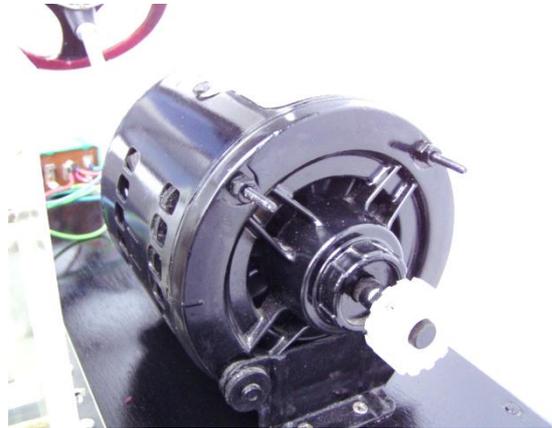
Se utiliza reles en este proyecto, para absorber las corrientes ejercidas por el solenoide en su proceso de inducción sobre los botones alojados en el volante lo que produciría daños en los mismos.



**Fig. 6.35 Reles**

#### 6.6.4.- Motor eléctrico

GENERAL ELECTRIC  
APPLIANCE MOTOR  
Modelo: BKO45HR1S  
HP 1/3  
RPM / 25 / 1140  
V 115  
C 60  
A 6.8 / 6.5  
CODEL UXRS  
PC 73 A  
FISE 70° C CONT



**Fig. 6.36 Motor eléctrico**

#### 6.7.- PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Para las pruebas de funcionamiento del equipo en general, se debe tomar en cuenta como prioridad el debido funcionamiento de todo el sistema que es aclarado en los anteriores capítulos.

A continuación se especifica algunos procedimientos de realizar a cabo la prueba de funcionamiento:

- ✚ Conectar el equipo (120 Volts)
- ✚ Manualmente verificar si existe un normal funcionamiento del sistema de mando que no hayan piezas sueltas o sin ellas.
- ✚ Cambiamos de marcha manualmente hasta la posición de neutro, para determinar la posición llevar hasta el último en este caso Reversa y regresar un paso atrás.
- ✚ Encendemos el motor eléctrico desde el tablero por medio de la llave propia.

- ✚ Para empezar el movimiento apretamos el pedal que inicia el movimiento de motor eléctrico y a su vez de la caja de velocidades secuencial.

### **6.7.1.- PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO MANUAL**

- ⊕ Con el motor en movimiento realizar un empuje rápido de la palanca de cambios manual para enclavar en la posición de primera velocidad, desacelerando y acelerando rápidamente.
- ⊕ Realizar el anterior procedimiento con todas las demás velocidades hasta regresar a la posición neutral.
- ⊕ Acelerando verificar si no existe algún trabamamiento de los elementos ni ruidos extraños.
- ⊕ Para la velocidad en Reversa, de igual manera que en las marchas anteriores, en este caso Jalar de la palanca y desaceleran, sintiendo un ronquido interno de la caja. Esto es debido a que como los piñones están girando al lado contrario, al momento de ingresar el sincronizado o chaveta móvil tiende a producirse ese ruido, pero al seguir jalando de la palanca automáticamente ingresara a su posición y obtendremos la inversión de giro en el eje secundario.

### **6.7.2.- PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO SEMIAUTOMÁTICO**

Para realizar esta prueba se debe seguir de igual manera los pasos anteriores de la prueba manual:

- En movimiento el motor oprimir el botón que sube marchas, una vez por marcha de manera normal ni muy rápido ni muy lento.
- Para cada cambio de marcha de igual manera desacelerar.

- Realizado toda la operación, volver a la posición neutral y apagar al equipo.
- Observar si presenta algún desperfecto y en caso de haberlo realizar un informe de posibles daños y su solución.

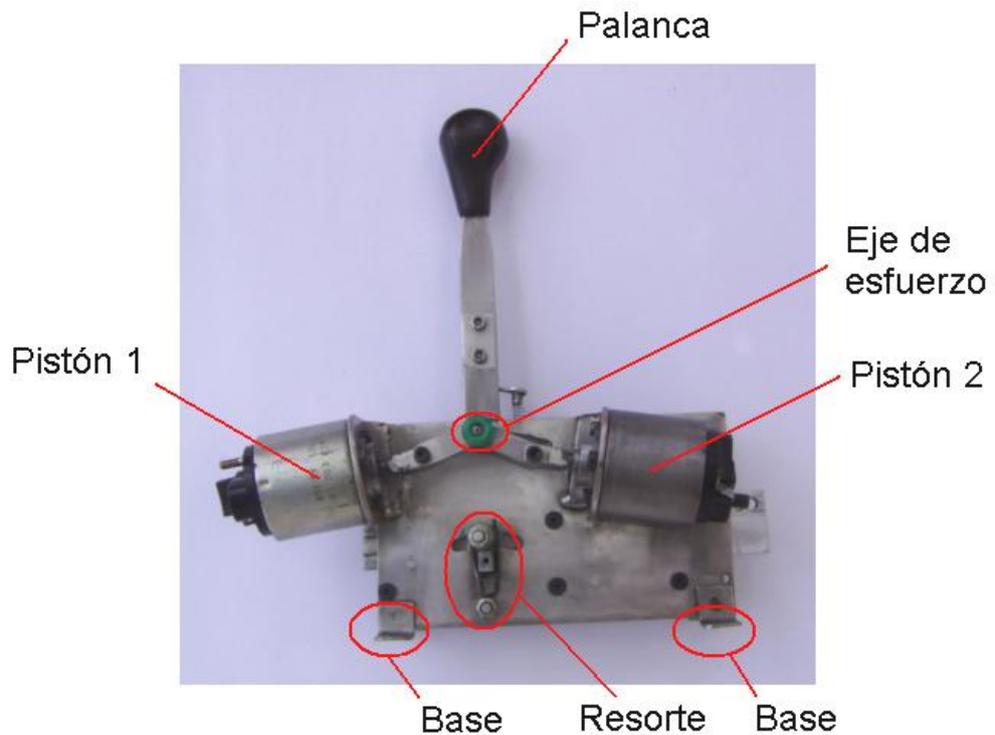
## **6.8.- PUESTA A PUNTO Y OPERACIÓN**

Para la puesta a punto y operación del Prototipo de Caja de Cambios Secuencial, se debe tomar en consideración los siguientes aspectos de seguridad para todos los puntos referentes como son: ajustes, conexiones, etc:

- 1) Ajuste de las tuercas de cada eje ( torque normal)
- 2) Armado correcto de todas las cubiertas o tapas de la carcasa
- 3) Verificación del ensamble de todos los accesorios
- 4) Nivel de aceite optimo
- 5) Engrase de los mecanismos de mando
- 6) Conexiones eléctricas correctamente instaladas
- 7) Batería con voltaje correcto
- 8) Al encender no debe existir ruidos diferentes a lo normal
- 9) Se debe tener en cuenta la seguridad para que no se ocasione alguna lesión.

## CAPITULO VII.- MANTENIMIENTO

### 7.1.- LOCALIZACION DE AVERIAS EN EL SISTEMA DE MANDO

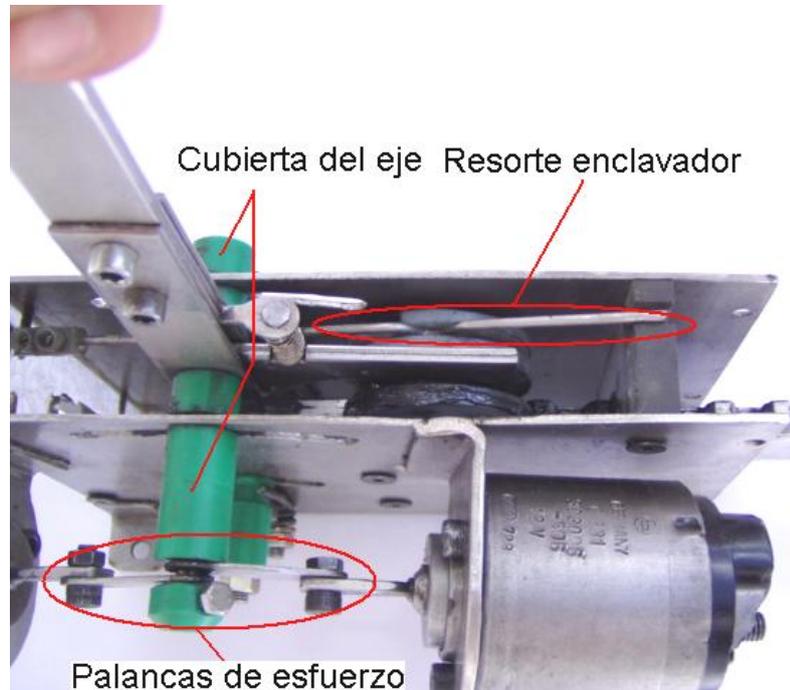


**Fig. 7.1 Sistema de mando**

En el sistema de mando podemos tener varios problemas los cuales se describen a continuación:

- ☑ Sobrecalentamiento de los arrollamientos de los solenoides debido a exceso de funcionamiento o corrientes altas. Para eso se debe tener en cuenta que no se debe tener siempre accionado el pistón pues puede ocasionarse un cortocircuito.
- ☑ Desgaste en los ejes tanto del resorte como en el de esfuerzo debido a la fricción entre materiales por lo que debe mantener lubricado con aceite y en su efecto con grasa.

- ☑ Deformación del resorte que mantiene a la palanca en la posición de reposo, este puede ceder luego de un tiempo y debe ser corregido para no tener dificultades de presión.



**Fig.7.2 Accesorios sistema de mando**

- ☑ Las palancas de esfuerzo pueden tener un desgaste debido al esfuerzo que se produce al momento cuando se acciona uno de los solenoides por lo tanto el material con el cual fue construido permite mantener un tiempo mas largo de eficiencia, pero se debe mantener una lubricación antes del funcionamiento.
- ☑ El resorte enclavador puede perder la función de elástico debido al trabajo realizado, para lo cual se debe verificar su funcionamiento.
- ☑ Las cubiertas permiten mantener fijo al eje y que no exista por acción de los pistones electromagnéticos, una deformidad del mismo.

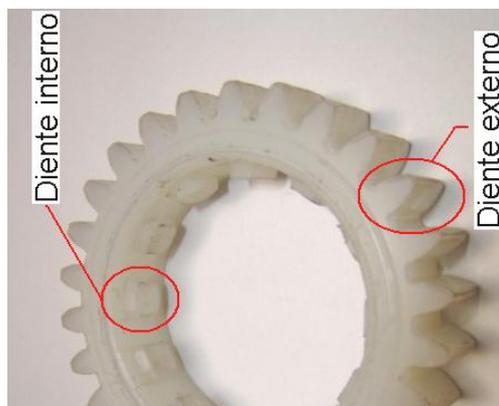


**Fig. 7.3 Vista posterior sistema de mando**

- ☑ Desgaste por fricción del eje en el que rota el plato selector, en este caso por ser un roce entre plástico y acero inoxidable.
- ☑ El resorte que permite el retorno de la horquilla a su posición inicial, puede dejar de realizar el trabajo con lo que se tiene un mal enganche para seleccionar la velocidad.

## 7.2.- LOCALIZACION DE AVERÍAS EN EL SISTEMA DE ENGRANES

En el sistema de engranes, las averías están localizadas en los dientes tanto internos como externos debido a un desgaste por fricción entre ellos.



**Fig. 7.4**

<i>DIAGNOSIS EN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS ENGRANAJES</i>		
ANOMALIA	CAUSA	
Irregularidad en el funcionamiento	Cambio ruidoso	Juego excesivo entre engranajes, por desgaste
		Engranes, cojinetes, y chaveta móvil desgastados
		Desalineación de ejes por aflojamiento de las tapas soportes
		Suciedad o residuos mezclados con el aceite
		Insuficiente nivel de aceite

**Tabla 7.1**

## 7.3.- LOCALIZACION DE AVERIAS EN EL SISTEMA DE ENCLAVAMIENTO

El sistema de mando consta de tres sincronizados, estos van enclavándose en cada uno de los engranes y debido al choque que se tiene al cambio brusco de una velocidad a otra, se tiene un desgaste severo tanto en los dientes internos de los engranes como en los sincronizados.

Para disminuir este defecto, se han biselado tanto los dientes internos como los sincronizados, y así permitir un menor desgaste.

## 7.4.- LOCALIZACION DE AVERIAS EN EL SISTEMA ELECTRICO

### 7.4.1.- ANOMALIAS EN EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA ELECTRICO

EFFECTOS	CAUSA	SOLUCION
El solenoide no se acciona o es débil al accionarlo	Batería descargada o defectuosa	Cargar la batería y revisar el estado de sus elementos
	Bornes de la batería flojos u oxidados	Limpiar y apretar los bornes
	Interruptor de corriente averiado	Reparar o sustituir el elemento dañado
	Relé defectuoso	Reparar o sustituir el relé dañado
	Boton defectuoso	Reparar o sustituir el botón
	Solenoide en mal estado o quemado	Reparar o sustituir solenoide
El relé se conecta y desconecta en rápida	Batería muy descargada, produciéndose una caída de tensión y se auto desconecta	Cargar la batería

**Tabla 7.2**

## 7.5.- PRUEBAS DE ACCIONAMIENTO

**Tabla 7.3**

ELEMENTO	PRUEBA	RESULTADO
Switch ON OFF	Encendido ON	Se enciende luz guía voltaje normal 12 V
	Apagado OFF	Se apaga la luz indicadora de voltaje normal 12 V
Motor eléctrico	Encendido ON	Se ilumina luz indicadora 110 V
	Encendido OFF	Se apaga la luz indicadora de voltaje normal 12 V
	Accionar acelerador	El motor se pone en movimiento
	Desacelerar	El motor se detiene progresivamente
Palanca de cambios	Empujar la palanca una ves	Enganche de la velocidad sin problemas
	Jalar la palanca un ves	Desenganche de la velocidad sin problemas
Botones	Accionar botón marchas rápidas	Acoplamiento normal desde 1era.a 4ta.
	Accionar botón marchas lentas	Desacoplamiento normal desde 4ta.a 1era.

## 7.6.- Puesta a punto del sistema

- Para la puesta a punto del sistema, se debe verificar el voltaje de la batería para obtener la mayor eficiencia en la activación de los solenoides
- Luego comprobar la cantidad de aceite en la caja de cambios verificando que no haya impurezas.
- Obtener la electricidad adecuada para el motor eléctrico que es de 110 voltios corriente alterna
- Tener en cuenta la protección de la banda que esté en su lugar y adecuadamente colocada.
- Verificar que se encuentre en la marcha neutral.

Con todas estas verificaciones, se procede con el funcionamiento

A large, stylized graphic of the letters 'OK' in a bold, rounded font. The letters are filled with a light gray color and have a thick blue outline. The 'O' is a simple circle, and the 'K' has a distinctive shape with a curved top and a pointed bottom.

## **CAPITULO VIII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **8.1.- CONCLUSIONES**

Después de haber analizado todos los aspectos que constituyen el diseño y construcción de la caja de cambios secuencial podemos concluir que este, viene a ser un cambio radical en la tecnología actual, el mismo que se origina en la variedad de formas en las que se desarrollan, siendo así un tema extremadamente amplio que abarca no solo causas y consecuencias, sino también se halla en la necesidad de ser examinado con detenimiento para poder evaluar los diversos tipos y formas de construcción, los cuales no están sujetos a simples divisiones o clasificaciones, que al contrario se unifican con otras derivándose nuevas, tornándose así en un universo muy extenso sobre el cual trabajar, pero que siempre debe ser tomado en cuenta los nuevos avances tecnológicos que mejoran lo ya existente, y evitar los mismos problemas en el futuro.

Debido a esto debemos tener en cuenta el gran cambio que a tenido la industria automotriz con respecto al sistema de transmisión por lo que es un hecho que trasciende dentro de las continuas cambiantes a las que está sujeto el vehículo con el afán de mejorar el confort y la calidad para la satisfacción de la persona que lo use, por lo tanto no es solamente cuestión de dar rápidas soluciones a corto plazo, sino que se trata de dar soluciones que abarcarán no solo nuestro tiempo y espacio porque irán más allá.

Las causas por las que se diseña este tipo de mecanismo, pueden ser sintetizadas dentro de un solo concepto, la ambición que tenemos algunos humanos desde hace mucho tiempo enraizadas en el pensamiento de que la satisfacción conlleva a una mayor potencia, una rápida aceleración, que el vehículo desarrolle toda su capacidad para sentirnos bien, en pocas

palabras hacer fluir nuestra adrenalina al máximo con el menor riesgo y de la mejor manera.

Además dentro del análisis del sistema, se describe ciertos temas importantes en conjunto con los diseños desarrollados para mejorar la eficiencia de un vehículo de competencia ya sea este construido específicamente para Rally, Circuitos, 4x4, etc. Todo esto con el fin de obtener un auto que actúe de acuerdo a las condiciones a los cuales son sometidos y en definitiva obtener la victoria.

Este proceso exige hacer una consideración de los requisitos de rendimiento o desempeño de un elemento a nivel individual, así como de las interfases entre los elementos conforme funcionan en forma conjunta para constituir un sistema. Por ejemplo, un engrane debe diseñarse para que transmita energía a una velocidad específica. El diseño debe especificar el número de dientes, el paso, la forma de los dientes, su espesor, el diámetro de paso, el tipo de material y el método para tratar el calentamiento. No obstante, el diseño del engrane afecta y es afectado por el engrane que funciona como su contraparte, la flecha o eje en que se encuentra ese engrane y el ambiente en el que funciona, etc.

La caja de velocidades secuencial está conformada por sistemas mecánicos y eléctricos, por tanto su estudio lleva más allá de simples conceptos y tecnología pasada, esto con el fin de dar un interés mayor a los estudiantes para llegar a obtener una tecnología de punta dentro de nuestro sistema.

La función de la caja de cambios secuencial es mejorar el rendimiento del vehículo aprovechando toda la capacidad del motor según las condiciones de esfuerzo aplicadas además de mejorar el confort y la facilidad de realizar los cambios con menor distracción y pérdida de tiempo.

Con este tipo de estudio se ha determinado que el Ingeniero Automotriz debe estar inmerso en el amplio campo del Mundo Automotor que este nos ofrece.

Para realizar este tipo de proyecto referente a diseño, se han tomado como bases fundamentales las siguientes asignaturas: Sistemas Automotrices, Mantenimiento y Lubricación, Motores Competición, Electricidad del Automóvil y Taller Mecánico.

## **8.2.- RECOMENDACIONES**

El diseño y construcción depende de múltiples factores y condiciones que dependen del criterio de la persona quien realiza la operación, además siempre se debe tomar en cuenta que se debe realizar muchas pruebas hasta llegar a obtener buenos resultados.

Para realizar un proyecto que dará como resultado una innovación al futuro automotriz, se debe tener claro desde un inicio lo que se quiere hacer, para luego solo ir mejorando, perfeccionando y siempre teniendo en cuenta los resultados que estas nos entregan.

Se recomienda mejorar al sistema de cambios secuencial de tal manera que se obtenga las mejores prestaciones de uso y que puedan ser aplicados y probados en un automóvil en circunstancias reales de funcionamiento.

Por medio de este proyecto, incentivar a los estudiantes que siguen la Carrera de Ingeniería Automotriz, a desarrollar nuevos diseños revolucionarios que mejoraran el futuro especialmente el automotriz, aplicando todos los conocimientos que se van adquiriendo a lo largo de la Carrera, inculcados por nuestros profesores, quienes nos dan una guía

para que se los realice de la mejor manera y sean reconocidos por el sacrificio que fue empleado.

Para obtener los mejores resultados en el funcionamiento del sistema, se debe tomar muy en cuenta los apartados de pruebas de funcionamiento y evitar el manipuleo por parte de personas, que no tienen un previo conocimiento de el funcionamiento de la caja de cambios secuencial JJM-1.

La Calidad debe estar sobre todas las cosas ya que si se realiza algún producto sin una debida estructuración, nunca llegará a ser algo beneficioso para el futuro, por lo que es muy importante realizar cualquier clase de trabajo, desde el principio y hasta el final con la mejor eficiencia y eficacia, para lograr la satisfacción nuestra y de los demás.

Preservar el medio ambiente que nos rodea sin dañar nuestro entorno, es un requisito fundamental para obtener los mejores resultados.

La seguridad está ante todo, debe ser compartida mutuamente entre todas las personas que conforman un grupo, y además todos los accidentes pueden y deben ser prevenidos.



