

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

Facultad de Ingeniería Automotriz

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

**Modificación y preparación de un vehículo Chevrolet Corsa 1600cc³ para
Competencias de Rally**

Subtema: Trucaje y preparación de una caja de cambios a un vehículo Chevrolet

Corsa 1600cc³ para Competencias de Rally.

José Eduardo Barahona Cobo

Edwin Martín Pozo Gordillo

Director: Ing. José Andrés Castillo Reyes

2012

Quito, Ecuador

CERTIFICACIÓN

Nosotros, José Eduardo Barahona Cobo y Edwin Martín Pozo Gordillo, declaramos que somos los autores exclusivos de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal nuestra. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la presente investigación serán de nuestra exclusiva responsabilidad.

Firma del graduado

José Eduardo Barahona Cobo

Firma del graduado

Edwin Martín Pozo Gordillo

Yo, Ing. Andrés Castillo, declaro que, en lo que yo personalmente conozco, el señor José Eduardo Barahona Cobo y Edwin Martín Pozo Gordillo, son los autores exclusivos de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal suyas.

Firma del Director Técnico de Trabajo de Grado

Ing. Andrés Castillo

Director

AGRADECIMIENTO

A mis padres Edwin Pozo y Mercedes Gordillo por sacrificarse mucho y darme la oportunidad de estudiar y superarme intelectualmente; por ser mis mejores amigos, por todas sus enseñanzas y sobre todo por el amor inmenso que me brindan siempre. A mis hermanas Verónica y Gabriela por su apoyo incondicional y por estar siempre conmigo cuando más las necesito.

Al ingeniero Andrés Castillo por su asesoramiento teórico y técnico. Por ser un gran mentor y una fuente de estímulo para seguir creciendo intelectualmente; por su amistad y por permitir en gran medida que este proyecto se realice.

De igual manera al ingeniero Miguel Granja y Fernando Iñiguez quienes aportaron con sus conocimientos para la elaboración de esta tesis.

A mis compañeros de tesis Pablo Urresta, Darwin Andrango, Gonzalo Vinueza, Aileen Narváez, José Eduardo Barahona, por permitirme formar parte de este equipo y contribuir en este proyecto.

A todas las demás personas que aportaron de alguna manera en el desarrollo de este proyecto.

Edwin Martin Pozo Gordillo

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres Edwin Pozo y Mercedes Gordillo, quienes a lo largo de mi vida me han apoyado incondicionalmente y en todo momento, depositando en mí toda la confianza para asumir nuevos retos, sin dudar ni un momento de mi capacidad e inteligencia. Gracias por todo papá y mamá los quiero demasiado.

A mi esposa Sandra Del Valle por brindarme todo su apoyo, paciencia y comprensión durante mis esfuerzos de superación profesional y por haberme dado el regalo más hermoso del mundo, mi hijo Camilo.

A mi hijo porque me hizo ver la vida de otra manera y ahora es la fuente de mi inspiración y motivación para superarme y ser un buen ejemplo para él.

A mis hermanas por confiar siempre en mí y darme palabras de aliento para seguir esforzándome día a día y mantenerme perseverante en el camino que conlleva al éxito.

Detrás de cada línea de llegada, hay una de partida.

Detrás de cada logro, hay otro desafío.

Si extrañas lo que hacías, vuelve a hacerlo.

Sigue aunque todos esperen que abandones.

No dejes que se oxide el hierro que hay en ti.

Edwin Martin Pozo Gordillo

AGRADECIMIENTO

El agradecimiento es a Dios por brindarme la vida y salud para poder realiza mis sueños; de la misma manera deseo agradecer a mis padres José Barahona y Susana Cobo que siempre me han apoyado en todas las decisiones y gracias al esfuerzo de ellos he podido estudiar y superarme para poder salir y triunfar en un mundo tan competitivo.

Un agradecimiento para Karina Barahona, mi hermana que ha sido un gran ejemplo para mí, por sus conocimientos y experiencia al igual que por toda la ayuda que me ha brindado durante algunas decisiones de mi futuro y por ser mi amiga incondicional.

A todos los ingenieros, tecnólogos y profesores de la Universidad Internacional del Ecuador que me han brindado sus conocimientos y ayuda a lo largo de estos cuatro años de estudios.

Al director de tesis el Ingeniero Andrés Castillo que siempre estuvo presente para responder dudas y ser un guía para alcanzar el objetivo, ser un buen ingeniero.

De la misma forma a los ingenieros Miguel Granja y Fernando Iñiguez que se han involucrado y han aportado para que la tesis conjunta salga adelante.

A Aileen Narváez, Darwin Andrango, Pablo Urresta y Gonzalo Vinueza que con sus tesis y mas la mía y mi compañero Martin Pozo, han permitido alcanzar una meta común; trucar y preparar un vehículo de calle para que participe en una de las disciplinas mas difíciles, RALLY.

Y finalmente a todos los que participaron directa o indirectamente en este proyecto.

José Eduardo Barahona Cobo

DEDICATORIA

Mi tesis va dedica primero a Dios que ha sido el pilar más importante para poder seguir adelante; a mis padres José Barahona y Susana Cobo, que con su amor, respaldo y soporte me han impulsado para cumplir cada uno de mis sueños; uno de ellos ser Ingeniero. Gracias desde el fondo de mi corazón por aceptar mis decisiones y apoyarme en todos mis sueños.

A mi hermana Karina Barahona, que ha sido un modelo a seguir y ha creado en mí un deseo continuo de superación.

A Sofía Montalvo, mi amiga y confidente que me ha brindado su cariño, tiempo y paciencia.

*“ Lo que estás viendo ahora,
No se compara con lo veras mañana,
Porque lo que viste hoy solo fue un sueño,
Y mañana será otro,
Solo espero nunca dejar de soñar.”
JeB Scorpion 3:16*

*“I do believe in the horse.
The automobile is no more than a transitory phenomenon.”
Emperor Wilhelm II*

Y a todos los ingenieros del mundo que gracias a sus creaciones y diseños yo quise ser ingeniero, un Ingeniero Mecánico Automotriz.

“In the beginning I looked around but couldn't find the car I dream of, so I decided to build it myself.” Ferry Porsche

José Eduardo Barahona Cobo

RESUMEN

La caja de velocidades es un mecanismo muy importante en un vehículo ya que se encarga de modificar las revoluciones del motor, con las diferentes relaciones de cada una de las velocidades y el conjunto diferencial. Estas modificaciones en las revoluciones del motor se realizan para que el vehículo pueda salir del reposo con un alto torque ya que tiene que vencer las diferentes fuerzas tales como peso del vehículo, coeficientes de rozamiento, etc. y seguir avanzando su velocidad comprometiendo el torque vs potencia con respecto a las revoluciones del motor, para lograr su velocidad final máxima. Al igual que permite el avance con sus distintas velocidades, la caja de cambios permite el cambio de sentido, con la marcha de retroceso. Y para que el vehículo avance el motor y la caja de velocidades deben ser solidarios entre sí gracias al embrague es cual acopla y desacopla el motor y la caja de velocidades.

El conductor será quien realice la selección de marcha y velocidades, accionando el pedal de embrague cuando sea necesario dependiendo de la caída de revoluciones, sin tomar en cuenta la carga, la situación geográfica o condiciones externas, con el objetivo de aminorar el esfuerzo del motor una vez que se encuentre en movimiento y aprovechar la inercia y velocidad que ya lleva.

Cuando el mecanismo de embrague desacopla el disco, el motor continúa girando ya sea en ralentí o en su rango de trabajo de revoluciones; mientras que la transmisión gira por la inercia que lleva el vehículo o sin movimiento si el

vehículo se encuentra en reposo. Cuando el disco de embrague esta desacoplado podemos realizar el cambio de velocidades y de marchas. Debido al giro en que se encuentra sometido el embrague este tiene que estar bien balanceado y ensamblado correctamente para su óptimo funcionamiento.

El sistema de transmisión manual se convierte en un complejo sistema de varillas, rodamientos, mandos finales y mecanismos de transmisión de fuerza, como son los engranajes estos se diferencian unos de otros por el número de dientes o por la forma que tienen los dientes del mismo.

Para un mejor entendimiento los engranajes a través de los dientes que tienen en la periferia de su cuerpo cilíndrico, están superpuestos unos con otros, empleado para transmitir un movimiento giratorio o alternativo desde una parte de un sistema a otro, inicialmente por el cigüeñal del motor, a los mandos finales que actualmente van diferenciados según la disposición del motor y la tracción de las ruedas, sea el caso tracción delantera, o propulsión, trasera. En el caso del vehículo Chevrolet Corsa 1,6L, tiene un motor con disposición transversal y dos ejes, el eje primario es el que recibe el movimiento directamente del motor y lo transmite al eje secundario que es el encargado de accionar al conjunto piñón y corona.; en el caso de los vehículos de tracción trasera la fuerza será transmitida de la caja de cambios a un árbol de transmisión y este a un conjunto de satélites y planetarios posterior que es la encargada de transmitir la fuerza directamente a los ejes posteriores y este a su vez a las ruedas.

La unión de los piñones unos con otros generan una relación de transmisión, calculada contando el número de dientes de cada grupo de engranes de cada marcha (piñón solidario de giro libre dividido para su piñón de la marcha).

Actualmente para modificar las cajas de cambios se hacen diseños completos de piñonería y estructura; en la caja de cambios del Chevrolet Corsa 1,6L el cambio está en las relaciones de transmisión desde 1era a 5ta velocidad, por lo que los piñones van a variar tanto en su diámetro primitivo al igual que su número de dientes, en el eje primario como en el secundario; además se modifico el cono y corona, para crear una desmultiplicación mayor de las rpm del motor, estas modificaciones cambiaran la velocidad final del vehículo haciendo que alcance su velocidad final en menos tiempo, pero su velocidad final sea menor.

Las modificaciones de cualquier sistema del vehículo son realizados según las exigencias del conductor y las prestaciones donde se va a probar el vehículo, no existe una modificación excelente en su totalidad todo depende de los resultados que se quieren obtener; técnicamente la modificación de cualquier sistema se lo debe hacer tomando en cuenta parámetros físicos y químicos que tienen un límite de modificación. Llevar al límite estas modificaciones ocasionaría un daño muy prematuro o mal funcionamiento.

The gear box it's an important mechanism in the vehicle that it's in charge of modified de revolutions of the engine, with the different ratios of each of the speed and the differential set. These modifications in the engine revolutions are made for the vehicle in order to leave the rest with a high torque because it has to overcome the different forces such as vehicle weight, coefficient of friction, etc and continue with the speed compromising the torque vs. power with respect to engine revolutions, to achieve their highest final speed. The gear box allows that the car advance with the different gearbox speeds but also allows changing the way, with the reverse gear. In order to the car moves forward the engine and gearbox must be in solidarity with each other thanks to the clutch which engages and disengages the engine and gearbox.

The driver is the one that execute the gear selection and speeds, operating the clutch pedal when is necessary depending on the revolution drop, regardless of load, geographic location or external conditions, in order to reduce the effort once the motor is in motion and take advantage of the inertia and the speed that leads.

When the clutch mechanism is disengages the clutch disc, the engine continues to rotate in either idle or working in their speed range, while the transmission rotate because of the inertia that holds the vehicle or without movement if the vehicle is at rest. When the clutch disc is disengaged we can make the change of the gears.

Due to the spin that is under the clutch it has to be well balanced and assembled properly for optimum performance.

The manual transmission system becomes a complex system of rods, bearings, final drives and power transmission mechanisms such as gears; these are different from each other by the number of teeth or the way of the teeth.

For a better understanding the gears through the teeth on the periphery of the cylindrical body are overlapping each other, used to transmit rotary or reciprocating motion from one part of one system to another, initially by the engine crankshaft to the final drives currently available are different positions of the engine and wheel drive, it can be front-wheel drive or rear wheel drive. In the case of the vehicle Chevrolet Corsa 1,6L it has a transverse engine arrangement and two axes, the main shaft received directly from the engine the movement and it transmits to the secondary axis that activate the differential set. In the case of rear-wheel drive vehicles the force will be transmitted from the gearbox to the drive shaft and the differential set that is responsible for transmitting the force directly to the rear axle and the wheels.

The union of the gears between each other generates a transmission ratio, calculated by counting the number of teeth of each set of gears in each gear (dividing the free rotation solidarity gear of the secondary axel for the gear of primary axel).

On these days in order to modify the gearboxes, engineers design the full set of gears of a gearbox. In the gearbox of the Chevrolet Corsa 1,6L the change is on the modification of the gear ratios from 1st to 5th gear, so that the gears will vary its original diameter and the number of teeth in the primary axis and in the secondary axis. Also was modified differential set, to create a higher gear ratio of engine rpm, these modifications change the final speed of the vehicle, also makes that the vehicle achieve this final speed in less time, and its final speed will be less.

Modifications of any vehicle system are performed as required by the driver and the place which will be tested the vehicle, there is no great modification at all, all depends on the results to be obtained, technically for the modification to any system, it must take into account physical and chemical parameters that have a limited modification range. Push to the limits this modification will produce an early or premature damage or malfunction of the system.

INDICE GENERAL

CAPITULO 1	1
CAJA DE CAMBIOS DE UN VEHICULO CHEVROLET CORSA 1600	1
1.1 QUÉ ES LA CAJA DE CAMBIOS	1
1.2 TIPOS DE CAJA DE CAMBIOS	1
1.2.1 Caja de cambios automática	1
1.2.2 Embrague Pilotado (cajas manuales sin embrague)	2
1.2.3 Cambio secuencial	3
1.2.4 Cajas automáticas con cambio secuencial	4
1.2.5 Cajas manuales con cambio secuencial (embrague pilotado)	5
1.2.6 Cambio DGS (caja de cambios directa audi-vw)	6
1.2.7 Cajas de variación continua CVT	7
1.3 CAJA DE CAMBIOS MANUAL	9
1.3.1. Embrague	10
1.3.1.1 Despiece del conjunto de embrague	10
1.3.1.2 Disco de Embrague	11
1.3.1.3 Tipos de Embragues para Competencia	12
1.3.1.3.1 Nivel 1 Embragues Orgánicos	12
1.3.1.3.2 Nivel 2 Cera-metálicos	13
1.3.1.3.3 Embragues Multidisco	14
1.3.1.3.4 Embragues de carbono multidisco	15
1.3.1.4 Funcionamiento del Mecanismo de Embrague	16
1.3.1.5 Posiciones del Mecanismo de Embrague	17

1.3.1.5.1 Acoplado o Embragado -----	17
1.3.1.5.2 Desacoplado o Desembragado-----	18
1.3.1.5.3 Posición Intermedia -----	19
1.3.2. Varillaje de la caja de cambios -----	20
1.3.2.1 Mecanismos que intervienen en la conexión de cada marcha y velocidad -----	21
1.3.3. Sincronizadores de la caja de cambios-----	22
1.3.4. Caja de transferencia o reductora / Transfer -----	24
1.3.4.1 Funcionamiento de la Caja de Transferencia o Reductora:-----	27
1.3.5. Árbol de transmisión o Cardan -----	29
1.3.5.1 Junta Cardan o Unión Universal -----	31
1.3.6. Diferencial -----	32
1.3.7. Diferencial Autoblocante -----	33
1.3.8. Semiejes -----	35
1.3.8.1 Partes del semieje -----	36
1.3.9. Crucetas tricetas y homocinetas -----	37
1.3.10. Funcionamiento mecánico de la caja de cambios de 5 velocidades. -----	39
1.3.10.1 Transmisión de fuerzas-----	40
1.3.10.2 Transmisión de giro en primera velocidad -----	40
1.3.10.3 Transmisión de giro en segunda velocidad -----	41
1.3.10.4 Transmisión de giro en tercera velocidad -----	42
1.3.10.5 Transmisión de giro en cuarta velocidad -----	43
1.3.10.6 Transmisión de giro en quinta velocidad -----	44

1.3.10.7 Transmisión de giro en marcha atrás. -----	45
1.4 PARTES DE LA CAJA DE CAMBIOS -----	46
1.4.1. Despiece interno de una caja de cambios de 5 velocidades y dos ejes-----	46
1.4.2. Sistema de mando de las marchas de una caja de cambio de 5 velocidades y 2 ejes.-----	48
1.4.3. Carcasa y depósito de aceite en la caja de cambios de 5 velocidades y dos ejes. -----	49
CAPITULO 2 -----	51
Engranajes -----	51
2.1 ELEMENTOS DE UN ENGRANAJE -----	53
2.2 CARACTERISTICAS DE UN ENGRANAJE-----	55
2.3 Tipos de Engranajes -----	58
2.3.1. Ejes paralelos-----	58
2.3.1.1 Engranajes Cilíndricos -----	58
2.3.1.2 Engranajes Cilíndricos de Dientes Rectos -----	59
2.3.1.2.1 Fórmulas Constructivas de los Engranajes Cilíndricos de Dientes Rectos -----	59
2.3.1.2.2 La Ley Fundamental de Transmisiones -----	61
2.3.1.2.3 El Ángulo de Presión-----	62
2.3.1.2.4 Involuta en los Engranajes -----	63
2.3.1.2.5 Construcción de la Involuta del Círculo Base -----	64

2.3.1.2.6	Características de los Engranajes Cilíndricos de Dientes Rectos-----	65
2.3.1.3	Engranajes Cilíndricos de Dientes Helicoidales -----	66
2.3.1.3.1	Fórmulas Constructivas de los Engranajes Cilíndricos de Dientes Helicoidales -----	67
2.3.1.3.2	Características de los Engranajes Cilíndricos Helicoidales -----	68
2.3.1.4	Engranajes Doble Helicoidales-----	69
2.3.2.	Ejes perpendiculares-----	70
2.3.2.1	Engranajes Cilíndricos de Dientes Helicoidales de Eje Cruzado ---	70
2.3.2.2	Engranajes Cónicos -----	71
2.3.2.3	Engranajes Cónicos de Dientes Rectos -----	72
2.3.2.4	Engranajes Cónicos de Dientes Helicoidales-----	73
2.3.2.5	Engranajes Cónicos Hipoides-----	74
2.3.3.	Otros tipos de sistemas de engranajes -----	75
2.3.3.1	Engranajes No Circulares-----	75
2.3.3.2	Piñón – Cremallera-----	76
2.3.3.3	Tornillo Sin Fin y Corona-----	77
2.3.3.4	Engranaje Epicicloidal o Engranaje Planetario -----	78
2.3.3.5	Engranajes de Sol y Planetas-----	79
2.3.3.6	Engranaje de manejo armónico o engranaje de onda de tensión	80
2.4	Tipos de engranajes de transmisión de 5 velocidades y de conjunto diferencial de un Chevrolet Corsa 1.6L -----	81
2.4.1.	Piñones cilíndricos -----	84
2.4.2.	Piñones cilíndricos de Dientes Rectos-----	85

2.4.3. Piñones Cilíndricos de Dientes Helicoidales -----	86
2.4.4. Piñones con Dentado Interno -----	87
2.4.5. Piñones Cónicos -----	88
2.4.6. Cono – Corona -----	89
2.4.7. Satélites y Planetarios -----	89
2.5 VERIFICACION, LUBRICACION Y DETERIORO DE LOS	
ENGRANAJES -----	90
2.5.1. Verificación de engranajes -----	90
2.5.2. Lubricación de engranajes -----	92
2.5.3. Deterioro y fallo de los engranajes -----	94
CAPITULO 3 -----	97
MATERIALES -----	97
3.1 Selección de materiales en función de la aplicación a la cual está	
enfocada la modificación de la caja de cambios del vehículo Chevrolet	
Corsa 1600. -----	97
3.2 Proceso de fabricación -----	100
3.2.1 Tratamiento dientes -----	103
3.2.2 Tratamiento Térmico -----	104
3.3 Geometría de engranes helicoidales y análisis de fuerzas -----	105
3.3.1 Carga transmitida, W_t -----	107
3.3.2 Carga Axial, W_X -----	108
3.3.3 Carga Radial, W_r -----	109
3.3.4 Pasos para engranes helicoidales -----	110

3.3.5	Paso circular, p -----	111
3.3.6	Paso circular normal, p_n -----	111
3.3.7	Paso diametral, P_d -----	111
3.3.8	Paso diametral normal, P_{nd} -----	112
3.3.9	Paso axial, P_x -----	112
CAPITULO 4	-----	114
Cálculo de la caja manual original del Chevrolet Corsa 1.6L	-----	114
4.1	Cálculo de Relaciones de Transmisión de 1era a 5ta velocidad ---	116
4.1.1.	Relación de Primera Velocidad-----	117
4.1.2.	Relación de Segunda Velocidad -----	117
4.1.3.	Relación de Tercera Velocidad-----	118
4.1.4.	Relación de Cuarta Velocidad -----	118
4.1.5.	Relación de Quinta Velocidad -----	119
4.1.6.	Cálculo de Relaciones Final-----	119
4.2	Cálculo de velocidad final de 1era a 5 velocidad de la caja de cambios del vehículo Chevrolet Corsa 1.6L con datos originales-----	121
4.2.1.	Cálculo del Diámetro del Neumático: -----	123
4.2.2.	Cálculo de velocidad final en 1ra velocidad: -----	124
4.2.3.	Cálculo de velocidad final en 2da velocidad:-----	124
4.2.4.	Cálculo de velocidad final en 3era velocidad:-----	125
4.2.5.	Cálculo de velocidad final en 4ta velocidad:-----	126
4.2.6.	Cálculo de velocidad final en 5ta velocidad:-----	126

4.3	Cálculo de Reducción	128
4.3.1.	Cálculo de Reducción Final	129
4.3.2.	Cálculo de Reducción en 1era Velocidad	130
4.3.3.	Cálculo de Reducción en 2da Velocidad	130
4.3.4.	Cálculo de Reducción en 3era Velocidad	130
4.3.5.	Cálculo de Reducción en 4ta Velocidad	131
4.3.6.	Cálculo de Reducción en 5ta Velocidad	131
4.3.7.	Cálculo de Reducción Final Total en 1era Velocidad	132
4.3.8.	Cálculo de Reducción Final Total en 2da Velocidad	132
4.3.9.	Cálculo de Reducción Final Total en 3era Velocidad	132
4.3.10.	Cálculo de Reducción Final Total en 4ta Velocidad	133
4.3.11.	Cálculo de Reducción Final Total en 5ta Velocidad	133
4.4	Cálculo de RPM en las Ruedas en cada Velocidad (1era a 5ta)	133
4.4.1.	Cálculo de RPM en las ruedas en 1era Velocidad	134
4.4.2.	Cálculo de RPM en las ruedas en 2da Velocidad	134
4.4.3.	Cálculo de RPM en las ruedas en 3era Velocidad	135
4.4.4.	Cálculo de RPM en las ruedas en 4ta Velocidad	135
4.4.5.	Cálculo de RPM en las ruedas en 5ta Velocidad	135
4.4.6.	Cálculo de velocidad final si la relación es 1:1	137
4.5	Cálculo de Relaciones de Transmisión Modificadas de 1era a 5ta velocidad	140
4.5.1	Relación de Primera Velocidad Modificada	140
4.5.2	Relación de Segunda Velocidad Modificada	141
4.5.3	Relación de Tercera Velocidad Modificada	142

4.5.4	Relación de Cuarta Velocidad Modificada -----	142
4.5.5	Relación de Quinta Velocidad Modificada -----	143
4.5.6	Cálculo de Relaciones Final-----	144
4.6	Cálculo de velocidad final de 1era a 5 velocidad de la caja de cambios del vehículo Chevrolet Corsa 1.6L con datos modificados. ----	145
4.6.1	Cálculo del Diámetro del Neumático para Rally: -----	146
4.6.2	Cálculo de velocidad final en 1ra velocidad modificada: -----	146
4.6.3	Cálculo de velocidad final en 2da velocidad modificada:-----	147
4.6.4	Cálculo de velocidad final en 3era velocidad modificada:-----	147
4.6.5	Cálculo de velocidad final en 4ta velocidad modificada:-----	148
4.6.6	Cálculo de velocidad final en 5ta velocidad modificada:-----	149
4.7	Cálculo de Reducción CAJA MODIFICADA-----	150
4.7.1	Cálculo de Reducción Final -----	150
4.7.2	Cálculo de Reducción en 1era Velocidad Modificada-----	151
4.7.3	Cálculo de Reducción en 2da Velocidad Modificada-----	151
4.7.4	Cálculo de Reducción en 3era Velocidad Modificada-----	151
4.7.5	Cálculo de Reducción en 4ta Velocidad Modificada-----	152
4.7.6	Cálculo de Reducción en 5ta Velocidad Modificada-----	152
4.7.7	Cálculo de Reducción Final Total Modificada en 1era Velocidad ----	153
4.7.8	Cálculo de Reducción Final Total Modificada en 2da Velocidad -----	153
4.7.9	Cálculo de Reducción Final Total Modificada en 3era Velocidad ----	153
4.7.10	Cálculo de Reducción Final Total Modificada en 4ta Velocidad ---	154
4.7.11	Cálculo de Reducción Final Total Modificada en 5ta Velocidad ---	154

4.8	Cálculo de RPM en las Ruedas en cada Velocidad Modificada (1era a 5ta)-----	154
4.8.1	Cálculo de RPM en las ruedas en 1era Velocidad Modificada-----	155
4.8.2	Cálculo de RPM en las ruedas en 2da Velocidad Modificada-----	155
4.8.3	Cálculo de RPM en las ruedas en 3era Velocidad Modificada-----	155
4.8.4	Cálculo de RPM en las ruedas en 4ta Velocidad Modificada-----	156
4.8.5	Cálculo de RPM en las ruedas en 5ta Velocidad Modificada-----	156
CAPITULO V	-----	160
	Comparación Chevrolet Corsa 1.6L vs. Chevrolet Corsa Preparado -----	160
5.1	Comparación entre las Relaciones de Transmisión -----	160
5.2	Comparación entre los Cortes de Inyección -----	161
5.3	Comparación entre las Reducciones de la Transmisión y Análisis -----	162
5.4	Comparación entre los neumáticos y análisis -----	163
5.5	Comparación entre las Velocidades Finales -----	164
5.6	Comparación y Análisis del Diagrama Curva Progresiva de RPM del Motor-Velocidad Final y Caída de RPM del Motor al Cambio Secuencial de Velocidad 1era a 5ta; entre la Caja Modificada Chevrolet Corsa Preparado y Caja Original Chevrolet Corsa 1.6L -----	165
5.6.1	Comparación y Análisis Primera Velocidad -----	166
5.6.2	Comparación y Análisis Caída de RPM del Motor en Primera a Segunda Velocidad -----	167

5.6.3 Comparación y Análisis Segunda Velocidad -----	168
5.6.4 Comparación y Análisis Caída de RPM del Motor en Segunda a Tercera Velocidad -----	170
5.6.5 Comparación y Análisis Tercera Velocidad-----	171
5.6.6 Comparación y Análisis Caída de RPM del Motor en Tercera a Cuarta Velocidad -----	172
5.6.7 Comparación y Análisis Cuarta Velocidad -----	173
5.6.8 Comparación y Análisis Caída de RPM del Motor en Cuarta a Quinta Velocidad -----	175
5.6.9 Comparación y Análisis Quinta Velocidad -----	176
CAPÍTULO VI -----	179
Procesos de modificación sobre el sistema de Transmisión de la Caja de Cambios de un chevrolet corsa 1600I-----	179
6.1 Figuras del proceso de desarme de la caja de cambios-----	179
6.2 figuras de las partes de caja de cambios-----	182
6.3 figuras de cono-corona de caja de cambios -----	184
6.4 Figuras de armada de caja de cambios -----	185
CAPÍTULO VII -----	187
Conclusiones, Recomendaciones y Evaluación Económico Financiera----	187
7.1 Conclusiones:-----	187
7.2 Recomendaciones: -----	189
7.3 Evaluación Económico Financiera: -----	190

7.3.1	Análisis Económica Financiera -----	190
7.3.2	Análisis de los costos de las modificaciones de la transmisión y diferencial para el Chevrolet Corsa 1,6 L para Rally. -----	192
7.3.3	Análisis de costos individuales reales -----	193
7.3.4	Análisis del costo real del embrague metálico -----	193
7.3.5	Análisis del costo real de la carcasa adaptada -----	195
7.3.6	Análisis del costo real de la nueva relación de engranes -----	195
7.3.7	Análisis del costo real de otros repuestos para la caja -----	196
7.3.8	Análisis del costo de la mano de obra -----	196
7.3.9	Análisis de la Inversión -----	198

INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Materiales usados para engranajes -----	100
Tabla 4.1: Datos de Número de Dientes de la Transmisión -----	116
Tabla 4.2: Datos de Número de Dientes del Cono – Corona -----	120
Tabla 4.3: Datos Originales de la Caja y Velocidad Final del Chevrolet Corsa 1.6L -----	127
Tabla 4.4: Velocidad Final Máxima de 1era a 5ta velocidad de la Caja Original Chevrolet Corsa 1.6L -----	128
Tabla 4.5: RPM máximas en las ruedas, en cada velocidad (1era a 5ta) -----	136
Tabla 4.6: Porcentaje de RPM del motor utilizadas en las Ruedas -----	136
Tabla 4.7: Datos de Número de Dientes de la Transmisión Modificada -----	140
Tabla 4.8: Datos de Número de Dientes del Cono – Corona Modificados -----	144
Tabla 4.9: Datos Modificados de la Caja y Velocidad Final del Chevrolet Corsa Preparado para Rally -----	149
Tabla 4.11: RPM máximas en las ruedas, en cada velocidad modificada (1era a 5ta) -----	156
Tabla 4.12: Porcentaje de RPM del motor utilizado en las Ruedas -----	157
Tabla 5.1: Comparación entre las Relaciones de Transmisión -----	161
Tabla 5.2: Comparación entre los Cortes de Inyección -----	161
Tabla 5.3: Comparación entre las Reducciones de la Transmisión -----	162
Tabla 5.4: Comparación entre los neumáticos -----	163

Tabla 5.5: Comparación entre las velocidades Finales -----	164
Tabla 5.6: Diferencias entre Velocidades de la misma Transmisión -----	165
Tabla 7.1: Presupuesto para el trucaje y preparación del Chevrolet Corsa 1,6L -----	191
Tabla 7.2: Capital Proveniente-----	192
Tabla 7.3: Presupuesto y Egresos Calculados-----	193
Tabla 7.4: Presupuesto para el kit de embrague -----	194
Tabla 7.5: Presupuesto para la Carcasa Adaptada-----	195
Tabla 7.6: Presupuesto para la nueva relación de engranes -----	196
Tabla 7.7: Presupuesto para otros repuestos para la caja -----	196
Tabla 7.8: Costo de Mano de Obra-----	197
Tabla 7.9: Costos Directos-----	197
Tabla 7.10: Saldo Total-----	198
Tabla 7.11: Análisis de Inversión I -----	199
Tabla 7.12: Análisis de la inversión II -----	199

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Palanca de marchas automáticas -----	2
Figura 1.2: Embrague pilotado “smart” -----	3
Figura 1.3: Palanca de cambios secuencial-----	4
Figura 1.4: Palanca de cambios tiptronic con mandos en el volante -----	5
Figura 1.5: Palanca de cambios secuencial deportiva en el volante -----	6
Figura 1.6: Corte de una transmisión directa o dgs -----	7
Figura 1.7: Corte de una transmisión cvt-----	8
Figura 1.8: Funcionamiento básico del variador continuo. -----	9
Figura 1.9: Despiece de sistema de embrague-----	11
Figura 1.10: Nivel 1 embragues orgánicos -----	13
Figura 1.11: Nivel 2 cera-metálicos -----	14
Figura 1.12: Embragues multidisco -----	15
Figura 1.13: Embrague de carbono multidisco -----	16
Figura 1.14: Funcionamiento del mecanismo de embrague-----	17
Figura 1.15: Posición de Embragado -----	18
Figura 1.16: Posición de desembragado-----	19
Figura 1.17: Sistema de varillaje de la caja de cambios-----	21
Figura 1.18: Despiece parcial de un sincronizador -----	23
Figura 1.19: Esquema de la tracción total 4x4 conectable manualmente -----	26

Figura 1.20: Partes de una caja de transferencia por cadena -----	26
Figura 1.21: Posición 2h, funcionamiento de la caja de transferencia -----	27
Figura 1.22: Posición 4h, funcionamiento de la caja de transferencia -----	28
Figura 1.23: Posición 4h, funcionamiento de la caja de transferencia -----	29
Figura 1.24: Esquema de transmisión para motor delantero y propulsión trasera. -----	30
Figura 1.25: Esquema árbol de transmision y juntas cardan -----	31
Figura 1.26: Juntas cardan o unión universal -----	31
Figura 1.27: Despiece y partes de una junta cardan -----	32
Figura 1.28: Sistema de diferencial (corona - piñón) -----	33
Figura 1.29: Reparto del par de tracción en las ruedas -----	34
Figura 1.30: Diferencial Torsen, Audi A4 Quattro -----	35
Figura 1.31: Semieje (junta trípode - junta homocinética) -----	36
Figura 1.32: Despiece de cruceta -----	38
Figura 1.33: Despiece de triceta -----	38
Figura 1.34: Despiece de junta homocinética -----	39
Figura 1.35: Transmisión de giro primera velocidad -----	41
Figura 1.36: Transmisión de giro segunda velocidad -----	42
Figura 1.37: Transmisión de giro tercera velocidad -----	43
Figura 1.38: Transmisión de giro cuarta velocidad -----	44

Figura 1.39: Transmisión de giro quinta velocidad -----	45
Figura 1.40: Transmisión de giro marcha atrás-----	46
Figura 1.41: Despiece interno de caja de cambios de 5 velocidades -----	48
Figura 1.42: Despiece de varillaje de caja de cambios manual-----	49
Figura 1.43: Despiece de carcasa de caja de cambios-----	50
Figura 2.1: Engranajes -----	52
Figura 2.2: Elementos de un engranaje -----	53
Figura 2.3: Paso circular -----	56
Figura 2.4: Paso circular normal, transversal -----	57
Figura 2.5: Diseño de un piñón-----	57
Figura 2.6: Engranajes Cilíndricos de Dientes Rectos -----	59
Figura 2.7: Línea de Acción Recta-----	61
Figura 2.8: Angulo de Presión -----	62
Figura 2.9: Involuta de dos Engranajes y Punto Instantáneo de Contacto -----	63
Figura 2.10: Construcción del Circulo Base -----	64
Figura 2.11: Construcción de la Involuta del Circulo Base-----	65
Figura 2.12: Engranajes Cilíndricos de Dientes Helicoidales de Ejes Paralelos ----	66
Figura 2.13: Engranajes Doble Helicoidales-----	69
Figura 2.14: Engranajes Cilíndricos de Dientes Helicoidales de Eje Cruzado-----	71
Figura 2.15: Engranajes Cónicos de Dientes Rectos -----	72

Figura 2.16: Engranés Cónicos de Dientes Helicoidales-----	73
Figura 2.17: Engranés Cónicos Hipoides -----	74
Figura 2.18: Engranés no Circulares-----	75
Figura 2.19: Piñón- Cremallera-----	77
Figura 2.20: Tornillo Sin Fin y Corona -----	78
Figura 2.21: Engranés Epicicloidal o Engranaje Planetario -----	79
Figura 2.22: Engranajes de Sol y Planetas-----	80
Figura 2.23: Engranaje de manejo armónico o engranaje de onda de tensión ---	81
Figura 2.24: Engranés de Acción Directa-----	83
Figura 2.25: Engranés de Acción Indirecta-----	84
Figura 2.26: Eje Primario y Secundario Caja de Chevrolet Corsa 1600 -----	85
Figura 2.27: Piñones Cilíndricos de Dientes Rectos para Marcha en Reversa del Chevrolet Corsa 1600 -----	86
Figura 2.28: Piñones Cilíndricos de Dientes Helicoidales del Chevrolet Corsa 1.6L -----	87
Figura 2.29: Piñón de dentado Interno -----	88
Figura 2.30: Cono-Corona de caja de cambios de Chevrolet Corsa 1.6L -----	89
Figura 2.31: Conjunto Diferencial Chevrolet Corsa 1.6L -----	89
Figura 2.32: Satélites y Planetarios de Chevrolet Corsa 1.6L-----	90

Figura 2.33: verificación de engranes -----	91
Figura 2.33: Lubricación de engranajes-----	94
Figura 2.34: Deterioro de engranajes-----	96
Figura 3.1: Fabricación de Engranés -----	101
Figura 3.2: tratamiento de dientes del engranaje -----	104
Figura 3.3: Engranajes cilíndricos helicoidales de diferente eje -----	106
Figura 6.1: Vaciado de aceite tapón del carter -----	179
Figura 6.2: Separación del cárter de la caja de cambios -----	180
Figura 6.3: Desmontaje de pernos de sujeción de la carcasa -----	181
Figura 6.4: Separación de carcasas de la caja de cambios -----	181
Figura 6.5: Despiece de las partes internas de la caja de cambios -----	182
Figura 6.6: Eje Primario -----	183
Figura 6.7: Eje Secundario -----	183
Figura 6.8: corona de dientes helicoidales -----	184
Figura 6.9: satélites y planetarios del grupo diferencial -----	185
Figura 6.10: Montaje de ejes y grupo diferencial en la carcasa de la caja de cambios-----	185
Figura 6.11: Ajuste de pernos de las carcasas de la caja de cambios-----	186

INDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1: Curva Progresiva de Revoluciones de Motor -----	139
Diagrama 2: Velocidad Final Máxima de 1era a 5ta velocidad del Chevrolet Corsa Preparado para Rally-----	150
Diagrama 3: Curva Progresiva de Revoluciones de Motor con Caja Modificada y Corte de Inyección Modificado -----	158
Diagrama 4: Curva Velocidad Final Máxima de 1era -----	167
Diagrama 5: Caída de RPM de 1era a 2da Velocidad -----	168
Diagrama 6: Curva Velocidad Final Máxima de 2da -----	170
Diagrama 7: Caída de RPM de 2da a 3era Velocidad -----	171
Diagrama 8: Curva Velocidad Final Máxima de 3era -----	172
Diagrama 9: Caída de RPM de 3era a 4ta Velocidad-----	173
Diagrama 10: Curva Velocidad Final Máxima de 4ta -----	174
Diagrama 11: Caída de RPM de 4ta a 5ta Velocidad -----	176
Diagrama 12: Curva Velocidad Final Máxima de 5ta -----	177
Diagrama 13: Curva Progresiva de Revoluciones del Motor y Velocidad Final 1era a 5ta -----	178

INTRODUCCIÓN

En los motores de combustión interna, para que el vehículo pueda salir del reposo necesita un régimen del motor que proporcione un par motor suficiente, por lo que se debe reducir las rpm del motor. Para esto está la caja de cambios o caja de velocidades, que mediante las diferentes relaciones de desmultiplicación que se tiene en cada cambio más el diferencial, permiten al vehículo salir del reposo y desplazarse en diferentes velocidades variando así el par motor y la potencia.

La caja de cambios además de proporcionar diferentes velocidades al vehículo, también permite cambiar el giro de las ruedas. Por lo que el vehículo podrá desplazarse en dos direcciones.

La caja de velocidades se dividen en tres tipos: automáticas, mecánicas y secuenciales.

Las cajas automáticas son mayormente utilizadas en los Estados Unidos aunque cada vez va teniendo mayor presencia en todos los mercados debido a la comodidad que brinda y por su mayor eficiencia en el consumo de combustible.

Las cajas secuenciales son utilizadas en vehículos deportivos y de altas prestaciones o carreras.

Mientras que en nuestro país y Latinoamérica el consumidor prefiere caja de cambios mecánicas.

Las cajas de cambios mecánicas, reciben el movimiento del motor a través del volante de inercia y el embrague. El embrague permite acoplar o desacoplar el movimiento del motor que va hacia la caja para poder seleccionar las diferentes velocidades.

Con los anteriores antecedentes, podemos afirmar que el trucaje de una caja de cambios es esencial para la preparación de un vehículo para rally. Ya que con las diferentes relaciones en cada cambio podemos alterar el par motor, la potencia y velocidad final. Valores que son fundamentales para tener un vehículo competitivo.

De la misma manera es indispensable tener un embrague que soporte y tenga un mayor coeficiente de fricción que el original ya que al igual que la caja de cambios el motor también va ser trucado y preparado de forma que el par motor va aumentar.

CAPITULO 1

CAJA DE CAMBIOS DE UN VEHICULO CHEVROLET CORSA 1600

1.1 QUÉ ES LA CAJA DE CAMBIOS

La caja de cambios juega un papel muy importante en un vehículo ya que se encarga de acoplar el motor y el sistema de transmisión con diferentes relaciones de engranes o engranajes para permitir el avance o retroceso del mismo desde que está parado, mediante la transferencia del movimiento del motor hacia las ruedas mediante el embrague, caja y transmisión.

El conductor será quien realice la selección de marcha cuando sea necesario dependiendo de la caída de revoluciones, sin tomar en cuenta la carga, la situación geográfica o condiciones externas, con el objetivo de aminorar el esfuerzo del motor una vez que se encuentre en movimiento y aprovechar la inercia y velocidad que ya lleva.

1.2 TIPOS DE CAJA DE CAMBIOS

1.2.1 Caja de cambios automática

Con la finalidad de crear mayor comodidad al conductor y a la vez una suavidad en la transmisión de la fuerza a las ruedas los fabricantes americanos a partir de

1940 decidieron crear las cajas automáticas las mismas que por sí solas realicen todos los cambios de marchas. Tuvieron tanto éxito que en la década de 1950 la mayoría de automóviles vendidos disponían de la caja de cambios automática



Figura 1.1: Palanca de marchas automáticas¹

1.2.2 Embrague Pilotado (cajas manuales sin embrague)

En este tipo de cajas no consta de un embrague, existen sensores tanto en la palanca de cambios como en el acelerador para que cuando el conductor ejecute el cambio de marcha estos sensores detectan la intención del mismo y mandan una señal a una bomba de presión la misma que se encarga de dirigir la horquilla del embrague. Este tipo de cajas vienen por ejemplo en: RENAULT TWINGO EASY, MERCEDES CLASE A, SMART

¹ <http://www.16valvulas.com.ar/test-drive-ford-fieta-max-edge-plus-automatico/>

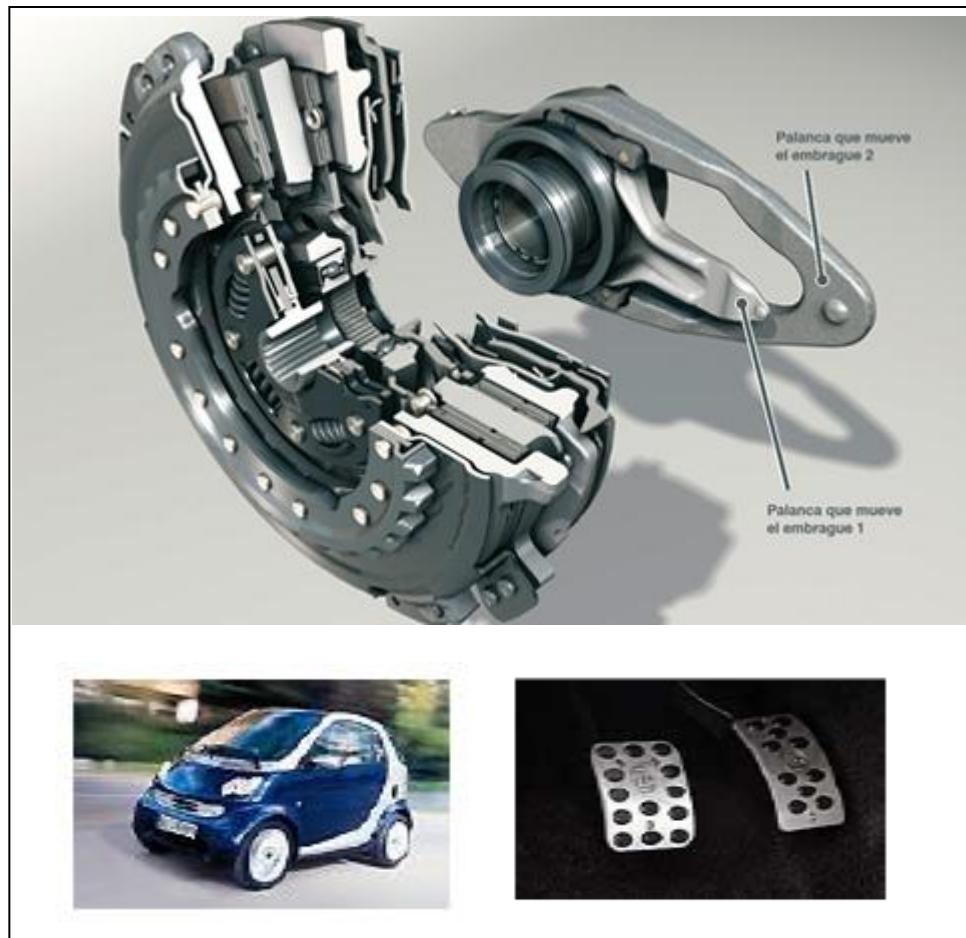


Figura 1.2: Embrague pilotado “smart”²

1.2.3 Cambio secuencial

Este tipo de cajas de cambios suelen tener 5 o 6 marchas dependiendo del modelo y la marca del automóvil y nos permiten seleccionar la marcha con un movimiento suave de arriba hacia abajo y viceversa. Los vehículos que poseen la caja secuencial suelen ser la opción manual de cambios automáticos con convertidor hidráulico.

² http://www.salesianos.edu/alcoy.juanxxiii/dpts/docs/cajas_cambio.pdf
http://www.carlostrabucco.com.ar/embrague_pilotado.html

La palanca en un pasillo se comporta como un automático, y en un pasillo paralelo funciona como un cambio secuencial como por ejemplo tenemos: audi, porsche.



Figura 1.3: Palanca de cambios secuencial³

1.2.4 Cajas automáticas con cambio secuencial

Este tipo de cajas posee una sofisticada computadora la misma que se encarga de impedir un cambio brusco de velocidad que pueda dañar o perjudicar al motor es por eso que el motor nunca supera las 5500 rpm, como por ejemplo tenemos: TRIPTRONIC: Porsche 911 y Audi A4, A6 Y A8 y SEPTRONIC: BMV 740i

³ http://www.salesianos.edu/alcoy.juanxxiii/dpts/docs/cajas_cambio.pdf



Figura 1.4: Palanca de cambios tiptronic con mandos en el volante⁴

1.2.5 Cajas manuales con cambio secuencial (embrague pilotado)

Este tipo de cajas de cambios es muy parecido a la caja manual en lo que se refiere a su diseño internamente. La principal ventaja de estas cajas son: su pequeño tamaño, su precio, su rapidez de cambio casi igual a la caja manual.

El conductor tendrá que accionar un botón o una palanca para el cambio de velocidad del vehículo como por ejemplo tenemos: el Ferrari F355 F1 que posee tres modos de funcionamiento: totalmente automático, modo deportivo, y modo semiautomático.

⁴ http://www.salesianos.edu/alcoy.juanxxiii/dpts/docs/cajas_cambio.pdf



Figura 1.5: Palanca de cambios secuencial deportiva en el volante⁵

1.2.6 Cambio DGS (caja de cambios directa audi-vw)

Este tipo de cajas se caracteriza por tener doble embrague y por su engrane anticipado y consta de dos transmisiones independientes cada una consta con un embrague multidisco en el primer embrague se realiza la 1ª, 2ª, 5ª velocidad y el retro, y en el segundo embrague se realiza 3ª, 4ª, 6ª velocidad.

La ventaja que tiene estas cajas es que durante el cambio de velocidades no existe interrupción de fuerza de tracción, por ejemplo tenemos: Audi A3, Vw golf

⁵http://www.salesianos.edu/alcoy.juanxxiii/dpts/docs/cajas_cambio.pdf

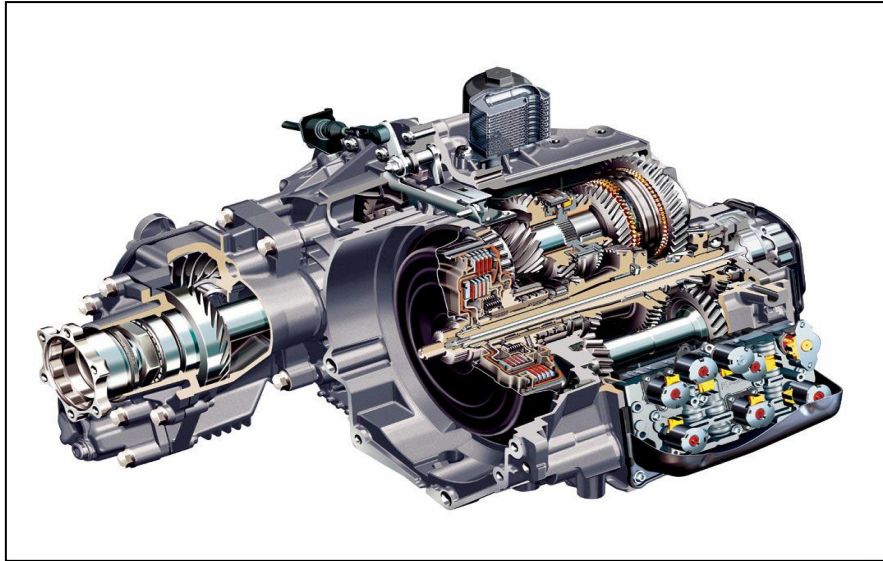


Figura 1.6: Corte de una transmisión directa o dgs⁶

1.2.7 Cajas de variación continua CVT

La transmisión CVT o Transmisión de variación continua, es considerada una transmisión automática que puede tener infinito número de relaciones dentro de sus límites. Por lo que no está restringida a tener de 4 a 6 velocidades como la mayoría de transmisiones manuales y automáticas.

Esta transmisión es considerada automática debido a que es controlada por una centralita electrónica la cual cambia las relaciones de transmisión continuamente, debido al cambio continuo de los diámetros de las poleas, un diseño perfecto que permite tener una potencia y torque en todas las velocidades haciéndolo muy eficiente en el consumo de combustible.

⁶http://www.salesianos.edu/alcoy.juanxxiii/dpts/docs/cajas_cambio.pdf



Figura 1.7: Corte de una transmisión cvt⁷

La transmisión CVT puede estar conectada al motor mediante un embrague convencional, uno electrohidráulico o un convertidor de par. En los vehículos más modernos, podemos encontrar CVT con función manual que simplemente son relaciones prefijadas de cambio secuencial que permiten de 6 a 7 velocidades.

Las relaciones varían según el diámetro de las poleas, esta variación se produce con un control hidráulico, tanto de la conductora como de la conducida, que están conectadas mediante una correa o cadena que permite el movimiento de la polea conducida cuando actúa la conductora.

⁷<http://www.diariomotor.com/2008/09/17/la-transmision-variable-continua-cvt-esa-gran-desconocida/>

Cuando la polea conductora tiene un diámetro menor que la conducida estamos hablando de una velocidad baja. Cuando la polea conductora tiene un diámetro mayor que la conducida la velocidad es alta. Y si las dos poleas tienen diámetro igual estamos hablando de una relación 1:1

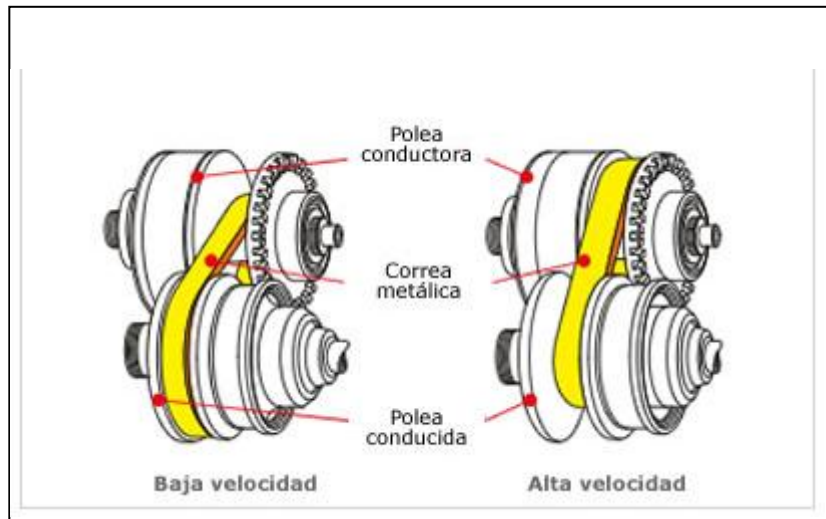


Figura 1.8: Funcionamiento básico del variador continuo.⁸

En este tipo de transmisión para poder dar marcha atrás es necesario un inversor, el cual se encuentra en el conjunto planetario.

1.3 CAJA DE CAMBIOS MANUAL

El vehículo Chevrolet Corsa 1600 está conformado por una caja de cambios de 5 velocidades, con disposición transversal y dos ejes, el eje primario es el que recibe el movimiento directamente del motor y lo transmite al eje secundario que es el encargado de accionar al conjunto piñón y corona.

⁸ <http://www.mecanicavirtual.org/caja-cambios9.htm>

Este tipo de cajas de cambios se las encuentra comúnmente en los vehículos de tracción delantera.

1.3.1. Embrague

El embrague es el mecanismo que permite que el motor y transmisión sean solidarios cuando está acoplado el disco de embrague, cuando se encuentra en este estado puede ser transferido el torque del motor a través del embrague y llegar a la transmisión. Cuando el mecanismo de embrague desacopla el disco, el motor continúa girando ya sea en ralentí o en su rango de trabajo de revoluciones; mientras que la transmisión gira por la inercia que lleva el vehículo o sin movimiento si el vehículo se encuentra en reposo. Cuando el disco de embrague está desacoplado podemos realizar el cambio de velocidades y de marchas.

Debido al giro en que se encuentra sometido el embrague este tiene que estar bien balanceado y ensamblado correctamente para su óptimo funcionamiento.

1.3.1.1 Despiece del conjunto de embrague

- 1 Volante de inercia del motor
- 2 Corona dentada
- 3 Disco de fricción
- 4 Plato de presión
- 5 Muelle de diafragma
- 6 Anillos de apoyo

- 7 Espigas
- 8 Cubierta

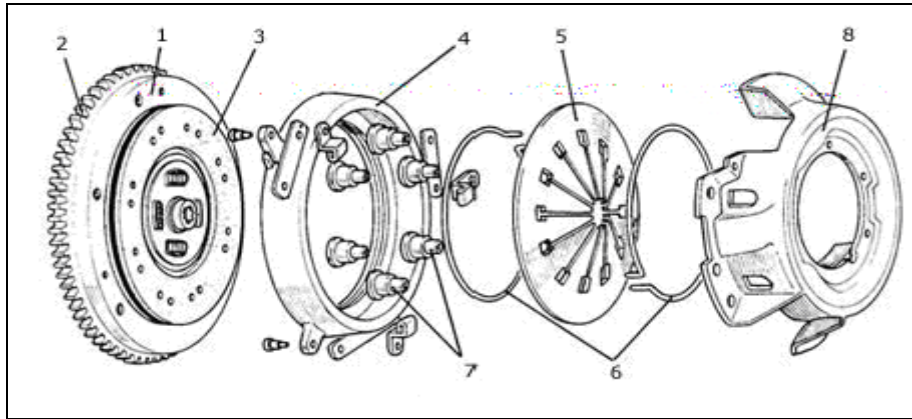


Figura 1.9: Despiece de sistema de embrague

1.3.1.2 Disco de Embrague

El disco de embrague es el que transmite la potencia del motor por medio de su forro o cubierta de embrague que tiene un coeficiente de fricción determinado por las características del motor y del vehículo.

Este coeficiente de fricción permitirá transmitir toda la potencia del motor hacia la transmisión, por lo que aquí se crearan altas temperaturas, “*aproximadamente 700°C*”.⁹ Además de la alta temperatura que el material de fricción debe tolerar también tiene que soportar la velocidad angular que genera grandes fuerzas centrífugas cuando se llegan a las máximas revoluciones del motor, esta fuerza si sobrepasa su punto máximo de esfuerzo en el forro, produce la destrucción del

⁹ SEMINARIO TÉCNICO EXEDY 2009

mismo, esto se produce a partir de las “11000 rpm del motor aproximadamente” ¹⁰ para un embrague de un vehículo normal de calle.

Como vemos es un número alto de revoluciones, casi el doble, esto es debido a que son sobredimensionados los embragues ya que los fabricantes le dan un “Factor de Seguridad 1.7 a 2 ya que el embrague puede soportar un 70% a 100% más que el par motor máximo para transmitirlo y para las sobrecargas”. ¹¹ Este factor permite que la vida útil del forro sea mayor.

1.3.1.3 Tipos de Embragues para Competencia

1.3.1.3.1 Nivel 1 Embragues Orgánicos

Como sabemos, anteriormente el asbesto era muy utilizado en el sector automotriz en productos de fricción como los forros de embrague y frenos debido a que trabajaba muy bien en altas temperaturas, su coeficiente de fricción era constante y a su bajo precio.

Pero debido a estudios médicos se encontró que el asbesto o amianto provoca cáncer. Por lo que en países de primer nivel se dejó de utilizar por lo que salieron los embragues orgánicos o non-asbesto.

¹⁰ INFORMACION TECNICA FABRICA TERMOLITE (fabricante de forros de embrague)2009

¹¹ AUTOR H. KINDLER Y H KYNAST matemática aplicada para la técnica del automóvil GTZ versión española de la 8 edición alemana pag 172 calculo de embragues

Este tipo de embragues utiliza fibras de muy alta calidad que son resistentes al deslizamiento y explosión. Los componentes internos le dan la capacidad de manejar motores mínimamente modificados, este embrague es muy utilizado en vehículos de calle con pocos caballos de fuerza extra, debido a su similitud con uno original.

El esfuerzo para desembragar será ligeramente mayor ya que el diafragma está diseñado para aguantar mayores esfuerzos. Debido a que es para vehículos de calle su disco tiene en el centro resortes de amortiguación para que se reduzcan los movimientos bruscos para la transmisión.



Figura 1.10: Nivel 1 embragues orgánicos¹²

1.3.1.3.2 Nivel 2 Cera-metálicos

Este tipo de embrague cera-metálico, está diseñado para motores modificados que generan alta potencia y son muy exigidos. Este material puede controlar mucho mejor el deslizamiento y el desgaste que uno original.

Tiene resortes para amortiguar los impactos para la transmisión y las fuerzas de carga provenientes del motor.

¹² http://www.exedyusa.com/oe/Clutch_Specifications

Dos tipos de espesores de discos Cera-metálicos:

El espesor normal: tienen una mayor capacidad de calor y por lo tanto una mayor durabilidad en aplicaciones exigentes, como en vehículos con transmisión en las cuatro ruedas.

- Reducción del espesor: este disco que es aproximadamente la mitad que uno normal, ofrece una inercia reducida que ayuda a mejorar los esfuerzos para los cambios de velocidades y mejora la durabilidad de los sincronizadores. Este tipo se recomienda utilizar únicamente en pista.



Figura 1.11: Nivel 2 cera-metálicos¹³

1.3.1.3.3 Embragues Multidisco

Este embrague tiene múltiples discos, de 2 a 3 discos; están diseñados para $\frac{1}{4}$ de milla, pista y carreras de rally; para competencia. Cuando se utilizan embragues con multidisco es necesario cambiar el volante de inercia con uno de bajo peso de acero cromado y el plato o prensa de embrague usualmente es de aluminio

¹³ http://www.exedyusa.com/oe/Clutch_Specifications

forjado. El material de fricción en este disco es cera-metálico para tener resistencia al calor extremo. Este embrague soporta hasta “3905.942 kgm/m² de par motor”¹⁴.



Figura 1.12: Embragues multidisco¹⁵

1.3.1.3.4 Embragues de carbono multidisco

Los Embragues de Carbono, son de acero al carbono y son multidisco. Estos discos son más duraderos, resistentes a altas temperaturas y tienen un peso ligero. Lo que se traduce en mejores tiempos de pista.

*“Los materiales de carbono se calientan a mas de 2000 °C, esto permite una mejor disipación del calor que con un material metálico convencional”.*¹⁶

¹⁴ http://www.exedyusa.com/oe/Clutch_Specifications

¹⁵ <http://www.specialstage.com/forums/showthread.php?t=39636>

¹⁶ http://www.exedyusa.com/oe/Clutch_Specifications



Figura 1.13 Embrague de carbono multidisco¹⁷

1.3.1.4 Funcionamiento del Mecanismo de Embrague

El mecanismo de embrague es accionado por el conductor que presiona el pedal del embrague el mismo que puede ser por medio de varillaje, cable o hidráulico; dependiendo de su mando mueven a la horquilla del embrague, su función es la de empujar al cojinete de embrague, el mismo que presiona al diafragma y este al plato o placa de presión, que desconectan al disco de embrague, “la distancia aproximada es de 1.0mm entre el disco y la placa de presión”.¹⁸ Este procedimiento es llamado desembragar.

Cuando soltamos el pie del embrague la horquilla se desliza a su posición inicial y el cojinete deja de presionar al diafragma, por lo que el plato de presión regresa a su posición; presionando al disco. Este procedimiento se llama Embragar.

¹⁷ http://www.exedyusa.com/oe/Clutch_Specifications

¹⁸ 1 MANUAL CLUTCH MOVIE EXEDY VESION 2002

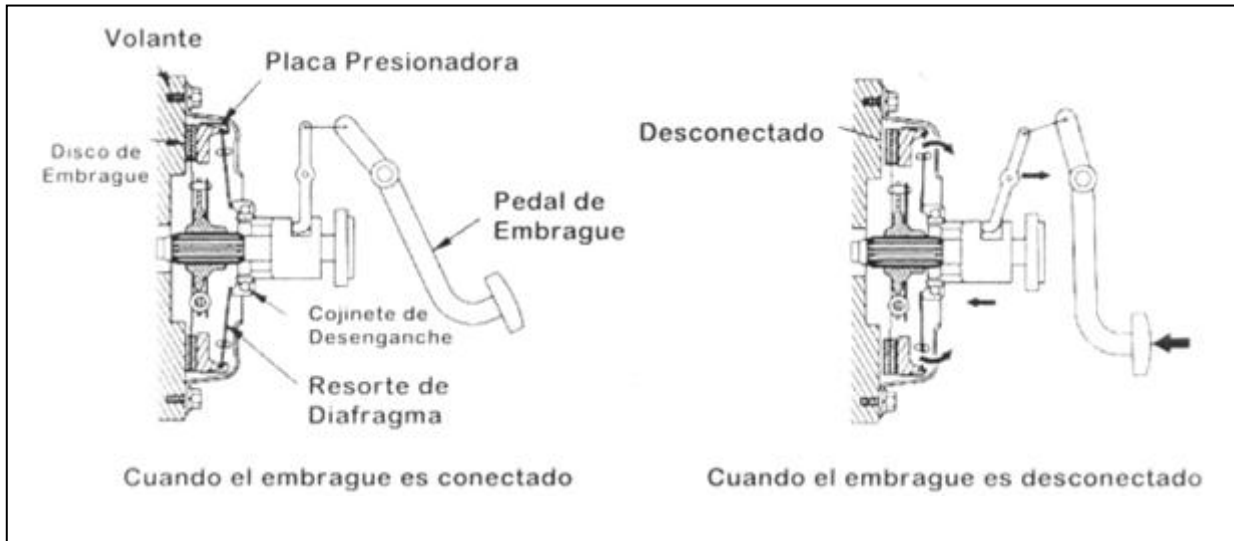


Figura 1.14: Funcionamiento del mecanismo de embrague¹⁹

1.3.1.5 Posiciones del Mecanismo de Embrague

El embrague tiene dos posiciones con las cuales transmite o no el giro del motor a la caja de cambios; acoplado o embragado y desacoplado o desembragado.

1.3.1.5.1 Acoplado o Embragado

La posición de embragado, es cuando el par motor y potencia del motor son transmitidos a la caja de cambios ya que el plato del embrague está acoplado, con lo que podemos decir que el motor – embrague – caja de velocidad están trabajando conjuntamente. Muchas personas confunden este término; por lo que cuando en el pedal del embrague no está siendo pisado significa que está en posición de embragado.

¹⁹ <http://www.automotriz.net/tecnica/conocimientos-basicos-29.html>

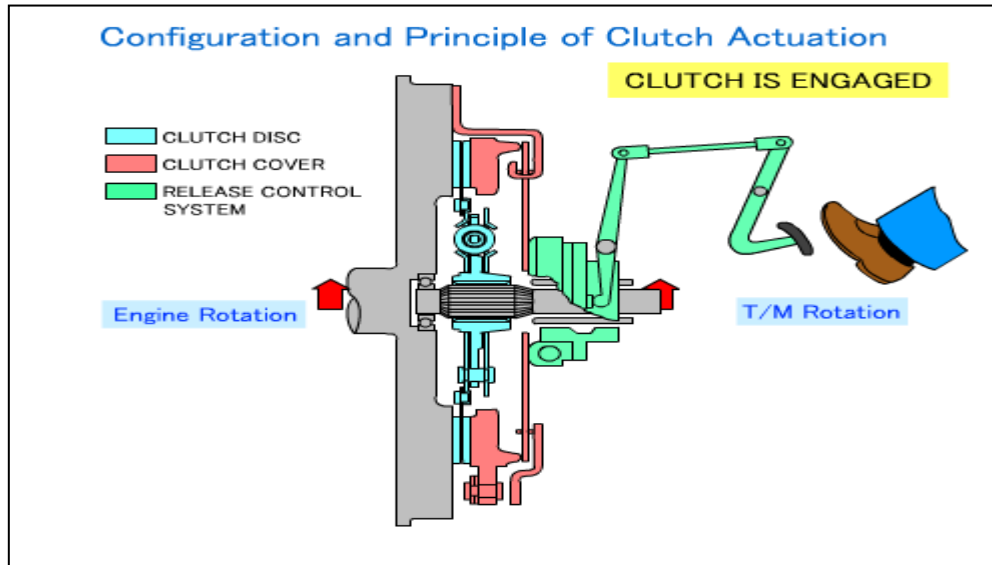


Figura 1.15: Posición de Embragado²⁰

1.3.1.5.2 Desacoplado o Desembragado

La posición de desembragado, el sistema del embrague desacopla al disco de embrague produciendo que el motor gire a un régimen de revoluciones, mientras que la caja de cambios gira por la inercia que lleva el vehículo si este se encuentra en movimiento o no gire si el vehículo está en reposo.

En esta posición cuando el vehículos esta en movimiento podemos realizar el cambio de velocidades. Y si el vehículo esta en reposo podemos realizar el cambio de marcha, adelante y atrás.

²⁰ Seminario técnico de EXEDY, 2009

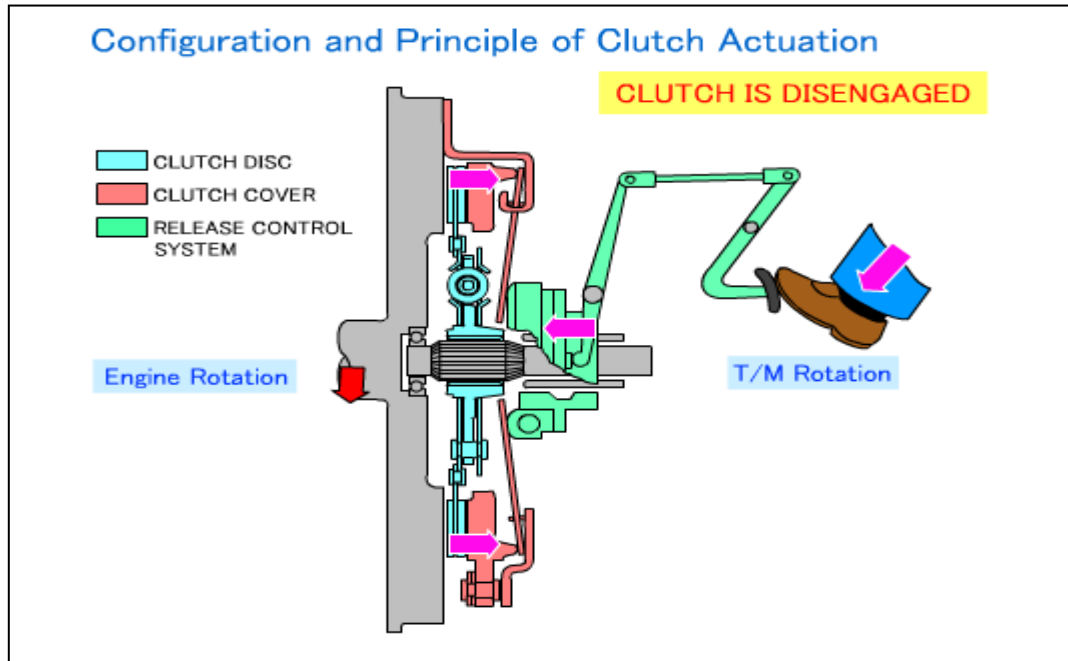


Figura 1.16: Posición de desembragado²¹

1.3.1.5.3 Posición Intermedia

Embragado o desembragado son las posiciones teóricas pero en el recorrido del pedal podemos controlar el diafragma que es el encargado directo de acoplar o desacoplar el disco del plato de presión, por lo que si se embraga progresivamente el disco y caja de cambios van a ser arrastrados progresivamente creando rozamiento y fricción progresiva haciendo el cambio de velocidad más suave, esto lo utilizamos en vehículos de calle.

Pero en las carreras necesitamos que el torque y potencia del motor sean inmediatos haciendo un poco tosco el cambio de velocidades; y en algunas ocasiones para subir de velocidades no se desembraga para no perder tiempo y mantener revoluciones del motor, que se traduce en mejores tiempos de carrera.

²¹ Seminario técnico de EXEDY, 2009 2 ACTUATION VERSION FLASH PLAYER

1.3.2. Varillaje de la caja de cambios

El varillaje de la caja de cambios es fundamental para poder seleccionar las marchas, adelante y reversa; de igual manera las velocidades de 1era a 5ta.

El desplazamiento de la palanca de cambios que se encuentra en la cabina del vehículo permite deslizamientos de izquierda a derecha, en diagonal y de arriba para abajo. No necesita un movimiento secuencial.

El movimiento de la palanca es interpretado por el eje/palanca, que transforma el movimiento en un semicírculo, y otro movimiento en forma vertical de abajo para arriba o viceversa.

Este movimiento del eje/palanca o eje de mando acciona el varillaje o también llamadas las barras desplazables que actúan solidarias con las horquillas. Y las horquillas mueven a los sincronizadores y al piñón recto de reversa.

Las barras desplazables cuentan con unas guías en las cuales se alojan unas bolas. Estas bolas tienen su respectivo muelle o resorte que les tiene presionadas para actuar de seguro, con esto la velocidad seleccionada se va a mantener en todo momento, hasta que el conductor desee cambiar de velocidad.

Por lo tanto este seguro de bolas y muelle permite que no salte la marcha debido a las vibraciones del terreno o cascabeleos del motor. Si llegase a saltar la marcha todo el sistema se movería, para pasar a estar en el punto muerto. La palanca de cambios estaría en neutro.

1.3.2.1 Mecanismos que intervienen en la conexión de cada marcha y velocidad

Tenemos el eje selector que está sujeto con la carcasa de cambio con una tapa en un extremo y un tornillo de seguridad en el otro extremo. Cuando se selecciona una velocidad, el eje de selección mueve el patín de cambio y este a la horquilla.

Tenemos las horquillas de 1ª/2ª y 3ª/4ª velocidad con cojinetes de bolas y la horquilla de 5ª que cuenta con un cojinete de deslizamiento. Las horquillas están acopladas a las gargantas de los manguitos de empuje los cuales mueven a los sincronizadores de 1ª/2ª, 3ª/4ª y 5ª.

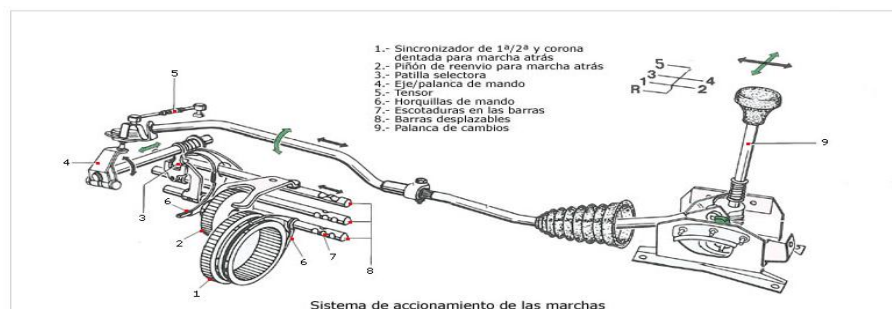


Figura 1.17: Sistema de varillaje de la caja de cambios²²

²² <http://www.taringa.net/posts/autos-motos/1147118/Cajas-de-cambio.html>

1.3.3. Sincronizadores de la caja de cambios

Los sincronizadores son muy importantes en las cajas de cambios manuales ya que son los que permiten seleccionar las distintas velocidades que tiene la caja de cambios. Por lo que para seleccionar una velocidad es necesario mover la palanca de cambios, el varillaje y horquillas de mando, las cuales moverán al sincronizador que igualara las velocidades de los engranes para poder seleccionar dicha relación de transmisión.

Los sincronizadores son solidarios al eje secundario y su función es de igualar las velocidades del eje secundario con la del piñón a enclavar. Por lo que los sincronizadores tienen un dentado interno que engrana con el piñón loco y de esta manera se obtiene la velocidad necesaria.

Con el sistema de sincronizado y punto muerto o neutro de la caja de cambios permite que las velocidades puedan darse en cualquier orden debido a que se puede mover la palanca de una velocidad a otra, no es necesario que sea secuencial el movimiento tanto para subir o bajar de velocidad.

Pero esto ocasionaría altas pérdidas de rpm del motor y el vehículo no tendría el par motor para seguir avanzando normalmente, el ejemplo sería, si se pasa de

primera a cuarta; en cambio si se pasa de quinta a segunda, sucede lo contrario o a veces debido a las altas velocidades, el sincronizador no permite que entre la velocidad requerida porque no logra igualar la velocidad, pero si entra la velocidad tendríamos una excesiva subida de rpm del motor, y si es un vehículo con inyección electrónica la ECM cortaría la inyección para proteger al motor.

El sincronizador se desenclava de cualquier relación de transmisión para que posteriormente con el varillaje y la horquilla de mando desplacen a la corona del sincronizado correspondiente para que se sincronicen las velocidades del piñón loco y el eje, gracias al dentado interno del sincronizador. Y obtener la relación de transmisión requerida.



Figura 1.18: Despiece parcial de un sincronizador²³

Siempre es necesario que las velocidades del eje sean igual que las del piñón loco ya que si no son iguales al enclavar el sincronizador causara golpes en el

²³ <http://www.mecanicavirtual.org/caja-cambios1.htm>

dentado que provocan roturas en el engranaje y fuertes chasquidos en la caja de cambios.

El eje secundario gira arrastrado por las ruedas cuando la palanca de la caja de cambios esta en punto muerto; mientras que el piñón loco es arrastrado por el motor a través del eje primario, para poder sincronizar es necesario desembragar para que el eje primario no sea arrastrado por el motor; y con el giro de inercia que lleva pueda sincronizar con el eje secundario. Para posteriormente embragar progresivamente para llevar el par motor a las ruedas, con la relación de transmisión seleccionada.

1.3.4. Caja de transferencia o reductora / Transfer

Esta caja de transferencia la encontramos principalmente en los vehículos de todoterreno, ya que permiten una tracción total opcional, con esto obtenemos tracción en todas las ruedas; lo que permitirá circular mejor al vehículo en superficies irregulares; permitiendo que *“si las ruedas de uno de los ejes pierde tracción, se puede trasladar la fuerza impulsora al otro eje de forma manual mediante una palanca.”*²⁴

²⁴ <http://www.mecanicavirtual.org/transmisiones-4x4.htm>

Los vehículos con propulsión del eje trasero, utilizan esta caja de transferencia ya que con una conexión manual generan la tracción para el eje delantero, permitiéndolo tener tracción en los dos ejes, convirtiéndolo en un 4x4.

El transfer está acoplado a la caja de cambios con una salida para la doble transmisión a los dos ejes, y es accionada por una palanca adicional a la de cambios que permite transmitir movimiento al eje trasero o a los dos ejes.

La caja reductora como su nombre lo indica es para desmultiplicar el régimen de giro del motor, generalmente de 2 y 3 a 1, generando de esta manera un mayor par motor, que permite una mejor tracción para avanzar lentamente por terrenos accidentados, poder subir o bajar pendientes pronunciadas, cruzar ríos o pasar por superficies que tengan coeficientes de fricción bajos como el lodo, piedras, gravilla, nieve, etc.

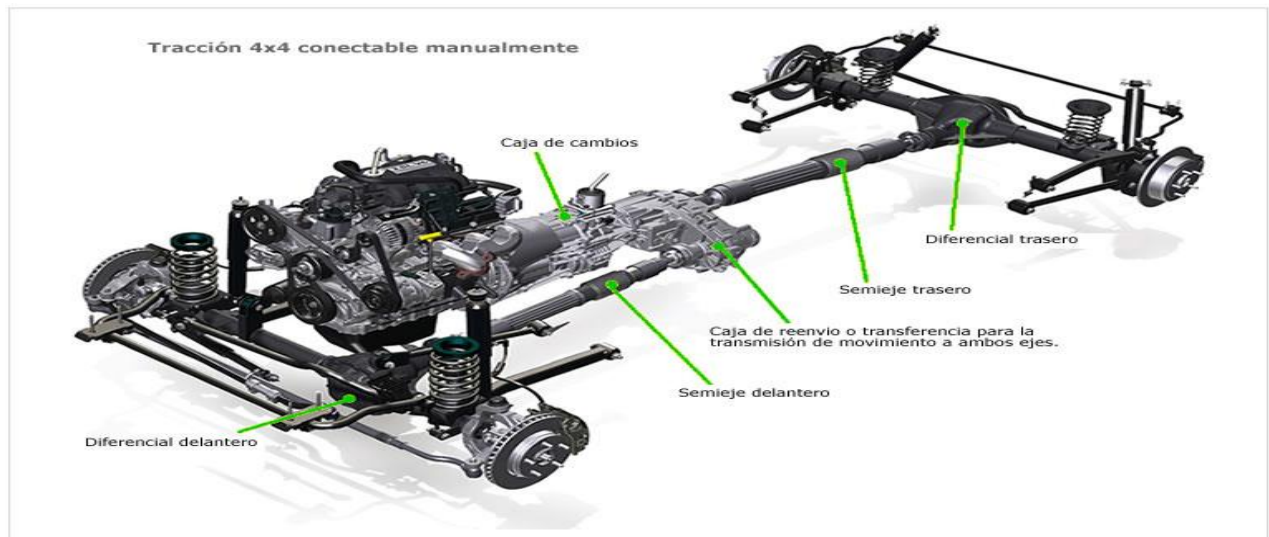


Figura 1.19: Esquema de la tracción total 4x4 conectable manualmente²⁵

En la caja de transferencia la transmisión puede darse a través de piñones o cadena.

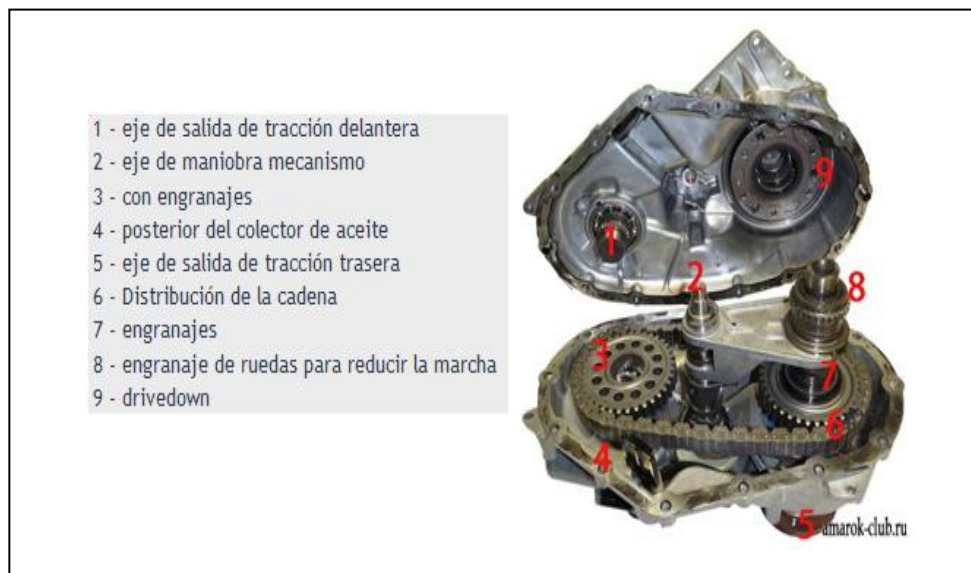


Figura 1.20: Partes de una caja de transferencia por cadena²⁶

²⁵ <http://www.mecanicavirtual.org/transmisiones-4x4.htm>

²⁶ <http://amarokers.com.ar/foro/viewtopic.php?f=36&t=80&start=0>

1.3.4.1 Funcionamiento de la Caja de Transferencia o Reductora:

Para el funcionamiento de la caja de transferencia, se adoptan las posiciones siguientes:

Posición 2H: En esta posición, la relación de transmisión de cada velocidad de la caja de cambios entra a la caja de transferencia y sale hacia el eje trasero por el cardan sin alterar la relación de la caja de cambios; hasta llegar al diferencial donde se desmultiplica la relación de la caja de cambios.

Esta posición es conocida como conducción normal, 4x2, el par motor solo va al eje trasero; el vehículo es propulsado.

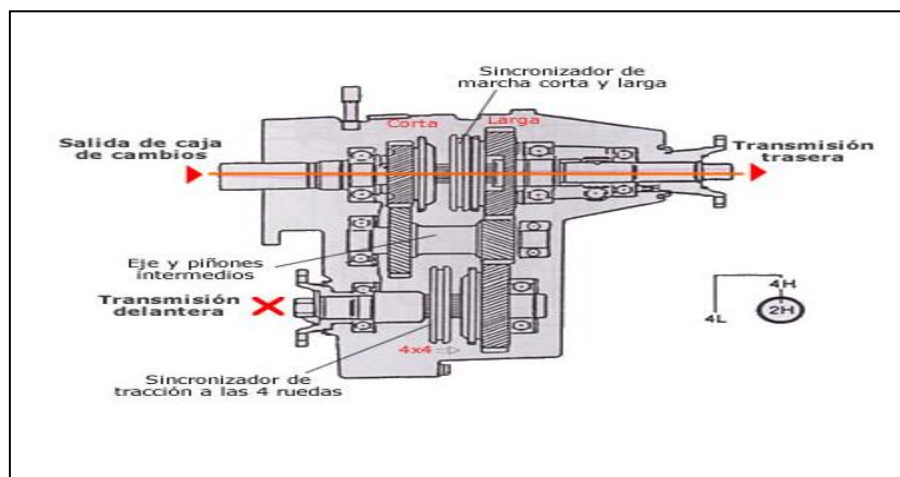


Figura 1.21: Posición 2h, funcionamiento de la caja de transferencia²⁷

²⁷ <http://www.mecanicavirtual.org/transmisiones-4x4.htm>

Posición 4H: Al pasar la palanca del transfer a 4H, el sincronizado de la caja de transferencia conecta el piñón (4x4), en esta posición se transmitirá el movimiento al eje delantero, al igual que el posterior, transmisión 4x4. En la caja reductora la posición 4H conserva la relación de la caja de cambios, por lo que es una marcha normal (larga) o directa.

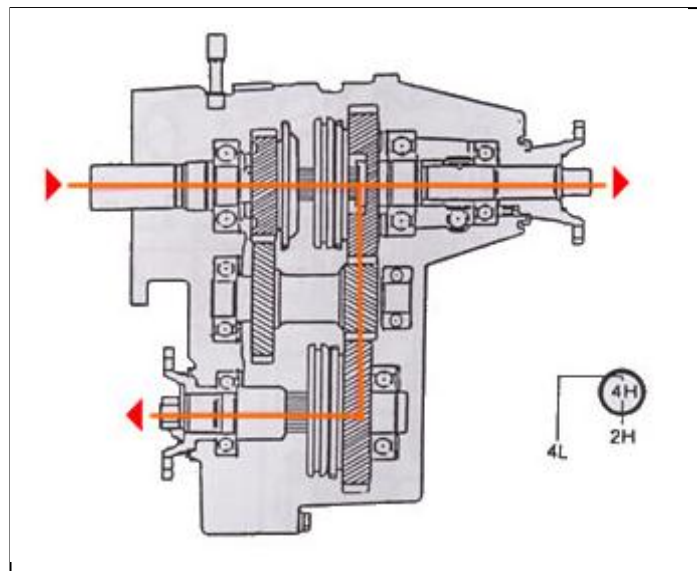


Figura 1.22: Posición 4h, funcionamiento de la caja de transferencia²⁸

Posición 4L: Al poner la palanca en posición 4L, el sincronizador de la caja de reducción sigue transfiriendo el movimiento a los dos ejes, con la diferencia que el eje intermedio va a crear una desmultiplicación de la caja de cambios, por lo que las revoluciones van a hacer menores, creando una marcha corta, la cual va a generar un aumento en el par motor, esto permitirá que el vehículo pueda atravesar escenarios difíciles.

²⁸ <http://www.mecanicavirtual.org/transmisiones-4x4.htm>

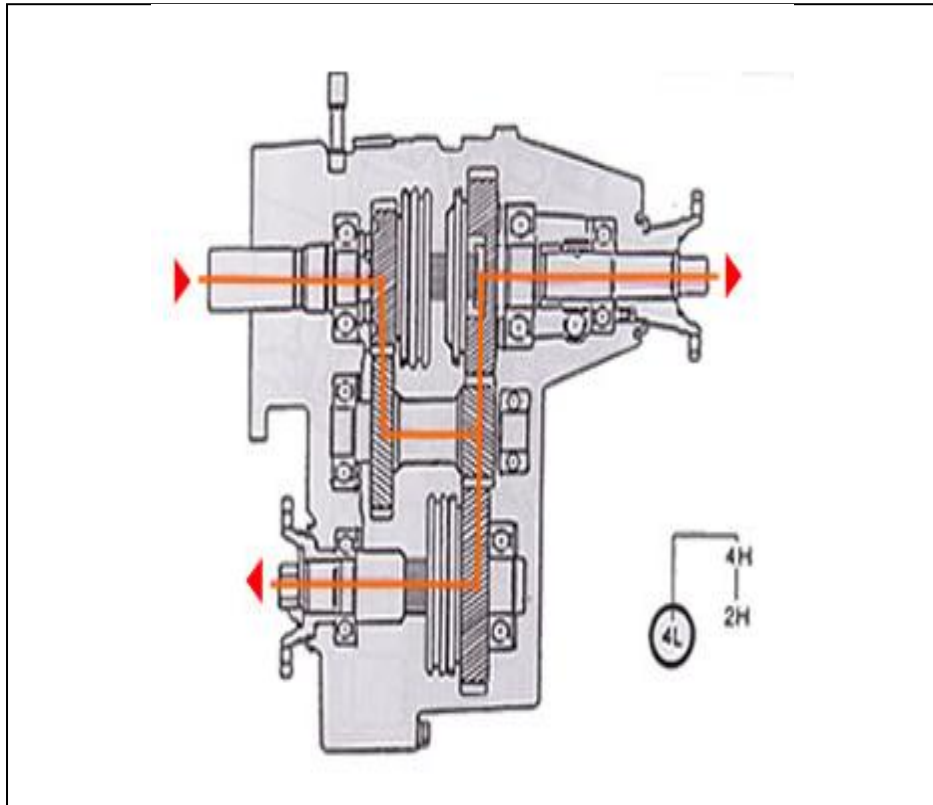


Figura 1.23: Posición 4h, funcionamiento de la caja de transferencia²⁹

1.3.5. Árbol de transmisión o Cardan

El árbol de transmisión es el encargado de transmitir el par motor proveniente de la caja de cambios hasta el diferencial, este componente va a variar según la disposición del motor y si las ruedas motrices son de tracción, propulsión o tracción total 4x4, también llamada integral. El cardan debido a que conecta la caja de cambios con el diferencial está sometido a grandes esfuerzos de torsión, ya que transmite el par motor por lo que está diseñado para aguantar esta fuerza y transmitirle hasta las ruedas.

²⁹ <http://www.mecanicavirtual.org/transmisiones-4x4.htm>

En los vehículos 4x2, 4x4 o Integrales, el motor está localizado en la parte frontal seguido de la caja de cambios, estos dos componentes van fijos al bastidor; el árbol de transmisión, el diferencial, los palieres y las ruedas van acoplados al sistema de suspensión del vehículo.

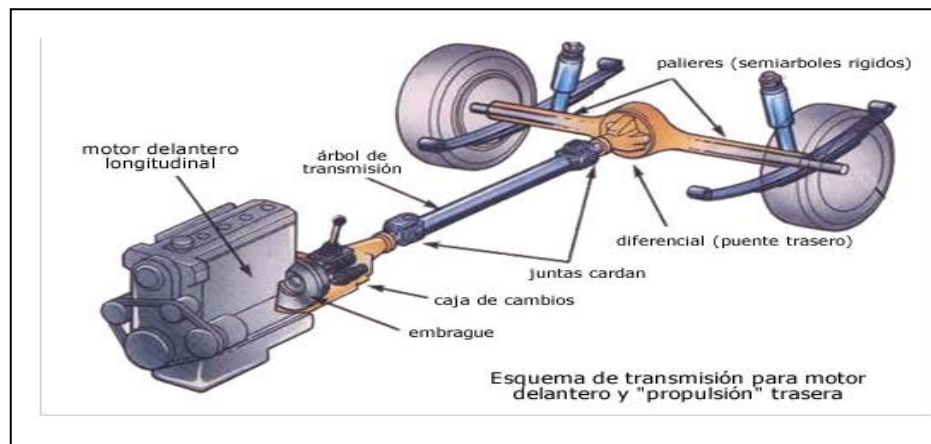


Figura 1.24: Esquema de transmisión para motor delantero y propulsión trasera.³⁰

Debido a que el tren posterior está conectado con el sistema de suspensión, el eje posterior está sometido a continuos movimientos de vaivén producto de las irregularidades del camino.

Por esta razón la caja de cambios con el conjunto del tren posterior no puede tener un enlace rígido ya que el tren posterior debe adaptarse a las deformaciones; por esto el árbol de transmisión lleva las juntas cardan que permiten los desplazamientos, que varían de 15 ° a 25°.

³⁰ <http://www.mecanicavirtual.org/transmisiones.htm>

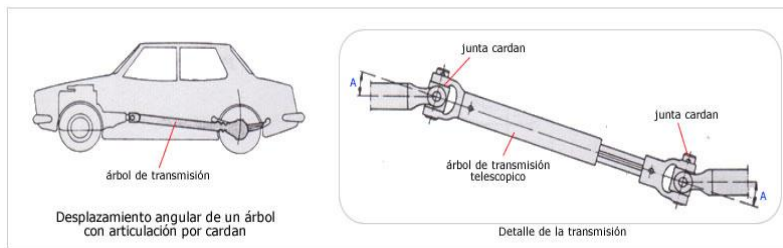


Figura 1.25: Esquema arbol de transmion y juntas cardan³¹

1.3.5.1Junta Cardan o Unión Universal

Las juntas carda se encuentran a los dos extremos del arbol de transmicion,conectado asi la caja de cambios y el diferencial.

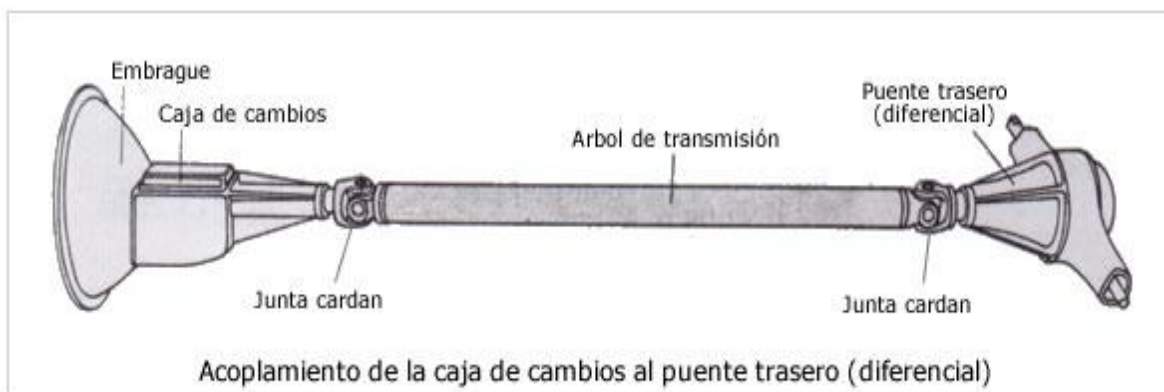


Figura 1.26: Juntas cardan o unión universal³²

Por lo que la funcion de *“La unión universal responde a cambios en el ángulo de conexión del árbol de propulsión para que la potencia pueda ser transmitida fácilmente.”*³³

³¹ <http://www.mecanicavirtual.org/transmisiones.htm>

³² <http://www.mecanicavirtual.org/transmisiones.htm>

³³ <http://www.automotriz.net/tecnica/conocimientos-basicos-34.html>

Aunque el tren posterior tenga oscilaciones debido a las irregularidades del terreno y el motor y la caja de cambios estén fijos al bastidor, gracias a las juntas cardan el par motor puede ser transmitido hasta llegar a las ruedas. Este elemento también es conocido como cruceta.

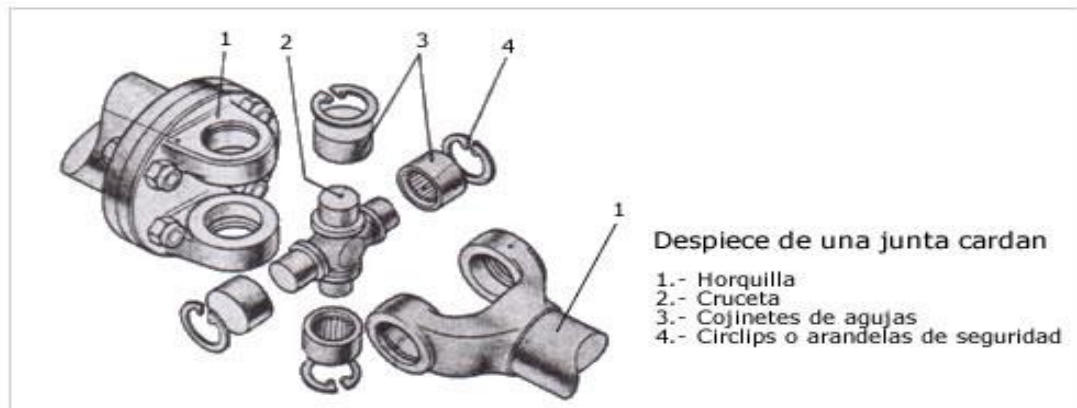


Figura 1.27: Despiece y partes de una junta cardan³⁴

1.3.6. Diferencial

El diferencial es el componente encargado de administrar correctamente la fuerza motriz proveniente del motor – transmisión, para que las ruedas derechas e izquierdas puedan girar a diferentes revoluciones dependiendo el ángulo de curva, ya que las ruedas que marchan en la parte externa, hacen un recorrido mayor a las de la parte interna, por esta razón, la tracción en una curva no puede ser igual.

En los vehículos con la caja en la parte delantera y que son de tracción trasera, el diferencial va ubicado en el puente o eje trasero y recibe el movimiento de la caja

³⁴ <http://www.mecanicavirtual.org/transmisiones.htm>

por medio del árbol de transmisión o “cardán” y lo trasmite a las ruedas por medio de dos ejes independientes también llamados “semiejes”.

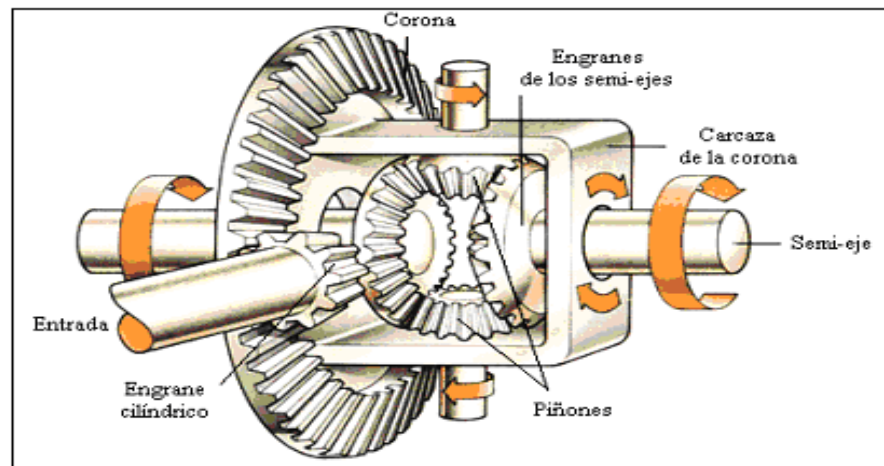


Figura 1.28: Sistema de diferencial (corona - piñón)

1.3.7. Diferencial Autoblocante

El diferencial autoblocante tiene como objetivo impedir la pérdida de tracción de uno de los neumáticos debido a superficies deslizantes o si se levanta en el aire una rueda, producto de un bache o una curva a alta velocidad.

El diferencial actúa como una balanza, la rueda que pierde adherencia absorbe todo el par motor del vehículo produciendo que esta patine mientras que el otro neumático del mismo eje permanezca inmóvil, produciendo pérdida de tracción.

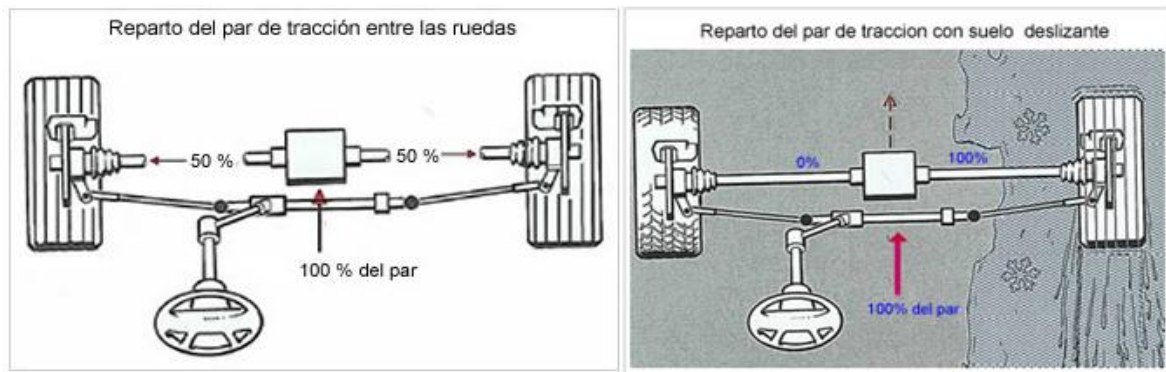


Figura 1.29: Reparto del par de tracción en las ruedas³⁵

El sistema de diferencial autoblocante es utilizado para vehículos de carreras principalmente por que al entrar a una curva no haya que frenar demasiado, por lo que le libera carga a los frenos; mantiene su tracción en la curva ya que mantiene un régimen de giro constante del motor lo que permite salir al vehículo de la curva con mayor fuerza.

Existen varios tipos de sistemas diferenciales autoblocantes, que permiten un deslizamiento limitado, este sistema es mecánico, uno puede ir controlando los porcentajes de bloqueo entre 25% hasta 70%, deslizamiento controlado, funciona mediante embragues multidisco; y los diferenciales Torsen que utilizan un juego de piñonera de engranes rectos, helicoidales y sinfín. Su característica principal es que permite dar mayor par motor a la rueda que menos gira en una curva; es muy utilizados con controles de tracción electrónicos, y permite transferir el

³⁵ <http://www.mecanicavirtual.org/diferencial-autoblocante.htm>

máximo par motor hasta las ruedas sin que estas patinen, por lo que permite una aceleración rápida y progresiva.

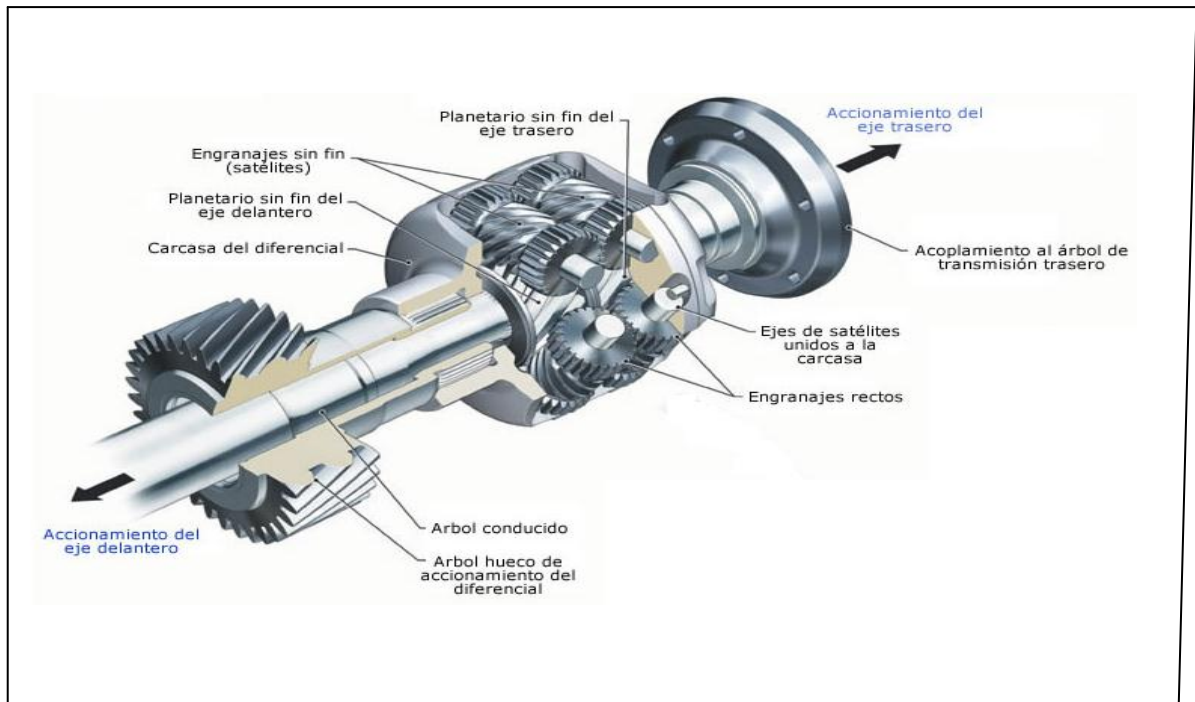


Figura 1.30: Diferencial Torsen, Audi A4 Quattro³⁶

Hay que tener en cuenta que nunca se logra un bloqueo del 100% solo se puede alcanzar de un 90% a un 95% del bloqueo del diferencial debido a las pérdidas por rozamiento, entre otras.

1.3.8. Semiejes

Los semiejes son aquellos que transmiten el movimiento rotativo que reciben del diferencial hacia las respectivas ruedas derecha e izquierda. Estos semiejes

³⁶ http://www.coches.net/noticias/audi/traccion_quattro/tipos_de_diferencial

pueden ser rígidos si el vehículo trae el conjunto del puente trasero flotante, o articulados si se trata de una suspensión independiente.

Está constituido por un acero forjado que se acopla al planetario del diferencial por el un extremo y por el otro al cubo de las ruedas.

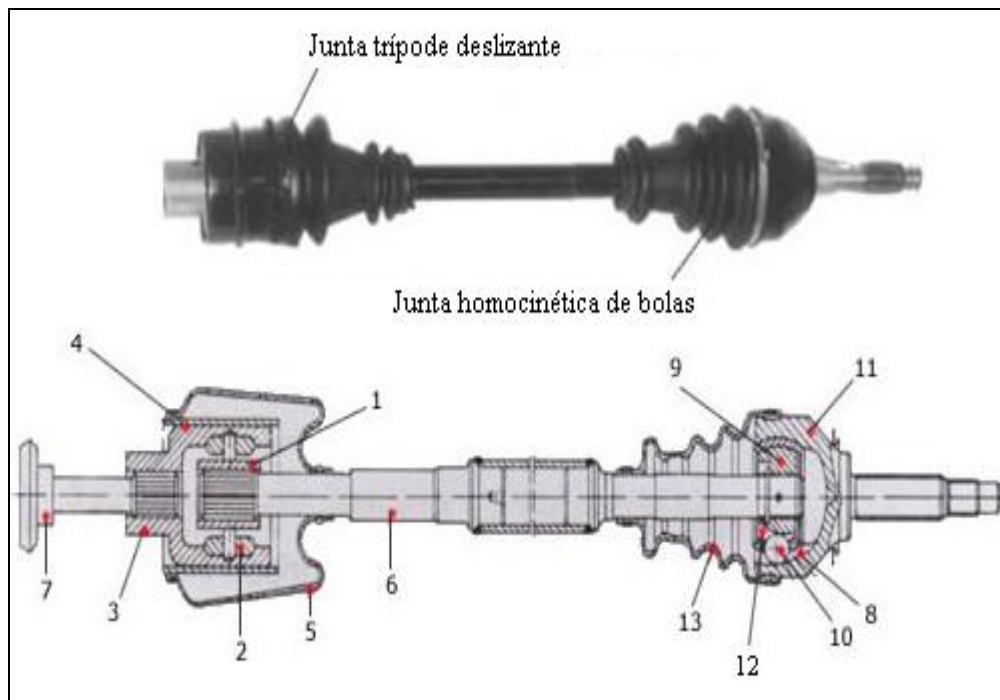


Figura 1.31: Semieje (junta trípode - junta homocinética)

1.3.8.1 Partes del semieje

- 1 Trípode
- 2 Rodillos
- 3 Manguito
- 4 Casquillo
- 5 Guardapolvos

- 6 Semi-árbol conducido
- 7 Planetario del diferencial
- 8 Jaula de bolas
- 9 Rodamiento
- 10 Bolas
- 11 Rodamiento
- 12 Guía de caja
- 13 Guardapolvos

1.3.9. Crucetas tricetas y homocinetas

Los empalmes universales son solamente dos elementos que se encuentran en los extremos de los árboles de transmisión, así mismo cada empalme admite que ambos giren cada vuelta juntos y con la misma velocidad, no importa el ángulo o las formas una con la otra.

El travesaño universal, actualmente son substituidos hoy por los empalmes universales en situaciones resueltas, tenía la misma función, no obstante los ángulos de sus empalmes eran muy limitados, que causaron incomodas vibraciones. Básicamente los empalmes universales tienen el mismo concepto de nuestro sistema, se componen por una extremidad del árbol, también llamada de campana, que está conectado al cubo de la rueda.

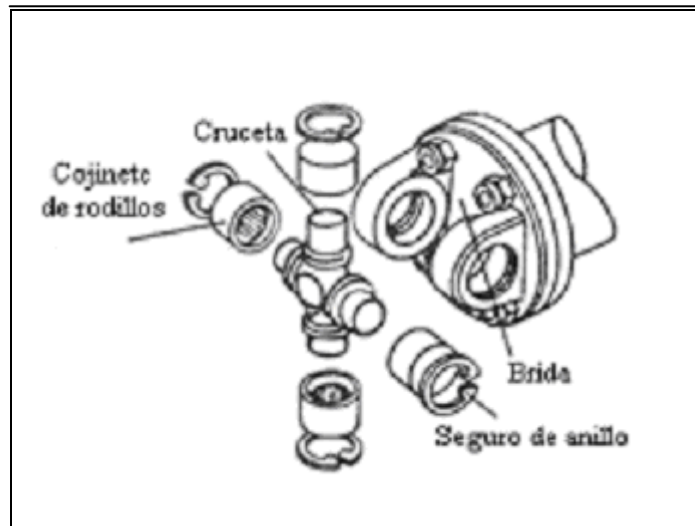


Figura 1.32: Despiece de cruceta

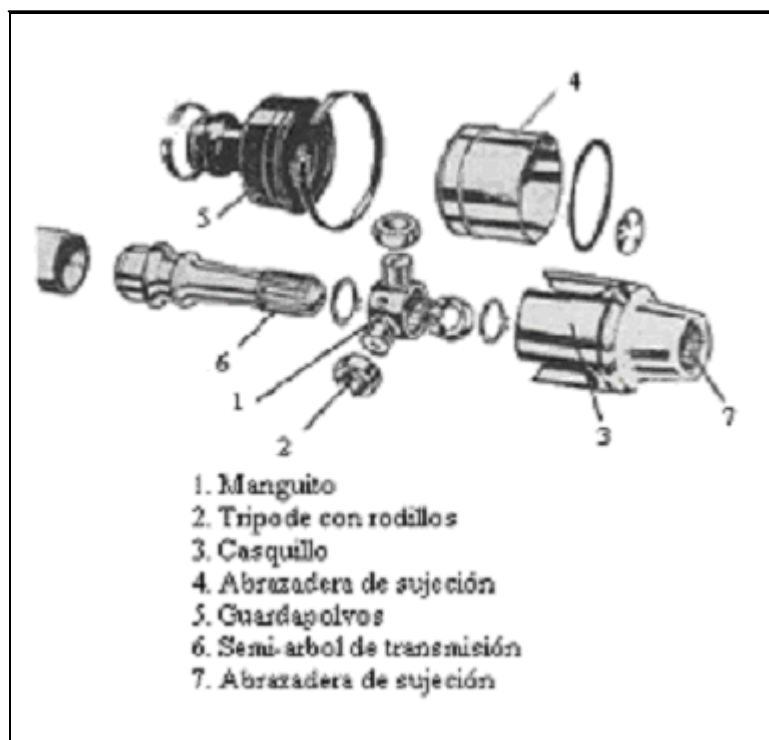


Figura 1.33: Despiece de triceta

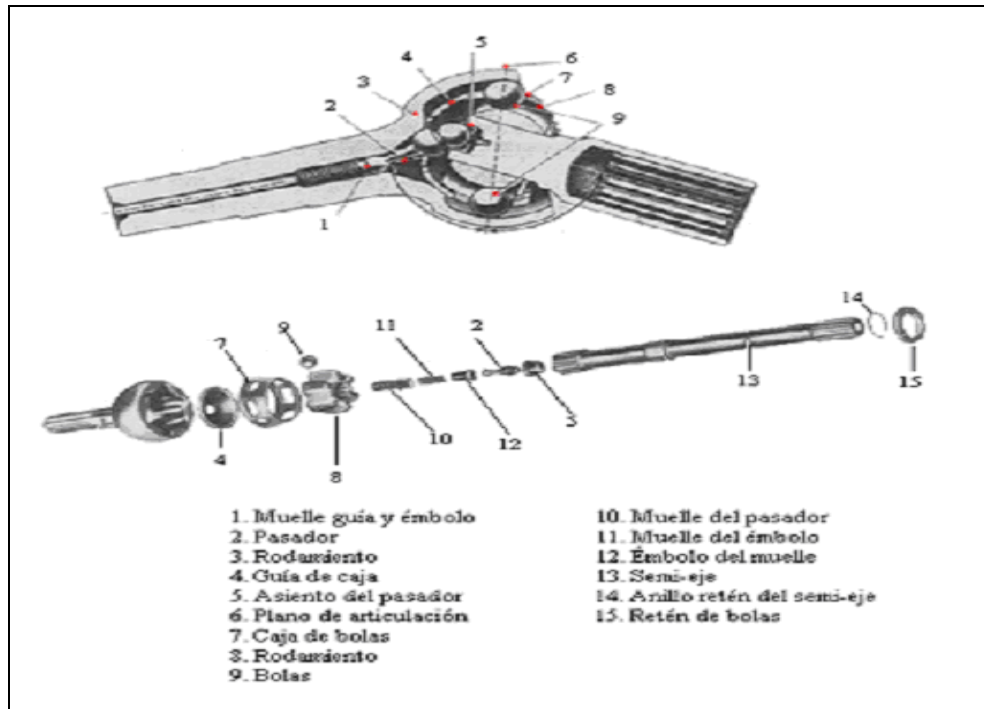


Figura 1.34: Despiece de junta homocinética

1.3.10. Funcionamiento mecánico de la caja de cambios de 5 velocidades.

El funcionamiento mecánico de una caja de cambios debe ser analizado en cada una de sus velocidades, para comprender como es transmitido el giro del motor a través del volante de inercia, el embrague y llegar a la caja de cambios; en la caja de velocidades encontramos dos ejes en nuestro caso; el eje primario que es por donde llega el giro del motor, aquí se encuentran alojados los engranes que pasaran el movimiento a los engranes del eje secundario, con cada engrane del eje primario mas el secundario obtenemos una diferente relación de transmisión en nuestro caso 5 diferentes relaciones de transmisión.

1.3.10.1 *Transmisión de fuerzas*

La transmisión de la fuerza la encontramos en el embrague, ya que es el encargado de acoplar o desacoplar el torque del motor que va hacia la transmisión para poder realizar los diferentes cambios de velocidades y de marchas; y mediante el control del pedal que controla todo el mecanismo del embrague podemos hacer que estos cambios sean más suaves para un mejor confort; debido a esto el embrague está sometido a grandes fuerzas de rozamiento y altas temperaturas. Por lo que este debe ser sobredimensionado para que no exista un deterioro prematuro del mismo y su vida útil sea mayor.

1.3.10.2 *Transmisión de giro en primera velocidad*

La transmisión de giro en primera velocidad es la que va a tener una mayor relación ya que esta es la que generara mayor torque para poder salir del reposo y ganar velocidad para las siguientes velocidades.

Por lo que para accionar la primera velocidad es necesario que el sincronizador de 1era/2da se deslice hasta engranar con el piñón de giro libre de la 1era velocidad del eje secundario, esto generara que el giro proveniente del motor sea transmitido desde el eje primario al secundario obteniendo así la primera relación de transmisión; la misma que será transmitida hacia el diferencial que desmultiplicara nuevamente la velocidad de giro del motor y llevara el movimiento a los semi-ejes y finalmente a las ruedas.

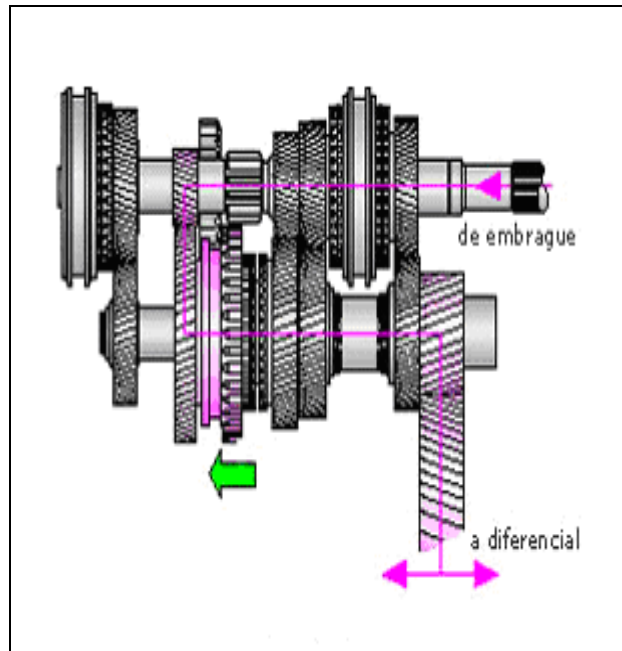


Figura 1.35: Transmisión de giro primera velocidad³⁷

1.3.10.3 Transmisión de giro en segunda velocidad

En la segunda velocidad, la desmultiplicación va a ser menor que la primera velocidad por lo cual la velocidad final va a ser mayor y el par motor va a disminuir.

En segunda velocidad el sincronizador de 1era/2da se desliza para engranarse con el piñón de giro libre de segunda velocidad del eje secundario. Así tendremos que el eje primario conduce al secundario con una diferente relación de transmisión que en primera.

³⁷ <http://www.mecanicavirtual.org/caja-cambios4.htm>

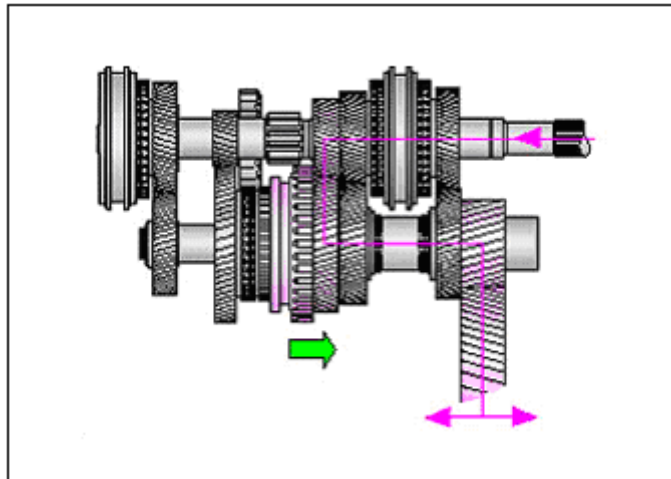


Figura 1.36: Transmisión de giro segunda velocidad³⁸

1.3.10.4 Transmisión de giro en tercera velocidad

La desmultiplicación cada vez es menor, comparada con el régimen de giro del motor, por lo que la velocidad final aumenta considerablemente y el torque disminuye un poco más. Cabe recalcar que las variaciones dependen mucho de las relaciones que se hayan utilizado para cada velocidad y la aplicación del vehículo.

En tercera velocidad se desliza el sincronizador de 3era/4ta hasta que engrane con el piñón de giro libre de su correspondiente velocidad del eje secundario o también llamado conducido. Y así el primario llevara el giro al secundario, con una nueva relación de transmisión.

³⁸ <http://www.mecanicavirtual.org/caja-cambios4.htm>

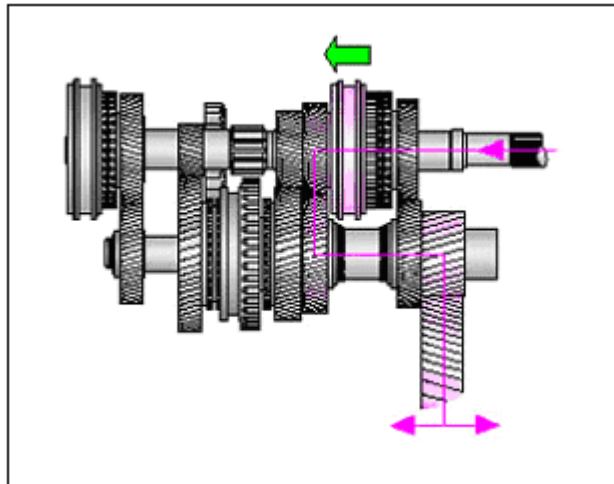


Figura 1.37: Transmisión de giro tercera velocidad³⁹

1.3.10.5 Transmisión de giro en cuarta velocidad

La cuarta velocidad o también llamada directa, es debido a que casi son iguales las revoluciones del motor con las revoluciones de la cuarta velocidad. La relación en esta velocidad es casi igual o menor a 1. Haciendo que la potencia del motor sea alta permitiendo una velocidad final mayor y el torque descienda progresivamente.

En la cuarta velocidad el sincronizador de 3era/4ta se desliza hasta engranar con el también llamado engranaje loco de la cuarta velocidad del eje conducido o secundario, haciéndose solidario el conjunto de cuarta velocidad.

³⁹ <http://www.mecanicavirtual.org/caja-cambios4.htm>

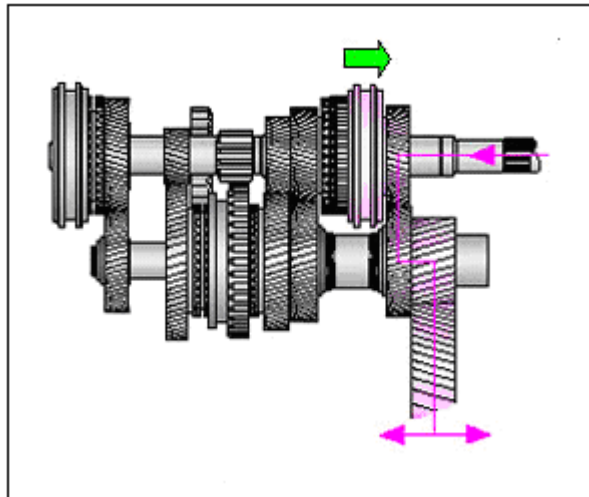


Figura 1.38: Transmisión de giro cuarta velocidad⁴⁰

1.3.10.6 Transmisión de giro en quinta velocidad

La quinta velocidad es de multiplicación ya que es menor a uno por lo que las revoluciones de esta velocidad van a ser mayores, pero mínimamente; en comparación con las del motor. Es aquí donde la potencia máxima de esta transmisión de cinco velocidades es alcanzada, por lo que es el determinante de la velocidad final que tendrá el vehículo cuando el motor se encuentre en su máximo rango de revoluciones. Mientras que el torque va a decaer constantemente, un factor que debido a la potencia del motor y la inercia que lleva el vehículo no afecta sustancialmente al desplazamiento del mismo.

El sincronizador de 5ta se desliza para engranar con el engranaje loco correspondiente asiéndose solidario a la quinta velocidad del eje secundario.

⁴⁰ <http://www.mecanicavirtual.org/caja-cambios4.htm>

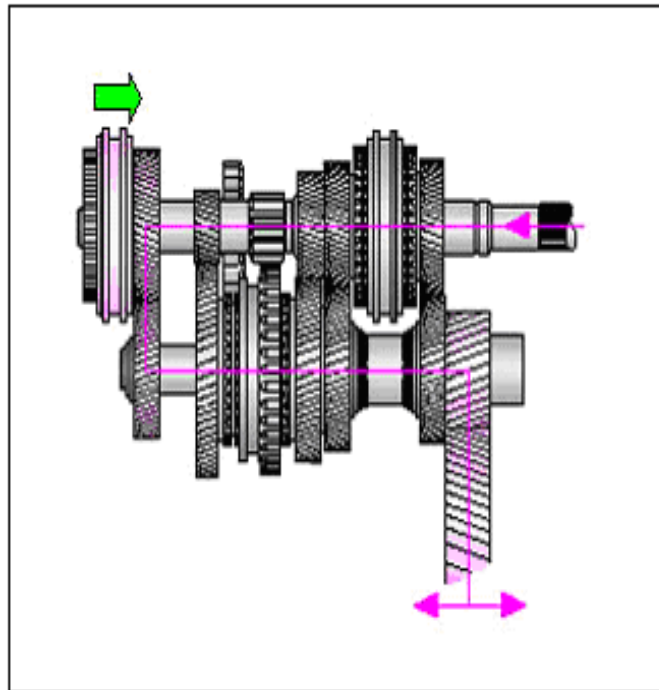


Figura 1.39: Transmisión de giro quinta velocidad⁴¹

1.3.10.7 Transmisión de giro en marcha atrás.

Para que podamos transmitir el giro en marcha atrás es necesario que el vehículo se encuentre en reposo, ya que no tiene sincronizador. Su desmultiplicación es alta ya que tiene que salir del reposo por lo que el par motor debe ser alto. Tiene piñones rectos a diferencia de los engranajes de 1era a 5ta que son helicoidales, los mismos que son menos ruidosos y sirven para las altas velocidades.

Para marcha atrás se desplaza el piñón de retro para engranar con dos piñones, el uno va unido al eje primario y el otro es formado por el sincronizador de

⁴¹ <http://www.mecanicavirtual.org/caja-cambios4.htm>

1era/2da cuya corona externa tiene labrados unos dientes rectos. Por lo que el piñón de retro actúa como un inversor de giro.

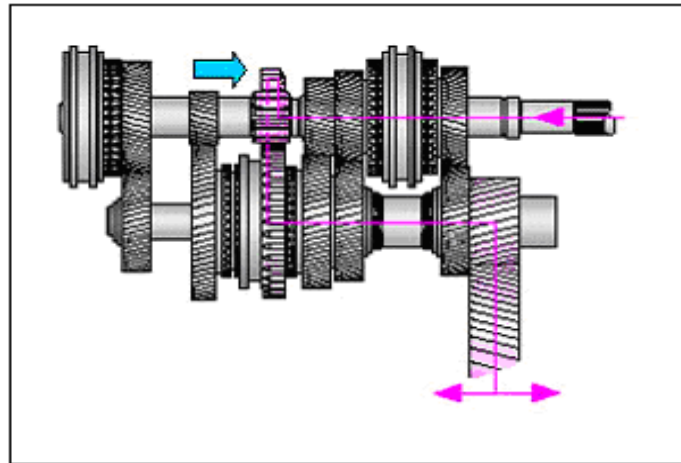


Figura 1.40: Transmisión de giro marcha atrás⁴²

1.4 PARTES DE LA CAJA DE CAMBIOS

1.4.1. Despiece interno de una caja de cambios de 5 velocidades y dos ejes

- 1 Deflector
- 2 Rodamiento de eje secundario
- 3 Eje secundario
- 4 Piñón de giro libre de 1ra velocidad
- 5 Anillo sincronizador de 1ra
- 6 Muelles del sincronizador

⁴² <http://www.mecanicavirtual.org/caja-cambios4.htm>

- 7 Sincronizador 1ra 2da
- 8 Anillo sincronizador de 1ra
- 9 Separadores
- 10 Piñón de giro libre de 2da
- 11 Arandelas
- 12 Piñón de giro libre de 3ra
- 13 Anillo sincronizador
- 14 Sincronizador 3ra 4ta
- 15 Anillo sincronizador de 4ta
- 16 Piñón de giro libre de 4ta
- 17 Arandelas de regulación
- 18 Piñón de giro libre de 5ta
- 19 Eje primario
- 20 Separadores
- 21 Piñón de giro libre de 5ta
- 22 Anillo sincronizador de 5ta
- 23 Sincronizador de 5ta
- 24 Mecanismo de marcha atrás
- 25 Anillo
- 26 Rodillos
- 27 Muelles de rodillos
- 28 Piñón de retro

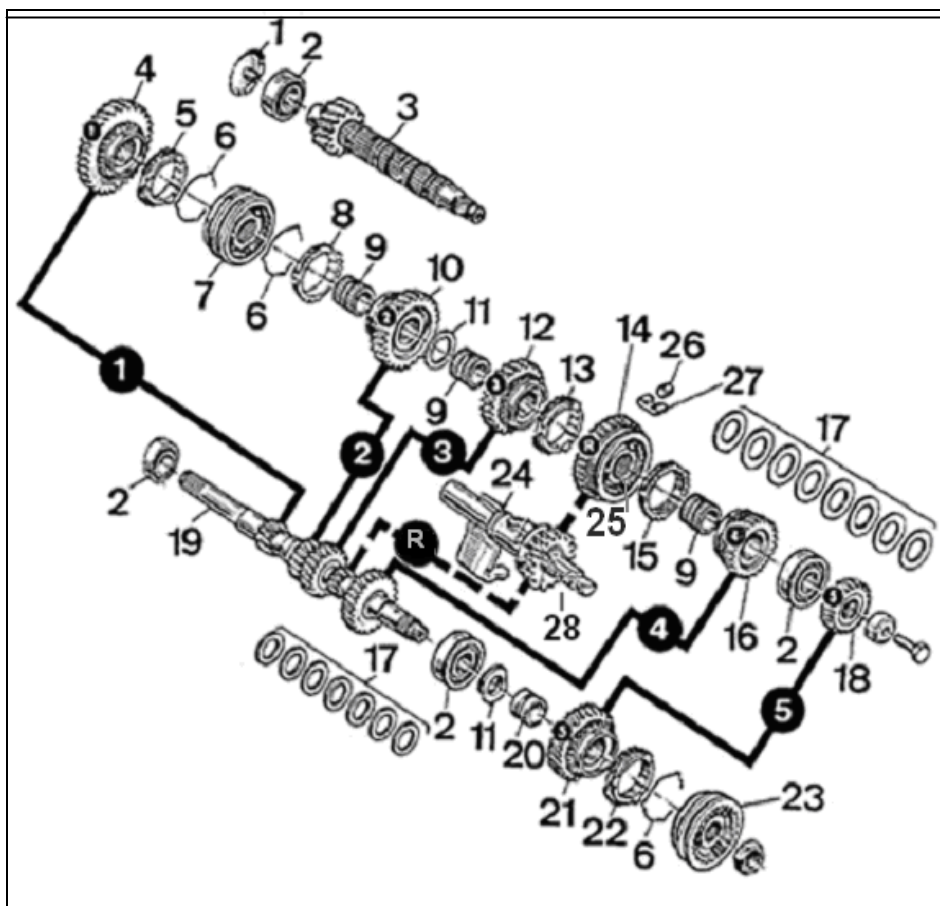


Figura 1.41: Despiece interno de caja de cambios de 5 velocidades

1.4.2. Sistema de mando de las marchas de una caja de cambio de 5 velocidades y 2 ejes.

- 1 Pomo
- 2 Palanca
- 3 Caja
- 4 Varilla
- 5 Horquilla de regulación
- 6 Fuelles
- 7 Abrazadera

- 8 Eje de selección
- 9 Eje-palanca de mando
- 10 Seguro de 5ta
- 11 Mecanismo marcha atrás
- 12 Eje-horquilla de 1ra 2da
- 13 Eje-horquilla de 3ra 4ta
- 14 Eje-horquilla de 5ta

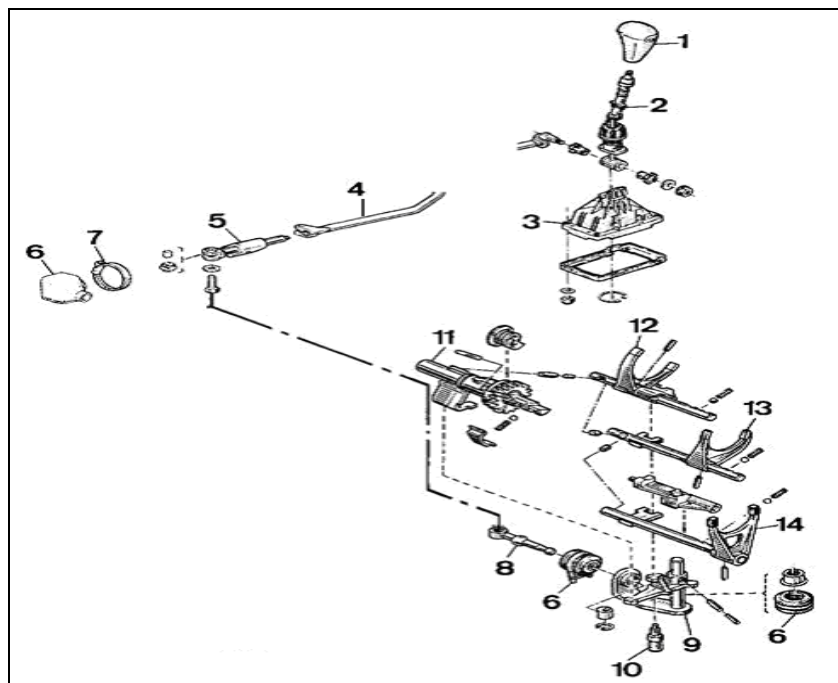


Figura 1.42: Despiece de varillaje de caja de cambios manual

1.4.3. Carcasa y depósito de aceite en la caja de cambios de 5 velocidades y dos ejes.

- 1 Cáster trasero
- 2 Carcasa media

- 3 Tapón de orificio de llenado y nivel de aceite
- 4 Brocal
- 5 Tapón de vaciado
- 6 Carcasa delantera
- 7 Guía cojinete de empuje
- 8 Tapa protectora

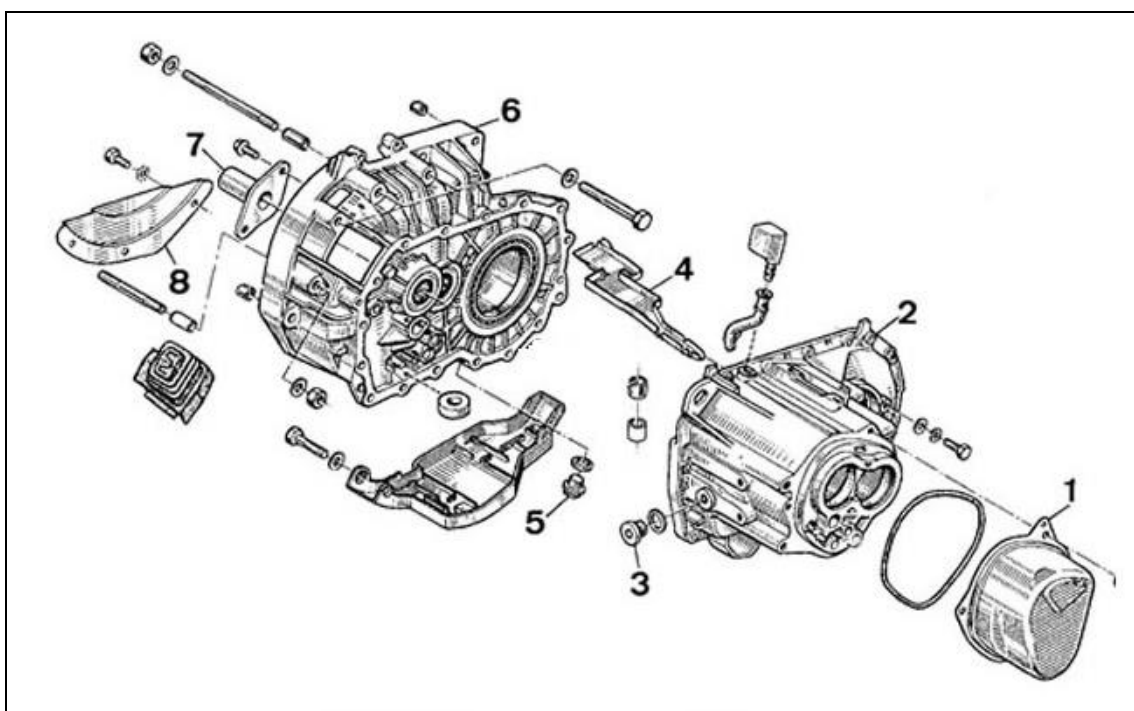


Figura 1.43: Despiece de carcasa de caja de cambios

CAPITULO 2

ENGRANAJES

El engranaje es un mecanismo de rueda o cilindro dentado empleado para transmitir un movimiento giratorio o alternativo desde una parte de un sistema a otro. Un conjunto de dos o más engranajes que transmite el movimiento de un eje a otro se lo denomina tren de engranajes. Los engranajes se utilizan sobre todo para transmitir movimiento giratorio, pero usando engranajes apropiados y piezas dentadas.⁴³

En la caja de cambios del vehículo chevrolet corsa 1600, encontramos engranes cilíndricos de dientes rectos y helicoidales, y un piñón cónico de dientes helicoidales para el diferencial.

Cuando dos piñones se acoplan, o sus dientes encajan entre sí, se da entre ellos una relación de engranaje que tiene mucha importancia en lo referente a la velocidad de giro y a la fuerza resultante en la salida de sus ejes. Los engranajes están formados por dos ruedas dentadas, de las cuales a la mayor se le denomina corona y a la menor piñón.

Si el piñón motor es más grande que el impulsado este girará más rápido, pero entregará menos fuerza. Si los piñones son iguales, la velocidad y la fuerza de salida y de entrada son iguales en el motor y en el engranaje impulsado. Si el

⁴³ ROBERT L. MOTT, Diseño de Elementos de Maquinas, 2da edición, Pág. 394

piñón motor es más pequeño, el impulsado girará a menor velocidad pero podrá entregar más fuerza.

En general la relación de transmisión se da cuando una combinación de engranajes y un motor de corriente continua, el cual en su versión más simple es de velocidad constante, aumentan la velocidad de salida, por lo tanto el torque es menor que el original, y al contrario, si se frena la velocidad de salida, aumenta el torque. Se puede rodar rápido pero con poca fuerza para empujar objetos o avanzar lento pero podemos empujar objetos más pesados, o tal vez subir un plano inclinado o simplemente desplazarnos por una superficie rugosa.



Figura 2.1: Engranajes

2.1 ELEMENTOS DE UN ENGRANAJE

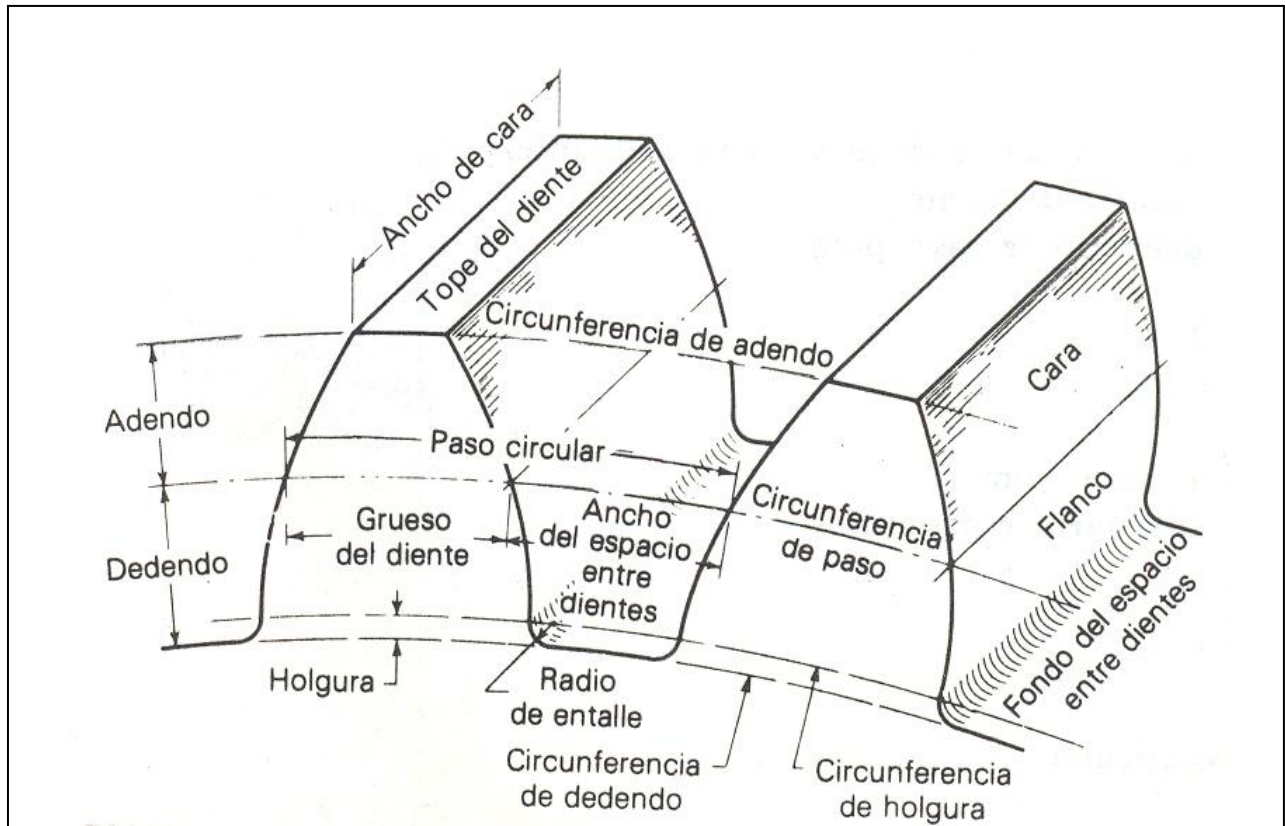


Figura 2.2: Elementos de un engranaje⁴⁴

- **Espesor del diente:** es el grosor del diente en la zona de contacto, es decir, del diámetro primitivo.
- **Número de dientes:** comúnmente se simboliza con la letra (z) y representa el número de dientes que posee un engranaje, y es muy importante para la realización de los respectivos cálculos para la relación de transmisión.

⁴⁴ <http://www.ritmodominicano.com/wiki.php?title=Engranaje>

- **Diámetro exterior:** es el diámetro de la circunferencia que limita la parte exterior del engranaje.
- **Diámetro interior:** es el diámetro de la circunferencia que limita el pie del diente.
- **Pie del diente:** conocido también con el nombre de dedendum y es la parte del diente que se encuentra entre la circunferencia interior y la circunferencia primitiva.
- **Cabeza del diente:** se conoce también con el nombre de addendum y es la parte del diente que se encuentra entre el diámetro exterior y el diámetro primitivo.
- **Flanco:** es la cara interior del diente, es su zona de rozamiento.
- **Angulo de presión:** el que forma la línea de acción con la tangente a la circunferencia de paso.
- **Altura del diente:** es la suma de la altura de la cabeza más la altura del pie.
- **Largo del diente:** es la longitud que tiene el diente del engranaje.
- **Distancia entre centro de dos engranajes:** es la distancia que hay entre los centros de las circunferencias de los engranajes.

- **Relación de transmisión:** es la relación de giro que existe entre el piñón conductor y la rueda conducida. La relación de transmisión puede ser reductora de velocidad o multiplicadora de velocidad.

2.2 CARACTERISTICAS DE UN ENGRANAJE

- **Diente de un engranaje:** son los encargados de realizar el esfuerzo de empuje y transmiten la potencia desde los ejes conductores (motrices) a los ejes conducidos. El diseño del diente va de acuerdo a la aplicación y cada línea es simétrica al eje que pasa por el centro del mismo.
- **Módulo:** el módulo de un engranaje es una característica de magnitud que se define como la relación entre la medida del diámetro primitivo expresado en milímetros y el número de dientes. El valor del módulo también se fija mediante el cálculo de resistencia de materiales en virtud de la potencia a transmitir y en función de la relación de transmisión que se establezca. El tamaño de los dientes está normalizado pero lo que si es necesario es que dos engranajes que engranen tienen que tener el mismo módulo.
- **Circunferencia primitiva:** es la circunferencia a lo largo de la cual engranan los dientes. Con relación a la circunferencia primitiva se determinan todas las características que definen los diferentes elementos de los dientes de los engranajes.

• **Paso circular:** es la longitud de la circunferencia primitiva correspondiente a un diente y un vano consecutivos, es decir la distancia medida sobre la circunferencia de paso entre determinado punto de un diente y el correspondiente de uno inmediato. Se puede expresar matemáticamente como la suma del grueso del diente y el ancho del espacio ente dos consecutivos.⁴⁵

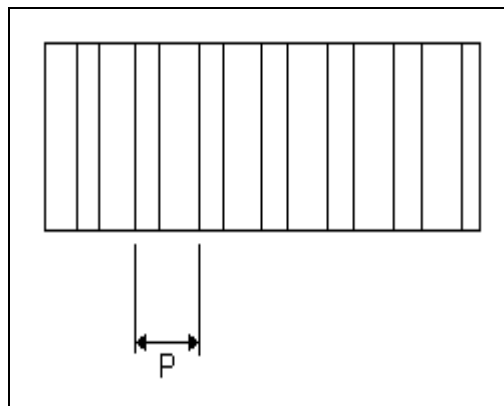


Figura 2.3: Paso circular

En los engranes helicoidales se descomponen dos tipos de pasos diferentes, y estos son:

P_n = paso circular normal

P_t = paso circular transversal

Están relacionados con la siguiente ecuación:

$$P_n = P_t * \cos(\psi)$$

⁴⁵ ROBERT L. MOTT, Diseño de Elementos de Maquinas, 2da edición, Pág. 386, 387

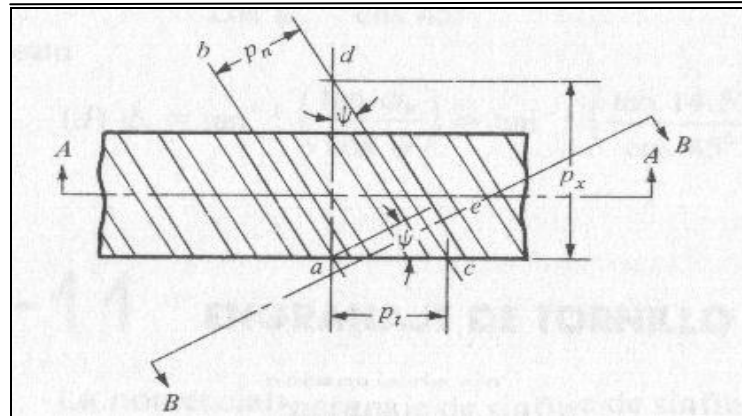


Figura 2.4: Paso circular normal, transversal

Si el ángulo de hélice (ψ) es igual a cero ($\psi = 0$), tenemos que el paso circular normal es igual al paso circular transversal ($P_n = P_t$), y con esto se convierte en un engranaje circular de dientes rectos.

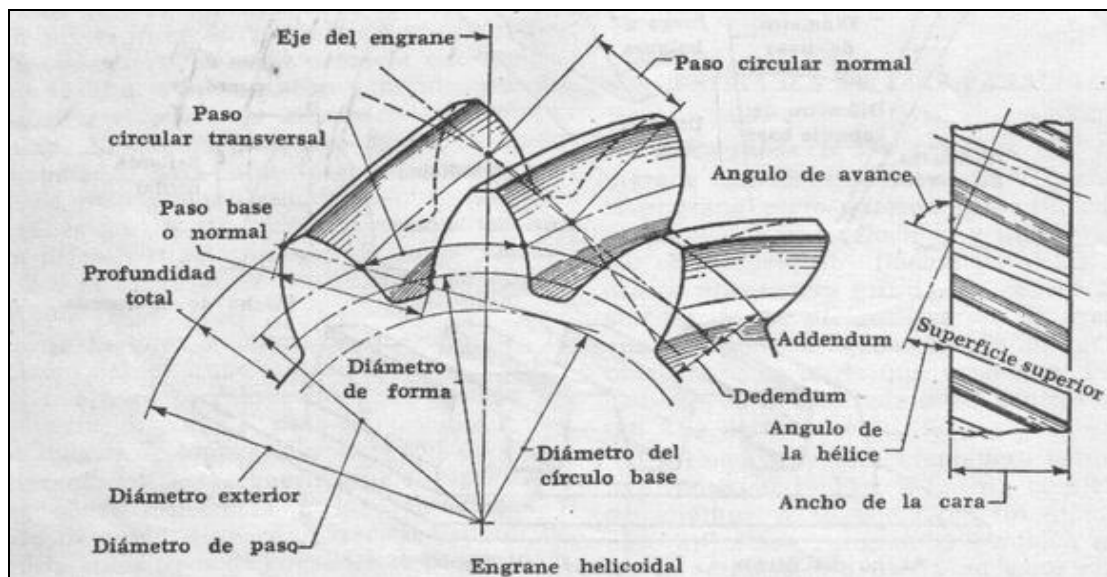


Figura 2.5: Diseño de un piñón⁴⁶

⁴⁶ ROBERT L. MOTT, Diseño de Elementos de Maquinas, 2da edición, Pág. 381

2.3 TIPOS DE ENGRANAJES

Existen algunos tipos de engranes, que transmiten movimiento a través de ejes paralelos o perpendicularmente, estos engranes también pueden tener diferentes tipos de dientes, dependiendo su uso rectos o helicoidales.

Los piñones también pueden ser de acción directa, los dientes de dos o más ruedas engranan para transmitir movimiento; o indirecta, se transmite el movimiento mediante poleas o cadena.

Los engranes también pueden generar presión a través del movimiento, como en el caso de la bomba de aceite de los motores Otto de cuatro tiempo.

Por lo tanto tenemos los siguientes tipos de engranes:

2.3.1. Ejes paralelos

2.3.1.1 Engranes Cilíndricos

Este tipo de engranes cilíndricos son fabricados a partir de un disco cilíndrico, que por un proceso de fresado, se quita el metal que no es necesario y se forman los dientes, que pueden ser rectos o helicoidales. Los engranes cilíndricos actúan paralelamente entre sus ejes cuando son de acción directa.

Y los engranes cilíndricos rectos de acción indirecta a través de poleas o cadenas.

2.3.1.2 Engranés Cilíndricos de Dientes Rectos

Este tipo de engranes es el más fácil de fabricar por lo que son también los más baratos; es utilizado para velocidades bajas y medianas. Este tipo de engranes genera un sonido que aumenta al aumentar su velocidad de angular, debido al juego que tienen los dientes ya que la transmisión del giro se da por medio de las caras de los dientes que empujan al otro diente sin resbalar.

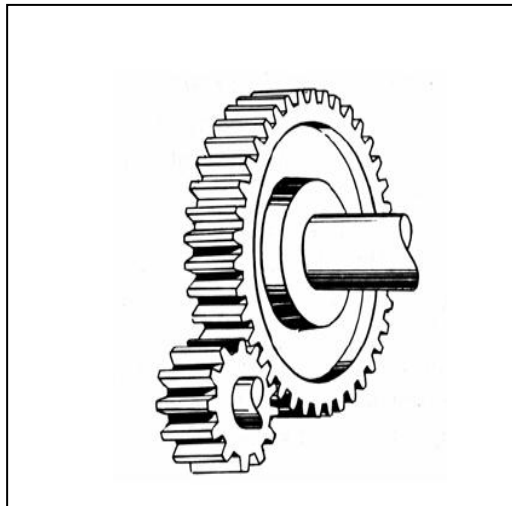


Figura 2.6: Engranés Cilíndricos de Dientes Rectos⁴⁷

2.3.1.2.1 Fórmulas Constructivas de los Engranajes Cilíndricos de Dientes Rectos

Diámetro primitivo D_p

$$D_p = Z \cdot M$$

Módulo M

$$M = \frac{D_p}{Z}$$

⁴⁷ <http://www1.ceit.es/asignaturas/TeorMaq1/Apuntes/Cap5.pdf>

Paso circular P_c

$$P_c = \pi \cdot M$$

Número de dientes Z

$$Z = \frac{D_p}{M}$$

Diámetro exterior D_e

$$D_e = D_p + 2 \cdot M$$

Espesor del diente E

$$E = \frac{P_c}{2}$$

Cabeza del diente:

$$M$$

Diámetro interior D_i

$$D_i = D_p - 2,50 \cdot M$$

Pie del diente:

$$1,25 \cdot M$$

Altura del diente:

$$(2,25 \cdot M)$$

Distancia entre centros:

$$\frac{(D_p + d_p)}{2}$$

Ecuación general de transmisión:

$$N \cdot Z = n \cdot z$$

2.3.1.2.2 La Ley Fundamental de Transmisiones

Esta ley fundamental de transmisiones, dice que la forma de involuta del diente que engrana correctamente, forma una línea de acción recta, la cual pasa por el punto de paso de los engranes.

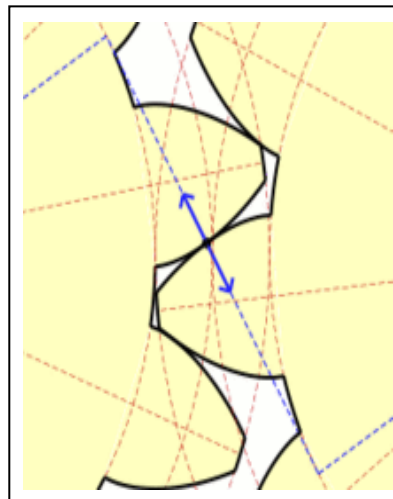


Figura 2.7: Línea de Acción Recta⁴⁸

También dice que “la relación de velocidad angular entre dos engranajes de un juego de engranes debe permanecer constante a través del engrane”.⁴⁹

Por lo que existirá una transmisión de poder suave sin variaciones de velocidad o torque entre los pares de dientes, tanto de los entran como de los que salen del engrane.

⁴⁸ http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Involute_wheel.gif

⁴⁹ Norton, R.L., 2006, *Machine Design: An Integrated Approach*, 3rd Ed, Pearson/Prentice-Hall, ISBN 0131481908

2.3.1.2.3 El Ángulo de Presión

Es el ángulo entre la línea de acción y la normal a la línea que une los centros del engranaje. El ángulo de presión del engrane es una función de la forma del diente de involuta y pares de engranajes deben tener el mismo ángulo de presión para que los dientes puedan engranar.

El ángulo de presión puede ser fabricado con un Angulo de 20° , $14\frac{1}{2}^\circ$ y 25° . “Cuando es aumentado el ángulo de presión, se aumenta la anchura de la base del diente, permitiendo soportar una mayor fuerza y capacidad de carga. La disminución del ángulo de presión proporciona una menor reacción, un funcionamiento más suave y menos sensibilidad a errores de fabricación”.⁵⁰

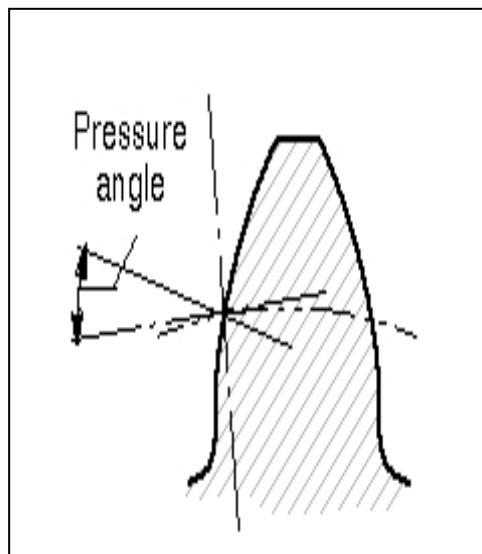


Figura 2.8: Ángulo de Presión⁵¹

⁵⁰ Boston Gear Company, Open Gearing Catalog, <http://bostongear.com/products/open/spur.html>

⁵¹ http://en.wikipedia.org/wiki/File:Pressure_profile.jpg

2.3.1.2.4 Involuta en los Engranajes

Este sistema de engranaje espiral es el sistema más utilizado en la actualidad cuando se realiza piñones cilíndricos de dientes rectos. En un engranaje espiral, los perfiles de los dientes a engranar forman la involuta a partir del círculo base.

La involuta sería la espiral de un círculo; “es la curva espiral trazada por el extremo de una cuerda tensa imaginaria que se aparta de su círculo inmóvil llamado el círculo de base.”⁵²

En el diseño de espiral, el contacto entre un par de dientes de los engranes se produce solo en un punto de los dientes instantáneamente. Por lo que con la rotación de los engranajes cambiara la ubicación de este punto de contacto, que se mueve a través de la superficie de los dientes en contacto. Este camino que traza el punto de contacto se lo llama línea de acción, línea de contacto o presión de línea.

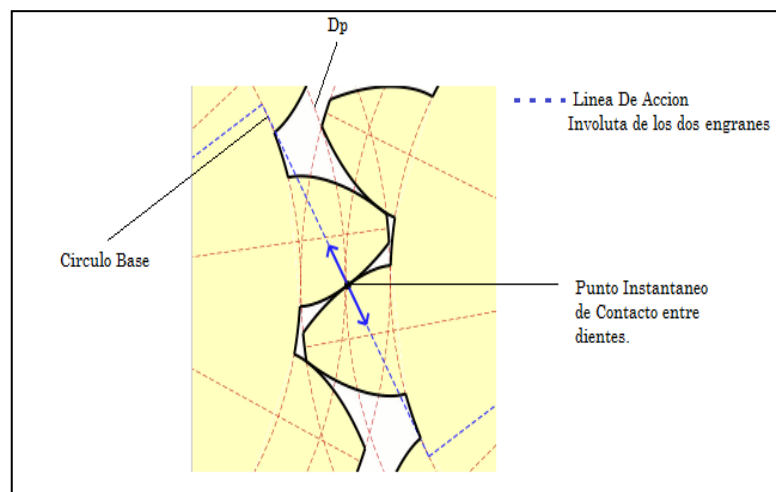


Figura 2.9: Involuta de dos Engranajes y Punto Instantáneo de Contacto⁵³

⁵²Norton, R.L., 2006, *Machine Design: An Integrated Approach*, 3rd Ed, Pearson/Prentice-Hall, ISBN 0131481908

⁵³ http://en.wikipedia.org/wiki/File:Involute_wheel.gif

2.3.1.2.5 Construcción de la Involuta del Círculo Base

“Para el movimiento que se transmite entre un par de engranes, se suponen dos rodillos en contacto, en donde no hay deslizamiento, al diámetro de estos rodillos se les conoce como diámetro primitivo D_p y al círculo que se construye con C_p se le conoce como círculo primitivo. Con un diente de engrane se pretende prolongar la acción de los rodillos, y es por esa razón que el perfil que los describe es una involuta. Para el dibujado de la involuta es necesario definir primero el círculo base.

- 1.- A partir del círculo primitivo C_p , en el cuadrante superior se traza una recta horizontal tangente al círculo obteniéndose el punto A.
- 2.- Luego, pasando por el punto A se traza la recta de línea de contacto de ángulo Ψ (de presión).
- 3.- Seguidamente se construye el círculo base concéntrico al círculo primitivo tangente a la línea de contacto, la cual fue dibujada empleando el ángulo de presión Ψ , obteniéndose así el punto B y el radio base r_b (segmento OB).

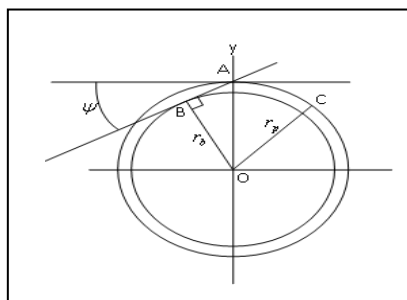


Figura 2.10: Construcción del Círculo Base⁵⁴

Para dibujar la involuta debe trazarse un radio del círculo base a un ángulo θ respecto al eje x, obteniéndose así el punto B, luego dibujamos una recta tangente a círculo base a partir del punto B y de longitud igual al arco AB, en

⁵⁴ <http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:LineaDeContacto.png>

donde A es el punto de intersección del círculo base con el eje x. obtendremos entonces un punto (x, y) que pertenece al lugar geométrico de la involuta del círculo base. Si repetimos el procedimiento anterior tres veces para distintos θ y unimos los puntos (x, y) obtenidos empleando plantillas curvas, apreciaremos un bosquejo similar al mostrado en la siguiente figura.

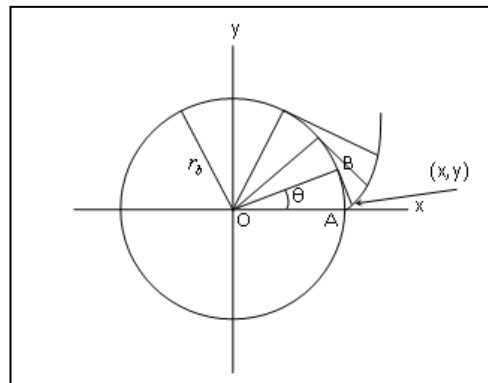


Figura 2.11: Construcción de la Involuta del Círculo Base⁵⁵

Las ecuaciones paramétricas que modelan el lugar geométrico de la involuta del círculo base pueden expresarse como:

$$x = r_b \cdot \cos(\theta) + r_b \cdot \theta \cdot \sin(\theta)$$

$$y = r_b \cdot \sin(\theta) - r_b \cdot \theta \cdot \cos(\theta)$$
⁵⁶

2.3.1.2.6 Características de los Engranés Cilíndricos de Dientes Rectos

Los elementos más utilizados para la producción de los piñones cilíndricos de dientes rectos dependen de su aplicación pero principalmente son:

- “Materiales utilizados: MS, aleación de acero y de acero al carbono.
- Norma Internacional: ASTM, BS, ES, AISI, SAE.”⁵⁷

⁵⁵ <http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Involuta.png>

⁵⁶ ROBERT L. MOTT, Diseño de Elementos de Maquinas, 2da edición, Pág. 467

2.3.1.3 Engranés Cilíndricos de Dientes Helicoidales

Los engranes cilíndricos de dientes helicoidales debido al ángulo de los dientes el maquinado de estos es más complicado, por lo que su costo aumenta. Su dentado es oblicuo con relación al eje de rotación. Con este tipo de dientes la transmisión del giro es igual que el de los dientes rectos. La característica de este tipo de dientes es que se empujan y resbalan entre sí para transmitir el movimiento entre un juego de engranes. Debido a que se empujan y resbalan los dientes una parte de la energía transmitida se pierde debido al roce producto de este roce entre los dientes se produce un mayor desgaste.

Pueden transmitir el giro por ejes paralelos o cruzarse, generalmente a 90°. Pero la ventaja es que sin juego entre los dientes que engranan; la transmisión de giro es precisa y silenciosa. Los engranes helicoidales transmiten más potencia por lo que soportan altas velocidades. Por esto los engranajes cilíndricos de dientes helicoidales son utilizados en las cajas de cambios manuales de los vehículos comerciales.



Figura 2.12: Engranés Cilíndricos de Dientes Helicoidales de Ejes Paralelos⁵⁸

⁵⁷ <http://www.engranajes-havlik.com/rectos>

⁵⁸ http://en.wikipedia.org/wiki/File:Helical_Gears.jpg

“Lo más característico de un engranaje cilíndrico helicoidal es la hélice que forma, siendo considerada la hélice como el avance de una vuelta completa del diámetro primitivo del engranaje. De esta hélice deriva el ángulo β que forma el dentado con el eje axial. Este ángulo tiene que ser igual para las dos ruedas que engranan pero de orientación contraria, o sea: uno a derechas y el otro a izquierda. Su valor se establece a priori de acuerdo con la velocidad que tenga la transmisión, los datos orientativos de este ángulo son los siguientes:

Velocidad lenta: $\beta = (5^\circ - 10^\circ)$

Velocidad normal: $\beta = (15^\circ - 25^\circ)$

Velocidad elevada: $\beta = 30^\circ$ ⁵⁹

2.3.1.3.1 Fórmulas Constructivas de los Engranajes Cilíndricos de Dientes Helicoidales

Diámetro exterior D_e

$$D_e = M_n \cdot \frac{Z}{\cos\beta} + 2 \cdot M_n = D_p + 2 \cdot M_n$$

Diámetro primitivo D_p

$$D_p = M_n \cdot \frac{Z}{\cos\beta} = P_c \cdot \frac{Z}{\pi} = M_c \cdot Z$$

Módulo normal o real M_n

$$M_n = D_p \cdot \frac{\cos\beta}{Z} = \frac{P_n}{\pi} = D_p \cdot \frac{\cos\beta}{Z}$$

⁵⁹ http://es.wikipedia.org/wiki/Engranaje#cite_ref-7

Paso normal o real P_n

$$P_n = \pi \cdot M_n = P_c \cdot \cos\beta$$

Ángulo de la hélice

$$\operatorname{tg}\beta = \pi \cdot \frac{D_p}{H} \cdot \cos\beta = \frac{M_n}{M_a}$$

Paso de la hélice H

$$H = \pi \cdot D_p \cdot \cotg\beta$$

Módulo circular o aparente M_c

$$M_c = \frac{D_p}{Z} = \frac{M_n}{\cos\beta} = \frac{P_c}{\pi}$$

Paso circular aparente P_c

$$P_c = \pi \cdot \frac{D_p}{Z} = M_c \cdot \pi = \frac{P_c}{\cos\beta}$$

Paso axial P_x

$$P_x = \frac{H}{Z} = \frac{P_n}{\operatorname{sen}\beta} = \frac{P_c}{\operatorname{tg}\beta}$$

Número de dientes Z

$$Z = \frac{D_p}{M_c} = D_p \cdot \frac{\cos\beta}{M_n}$$

El addendum, dedendum y la distancia entre centros, son los valores de los engranes rectos.

2.3.1.3.2 Características de los Engranajes Cilíndricos Helicoidales

- “Materiales utilizados: MS, aleación de acero y de acero al carbono

- Normas Internacionales: ASTM, BS, ES, AISI y SAE. Especiales”.⁶⁰

Los engranes helicoidales pueden ser fabricados en todos los grados de acero, hierro, acero de aleacion, laton, bronce y acero inoxidable; todo depende de su aplicación.

2.3.1.4 Engranes Doble Helicoidales

Los engranes doble helicoidales conocidos también como piñones de espina de pescado, son utilizados para superar los problemas del empuje axial; que tienen los engranajes helicoidales simples.

Este problema se soluciona con la forma en V, que tienen los dentados, formando un diente doble helicoidal que funcionan simultáneamente. Con esto ya no se producen fuerzas laterales por lo que también existe un menor desgaste y menos probabilidad de ruptura de los dientes.

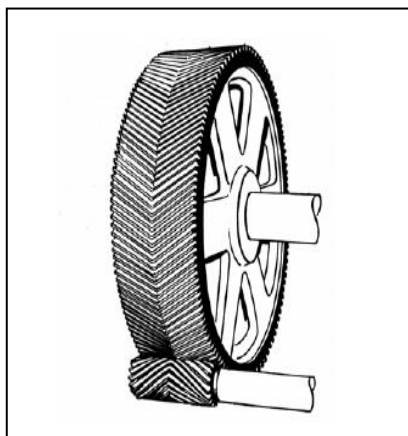


Figura 2.13: Engranes Doble Helicoidales⁶¹

⁶⁰ <http://www.engranajes-havlik.com/productos/engranajes-helicoidales>

⁶¹ <http://www1.ceit.es/asignaturas/TeorMaq1/Apuntes/Cap5.pdf>

Este tipo de engranes helicoidales dobles, se utilizan para soportar altos niveles de torque y transmitirlo eficazmente. Tiene un movimiento suave de rotación a velocidades muy altas y además se alinean sí mismos. Son utilizados en molinos de laminación, cajas de engranajes marinos, plantas de acero y otras industrias.

Características de los Engranajes Cilíndricos Doble Helicoidales

- Materiales utilizados: MS, aleación de acero y de acero al carbono
- Normas Internacionales: ASTM, BS, ES, AISI y SAE.⁶²

2.3.2. Ejes perpendiculares

2.3.2.1 Engranajes Cilíndricos de Dientes Helicoidales de Eje Cruzado

Este tipo de engranes permiten transmitir rotaciones de ejes que pueden ser a cualquier ángulo, pero generalmente es a 90°. Su función es igual a la de un tronillo sin fin. Es utilizado en transmisiones muy ligeras ya que tiene poca capacidad de resistencia.

⁶² <http://www.engranajes-havlik.com/productos/engranajes-helicoidales-dobles>



Figura 2.14: Engranés Cilíndricos de Dientes Helicoidales de Eje Cruzado⁶³

2.3.2.2 Engranés Cónicos

Los engranes cónicos al igual que los cilíndricos son dispositivos mecánicos que se utilizan para la transmisión de giro. A diferencia de los engranes cilíndricos que transmiten el giro por medio de ejes paralelos. Mientras que los engranajes cónicos transmiten el movimiento en ángulo recto, cambiando la dirección del giro en 90°; utilizado en ejes que se cortan o cruzan. Los dientes que tiene los engranes cónicos pueden ser rectos y helicoidales.

Características de los engranes cónicos:

- “Utilización de variados materiales como MS, aleación de acero y de acero al carbono, aceros endurecidos y templados, Hierro fundido, o según lo especificado para engranajes cónicos.
- Nuestros engranajes cónicos se fabrican según las normas internacionales: ASTM, BS, ES, AISI, SAE”.⁶⁴

⁶³ http://en.wikipedia.org/wiki/File:Helical_Gears.jpg

⁶⁴ <http://www.engranajes-havlik.com/conicos>

“Los datos de cálculos de estos engranajes están en prontuarios específicos de mecanizado”.⁶⁵

2.3.2.3 Engranajes Cónicos de Dientes Rectos

Los engranajes cónicos de dientes rectos transmiten el movimiento en ejes que se cortan, generalmente es a 90° , pero el ángulo puede variar, ejemplo: 45° o 60° o 70° etc. Este cambio de ángulo de transmisión se da por las superficies cónicas dentadas que en este caso son de dientes rectos. “Los dientes convergen en el punto de intersección de los ejes”.⁶⁶

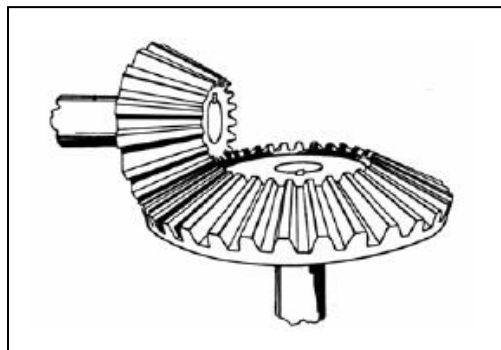


Figura 2.15: Engranajes Cónicos de Dientes Rectos⁶⁷

Este tipo de engrane es muy utilizado para la reducción de velocidad en ejes a 90° . Un ejemplo es en el conjunto diferencial de los vehículos de propulsión. Que llevan un movimiento longitudinal con respecto al vehículo y con los engranes cónicos de su conjunto diferencial reduce la velocidad de giro proveniente de la transmisión y cambia el sentido de giro en 90° para transmitir el giro por los

⁶⁵ Engranajes cónicos. Diseño mecánico I. Universidad Pontificia Católica de Chile. Departamento de Ingeniería Mecánica

⁶⁶ Engranajes cónicos dientes rectos Teoría de engranajes Scamecánica

⁶⁷ <http://www1.ceit.es/asignaturas/TeorMaq1/Apuntes/Cap5.pdf>

palieres o semiejes hasta los neumáticos con un giro transversal con respecto al vehículo.

Este tipo de engrane es muy poco utilizado en la actualidad, además que genera más ruido comparado con los engranes cónicos de dientes helicoidales.

2.3.2.4 Engranes Cónicos de Dientes Helicoidales

El funcionamiento de los engranes cónicos de dientes helicoidales tiene el mismo funcionamiento que los piñones cónicos de dientes rectos. Por lo que se utiliza para reducción de giro. Posee una mayor superficie de contacto y es más silencioso que los engranes cónicos de dientes rectos. Debido al ángulo de los dientes puede transmitir movimiento en ejes que se cortan y cruzan. Para poder construir este tipo de engrane cónico helicoidal es necesario fresadoras especiales para poder realizar el mecanizado.

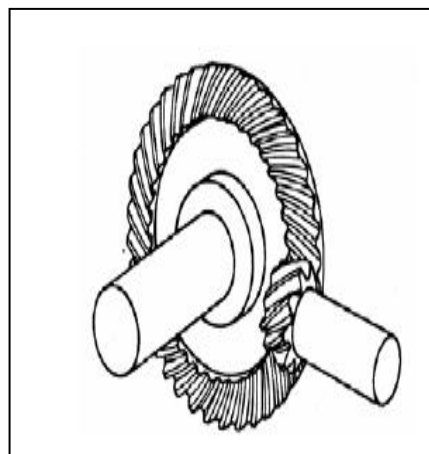


Figura 2.16: Engranes Cónicos de Dientes Helicoidales⁶⁸

⁶⁸ <http://www1.ceit.es/asignaturas/TeorMaq1/Apuntes/Cap5.pdf>

“Los datos constructivos de estos engranajes se encuentran en prontuarios técnicos de mecanizado.”⁶⁹

2.3.2.5 Engranajes Cónicos Hipoides

Los engranajes cónicos hipoides, pertenecen al grupo de los engranajes cónicos helicoidales, y tienen la misma función que los piñones cónicos rectos y helicoidales. Por lo reducen el giro, son silenciosos y están diseñadas para funcionar en ejes de 90°. La característica principal es que al permiten relaciones de transmisión de 60:1 ya que pueden tener pocos dientes en el piñón reductor por esta característica es muy utilizado en los diferenciales de los vehículos de propulsión que tienen carrocerías tipo bajo y brinda mayor estabilidad al vehículo. Debido a la disposición helicoidal de los dientes, existe un mayor contacto, permitiendo una mejor transmisión del par motor. La fabricación de este tipo de engranajes es muy complicada ya que el mecanizado se realiza con maquinas de tallado especial.

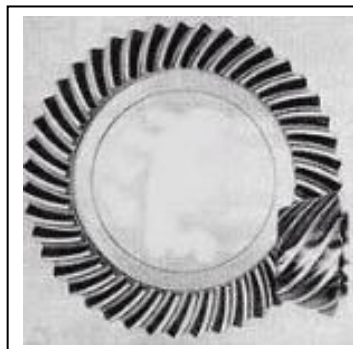


Figura 2.17: Engranajes Cónicos Hipoides⁷⁰

⁶⁹ Engranajes helicoidales. Todoengranajes.com

⁷⁰ <http://www.maestrojuandeavila.es/tecnologia/temas/mec/mec.htm>

2.3.3. Otros tipos de sistemas de engranes

Podemos encontrar otros tipos de sistemas de engranes que tienen la misma función principal que todo engrane que es transmitir movimiento. Con la diferencia que son utilizados para diferentes aplicación y generan otros tipos de movimientos.

2.3.3.1 Engranes No Circulares

Este tipo de engañes no circulares están diseñados para propósitos especiales en los cuales el objetivo no es de transmitir el par eficazmente. Este tipo de engranes es utilizado para generar oscilaciones, variaciones o desplazamientos de los ejes, entre otras dependiendo la aplicación; que común mente es para maquinas textiles, para potenciómetros y transmisión de giro con variación continua.

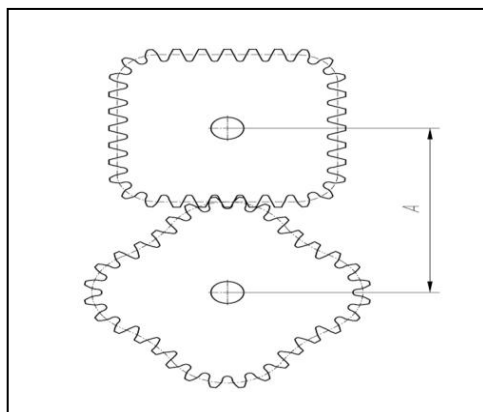


Figura 2.18: Engranes no Circulares⁷¹

⁷¹ http://en.wikipedia.org/wiki/File:Non-circular_gear.PNG

2.3.3.2 Piñón – Cremallera

Este sistema se centra en la conversión del movimiento giratorio en movimiento lineal continuo o viceversa. Este mecanismo de engranes está constituido por un piñón, de dientes rectos con un diámetro menor que con su rotación al entrar en contacto con la cremallera que es una barra con dientes, esta se mueve linealmente.

Este sistema lo podemos encontrar en equipos de alta precisión como tornos que se utiliza para el desplazamiento del carro longitudinal, en los microscopios, en la regulación de altura de los trípodes, entre otros.

Fórmula para determinar la Velocidad Lineal de la cremallera

$$v = \left[\frac{(n * z * p)}{60} \right] = \left[\frac{m}{s} \right]$$

Donde:

n: Velocidad angular

z: Número de dientes de la rueda dentada

p: Paso

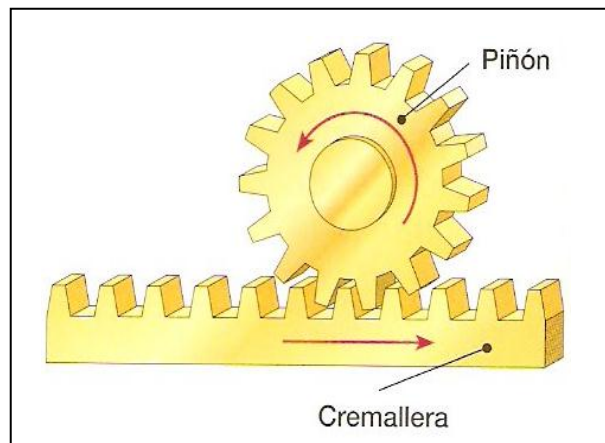


Figura 2.19: Piñón- Cremallera⁷²

2.3.3.3 Tornillo Sin Fin y Corona

El tornillo sin fin y corona es un mecanismo que actúa como reductor de velocidades por lo que permite transmitir grandes fuerzas y aumentar la potencia de transmisión. Usualmente tiene de uno a ocho entradas o espirales y se utilizan en ejes que se cruzan a 90°.

Tiene la característica que solo tienen un sentido de giro, principalmente cuando transmite grandes relaciones de transmisión.

El material de la corona, es de bronce y el del tornillo sin fin, es de acero templado, para reducir el rozamiento. Ya que una parte de la potencia se pierde debido al rozamiento.

Este mecanismo debe ser bien lubricado para que no exista excesivo desgaste por fricción. El mecanizado de las coronas se realiza a través de fresas madre o

⁷² <http://cuestionariodelaelectricidad.blogspot.com/2010/04/cuestionario-sobre-el-mecanismo-pinon.html>

fresas normales, mientras que el del tornillo sin fin por fresas bioconicas o fresas frontales. Existen algunas formas de construir para tener un mejor contacto entre el tornillo sin fin y corona.



Figura 2.20: Tornillo Sin Fin y Corona⁷³

2.3.3.4 Engranaje Epicicloidal o Engranaje Planetario

Un engranaje epicicloidal o también llamado engranaje planetario, funciona mediante un sistema de engranes, que uno o más satélites o engranajes externos giran sobre un engranaje central, llamado planeta o planetario.

Los satélites van montados comúnmente en el porta-satélites, que giran en relación al planeta. Cuando utilizamos engranajes planetarios estos pueden tener una corona, la cual engrana con los satélites. Este sistema de engranajes planetarios es utilizado para la reducción de giro, lo podemos encontrar en las transmisiones de los vehículos.

⁷³ <http://nugue1994.blogspot.com/>

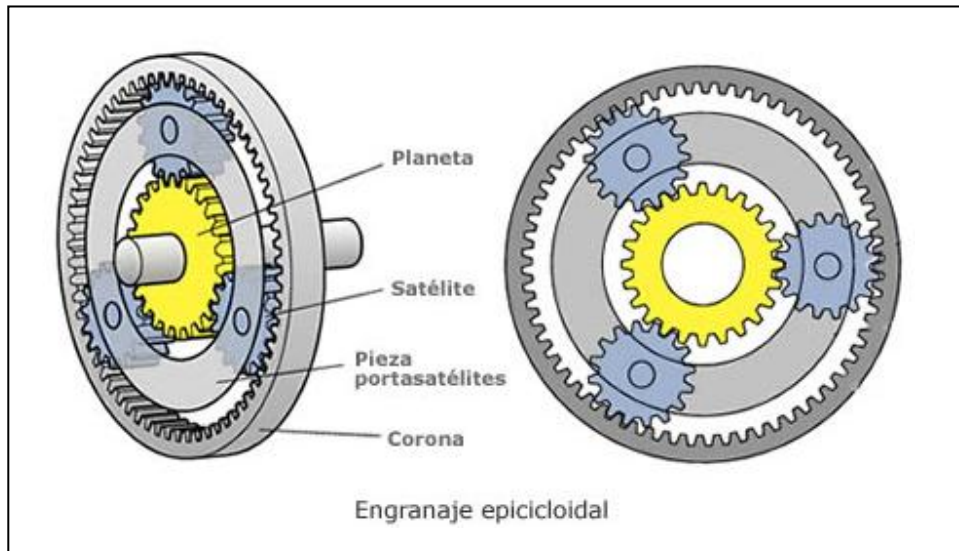


Figura 2.21: Engranajes Epicicloidial o Engranaje Planetario⁷⁴

2.3.3.5 Engranajes de Sol y Planetas

Los engranajes de sol y planetas son muy parecidos al sistema de engranajes epicicloidales. Con la diferencia que estos convierten un movimiento de recíproco a través de una viga, a un movimiento rotativo, a través del sol y planetas.

Por lo tanto el engranaje sol y planeta convierten el movimiento vertical de una viga o vástago, que es impulsado por el motor de vapor, en un movimiento circular.

Este tipo de sistema de engranajes debido a que fueron utilizados en los motores de vapor, jugó un papel muy importante en la Revolución Industrial. Fue utilizado en los trenes, barcos y en la industria en general de esa época.

⁷⁴ <http://apuntes.gratisespanol.info/cajas-automaticas-su-post>

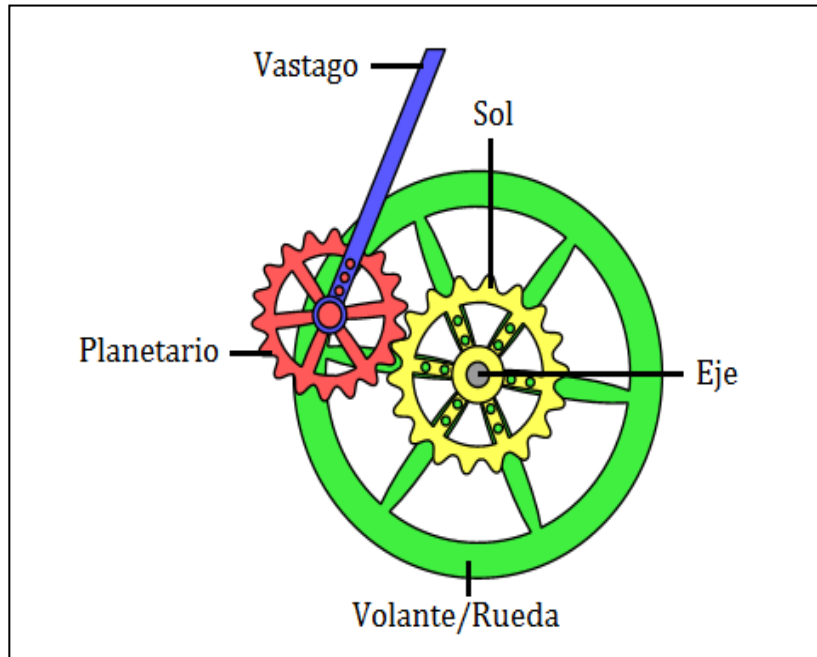


Figura 2.22: Engranajes de Sol y Planetas⁷⁵

2.3.3.6 Engranaje de manejo armónico o engranaje de onda de tensión

Este sistema de engranajes mecánicos es utilizado para mejorar algunas características de los sistemas convencionales de transmisión; como los engranajes helicoidales y los planetarios. Este sistema no genera ningún peso de contragolpe, es compacto y ligero, permite altas relaciones de engranajes 100:1. “Los engranes epicicloidales normalmente permite relaciones de 10:1”.⁷⁶

Este sistema de engranes también permite reconfiguraciones y soporta alto par. Suele ser utilizado en el control del movimiento industrial, robótico y aeroespacial, para la reducción de giro o aumento de velocidad de rotación o transmisiones del diferencial.

⁷⁵ http://en.wikipedia.org/wiki/File:Sun_and_planet_gears.gif

⁷⁶ http://en.wikipedia.org/wiki/Harmonic_drive#cite_note-lauletta-1

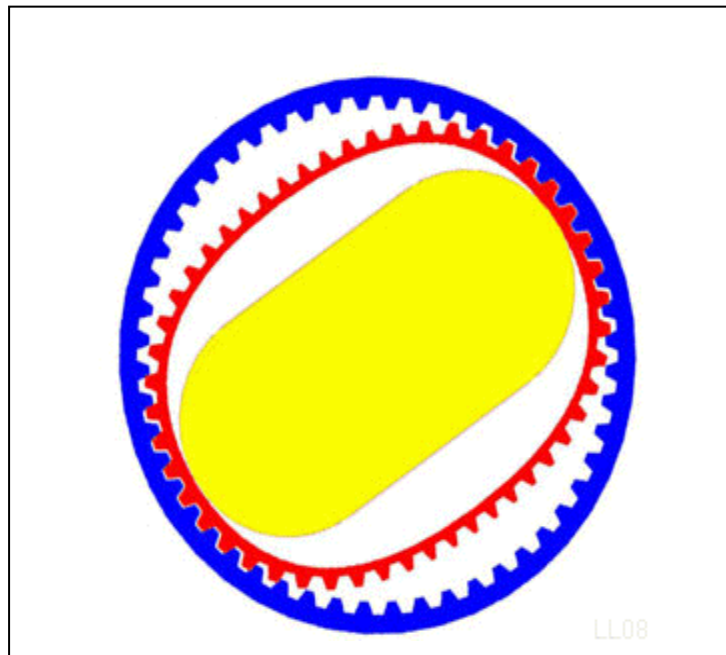


Figura 2.23: Engranaje de manejo armónico o engranaje de onda de tensión

2.4 TIPOS DE ENGRANAJES DE TRANSMISIÓN DE 5 VELOCIDADES Y DE CONJUNTO DIFERENCIAL DE UN CHEVROLET CORSA 1.6L

En la caja de cambios tenemos algunos tipos de engranes que tienen como objetivo transmitir el par motor hasta las ruedas, para que el vehículo pueda desplazarse tanto en reversa y hacia adelante con diferentes relaciones de transmisión.

El vehículo al que vamos a preparar es un Chevrolet Corsa 1600 cc Hatchback, el cual cuenta con 5 velocidades. Estas diferentes relaciones de transmisión le permiten al vehículo tener un par motor y una potencia máxima estándar; que le brindan una mayor vida útil a todos los componentes ya que es utilizado para el uso diario.

Debido a que al preparar la caja de cambios y hacer que esta responda a las características del motor y del rally/trepada de montaña que se correrá; hemos tenido que hacer modificaciones a la transmisión, que le hacen totalmente diferente a la caja de cambios original.

Los cambios que no varían las características de desempeño, solo diseño, son la carcasa de la caja de cambios, el eje primario y el eje secundario; que son reemplazados por los componentes del motor Corsa 1400cc³.

Los cambios que son un factor determinante en el trucaje son el cono y la corona o conjunto diferencial que son del motor Corsa 1400cc. Hasta este momento podemos decir que es la caja de cambios del motor Corsa 1400cc puesta en el motor 1600cc.

El cambio más importante en el trucaje de un caja de cambios esta en las relaciones de transmisión que varían desde 1era a 5ta velocidad, por lo que los piñones van a variar tanto en su diámetro primitivo al igual que su número de dientes; en el eje primario como en el secundario.

Con estas relaciones de transmisión y relación final del cono y corona modificados; hacen que se cambie el par motor/ potencia/ velocidad final, haciendo que sea apta para el uso que le vamos a dar; Rally/Trepada de Montaña.

En la caja de cambios y cono-corona del vehículo Chevrolet Corsa 1.6 que vamos a preparar; encontramos engranajes cilíndricos y cónicos, los cuales permiten el desplazamiento del vehículo.

De estos dos tipos de piñones (cilíndricos y cónicos) se pueden derivar otros; que de igual manera transmiten el giro del motor y desmultiplican o multiplican las revoluciones del motor para avanzar con 5 diferentes relaciones o invierten el sentido para retroceder. En el caso de engranes para la caja de cambios.

Por lo tanto en la caja de cambios y conjunto diferencial todos los engranes son de acción directa ya que los dientes de las dos ruedas engranan para transmitir movimiento hasta los neumáticos.

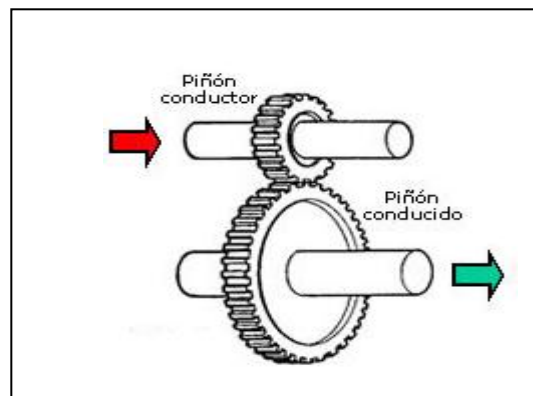


Figura 2.24: Engranes de Acción Directa⁷⁷

Cuando las ruedas dentadas están alejadas por una distancia específica, como en el caso de los engranes de la distribución que llevan el movimiento a través de poleas o cadenas, se conoce como engranes de acción indirecta.

⁷⁷ <http://links.itaringa.net/out?http://www.mecanicavirtual.org/images-caja-cambios/engranajes-funcion.jpg>

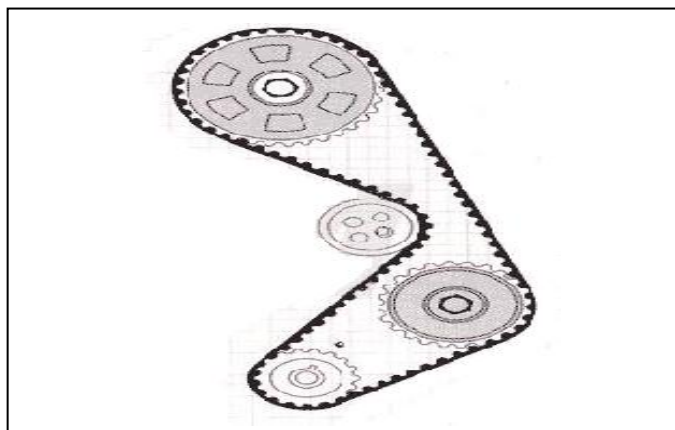


Figura 2.25: Engranes de Acción Indirecta⁷⁸

2.4.1. Piñones cilíndricos

Los engranes cilíndricos en la caja de cambios del Chevrolet Corsa 1.6L, son utilizados para la transmisión de giro del motor a través de ejes paralelos, que serían desde el eje primario al eje secundario.

Son de acción directa ya que engranan los dientes del piñón conductor del eje primario, con los dientes del piñón conducido del eje secundario, para llevar el movimiento hacia el diferencial.

En la caja de velocidades del Chevrolet Corsa 1600cc, podemos encontrar en los dos ejes, primario y secundario; piñones cilíndricos rectos y piñones cilíndricos helicoidales.

⁷⁸ <http://www.clubelfiat.com.ar/forovb4/showthread.php?12374-Puesta-a-punto-de-la-distribucion>

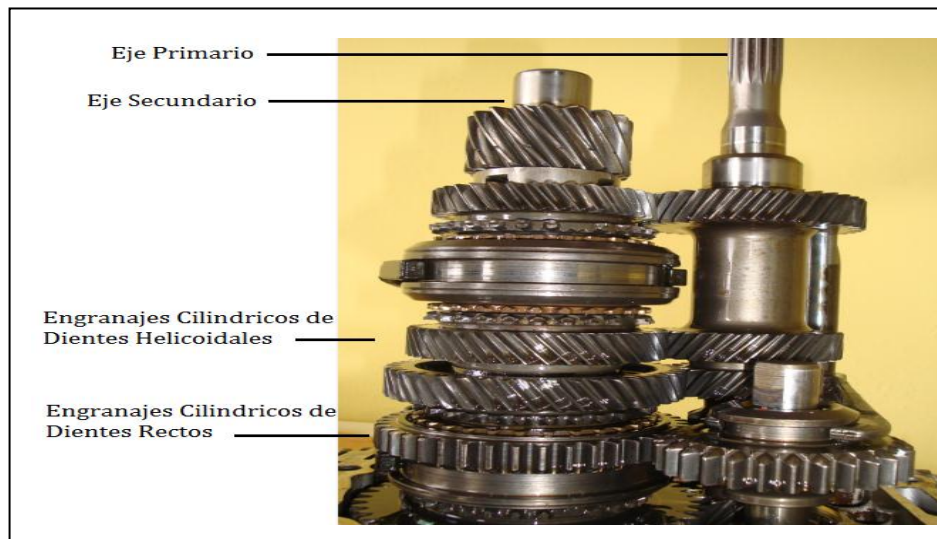


Figura 2.26: Eje Primario y Secundario Caja de Chevrolet Corsa 1600

2.4.2. Piñones cilíndricos de Dientes Rectos

Este tipo de engranes cilíndricos con dientes rectos es sencillo de fabricar comparado con los helicoidales. Por lo que es muy utilizado para el trucaje y preparación de una caja de cambios. Transmite el movimiento giratorio generando mayor fricción producto del choque entre las caras de los dientes, dándole un sonido característico, por el juego que tienen los dientes, que son paralelos al eje.

Es utilizado principalmente para la marcha en reversa porque no alcanzamos altas velocidades, además que se utiliza un piñón extra para que el giro proveniente del motor; giro de entrada al eje primario, tenga el mismo sentido al giro de salida que va hacia el diferencial.

Cuando los piñones cilíndricos de dientes rectos son utilizados de 1ra a 5ta velocidad, con el eje primario conduce al secundario y se invierte el sentido de

entrada proveniente del motor. Pero no influye ya que con este sentido se genera el avance del vehículo. Si utilizamos este tipo de dientes tenemos que darle un tratamiento especial para que soporte los regímenes de giro del motor y no se rompa ni desgasten tan fácilmente.



Figura 2.27: Piñones Cilíndricos de Dientes Rectos para Marcha en Reversa del Chevrolet Corsa 1600

2.4.3. Piñones Cilíndricos de Dientes Helicoidales

Este tipo de engranes cilíndricos de dientes helicoidales es mayormente utilizado que los engranes cilíndricos de dientes rectos debido a que estos piñones engranan en forma de hélice, produciendo un ángulo ayudo, el cual permite soportar cargas mayores, altas velocidades de giro, tienen un acoplamiento por partes lo que le hace más suave y aunque produce mayor fricción y parte de la energía se pierde por el roce, en su funcionamiento es silencioso y a la vez muy preciso, lo que hacen que estos dientes sean óptimos para un vehículo de uso

diario con transmisión manual, este tipo de engranes cilíndricos de dientes helicoidales es utilizado en los engranes de 1era a 5ta velocidad.

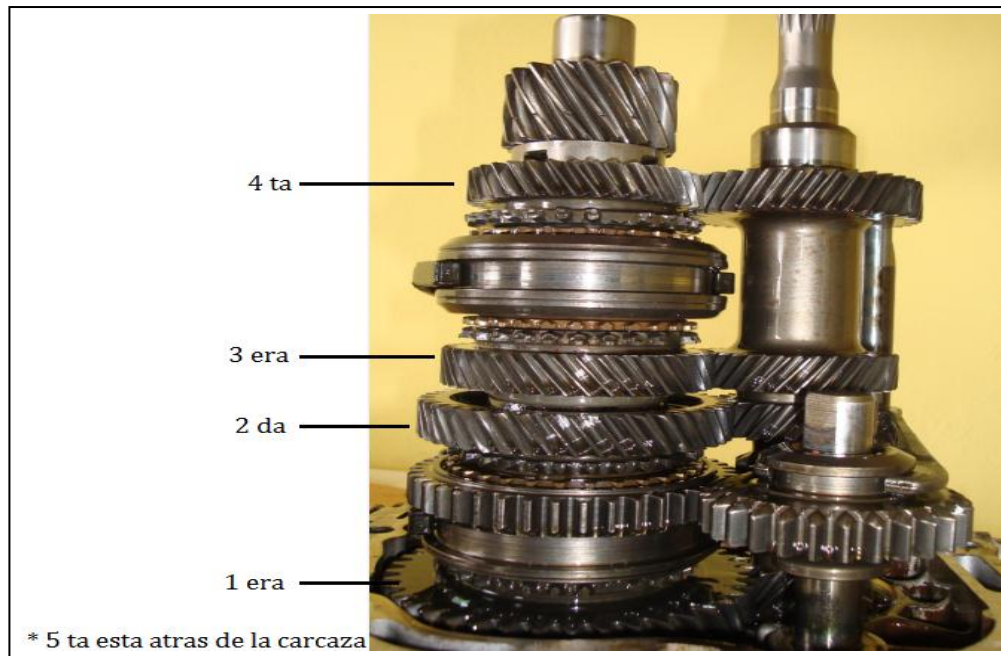


Figura 2.28: Piñones Cilíndricos de Dientes Helicoidales del Chevrolet Corsa 1.6L

2.4.4. Piñones con Dentado Interno

Los engranes con dentado interno los podemos encontrar en los sincronizadores de 1era/2da, 3era/4ta y 5ta velocidad, la característica principal es que mantienen el sentido del eje para que se puedan igualar las velocidades con las del piñón loco y de esta forma se pueda seleccionar la relación de transmisión que se desee.



Figura 2.29: Piñón de dentado Interno

2.4.5. Piñones Cónicos

Los piñones cónicos los podemos encontrar tanto en las transmisiones manuales como automáticas y principalmente se utilizan en el conjunto diferencial tanto en el cono y corona como en los satélites y los planetarios.

Los piñones cónicos pueden ser de dientes rectos o helicoidales. Y se utilizan en ejes que se cruzan a 90°, además que permite la reducción o desmultiplicación final de la transmisión, por lo que son muy utilizados en vehículos que tiene el motor en la parte delantera, el motor es longitudinal y de propulsión.

2.4.6. Cono – Corona

Nuestro vehículo Chevrolet Corsa 1.6L tiene el motor en la parte delantera, es transversal y de tracción; por lo que en el cono-corona utiliza piñones cilíndricos helicoidales de ejes paralelos; y la función es dar la relación de transmisión final.

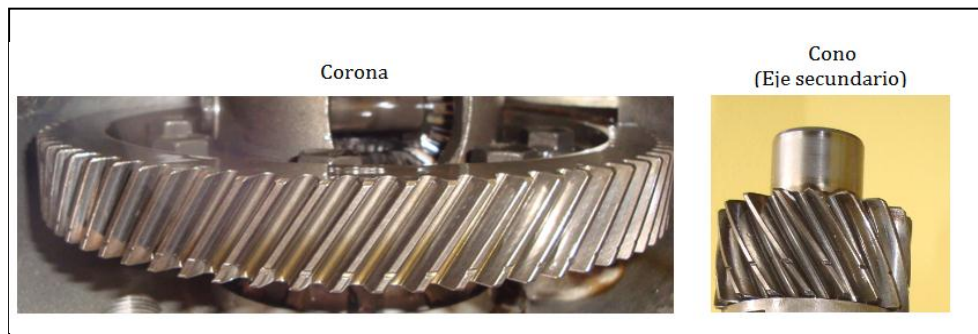


Figura 2.30: Cono-Corona de caja de cambios de Chevrolet Corsa 1.6L

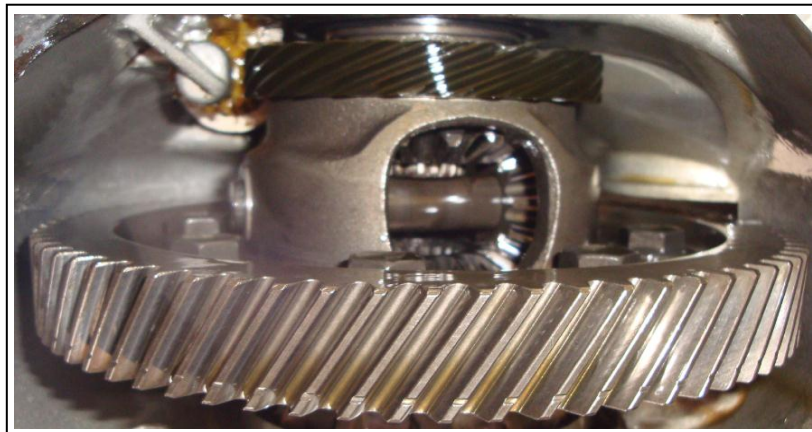


Figura 2.31: Conjunto Diferencial Chevrolet Corsa 1.6L

2.4.7. Satélites y Planetarios

Los satélites y planetarios son engranes cónicos de dientes rectos. Y permiten que cuando el vehículo entra en una curva los neumáticos internos a la curva

giren a una velocidad; mientras que los neumáticos externos a otra; debido a que tienen diferentes radios de giro.



Figura 2.32: Satélites y Planetarios de Chevrolet Corsa 1.6L

2.5 VERIFICACION, LUBRICACION Y DETERIORO DE LOS ENGRANAJES

2.5.1. Verificación de engranajes

La verificación de engranajes es un procedimiento que se debe aplicar normalmente para poder controlar los distintos parámetros que lo definen. Para medir su espesor se pueden utilizar herramientas como son el pie de rey y los micrómetros de platillo.

La medición del espesor de los dientes mediante pie de rey, sólo se utiliza por lo general cuando se trata de engranajes de módulo grande y mecanizado de desbaste.

Para medir el espesor de engranajes de precisión se utiliza un micrómetro de platillo. La medición mediante comparadores se utiliza con patrones de puesta a punto para cada operación de control.

La medición de la excentricidad de un engranaje que es el descentramiento del diámetro primitivo respecto al eje de referencia de la pieza, se puede verificar:

- Con comparadores y varilla calibrada (reloj palpador).
- Por rozamiento contra el perfil de un patrón definido.

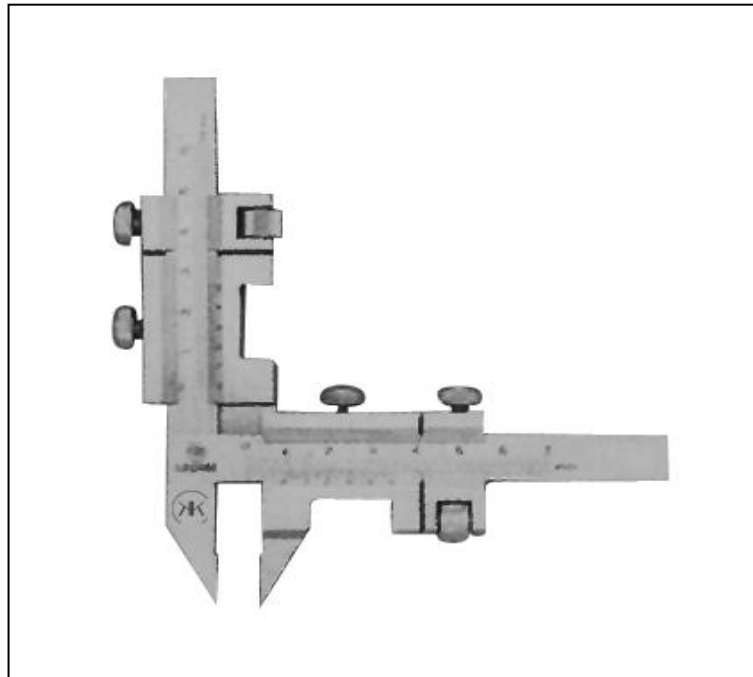


Figura 2.33: verificación de engranes⁷⁹

⁷⁹ <http://www.kalkomezquerra.com/instrumentos-demedita/calibres/calibres-de-engranes/>

2.5.2. Lubricación de engranajes

Las transmisiones por trenes de engranajes y principalmente las que están sometidas a un gran esfuerzo y funcionamiento a grandes revoluciones por minuto (velocidad) tienen que utilizar el lubricante adecuado para que contribuya a conservar sus propiedades mecánicas durante su uso.

Para nuestro sistema específicamente se utilizará un lubricante MULTIGEAR LS con la especificación SAE 80w90.

Multigear LS SAE 80W90

Multigear LS SAE 80W90 es un aceite lubricante formulado con bases minerales, aditivos de extrema presión y aditivos modificadores de fricción para lubricación de diferenciales de deslizamiento limitado (también conocidos como “limitadores de giro”, de tracción positiva o antiderrapantes, entre otras denominaciones).

Aplicaciones

Multigear LS 80W90 está recomendado para llenado inicial y también para el ajuste de nivel de diferenciales auto-blocantes que equipan camiones livianos, vans, camionetas y automóviles, cuando el fabricante del equipo requiere un producto para diferenciales de deslizamiento limitado de grado SAE 80W90.

Multigear LS 80W90 cumple:

- **Categorías de servicio API**

GL-5

- **Especificaciones militares**

MIL- 2105D

Beneficios

Multigear LS SAE 80W90 proporciona:

- **Actuación correcta de los discos de embrague.-** evitando la ocurrencia de ruidos.
- **Durabilidad de las piezas mecánicas.-** debido a sus aditivos de extrema presión, evita el desgaste de las piezas en operaciones con elevadas cargas.
- **Excelente protección contra oxidación y corrosión.-** en función de los inhibidores que protegen las superficies contra la acción del agua y ácidos.
- **Uso temperaturas ambientes variadas.-** sus características de multi-viscosidad garantiza un buen flujo a baja temperatura y la formación de una adecuada película lubricante en elevadas temperaturas.

Dentro de las especificaciones de grado SAE del aceite lubricante LS 80w90 tenemos que:

- Índice de viscosidad = 104
- Densidad a 15.5 °C = 0.901
- Viscosidad Cinemática cSt a 40 °C = 135
- Viscosidad Cinemática cSt a 100 °C = 14.45
- Viscosidad a Baja Temperatura(Brookfield) = 73.600
- Punto de Inflamación °C = 218
- Punto de Fluidez °C = -35

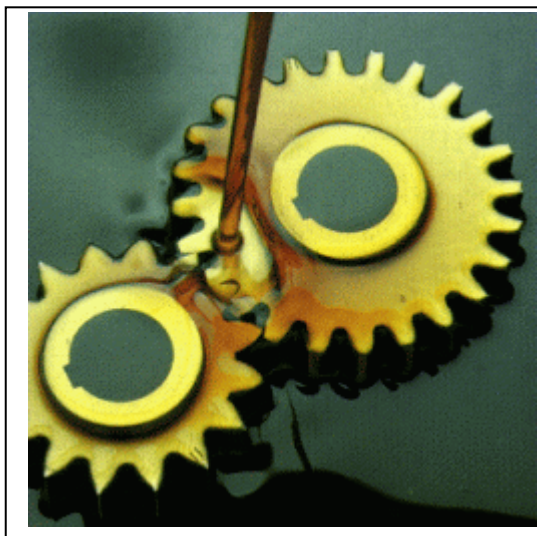


Figura 2.33: Lubricación de engranajes⁸⁰

2.5.3. Deterioro y fallo de los engranajes

Para todo elemento técnico, se puede determinar como primer fallo que el momento de calcular el engranaje no se tomaron correctamente los parámetros

⁸⁰ http://equipopesado28007.blogspot.com/2007_07_01_archive.html

dimensionales y de resistencia adecuada, con lo cual no es capaz de soportar el esfuerzo al que está sometido y se deteriora o rompe con mayor rapidez.

Otro fallo que puede presentar un engranaje es que el material con el cual fue fabricado no reúna las especificaciones técnicas adecuadas, como son principalmente su resistencia y tenacidad.

También puede ser causa de deterioro o ruptura, que el engranaje no se ha fabricado con las cotas y tolerancias requeridas o no haya sido montado y ajustado en la forma adecuada.

Igualmente se puede originar el deterioro prematuro de un engranaje cuando no ha efectuado el mantenimiento periódico con los lubricantes que inicialmente se determinaron como apropiados para su funcionamiento adecuado.

Otra causante de un posible deterioro, se da cuando la pieza es sometida a un sobre esfuerzo que supera los límites de resistencia calculados para el engranaje.

La capacidad de transmisión de un engranaje viene limitada:

- Por el calor generado (energía liberada como calor por su trabajo).
- Fallo de los dientes por fractura, fisura o ruptura (sobreesfuerzo y trabajo en seco).
- Fallo por fatiga en la superficie de los dientes (lubricación deficiente y dureza inadecuada)
- Ruido como resultante de vibraciones a altas velocidades y cargas fuertes.

Los deterioros o fallas que se producen en los engranajes son relacionados directamente al trabajo de sus dientes, a sus ejes, o una puede ser la combinación de ambos.

Las fallas relacionadas con los dientes dan su origen a las sobrecargas, desgaste y grietas, y las fallas relacionadas con el eje pueden deberse a la desalineación, descentramiento o desequilibrado del mismo produciendo vibraciones y ruidos.



Figura 2.34: Deterioro de engranajes⁸¹

⁸¹ <http://www.canstockphoto.es/oxidado-y-nuevo-engranajes-3542648.html>

CAPITULO 3

MATERIALES

3.1 SELECCIÓN DE MATERIALES EN FUNCIÓN DE LA APLICACIÓN A LA CUAL ESTÁ ENFOCADA LA MODIFICACIÓN DE LA CAJA DE CAMBIOS DEL VEHÍCULO CHEVROLET CORSA 1600.

Para la modificación de los elementos internos de una caja de cambios es necesario utilizar aceros que soporten y cumplan con las exigencias que se generan en el trabajo de piñonería a altas revoluciones en el vehículo.

El acero se hace por la refinación de sea de arrabio o de escoria de acero o por la refinación de una combinación de ambos materiales. El arrabio suministra con mucho, la mayor parte del acero producido, pero el acero de chatarra juega un papel vital en la producción de acero.

En el acero producido a partir de arrabio, el problema básico es oxidar las impurezas presentes, las cuales se remueven y se expiden como gas, (en el caso de la impureza principal, carbono) o en la escoria (en el caso del silicio, fósforo y azufre). El oxígeno se suministra ya sea por un soplo de aire (como en la mayoría de métodos antiguos) o como oxígeno puro, o mediante óxidos (como mineral de hierro o chatarra herrumbrosa).

Un metal se funde si se calienta a una temperatura suficientemente alta. Si el calor se aplica en forma continua, la temperatura de cada pieza de metal se eleva con el tiempo. Cuando se inicia la fusión, la temperatura no sube, hasta que la fusión se completa si el líquido se mantiene bien mezclado. Esto se debe a que el líquido mantiene un estado de energía más alto que el sólido.

La energía calorífica añadida durante la fusión se usa para provocar un cambio de estado en lugar de aumentar la temperatura. Esta energía se conoce como calor latente de fusión. El proceso es reversible y el mismo calor se cede cuando el metal se enfría y se solidifica, así son aplicadas las aleaciones metálicas desde su fundición.

Una de las propiedades importantes para la selección del compuesto del acero es la tracción a la que se somete el material.

Este acero combina alta resistencia mecánica con buena tenacidad. Este acero en forma estándar es suministrado bonificado, por lo que no se requeriría luego un tratamiento térmico, sin embargo, si se desea mejores propiedades, puede ser templado al aceite.

Susceptible de temple por inducción y también puede someterse a tratamiento de nitrurado.

Se valora por los siguientes parámetros:

- Límite de proporcionalidad.- valor de la tensión por debajo de la cual el alargamiento es proporcional a la carga aplicada.

- Límite de fluencia o límite elástico aparente.- valor de la tensión que soporta la probeta en el momento de producirse el fenómeno de la cedencia o fluencia. Este fenómeno tiene lugar en la zona de transición entre las deformaciones elásticas y plásticas y se caracteriza por un rápido incremento de la deformación sin aumento apreciable de la carga aplicada.
- Límite elástico (límite elástico convencional o práctico): valor de la tensión a la que se produce un alargamiento prefijado de antemano.
- Carga de rotura o resistencia a la tracción.- carga máxima resistida por la probeta dividida por la sección inicial de la probeta.
- Alargamiento de rotura: incremento de longitud que ha sufrido el material. Se mide entre dos puntos cuya posición está normalizada y se expresa en tanto por ciento.
- Estricción: es la reducción de la sección que se produce en la zona de la rotura.

Los materiales usados para engranajes helicoidales son los mismos que se usan para los demás tipos, es de consideración las cargas axiales y flexionantes generadas en los engranajes para la selección de los materiales.

GRUPO DE MATERIAL	DENOMINACIÓN SEGÚN DIN
Fundición Laminar DIN 1691	GG 20
	GG 26
	GG 35
Fundición Lobular DIN 1693	GGG 42
	GGG 60
	GGG 80
	GGG 100
Fundición Gris DIN 1692	GTS 35
	GTS 65

Acero Fundido DIN 1681	GS 52
	GS 60
Acero de Construcción SIN 17100	St 42
	St 50
	St 60
	St 70
Acero Bonificado DIN 17200	Ck 22
	Ck 45
	Ck 60
	34 Cr 4
	37 Cr 4
	42 Cr Mo 4
Acero Bonificado DIN 17100 (endurecido por inducción)	34 Cr Ni Mo 6
	Ck 45
	37 Cr 4
Acero Bonificado DIN 17200 (niturado)	42 Cr Mo 4
	Ck 45
	42 Cr Mo 4
Acero de Nitruración	42 Cr Mo 4
Acero de Cementación	31 Cr Mo V 9
	C 15
	16 Mn Cr 5
	20 Mn Cr 5
	20 Mo Cr 4
	15 Cr Ni 6
	18 Cr Ni 8
	17 Cr Ni Mo 6
Sintético	
Duroplast	Tejido Duro grueso
	tejido duro fino

Tabla 3.1: Materiales usados para engranajes

3.2 PROCESO DE FABRICACIÓN

El proceso de fabricación está basado en la generación del diente del engranaje a partir del diámetro exterior del mismo.

El formado de los dientes del engranaje se realiza por varios procedimientos, entre los cuales se encuentran: colado en arena, moldeo en cáscara, fundición

por revestimiento, colada en molde permanente, colada en matriz, fundición centrífuga.

También puede fabricarse por Pulvimetalurgia (metalurgia de polvos) o bien formarse primero por extrusión y luego rebajar con cortadores formadores y generadores.

Uno de los métodos más usados es el “formado en frío” en el que unas matrices o dados ruedan sobre cuerpos de engranajes para formar los dientes, en este caso las propiedades del metal mejoran grandemente, además generan un perfil de buena calidad.

Los dientes de los engranajes se maquina por fresado, cepillado o formado con sinfín y pueden ser acabados por cepillado, bruñido, esmerilado o pulido con rueda.

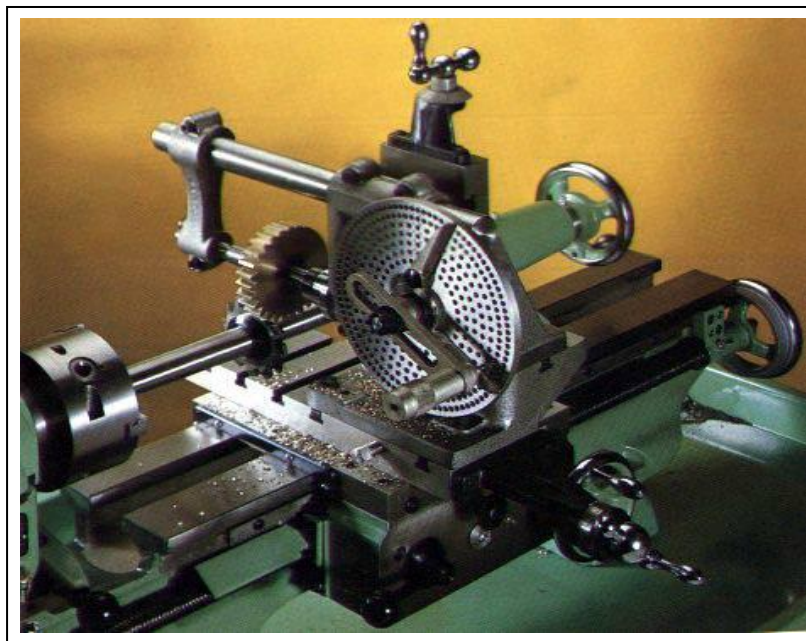


Figura 3.1 Fabricación de Engranajes

Propiedades mecánicas

Resistencia al impacto: aprox.20 J

Dureza: 270-330HB

Aleación: C% 0.34 - Si% 0.3 - Mn% 0.50 - Cr % 1.50 - Mo% 0.20 - Ni%1.5

Descripción: Acero de especial resistencia a la tracción y torsión. Muy buena resistencia al desgaste y al impacto. Utilizable a temperaturas hasta de 500°C sin perder su bonificación, se utiliza para partes y repuestos sometidos a muy altos esfuerzos dinámicos como cigüeñales ejes de leva, árboles de transmisión, barras de torsión, ejes cardan, tuercas de alta tensión, piñones y ruedas dentadas.

Es un acero al molibdeno, más cromo y níquel.

El molibdeno tiene una solubilidad limitada y es un buen formador de carburos. Ejerce un fuerte efecto sobre la templabilidad y de manera semejante al cromo, aumenta la dureza y resistencia a alta temperatura de los aceros. Al combinarse con níquel y cromo soporta altas exigencias de resistencia y tenacidad en secciones grandes. Su contenido de níquel le da más templabilidad, lo mismo que la resistencia en caliente.

Estado de entrega: Bonificada 1000 N/mm² (300 HB) por lo que generalmente no requiere de tratamiento térmico.

Dureza en estado de entrega: 95 – 115 Kg. /mm² liberado de tensiones.

Resistencia a la tracción: 85-115 Kg. /mm²

Límite de fluencia o límite elástico: 65 – 75 Kg. /mm²

3.2.1 Tratamiento dientes

Los tratamientos que se les practican a los engranajes se dan principalmente en los dientes, los más comunes son:

Carburizado: Es uno de los procedimientos más usados para el endurecimiento superficial de los dientes, en un medio carburizante se coloca el engrane cortado y se calienta, la capa superficial de los dientes del engranaje absorbe el carbono (difusión) y después de una o mas horas de mantenerlo a temperatura elevada, el carbono ha penetrado para dar la profundidad de endurecido requerida.

Nitrurado: Es un procedimiento que se efectúa mediante gas de amoníaco que se descompone en nitrógeno atómico e hidrogeno sobre la superficie del acero. Y se aplica a los engranajes de acero aleado que proporciona un endurecimiento superficial, colocándose el engranaje en el horno de nitruración calentándolo a 1000° F (538°C) el mismo que recibe un tratamiento de bonificado para darle un endurecimiento promedio. Las zona que no van a ser nitruradas deben ser cubiertas con placas de cobre u otro material adecuado.

Endurecimiento por inducción: Mediante corrientes alternas de alta frecuencia el engrane es endurecido superficialmente. El proceso consiste en hacer girar la pieza dentro de una bobina enrollada de inducción, en pocos segundos los dientes son llevados por encima de la temperatura crítica (de un color rojo intenso), en el siguiente paso el engranaje es retirado de la bobina y se le da un

temple controlado por medio de un baño de rocío aplicado por un rociador anula o se le sumerge en un baño agitado. Antes del endurecimiento por inducción el disco del engranaje se trata térmicamente.

Endurecido con flama: Es por medio de una flama oxiacetilénica empleando quemadores especiales que proporciona un endurecimiento poco profundo, generalmente se hace girar el engranaje en la flama. Para obtener un calentamiento uniforme. Se les da el acabado final antes de endurecerlos.

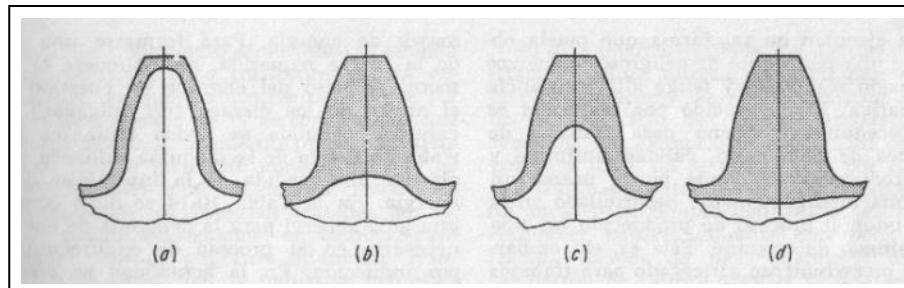


Figura 3.2 tratamiento de dientes del engranaje

3.2.2 Tratamiento Térmico

Recocido blando: (650-700°C): Mantener a la temperatura por 2 horas. Enfriar en el horno con una velocidad de 15°C/h hasta 600°C y luego libremente al aire.

Alivio de tensiones: (450-650°C): El acero templado tenaz deberá ser calentado hasta aproximadamente 50°C por debajo de la temperatura usada para el revenido (como estándar el 705 es suministro revenido a 600°C).

Mantenerlo a esta temperatura durante 1/2 a 2 horas. Enfriar en el horno hasta los 450°C y luego libremente al aire.

Temple: (830-850°C), Con enfriamiento en aceite: El mantenimiento del tiempo en minutos cuando la superficie ha alcanzado la temperatura de temple es $0.7x$ espesor o diámetro en milímetros. Interrumpir el enfriamiento a los 125°C y luego revenir inmediatamente.

Revenido: (500-700°C): El tiempo de mantenimiento a la temperatura de revenido podría ser 1-2 horas o una hora por pulgada de grueso. Partes de máquinas que requieran una resistencia alta, como por ejemplo, los engranajes deberán ser revenidos a temperatura más bajas, es decir a 200 a 250 °C, lo que dará una dureza de aproximadamente 500HB (Dureza Brinell).

Nitruración: Se puede lograr durezas de alrededor de 53-55 HRC. El proceso dura entre 48 y 72 horas por lo cual la planeación del tratamiento debe hacerse con el tiempo necesario.

3.3 GEOMETRÍA DE ENGRANES HELICOIDALES Y ANÁLISIS DE FUERZAS

Los engranes helicoidales y los cilíndricos o de talla recta se distinguen por la orientación de sus dientes. En los engranes de talla recta o cilíndricos, los dientes son rectos y están alineados con el eje del engrane.

En los engranes helicoidales los dientes presentan inclinación a un cierto ángulo, a este ángulo se le da el nombre de ángulo helicoidal.

Si el engrane fuera muy ancho parecería que los dientes se enrollan alrededor del disco con que se fabrica el engrane describiendo una trayectoria helicoidal. Sin embargo, las consideraciones prácticas limitan el ancho o espesor de los dientes de manera que al parecer, están apenas inclinados con respecto al eje.

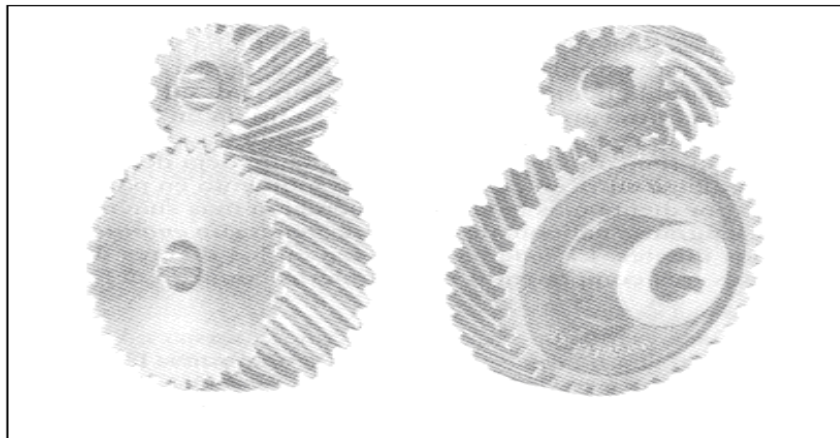


Figura 3.3 Engranajes cilíndricos helicoidales de diferente eje

La ventaja principal de los engranes helicoidales frente a los engranes cilíndricos es que un diente en particular asume la carga en forma gradual. El contacto se inicia en un extremo de un diente cerca de la punta y avanza a lo largo de la cara siguiendo una trayectoria descendente a lo largo de la línea de paso hacia el flanco inferior del diente, donde deja de actuar en forma enlazada. Debido a que más de un diente entra en contacto en un momento en particular esto da por resultado una carga promedio por diente más baja y una operación más suave.

La desventaja principal de los engranes helicoidales es que se genera un empuje o carga axial por la orientación inclinada de los dientes. El sistema de fuerza en los dientes de un engrane helicoidal se aprecia mejor con sus tres componentes rectangulares.

3.3.1 Carga transmitida, W_t

Como la carga transmitida, W_t se obtiene directamente de los parámetros que se conocen del mecanismo de engranes, conviene empezar con estos datos el cálculo de las fuerzas que se ejercen sobre los dientes.

La fuerza que actúa tangencial a la superficie de paso del engrane se denomina la carga transmitida y es la fuerza que en realidad transmite torque y potencia desde el engrane impulsor hacia el engrane que es impulsado. Actúa en sentido perpendicular al del eje de la flecha que soporta al engrane.

Si se conoce el torque que se transmite.⁸²

$$W_t = T (D/2)$$

Donde D es el diámetro de paso del engrane. Si se conocen la potencia transmitida (en hp) y la velocidad de giro (en rpm), el torque en libras por pulgadas se puede calcular a partir de

⁸² ROBERT L. MOTT, Diseño de Elementos de Maquinas, 2da edición, Pág. 469

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

Si se conocen la potencia transmitida (en hp) y la velocidad de línea de paso (en pies/minuto),

$$W_t = 33000(P) / v_t$$

3.3.2 Carga Axial, WX

La carga axial es aquella que se dirige en forma paralela al eje de la flecha que soporta al engrane. Ésta carga, que también se denomina carga de empuje es la fuerza, por lo general indeseable, a la que deben resistir los cojinetes de ejes o flechas que tienen una capacidad de empuje.

$$W_X = W_t \tan \psi$$

La carga axial se incrementa conforme aumenta el valor del ángulo helicoidal. Por lo regular los ángulos helicoidales varían entre 15° y 45°. ⁸³

⁸³ ROBERT L. MOTT, Diseño de Elementos de Maquinas, 2da edición, Pág. 469

3.3.3 Carga Radial, W_r

La carga radial es la fuerza que actúa hacia el centro del engrane en sentido radial. El sentido de la fuerza es siempre tal que tiende a separar los engranes. Para determinar el valor de la carga radial, primero es necesario analizar la naturaleza del ángulo de presión para dientes de engranes helicoidales.

Para comprender la geometría de los dientes en engranes helicoidales es preciso considerar dos ángulos de presión distintos. El plano que pasa por los dientes de un engrane en un sentido perpendicular al eje del engrane se denomina ángulo transversal. El ángulo de presión en este plano se señala como ϕ_t .

Al plano que pasa a través de los engranes en un sentido normal respecto a los propios dientes se le denomina plano normal. El ángulo de presión de la forma de diente que así se obtiene recibe el nombre de ϕ_n .

Algunos engranes helicoidales se fabrican con el ángulo de presión transversal establecido a un ángulo específico, digamos 20° o $14\frac{1}{2}^\circ$. Otros se fabrican con el ángulo de presión normal establecido. La ecuación relaciona estos dos ángulos de presión para un ángulo helicoidal específico.⁸⁴

$$\tan \phi_n = \tan \phi_t \cos \psi$$

⁸⁴ ROBERT L. MOTT, Diseño de Elementos de Maquinas, 2da edición, Pág. 469, 470

Esta ecuación se desarrolla después de realizar un análisis más detallado.

El ángulo entre la carga transmitida, W_t , y el normal respecto a los dientes de los engranes en el plano transversal es el ángulo de presión transversal, ϕ_t . Se infiere, por consiguiente, que la carga radial puede ser calculada a partir de:

$$W_r = W_t \tan \phi_t,$$

La fuerza que actúa en sentido perpendicular a la forma de dientes es la fuerza normal verdadera, W_N . Observe que es la resultante de los tres componentes W_t , W_x y W_r .

$$W_N = W_t / (\cos \phi_n \cos \psi)$$

Los detalles tanto del plano transversal como del plano normal contienen fórmulas para la carga radial, W_r . Al igualarlas, podrá obtener la ecuación.

3.3.4 Pasos para engranes helicoidales

Para darse una idea clara de la geometría de los engranes helicoidales, es necesario comprender cinco pasos diferentes.

3.3.5 Paso circular, p

El paso circular es la distancia desde un punto en un diente hasta el punto correspondiente en el diente siguiente adyacente, medida en la línea de paso en el plano transversal. Esta es la misma definición que se utilizó para los engranes rectos o cilíndricos.

$$p = \pi D / N$$

3.3.6 Paso circular normal, pn

El paso circular normal es la distancia entre dos puntos correspondientes en dientes adyacentes medida en la superficie en el sentido normal. Los pasos p y p_n , se relacionan mediante la siguiente ecuación:

$$p_n = p \cos \psi$$

3.3.7 Paso diametral, Pd

El paso diametral es la relación del número de dientes en el engrane con el diámetro de paso.

Esta es la misma definición que se proporcionó para engranes cilíndricos o rectos y se utiliza considerando la forma de los dientes en el plano diametral o el

transverso. Por tanto, en ocasiones se denomina como paso diametral transverso.⁸⁵

$$P_d = N / D$$

3.3.8 Paso diametral normal, P_{nd}

El paso diametral normal es el paso diametral equivalente en el plano normal respecto a los dientes:

$$P_{nd} = P_d / \cos \psi$$

Es útil recordar estas relaciones:

$$P_d \cdot p = \pi$$

$$P_{nd} \cdot p_n = \pi$$

3.3.9 Paso axial, P_x

El paso axial es la distancia entre puntos correspondientes en dientes adyacentes, medida en la superficie de paso en sentido axial

⁸⁵ ROBERT L. MOTT, Diseño de Elementos de Maquinas, 2da edición, Pág. 470, 471

$$P_x = p / \tan \psi = \pi / (P_d \tan \psi)$$

Es necesario tener cuando menos dos pasos axiales en el ancho de la cara para obtener acción helicoidal total y la transferencia suave de la carga de un diente a otro.

CAPITULO 4

CÁLCULO DE LA CAJA MANUAL ORIGINAL DEL CHEVROLET

CORSA 1.6L

Para poder comparar y saber si los resultados de la preparación y el trucaje de la caja de cambios del Chevrolet Corsa 1.6L es necesario calcular primero los datos de la caja de cambios original; para que a partir de estos resultados podamos ver donde debemos hacer las modificaciones para lograr que la nueva caja de cambios tenga una relación de transmisión que cumpla las características que necesitamos. Pero como sabemos se está preparando un vehículo de calle en uno de competencias, en la disciplina de Rally, en el cual se está trucando el motor y sistema de inyección por lo que el embrague y transmisión deben de estar bien trucados para tener un vehículo competitivo y ganador.

Relaciones de Transmisión Original del Chevrolet Corsa 1.6L

Cuando cada engrane de cada velocidad se acopla, se da una relación de transmisión. En el caso de la caja del Chevrolet Corsa 1.6L tenemos 5 diferentes relaciones de transmisión, de 1era a 5ta; que son muy importantes para modificar el torque y potencia proveniente del motor en cada velocidad y permite variar la velocidad final del vehículo.

Por lo tanto la variación de la relación de transmisión se va a dar variando el diámetro/numero de dientes.

Por lo que: Si el engranaje conductor es más pequeño que el conducido este girara más lentamente pero transmitirá mayor torque. Este tipo de relación de transmisión se utiliza en las primeras velocidades (1era, 2da y 3era) ya que el motor tiene que vencer el reposo, peso del vehículo, etc. Por esto necesita mayor torque.

Si los engranes son iguales, tanto la velocidad y la fuerza de entrada y salida son iguales en el motor y en el eje conducido. Este tipo de relación es utilizada en 4ta velocidad donde el vehículo tiene un torque y potencia que le permite al vehículo seguir subiendo de velocidad.

Si el engranaje conductor es más grande que el conducido, este girara más rápido, pero se transmitirá menos fuerza. Este tipo de relación es utilizada en 5ta velocidad, aquí la potencia del motor es la que permite el avance del vehículo ya que no se genera fuerza si no velocidad.

Para poder obtener la relación de transmisión en cada velocidad es utilizamos la siguiente fórmula:

$$i = \frac{\varnothing \text{ conducida}}{\varnothing \text{ conductora}} = \frac{\text{número de dientes de la rueda conducida}}{\text{número de dientes de la rueda conductora}}$$

Donde:

i = Relación de transmisión

$\emptyset$ conductora = número de dientes de la rueda conductora (Motriz o eje primario)

$\emptyset$ conducida = número de dientes de la rueda conducida (eje secundario)

4.1 CÁLCULO DE RELACIONES DE TRANSMISIÓN DE 1ERA A 5TA VELOCIDAD

Como vimos anteriormente necesitamos el número de dientes de cada una de las velocidades del eje primario, como las del eje secundario; para poder obtener la relación de transmisión en cada una de las velocidades.

Velocidades	Número de Dientes Eje Primario		Número de Dientes Eje Secundario	
1 era	Z_1	11	Z_2	41
2 da	Z_3	23	Z_4	45
3 era	Z_5	33	Z_6	43
4 ta	Z_7	37	Z_8	35
5 ta	Z_9	46	Z_{10}	35

Tabla 4.1: Datos de Número de Dientes de la Transmisión

4.1.1. Relación de Primera Velocidad

La relación de primera velocidad la calculamos dividiendo el número de dientes del piñón de giro libre de primera velocidad del eje secundario para el número de dientes del piñón de primera velocidad del eje primario:

$$i_1 = \frac{Z_2}{Z_1}$$

$$i_1 = \frac{41}{11}$$

$$i_1 = 3,72$$

4.1.2. Relación de Segunda Velocidad

La relación de segunda velocidad se calcula dividiendo el número de dientes del piñón de giro libre de segunda velocidad del eje secundario para el número de dientes del piñón de segunda velocidad del eje primario:

$$i_2 = \frac{Z_3}{Z_4}$$

$$i_2 = \frac{45}{23}$$

$$i_2 = 1,96$$

4.1.3. Relación de Tercera Velocidad

La relación de tercera velocidad se calcula dividiendo el número de dientes del piñón de giro libre de tercera velocidad del eje secundario para el número de dientes del piñón de tercera velocidad del eje primario:

$$i_3 = \frac{Z_5}{Z_6}$$

$$i_3 = \frac{43}{33}$$

$$i_3 = 1,30$$

4.1.4. Relación de Cuarta Velocidad

La relación de cuarta velocidad se calcula dividiendo el número de dientes del piñón de giro libre de cuarta marcha del eje secundario para el número de dientes del piñón de cuarta velocidad del eje primario:

$$i_4 = \frac{Z_7}{Z_8}$$

$$i_4 = \frac{35}{37}$$

$$i_4 = 0,95$$

4.1.5. Relación de Quinta Velocidad

La relación de quinta velocidad la calculamos dividiendo el número de dientes del piñón de giro libre de quinta marcha del eje secundario para el número de dientes del piñón de quinta velocidad del eje primario:

$$i_5 = \frac{Z_9}{Z_{10}}$$

$$i_5 = \frac{35}{46}$$

$$i_5 = 0,76$$

4.1.6. Cálculo de Relaciones Final

El cálculo es en el conjunto diferencial, entre el cono – corona; es aquí donde se realiza la última y la mayor desmultiplicación del motor.

CONO		CORONA	
Z_{11}	17	Z_{12}	73

Tabla 4.2: Datos de Número de Dientes del Cono – Corona

Relación Final

La relación final o de cono-corona la calculamos dividiendo el número de dientes de la corona para el número de dientes del cono (ubicado en el eje secundario, en la caja del Chevrolet Corsa 1,6L).

$$i_{Final} = \frac{Z_{12}}{Z_{11}}$$

$$i_{Final} = \frac{73}{17}$$

$$i_{Final} = 4,26$$

4.2 CÁLCULO DE VELOCIDAD FINAL DE 1ERA A 5 VELOCIDAD DE LA CAJA DE CAMBIOS DEL VEHÍCULO CHEVROLET CORSA 1.6L CON DATOS ORIGINALES

Para encontrar la velocidad final para cada velocidad, es necesario utilizar una formula, la cual nos dará los datos reales y originales del vehículo; a partir de estos datos modificaremos las relaciones de transmisión de 1era a 5ta velocidad al igual que la relación final, cono-corona.

Por lo que para realizar los cálculos para determinar las velocidades finales de 1era a 5ta velocidad es necesario utilizar datos reales y originales del vehículo, que provee el fabricante, que en el caso del Chevrolet Corsa 1.6L son los siguientes:

Dimensiones del Neumático: 175/70R13

Revoluciones máximas del motor antes del corte de inyección: 6135 rpm

Relación de 1era velocidad: 3,72:1

Relación de 2da velocidad: 1,96:1

Relación de 3era velocidad: 1,30:1

Relación de 4ta velocidad: 0,95:1

Relación de 5ta velocidad: 0,76:1

Relación final (cono-corona): 4,29:1

Velocidad máxima en cada velocidad (1era a 5ta): ?

Fórmula para determinar la velocidad final de cada

$$v \text{ de cada velocidad (1era a 5ta)} = \frac{\text{rpm} \times 60 \times \varnothing \text{ neumático} \times \pi}{i \text{ diferencial} \times i \text{ marcha} \times 1000}$$

$$i \text{ de cada velocidad (1era a 5ta)} = \frac{\text{rpm} \times 60 \times \varnothing \text{ neumático} \times \pi}{i \text{ diferencial} \times \text{velocidad} \times 1000}$$

Dimensiones del Neumático:

Para poder realizar los cálculos para obtener la velocidad final del vehículo en cada una de sus velocidades (1era a 5ta) es necesario determinar el diámetro del neumático y posteriormente el perímetro del neumático, para saber cuál es la distancia que recorre el vehículo con un giro del neumático. Este perímetro lo encontramos con las dimensiones del neumático que usualmente están en las paredes laterales del neumático.



Figura 4.1: Neumático y sus dimensiones

4.2.1. Cálculo del Diámetro del Neumático:

- Datos del neumático 175/70R13

El diámetro del aro nos viene dado en pulgadas, por lo que tenemos que transformar en milímetros para poder utilizar estos datos en la formula.

- Rin 13"

$$Rin = 13" \times 25,4mm$$

$$Rin = 330,2mm$$

El perfil del neumático es el porcentaje del ancho del neumático, como tiene dos perfiles, uno superior y el inferior se multiplica por 2.

- 70, el porcentaje del perfil
- 175mm, ancho del neumático

$$Perfil\ del\ neumático = (175mm \times 70\%) \times 2$$

$$Perfil\ del\ neumático = 245\ mm$$

Por lo tanto:

$$\varnothing\ del\ neumático = rin + perfil\ del\ neumático$$

$$\varnothing\ del\ neumático = 330,2mm + 245mm$$

$$\emptyset \text{ del neumático} = 575,2\text{mm}$$

$$\emptyset \text{ del neumático} = 0,5752\text{m}$$

4.2.2. Cálculo de velocidad final en 1ra velocidad:

$$vf \text{ en 1era} = \frac{\text{rpm} \times 60 \times \emptyset \text{ neumático} \times \pi}{i \text{ diferencial} \times i \text{ marcha} \times 1000}$$

$$vf \text{ en 1era} = \frac{6135 \text{ rpm} \times 60 \times 0,5752\text{m} \times \pi}{4,29 \times 3,72 \times 1000}$$

$$vf \text{ en 1era} = \frac{665172,9311}{15958,8}$$

$$vf \text{ en 1era} = 41,68 \text{ Km/h}$$

4.2.3. Cálculo de velocidad final en 2da velocidad:

$$vf \text{ en 2da} = \frac{\text{rpm} \times 60 \times \emptyset \text{ neumático} \times \pi}{i \text{ diferencial} \times i \text{ marcha} \times 1000}$$

$$vf \text{ en } 2da = \frac{6135 \text{ rpm} \times 60 \times 0,5752\text{m} \times \pi}{4,29 \times 1,96 \times 1000}$$

$$vf \text{ en } 2da = \frac{665172,9311}{8408,4}$$

$$vf \text{ en } 2da = 79,11 \text{ Km/h}$$

4.2.4. Cálculo de velocidad final en 3era velocidad:

$$vf \text{ en } 3era = \frac{\text{rpm} \times 60 \times \varnothing \text{ neumático} \times \pi}{i \text{ diferencial} \times i \text{ marcha} \times 1000}$$

$$vf \text{ en } 3era = \frac{6135 \text{ rpm} \times 60 \times 0,5752\text{m} \times \pi}{4,29 \times 1,30 \times 1000}$$

$$vf \text{ en } 3era = \frac{665172,9311}{5577}$$

$$vf \text{ en } 3era = 119,27 \text{ Km/h}$$

4.2.5. Cálculo de velocidad final en 4ta velocidad:

$$vf \text{ en } 4ta = \frac{rpm \times 60 \times \varnothing \text{ neumático} \times \pi}{i \text{ diferencial} \times i \text{ marcha} \times 1000}$$

$$vf \text{ en } 4ta = \frac{6135 \text{ rpm} \times 60 \times 0,5752\text{m} \times \pi}{4,29 \times 0,95 \times 1000}$$

$$vf \text{ en } 4ta = \frac{665172,9311}{4075,5}$$

$$vf \text{ en } 4ta = 163,21 \text{ Km/h}$$

4.2.6. Cálculo de velocidad final en 5ta velocidad:

$$vf \text{ en } 5ta = \frac{rpm \times 60 \times \varnothing \text{ neumático} \times \pi}{i \text{ diferencial} \times i \text{ marcha} \times 1000}$$

$$vf \text{ en } 5ta = \frac{6135 \text{ rpm} \times 60 \times 0,5752\text{m} \times \pi}{4,29 \times 0,76 \times 1000}$$

$$vf \text{ en } 5ta = \frac{665172,9311}{3260,4}$$

$$v_f \text{ en } 5ta = 204,02 \text{ Km/h}$$

A partir de estos datos podemos observar las características de la caja original del Chevrolet Corsa 1.6L; y con esto determinar las nuevas relaciones de transmisión de 1era a 5ta y relación final (cono-corona); que sean optimas para las nuevas características que tendrá el motor al igual que las funciones que desempeñara el vehículo preparado y trucado para las disciplinas de rally clásico, trepada de montaña, rally sprint, súper especiales/dual, etc.

Por lo tanto es necesario que las nuevas relaciones de transmisión se encuentren en una media para que el vehículo sea competitivo en todas las disciplinas anteriormente mencionadas. Por lo que tanto el motor, caja de cambios, suspensión del vehículo, deben de estar preparados homogéneamente para que logre cumplir su función y llevado de un buen piloto y navegante, cumplir el objetivo principal que es terminar y ganar.

Velocidades	<i>i</i> de cada velocidad	<i>i</i> Final	Velocidad Final Máxima Km/h
1era	3,72:1	4,29:1	41,68
2da	1,96:1	4,29:1	79,11
3era	1,30:1	4,29:1	119,27
4ta	0,95:1	4,29:1	163,21
5ta	0,76:1	4,29:1	204,02

Tabla 4.3: Datos Originales de la Caja y Velocidad Final del Chevrolet Corsa

1.6L

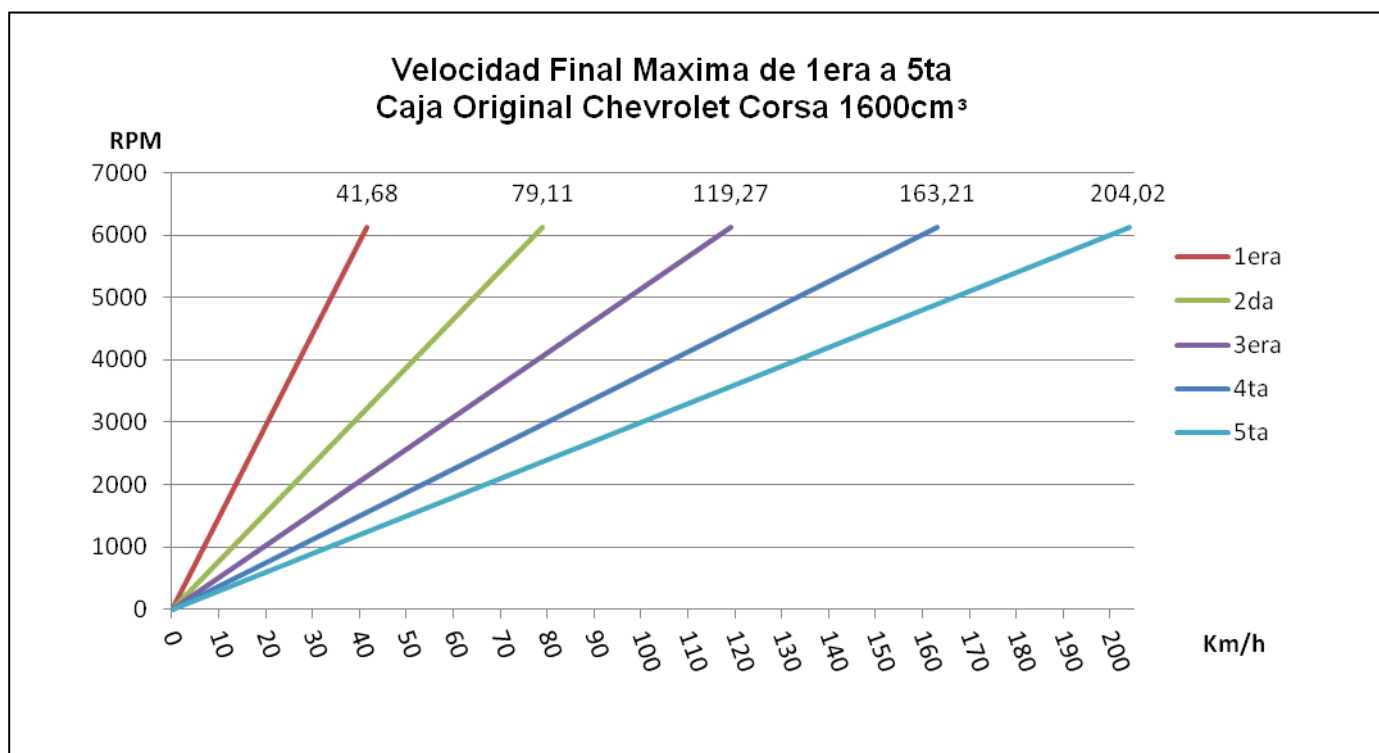


Tabla 4.4: Velocidad Final Máxima de 1era a 5ta velocidad de la Caja

Original Chevrolet Corsa 1.6L

Los datos fueron calculados con las revoluciones máximas del motor antes del corte de inyección, que es a las 6135 rpm.

4.3 CÁLCULO DE REDUCCIÓN

Este cálculo de reducción es lo contrario al cálculo de relación de transmisión, ya que dividimos el número de dientes del eje primario para el número de dientes del eje secundario y con esto obtenemos la reducción en cada una de las velocidades y de la misma manera dividimos el cono para la corona para obtener la reducción final. Con la multiplicación de la reducción final y la reducción en cada velocidad obtenemos la reducción total, que nos permite saber la desmultiplicación total de

las rpm del motor en las ruedas. De esta forma sabremos que 1 giro del motor cuanto será el giro que realiza la rueda.

Fórmula para calcular la reducción de rpm en cada velocidad:

$$\text{Reducción en cada velocidad} = \left[\frac{N \text{ de dientes del Eje Primario}}{N \text{ de dientes del Eje Secundario}} \right]$$

$$\text{Reducción final (cono - corona)} = \left[\frac{N \text{ de dientes del Cono}}{N \text{ de dientes Corona}} \right]$$

Reducción Final Total

$$= \left[\frac{N \text{ de dientes del Eje Primario}}{N \text{ de dientes del Eje Secundario}} \right] \times \left[\frac{N \text{ de dientes del Cono}}{N \text{ de dientes Corona}} \right]$$

Comenzaremos con el cálculo de reducción final ya que el resultado de esta reducción, es un dato será utilizado para la sacar la reducción final total en cada velocidad.

4.3.1. Cálculo de Reducción Final

$$\text{Reducción final (cono - corona)} = \left[\frac{N \text{ de dientes del Cono}}{N \text{ de dientes Corona}} \right]$$

$$\text{Reducción final (cono - corona)} = \frac{17}{73}$$

$$\text{Reducción final (cono - corona)} = 0,23$$

4.3.2. Cálculo de Reducción en 1era Velocidad

$$\text{Reducción en 1era} = \left[\frac{N \text{ de dientes de 1era del Eje Primario}}{N \text{ de dientes 1era del Eje Secundario}} \right]$$

$$\text{Reducción en 1era} = \frac{11}{41}$$

$$\text{Reducción en 1era} = 0,27$$

4.3.3. Cálculo de Reducción en 2da Velocidad

$$\text{Reducción en 2da} = \left[\frac{N \text{ de dientes de 2da del Eje Primario}}{N \text{ de dientes de 2da del Eje Secundario}} \right]$$

$$\text{Reducción en 2da} = \frac{23}{45}$$

$$\text{Reducción en 2da} = 0,51$$

4.3.4. Cálculo de Reducción en 3era Velocidad

$$\text{Reducción en 3era} = \left[\frac{N \text{ de dientes de 3ra del Eje Primario}}{N \text{ de dientes de 3era del Eje Secundario}} \right]$$

$$\text{Reducción en 3era} = \frac{33}{43}$$

$$\text{Reducción en 3era} = 0,77$$

4.3.5. Cálculo de Reducción en 4ta Velocidad

$$\text{Reducción en 4ta} = \left[\frac{N \text{ de dientes 4ta del Eje Primario}}{N \text{ de dientes 4ta del Eje Secundario}} \right]$$

$$\text{Reducción en 4ta} = \frac{37}{35}$$

$$\text{Reducción en 4ta} = 1,06$$

4.3.6. Cálculo de Reducción en 5ta Velocidad

$$\text{Reducción en 5ta} = \left[\frac{N \text{ de dientes de 5ta del Eje Primario}}{N \text{ de dientes de 5ta del Eje Secundario}} \right]$$

$$\text{Reducción en 5ta} = \frac{46}{35}$$

$$\text{Reducción en 5ta} = 1,31$$

4.3.7. Cálculo de Reducción Final Total en 1era Velocidad

Reducción Final Total en 1era = [Reducción en 1era velocidad x Reducción Final]

Reducción Final Total en 1era = [0,27 x 0,23]

Reducción Final Total en 1era = 0,0621

4.3.8. Cálculo de Reducción Final Total en 2da Velocidad

Reducción Final Total en 2da = [Reducción en 2da velocidad x Reducción Final]

Reducción Final Total en 2da = [0,51 x 0,23]

Reducción Final Total en 2da = 0,1173

4.3.9. Cálculo de Reducción Final Total en 3era Velocidad

Reducción Final Total en 3era = [Reducción en 3era velocidad x Reducción Final]

Reducción Final Total en 3era = [0,77 x 0,23]

Reducción Final Total en 3era = 0,1771

4.3.10. Cálculo de Reducción Final Total en 4ta Velocidad

Reducción Final Total en 4ta = [Reducción en 4ta velocidad x Reducción Final]

Reducción Final Total en 4ta = [1,06 x 0,23]

Reducción Final Total en 4ta = 0,2438

4.3.11. Cálculo de Reducción Final Total en 5ta Velocidad

Reducción Final Total en 5ta = [Reducción en 5ta velocidad x Reducción Final]

Reducción Final Total en 5ta = [1,31 x 0,23]

Reducción Final Total en 5ta = 0,3013

4.4 CÁLCULO DE RPM EN LAS RUEDAS EN CADA VELOCIDAD (1ERA A 5TA)

El cálculo de rpm en las ruedas en cada velocidad de 1era a 5ta; es la reducción de las revoluciones del motor en la caja de velocidades mas la reducción en el conjunto diferencial. Debido a que queremos saber el número de revoluciones máximas en las ruedas con cada una de las velocidades, debemos utilizar el número de revoluciones máximas de nuestro motor antes del corte de inyección; que para el Chevrolet Corsa 1,6L es de 6135 rpm del motor.

Fórmula para calcular las rpm máximas de las ruedas en cada velocidad:

$$RPM \text{ en las ruedas} = \frac{i \text{ de cada velocidad (de 1era a 5ta)} \times i \text{ final (cono - corona)}}{rpm \text{ max del motor}}$$

O también:

$$RPM \text{ en las ruedas} = Reducción \text{ Final Total} \times RPM \text{ max del motor}$$

4.4.1. Cálculo de RPM en las ruedas en 1era Velocidad

$$RPM \text{ en las ruedas en 1era} = Reducción \text{ Final Total en 1era} \times RPM \text{ max del motor}$$

$$RPM \text{ en las ruedas en 1era} = 0,0621 \times 6135$$

$$RPM \text{ en las ruedas en 1era} = 380,98 \text{ rpm}$$

4.4.2. Cálculo de RPM en las ruedas en 2da Velocidad

$$RPM \text{ en las ruedas en 2da} = Reducción \text{ Final Total en 2da} \times RPM \text{ max del motor}$$

$$RPM \text{ en las ruedas en 2da} = 0,1173 \times 6135$$

$$RPM \text{ en las ruedas en 2da} = 719,64 \text{ rpm}$$

4.4.3. Cálculo de RPM en las ruedas en 3era Velocidad

RPM en las ruedas en 3era = Reducción Final Total en 3era x RPM max del motor

RPM en las ruedas en 3era = 0,1771 x 6135

RPM en las ruedas en 3era = 1086,51 rpm

4.4.4. Cálculo de RPM en las ruedas en 4ta Velocidad

RPM en las ruedas en 4ta = Reducción Final Total en 4ta x RPM max del motor

RPM en las ruedas en 4ta = 0,2438 x 6135

RPM en las ruedas en 4ta = 1495,71 rpm

4.4.5. Cálculo de RPM en las ruedas en 5ta Velocidad

RPM en las ruedas en 5ta = Reducción Final Total en 5ta x RPM max del motor

RPM en las ruedas en 5ta = 0,2438 x 6135

RPM en las ruedas en 5ta = 1848,48 rpm

Velocidades	Reducción en la Transmisión	Reducción Final	Reducción Final Total	RPM max en el Motor	RPM max en las Ruedas
1 era	0,27	0,23	0,0621	6135	380,9835
2 da	0,51	0,23	0,1173	6135	719,6355
3 era	0,77	0,23	0,1771	6135	1086,5085
4 ta	1,06	0,23	0,2438	6135	1495,713
5 ta	1,31	0,23	0,3013	6135	1848,4755

Tabla 4.5: RPM máximas en las ruedas, en cada velocidad (1era a 5ta)

Con esta tabla podemos observar la función que tiene la transmisión y el conjunto diferencial, ya que en los dos podemos observar una muy clara reducción de las revoluciones por minuto del motor.

Esta reducción de las rpm del motor permite generar un torque muy alto, el cual permite al vehículo vencer todas las fuerzas para salir del reposo, avanzar y poder aumentar su velocidad con el cambio continuo de las velocidades (1era a 5ta).

Velocidades	RPM en el Motor	RPM en las Ruedas	% de RPM Utilizadas
1 era	6135	380,9835	6,21
2 da	6135	719,6355	11,73
3 era	6135	1086,5085	17,71
4 ta	6135	1495,713	24,38
5 ta	6135	1848,4755	30,13

Tabla 4.6: Porcentaje de RPM del motor utilizadas en las Ruedas

En esta tabla lo que queremos demostrar es cuanto es el porcentaje de revoluciones del motor utilizadas. Como podemos ver hasta en 5ta velocidad, que es la que tiene una menor reducción, hay un 69,87% de rpm en reducción. Por lo que el 30,13% de rpm del motor utilizadas en las ruedas son las que permiten alcanzar la velocidad máxima del vehículo. Pero cuál será la velocidad máxima del vehículo si la relación seria final total seria 1:1.

4.4.6. Cálculo de velocidad final si la relación es 1:1

$$v_{f \text{ i } 1:1} = \frac{\text{rpm} \times 60 \times \varnothing \text{ neumático} \times \pi}{1000}$$

$$v_{f \text{ i } 1:1} = \frac{6135 \text{ rpm} \times 60 \times 0,5752\text{m} \times \pi}{1000}$$

$$v_{f \text{ i } 1:1} = \frac{665172,9311}{1000}$$

$$v_{f \text{ i } 1:1} = 665,17 \text{ Km/h}$$

Como podemos ver esta velocidad es muy alta, y debido al peso del vehículo, el rozamiento, la gravedad, etc.; es imposible lograr esta velocidad ya que el motor no tendría ni el torque ni la potencia necesaria para vencer estas fuerzas. Por esta razón la transmisión y el conjunto diferencial son parte fundamental para determinar la velocidad final en cada una de las velocidades. Haciendo que varíen

de igual manera las curvas de torque y potencia dependiendo de la relación de transmisión.

Permitiendo así tener diferentes tipos de cajas para diferentes aplicaciones, los ejemplos en la industria más comunes serian, las cajas playeras, conocidas como cajas largas, para una mayor potencia y velocidad final; y las cajas de montaña o cajas cortas, que tienen un mayor torque y su velocidad final es menor. De estas que vienen como equipo original también están las de alto desempeño, en las cuales se modifica la relación de cada una de las velocidades y la relación de cono-corona, para poder ser utilizadas en las diferentes disciplinas del automovilismo, como cajas para pista, $\frac{1}{4}$ de milla, rally clásico, etc.

Estas cajas tienen que ser preparadas teniendo en cuenta las características del motor, la disciplina en la que se va utilizar, etc. Por lo que el diseño y preparación de una caja de cambios y conjunto diferencial es fundamental. Y por estas razones que vamos a modificar todas las relaciones de transmisión y conjunto diferencial a nuestro vehículo Chevrolet Corsa 1,6L para que sea optimo para rally.

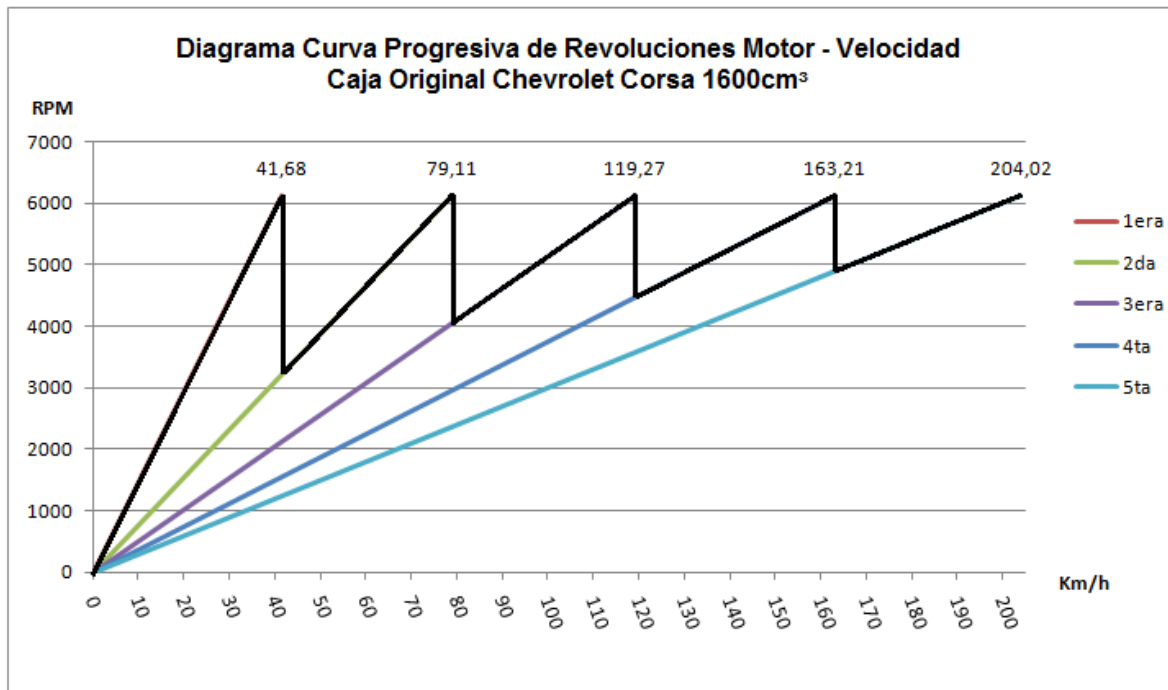


Diagrama 1: Curva Progresiva de Revoluciones de Motor

Este diagrama nos indica la dependencia entre las revoluciones del motor y la velocidad del vehículo, teniendo en cuenta el corte de la inyección que es a las 6135 rpm. La curva negra nos indica la velocidad progresiva del vehículo con respecto a cada velocidad (1era a 5ta) y la caída de rpm del motor en el cambio de velocidad, por lo que es también la curva progresiva de las revoluciones del motor con las velocidades de 1era a 5ta. Este aumento de la velocidad la podemos observar desde 0 rpm del motor, el motor en ralentí (950 ± 50 rpm), y el corte de la inyección; dando el resultado de la velocidad final que el vehículo va alcanzar, con la relación de transmisión, relación final y las características del neumático. Con estos datos podemos observar que la velocidad final máxima que el vehículo Chevrolet Corsa 1,6L va a llegar a tener es de 204,02 Km/h.

4.5 CÁLCULO DE RELACIONES DE TRANSMISIÓN MODIFICADAS DE 1ERA A 5TA VELOCIDAD

Como vimos anteriormente necesitamos el número de dientes de cada una de las velocidades del eje primario, como las del eje secundario; para poder obtener la relación de transmisión en cada una de las velocidades.

Velocidades	Número de Dientes Eje Primario		Número de Dientes Eje Secundario	
1 era	Z_1	12	Z_2	35
2 da	Z_3	16	Z_4	31
3 era	Z_5	18	Z_6	27
4 ta	Z_7	20	Z_8	24
5 ta	Z_9	25	Z_{10}	25

Tabla 4.7: Datos de Número de Dientes de la Transmisión Modificada

4.5.1 Relación de Primera Velocidad Modificada

$$i_{1 \text{ Modificada}} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

$$i_{1 \text{ Modificada}} = \frac{35}{12}$$

$$i_{1 \text{ Modificada}} = 2,916$$

$$i_{1 \text{ Original}} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

$$i_{1 \text{ Original}} = \frac{41}{11}$$

$$i_{1 \text{ Original}} = 3,72$$

4.5.2 Relación de Segunda Velocidad Modificada

$$i_{2 \text{ Modificada}} = \frac{Z_3}{Z_4}$$

$$i_{2 \text{ Modificada}} = \frac{31}{16}$$

$$i_{2 \text{ Modificada}} = 1,9375$$

$$i_{2 \text{ Original}} = \frac{Z_3}{Z_4}$$

$$i_{2 \text{ Original}} = \frac{45}{23}$$

$$i_{2 \text{ Original}} = 1,96$$

4.5.3 Relación de Tercera Velocidad Modificada

$$i_{3 \text{ Modificada}} = \frac{Z_5}{Z_6}$$

$$i_{3 \text{ Modificada}} = \frac{27}{18}$$

$$i_{3 \text{ Modificada}} = 1,5$$

$$i_{3 \text{ Original}} = \frac{Z_5}{Z_6}$$

$$i_{3 \text{ Original}} = \frac{43}{33}$$

$$i_{3 \text{ Original}} = 1,3$$

4.5.4 Relación de Cuarta Velocidad Modificada

$$i_{4 \text{ Modificada}} = \frac{Z_7}{Z_8}$$

$$i_{4 \text{ Modificada}} = \frac{24}{20}$$

$$i_{4 \text{ Modificada}} = 1,2$$

$$i_{4 \text{ Original}} = \frac{Z_7}{Z_8}$$

$$i_{4 \text{ Original}} = \frac{35}{37}$$

$$i_{4 \text{ Original}} = 0,95$$

4.5.5 Relación de Quinta Velocidad Modificada

$$i_{5 \text{ Modificada}} = \frac{Z_9}{Z_{10}}$$

$$i_{5 \text{ Modificada}} = \frac{25}{25}$$

$$i_{5 \text{ Modificada}} = 1$$

$$i_{5 \text{ Original}} = \frac{Z_9}{Z_{10}}$$

$$i_{5 \text{ Original}} = \frac{35}{46}$$

$$i_{5 \text{ Original}} = 0,76$$

4.5.6 Cálculo de Relaciones Final

Debido a que se ha realizado modificaciones en los engranes de primera a quinta velocidad tanto en el eje primario como secundario; mantuvimos la relación final original; por lo que los valores del cono y la corona se mantienen iguales.

CONO		CORONA	
Z_{11}	17	Z_{12}	73

Tabla 4.8: Datos de Número de Dientes del Cono – Corona Modificados

Relación Final Original

$$i_{Final\ Original} = \frac{Z_{12}}{Z_{11}}$$

$$i_{Final\ Original} = \frac{73}{17}$$

$$i_{Final\ Original} = 4,26$$

4.6 CÁLCULO DE VELOCIDAD FINAL DE 1ERA A 5 VELOCIDAD DE LA CAJA DE CAMBIOS DEL VEHÍCULO CHEVROLET CORSA 1.6L CON DATOS MODIFICADOS.

Para calcular la velocidad Final de primera a quinta velocidad, utilizamos los datos modificados. Los datos que se han modificado son:

- RPM máximas del motor antes del corte de inyección
- Las nuevas relaciones de transmisión de 1era a 5ta velocidad
- Las dimensiones de los neumáticos para rally, que cumplan los reglamentos.

Estas modificaciones alteraran la velocidad final de 1era a 5ta velocidad haciendo que sean óptimas para un buen desempeño del vehículo a la hora de la competencia. Datos Modificados:

Dimensiones del Neumático para Rally: 175 /60 R13

RPM máximas del motor antes del corte de inyección modificado: 7200 rpm

Relación de 1era velocidad modificada: 2,916:1

Relación de 2da velocidad modificada: 1,9375:1

Relación de 3era velocidad modificada: 1,5:1

Relación de 4ta velocidad modificada: 1,2:1

Relación de 5ta velocidad modificada: 1:1

Relación final (cono-corona) modificada: 4,26:1

Velocidad máxima en cada velocidad (1era a 5ta): ?

4.6.1 Cálculo del Diámetro del Neumático para Rally:

Datos del neumático para rally 175/60R13

$$Rin = 13" \times 25,4mm = 330,2 \text{ mm}$$

$$Perfil \text{ del neumático} = (175mm \times 60\%) \times 2 = 210 \text{ mm}$$

Por lo tanto:

$$\emptyset \text{ del neumático} = rin + perfil \text{ del neumático}$$

$$\emptyset \text{ del neumático} = 330,2mm + 210mm$$

$$\emptyset \text{ del neumático} = 540,2mm = 0,5402m$$

4.6.2 Cálculo de velocidad final en 1ra velocidad modificada:

$$vf \text{ modificada en 1era} = \frac{rpm \times 60 \times \emptyset \text{ neumático} \times \pi}{i \text{ diferencial} \times i \text{ marcha} \times 1000}$$

$$vf \text{ modificada en 1era} = \frac{7200rpm \times 60 \times 0,5402m \times \pi}{4,29 \times 2,916 \times 1000}$$

$$vf \text{ modificada en 1era} = \frac{733142,1678}{12509,64}$$

$$vf \text{ modificada en 1era} = 58,61 \text{ Km/h}$$

4.6.3 Cálculo de velocidad final en 2da velocidad modificada:

$$vf \text{ modificada en 2da} = \frac{\text{rpm} \times 60 \times \varnothing \text{ neumático} \times \pi}{i \text{ diferencial} \times i \text{ marcha} \times 1000}$$

$$vf \text{ modificada en 2da} = \frac{7200 \text{rpm} \times 60 \times 0,5402 \text{m} \times \pi}{4,29 \times 1,9375 \times 1000}$$

$$vf \text{ modificada en 2da} = \frac{733142,1678}{8311,875}$$

$$vf \text{ modificada en 2da} = 88,20 \text{ Km/h}$$

4.6.4 Cálculo de velocidad final en 3era velocidad modificada:

$$vf \text{ modificada en 3era} = \frac{\text{rpm} \times 60 \times \varnothing \text{ neumático} \times \pi}{i \text{ diferencial} \times i \text{ marcha} \times 1000}$$

$$vf \text{ modificada en 3era} = \frac{7200\text{rpm} \times 60 \times 0,5402\text{m} \times \pi}{4,29 \times 1.5 \times 1000}$$

$$vf \text{ modificada en 3era} = \frac{733142,1678}{6435}$$

$$vf \text{ modificada en 3era} = 113,93 \text{ Km/h}$$

4.6.5 Cálculo de velocidad final en 4ta velocidad modificada:

$$vf \text{ modificada en 4ta} = \frac{\text{rpm} \times 60 \times \varnothing \text{ neumático} \times \pi}{i \text{ diferencial} \times i \text{ marcha} \times 1000}$$

$$vf \text{ modificada en 4ta} = \frac{7200\text{rpm} \times 60 \times 0,5402\text{m} \times \pi}{4,29 \times 1.5 \times 1000}$$

$$vf \text{ modificada en 4ta} = \frac{733142,1678}{5148}$$

$$vf \text{ modificada en 4ta} = 142,41 \text{ Km/h}$$

4.6.6 Cálculo de velocidad final en 5ta velocidad modificada:

$$vf \text{ modificada en 5ta} = \frac{\text{rpm} \times 60 \times \emptyset \text{ neumático} \times \pi}{i \text{ diferencial} \times i \text{ marcha} \times 1000}$$

$$vf \text{ modificada en 5ta} = \frac{7200\text{rpm} \times 60 \times 0,5402\text{m} \times \pi}{4,29 \times 1 \times 1000}$$

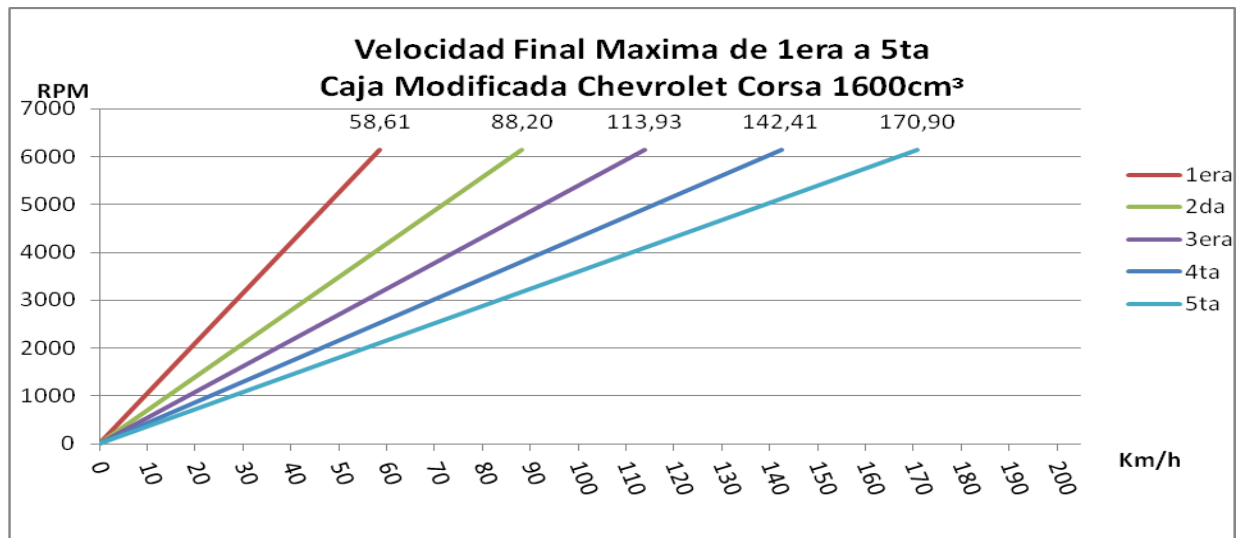
$$vf \text{ modificada en 5ta} = \frac{733142,1678}{4290}$$

$$vf \text{ modificada en 5ta} = 170,90 \text{ Km/h}$$

Velocidades	<i>i</i> de cada velocidad	<i>i</i> Final	Velocidad Final Máxima Km/h
1era	2,916:1	4,29	58,61
2da	1,9375:1	4,29	88,20
3era	1,5:1	4,29	113,93
4ta	1,2:1	4,29	142,41
5ta	1:1	4,29	170,90

Tabla 4.9: Datos Modificados de la Caja y Velocidad Final del Chevrolet

Corsa Preparado para Rally



**Diagrama 2: Velocidad Final Máxima de 1era a 5ta velocidad del Chevrolet
Corsa Preparado para Rally**

Con esta tabla podemos observar y analizar las nuevas características de velocidad final que tiene la caja modificada; que posteriormente la compararemos y analizaremos con la tabla de la caja original.

4.7 CÁLCULO DE REDUCCIÓN CAJA MODIFICADA

4.7.1 Cálculo de Reducción Final

Como mantenemos el cono-corona original la reducción final se mantiene.

$$\text{Reducción final (cono - corona)} = 0,23$$

4.7.2 Cálculo de Reducción en 1era Velocidad Modificada

$$\text{Reducción Modificada en 1era} = \left[\frac{N \text{ de dientes de 1era del Eje Primario}}{N \text{ de dientes 1era del Eje Secundario}} \right]$$

$$\text{Reducción Modificada en 1era} = \frac{12}{35}$$

$$\text{Reducción Modificada en 1era} = 0,34$$

4.7.3 Cálculo de Reducción en 2da Velocidad Modificada

$$\text{Reducción Modificada en 2da} = \left[\frac{N \text{ de dientes de 2da del Eje Primario}}{N \text{ de dientes de 2da del Eje Secundario}} \right]$$

$$\text{Reducción Modificada en 2da} = \frac{16}{31}$$

$$\text{Reducción Modificada en 2da} = 0,52$$

4.7.4 Cálculo de Reducción en 3era Velocidad Modificada

$$\text{Reducción Modificada en 3era} = \left[\frac{N \text{ de dientes de 3ra del Eje Primario}}{N \text{ de dientes de 3era del Eje Secundario}} \right]$$

$$\text{Reducción Modificada en 3era} = \frac{18}{27}$$

$$\text{Reducción Modificada en 3era} = 0,66$$

4.7.5 Cálculo de Reducción en 4ta Velocidad Modificada

$$\text{Reducción Modificada en 4ta} = \left[\frac{N \text{ de dientes 4ta del Eje Primario}}{N \text{ de dientes 4ta del Eje Secundario}} \right]$$

$$\text{Reducción Modificada en 4ta} = \frac{20}{24}$$

$$\text{Reducción Modificada en 4ta} = 0,83$$

4.7.6 Cálculo de Reducción en 5ta Velocidad Modificada

$$\text{Reducción Modificada en 5ta} = \left[\frac{N \text{ de dientes de 5ta del Eje Primario}}{N \text{ de dientes de 5ta del Eje Secundario}} \right]$$

$$\text{Reducción Modificada en 5ta} = \frac{25}{25}$$

$$\text{Reducción Modificada en 5ta} = 1$$

4.7.7 Cálculo de Reducción Final Total Modificada en 1era Velocidad

Reducción Final Total en 1era = [Reducción en 1era velocidad x Reducción Final]

Reducción Final Total Modificada en 1era = [0,34 x 0,23]

Reducción Final Total Modificada en 1era = 0,0782

4.7.8 Cálculo de Reducción Final Total Modificada en 2da Velocidad

Reducción Final Total en 2da = [Reducción en 2da velocidad x Reducción Final]

Reducción Final Total Modificada en 2da = [0,52 x 0,23]

Reducción Final Total Modificada en 2da = 0,1196

4.7.9 Cálculo de Reducción Final Total Modificada en 3era Velocidad

Reducción Final Total en 3era = [Reducción en 3era velocidad x Reducción Final]

Reducción Final Total Modificada en 3era = [0,66 x 0,23]

Reducción Final Total Modificada en 3era = 0,1518

4.7.10 Cálculo de Reducción Final Total Modificada en 4ta Velocidad

$$\text{Reducción Final Total en 4ta} = [\text{Reducción en 4ta velocidad} \times \text{Reducción Final}]$$

$$\text{Reducción Final Total Modificada en 4ta} = [0,83 \times 0,23]$$

$$\text{Reducción Final Total Modificada en 4ta} = 0,1909$$

4.7.11 Cálculo de Reducción Final Total Modificada en 5ta Velocidad

$$\text{Reducción Final Total en 5ta} = [\text{Reducción en 5ta velocidad} \times \text{Reducción Final}]$$

$$\text{Reducción Final Total Modificada en 5ta} = [1 \times 0,23]$$

$$\text{Reducción Final Total Modificada en 5ta} = 0,23$$

4.8 CÁLCULO DE RPM EN LAS RUEDAS EN CADA VELOCIDAD MODIFICADA (1ERA A 5TA)

El cálculo de rpm en las ruedas en cada velocidad de 1era a 5ta es para determinar el número de revoluciones máximas en las ruedas; teniendo en cuenta la modificación en el corte de inyección y los cálculos anteriormente realizados de reducción final total.

4.8.1 Cálculo de RPM en las ruedas en 1era Velocidad Modificada

RPM en las ruedas en 1era = Reducción Final Total en 1era x RPM max del motor

RPM en las ruedas en 1era = 0,0782 x 7200

RPM en las ruedas en 1era = 563,04 rpm

4.8.2 Cálculo de RPM en las ruedas en 2da Velocidad Modificada

RPM en las ruedas en 2da = Reducción Final Total en 2da x RPM max del motor

RPM en las ruedas en 2da = 0,1196x 7200

RPM en las ruedas en 2da = 861,12 rpm

4.8.3 Cálculo de RPM en las ruedas en 3era Velocidad Modificada

RPM en las ruedas en 3era = Reducción Final Total en 3era x RPM max del motor

RPM en las ruedas en 3era = 0,1518 x 7200

RPM en las ruedas en 3era = 1092,96 rpm

4.8.4 Cálculo de RPM en las ruedas en 4ta Velocidad Modificada

RPM en las ruedas en 4ta = Reducción Final Total en 4ta x RPM max del motor

RPM en las ruedas en 4ta = 0,1909 x 7200

RPM en las ruedas en 4ta = 1374,48 rpm

4.8.5 Cálculo de RPM en las ruedas en 5ta Velocidad Modificada

RPM en las ruedas en 5ta = Reducción Final Total en 5ta x RPM max del motor

RPM en las ruedas en 5ta = 0,23 x 7200

RPM en las ruedas en 5ta = 1656 rpm

Velocidades	Reducción en la Transmisión	Reducción Final	Reducción Final Total	RPM en el Motor	RPM en las Ruedas
1 era	0,27	0,23	0,0621	6135	380,9835
2 da	0,51	0,23	0,1173	6135	719,6355
3 era	0,77	0,23	0,1771	6135	1086,5085
4 ta	1,06	0,23	0,2438	6135	1495,713
5 ta	1,31	0,23	0,3013	6135	1848,4755

Tabla 4.11: RPM máximas en las ruedas, en cada velocidad modificada (1era a 5ta)

En la tabla podemos observar las nuevas características que tienen las revoluciones por minuto en las ruedas en función de las nuevas relaciones de transmisión y el modificado corte de revoluciones.

Velocidades	RPM en el Motor	RPM en las Ruedas	% de RPM Utilizadas
1 era	7200	563,04	7,82
2 da	7200	861,12	11,96
3 era	7200	1092,96	15,18
4 ta	7200	1374,48	19,09
5 ta	7200	1656	23

Tabla 4.12: Porcentaje de RPM del motor utilizado en las Ruedas

En la tabla lo que queremos demostrar cuanto es el porcentaje de revoluciones del motor utilizadas. En 5ta velocidad, que es la que tiene una menor reducción, hay un 77% de las rpm, en reducción y 23% de rpm del motor utilizadas en las ruedas y son las que permiten alcanzar la velocidad máxima del vehículo.

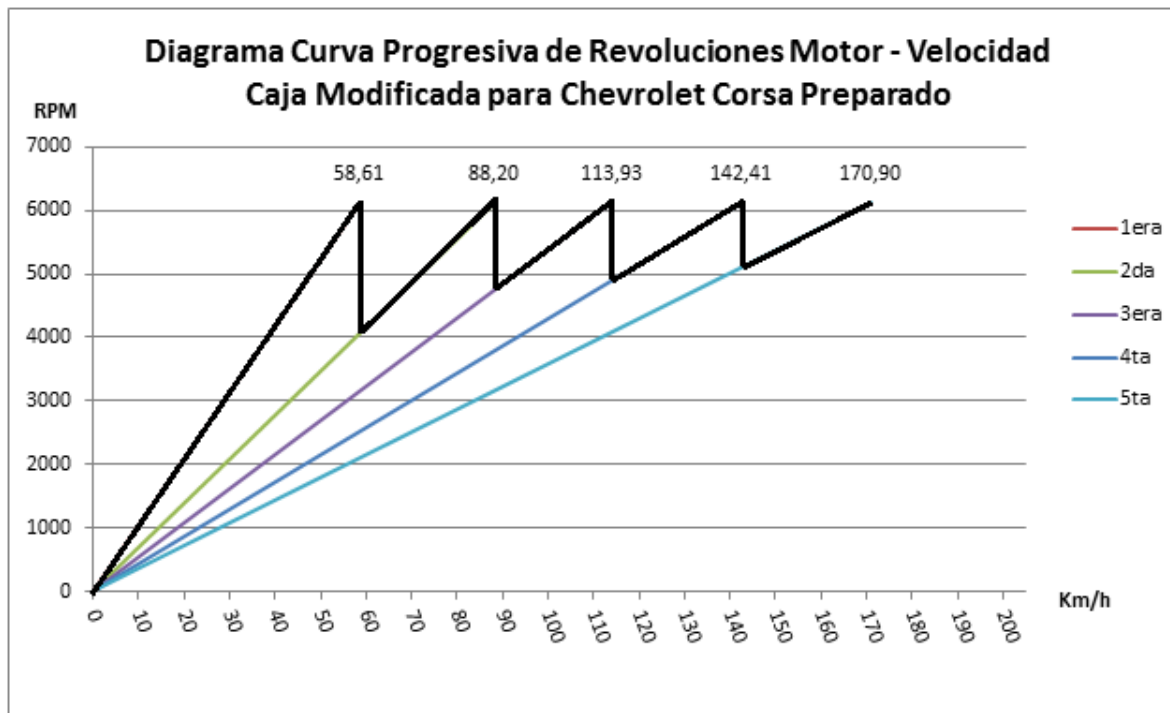


Diagrama 3: Curva Progresiva de Revoluciones de Motor con Caja Modificada y Corte de Inyección Modificado

En el diagrama podemos observar la curva progresiva de las revoluciones; teniendo en cuenta la modificación de las relaciones de transmisión de primera a quinta velocidad, los neumáticos que cumplen las normativas de la disciplina (rally) y que el corte de la inyección, a las 7200rpm; además nos indica la caída de rpm del motor en el cambio de velocidad, por lo que es también la curva progresiva de las revoluciones del motor con las velocidades de 1era a 5ta. Este aumento de la velocidad la podemos observar desde 0 rpm del motor, el motor en ralentí (1200 ± 50 rpm), y el corte de la inyección; dando el resultado de la

velocidad final que el vehículo va alcanzar, con la relación de transmisión, relación final y las características del neumático. Con estos datos podemos observar que la velocidad final máxima que el vehículo Chevrolet Corsa Modificado va a llegar a tener es de 170,90Km/h.

CAPITULO V

COMPARACIÓN CHEVROLET CORSA 1.6L VS. CHEVROLET

CORSA PREPARADO

Para poder tener más información y determinar que las modificaciones realizadas fueron exitosas; es necesario realizar la comparación entre el vehículo en estado original y el vehículo preparado; y posteriormente realizar un análisis de los cambios comparando las dos curvas progresivas de revoluciones del motor – velocidad; donde podremos observar como mejoro el vehículo de serie, al realizarle todas las modificaciones.

5.1 COMPARACIÓN ENTRE LAS RELACIONES DE TRANSMISIÓN

Como podemos ver en la siguiente tabla; las modificaciones de los dientes han sido en cada una de las velocidades, tanto en el eje primario como en el secundario. Las modificaciones tanto en primera, tercera, cuarta y quinta velocidad tienen una diferencia notable; mientras que segunda es muy parecida.

Velocidades	Datos de la Caja Modificada			Datos de la Caja Modificada		
	Eje Primario	Eje Secundario	<i>i</i>	Eje Primario	Eje Secundario	<i>i</i>
1 era	12	35	2,916:1	11	41	3,71:1
2 da	16	31	1,9375:1	23	45	1,96:1
3 era	18	27	1,5:1	33	43	1,30:1
4 ta	20	24	1,2:1	37	35	0,95:1
5 ta	25	25	1:1	46	35	0,76:1

Tabla 5.1: Comparación entre las Relaciones de Transmisión

5.2 COMPARACIÓN ENTRE LOS CORTES DE INYECCIÓN

Conjuntamente con la tesis de mis compañeros; que realizaron la preparación del motor y programación de la computadora Haltech programable; se determinó que el corte a la inyección es a las 7200rpm, corte suave. Mientras que la computadora original tiene un corte fijo, no modificable y fuerte a las 6135rpm.

Corte de la inyección Original	Corte de la Inyección Modificado
6135rpm del Motor	7200rpm del Motor

Tabla 5.2: Comparación entre los Cortes de Inyección

Recordar que el corte de la inyección con la computadora Haltech programable puede ser modificado dependiendo de los requerimientos del piloto. Las modificaciones se pueden realizar para otros parámetros del motor. Únicamente el corte de la inyección es el cual va a determinar la velocidad final del vehículo.

5.3 COMPARACIÓN ENTRE LAS REDUCCIONES DE LA TRANSMISIÓN Y ANÁLISIS

Como podemos observar esta tabla está ligada a las rpm del motor por lo que la variación en rpm en las ruedas varía considerablemente; en primera podemos ver que hay más rpm en las ruedas por lo que el porcentaje de rpm utilizadas es mayor; en segunda es el mismo caso; pero en tercera, la caja modificada a pesar que utiliza menos porcentaje de rpm del motor debido al cambio en el corte de inyección y la modificación en los engranes de esta velocidad, está igual genera más rpm en las ruedas. Cuarta y quinta velocidad modificadas tienen un porcentaje de rpm del motor utilizadas mucho menor que las originales al igual que las rpm en las ruedas; aunque existe una diferencia de 1065rpm entre el corte original y el modificado.

Velocidades	Reducción Modificada			Reducción Original		
	RPM en el Motor	RPM en las Ruedas	% de RPM Utilizadas del Motor	RPM en el Motor	RPM en las Ruedas	% de RPM Utilizadas del Motor
1 era	7200	563,04	7,82	6135	380,9835	6,21
2 da	7200	861,12	11,96	6135	719,6355	11,73
3 era	7200	1092,96	15,18	6135	1086,5085	17,71
4 ta	7200	1374,48	19,09	6135	1495,713	24,38
5 ta	7200	1656	23	6135	1848,4755	30,13

Tabla 5.3: Comparación entre las Reducciones de la Transmisión

5.4 COMPARACIÓN ENTRE LOS NEUMÁTICOS Y ANÁLISIS

Los neumáticos originales vs neumáticos de competencia; son totalmente diferentes variando en compuestos duros, medios, blandos, supera blandos; dependiendo de la superficie: para lluvia, nieve, asfalto, arena, piedra, mixto; tienen muchas características, pero la que es más relevante para nosotros como preparadores, es las dimensiones del mismo, ya que estas deben ajustarse al reglamento interno de la competencia y es la información que dará la velocidad final del vehículo después de las variables (rpm máximas del motor, transmisión y diferencial).

Como podemos observar en la tabla, la diferencia entre los dos neumáticos es de 0,103 metros; esta pequeña diferencia con las rpm máximas del motor y transmisión crea otras características de velocidad final aunque se trate de las mismas variables (rpm del motor y transmisión); por lo que al modificar el corte de la inyección, más las modificación en las relaciones de las velocidades y el neumático reglamentario; las características varían considerablemente permitiendo que el vehiculó pase de ser uno de serie a uno de competencia; teniendo en cuenta las demás modificaciones tanto en frenos, carrocería, motor, seguridad, etc.

	Reglamentarias	Originales
Dimensiones del Neumático	175/60R13	175/70R13
Diámetro del Neumático (metros)	0,5402	0,5752
Perímetro (metros)	1,697	1,8

Tabla 5.4: Comparación entre los neumáticos

5.5 COMPARACIÓN ENTRE LAS VELOCIDADES FINALES

Las velocidades finales dependen del corte de la inyección o rpm del motor máximas, de la relación de 1era a 5ta velocidad, de la relación final cono-corona y finalmente las dimensiones del neumático. Y apreciamos que primera, cuarta y quinta velocidad tienen variaciones notables y tercera son los más semejantes por 5,34 km/h.

Velocidades	Vf Modificada (Km/h)	Vf Original (Km/h)	Variación en (Km/h)
1era	58,61	41,68	16,93
2da	88,2	79,11	9,09
3era	113,93	119,27	5,34
4ta	142,41	163,21	20,8
5ta	170,9	204,02	33,12

Tabla 5.5: Comparación entre las velocidades Finales

En esta tabla lo que deseamos comparar son las diferencias entre las velocidades de la misma caja; y cómo podemos ver la caja modificada es muy prolija ya que la diferencia entre la mayor y menor diferencia de velocidad es de 3,86km/h; mientras que en la original 6,51km/h.

Con esto podemos decir que la caída de rpm de la transmisión modificada va a ser pareja en todos los cambios, si es secuencial el cambio de 1era a 5ta velocidad y la caída de revoluciones por minuto no van a ser tan drásticas, lo que permitirá mantener el torque y la potencia del motor incluso en pendientes

pronunciadas; mientras que en la transmisión original, va a tener caídas de revoluciones que en algunos casos son muy considerables, pero que son aptas para la conducción urbana, donde se tiene tráfico y normas viales tales como límite de velocidad determinado; por estas razones las transmisiones manuales originales tienen estas características que son principalmente dar confort al conductor.

Esta tabla se la puede comprender cuando analicemos las curvas progresivas posteriormente.

	Diferencias entre Velocidades Modificadas (Km/h)	Diferencias entre Velocidades Originales (Km/h)
1era - 2da	29,59	37,43
2da - 3era	25,73	40,16
3era - 4ta	28,48	43,94
4ta - 5ta	28,49	40,81
Promedio	28,0725	40,585
Diferencia Menor - Mayor	3,86	6,51

Tabla 5.6: Diferencias entre Velocidades de la misma Transmisión

5.6 COMPARACIÓN Y ANÁLISIS DEL DIAGRAMA CURVA PROGRESIVA DE RPM DEL MOTOR-VELOCIDAD FINAL Y CAÍDA DE RPM DEL MOTOR AL CAMBIO SECUENCIAL DE VELOCIDAD 1ERA A 5TA; ENTRE LA CAJA MODIFICADA CHEVROLET CORSA PREPARADO Y CAJA ORIGINAL CHEVROLET CORSA 1.6L

Llegamos al punto donde gráficamente podemos apreciar todos los cambios y determinar el porqué de los mismos y porqué son necesarios modificarlos para convertir un vehículo de serie en uno de competencias que tenga características óptimas para ganar, que es el punto más importante de cualquier competencia y modificación.

5.6.1 Comparación y Análisis Primera Velocidad

Como podemos observar en el diagrama; la velocidad final de la caja modificada es mayor por 16,96Km/h; esto es debido a que necesitamos que la primera velocidad sea más larga, para que en cuestas pronunciadas no caigan las rpm al cambio de velocidad; al igual que en rutas trabadas mantener el torque y potencia del motor.

Y si mantenemos el corte original, la velocidad final de primera sería de 49,94km/h, comparando las dos cajas podemos ver que es un poco más larga la primera velocidad modificada con relación a la original que da 41,68km/h.

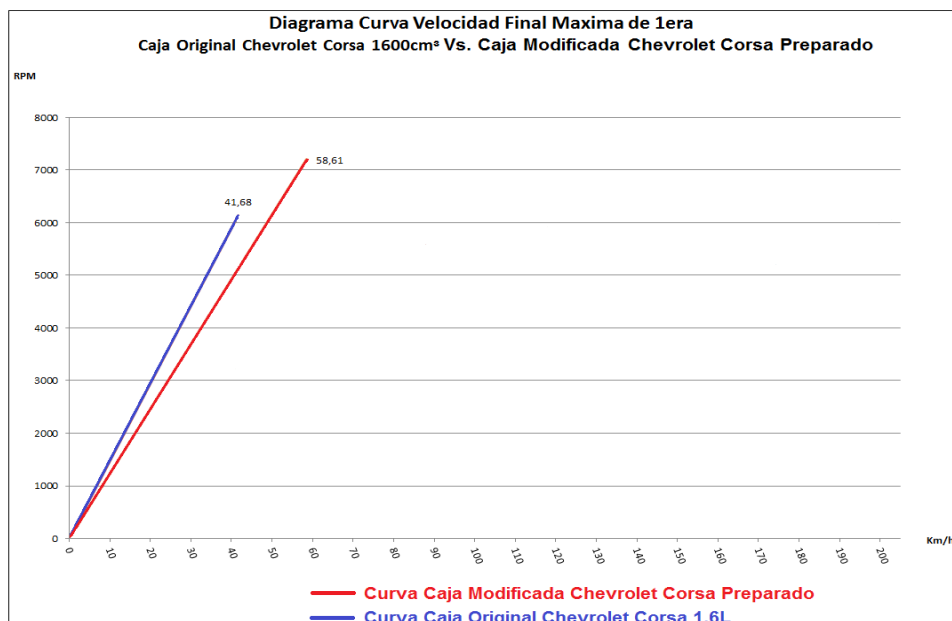


Diagrama 4: Curva Velocidad Final Máxima de 1era

5.6.2 Comparación y Análisis Caída de RPM del Motor en Primera a Segunda Velocidad

Cuando realizamos un cambio de velocidad ascendente; debido a las relaciones de la piñonera, las revoluciones del motor tienden a caer, y lo que buscamos cuando preparamos un vehículo para competencia es tratar de mantener las rpm del motor altas para obtener un buen torque del motor para que el vehículo puedan vencer las fuerzas que tratan de impedir su movimiento; al igual que mantener la potencia del motor en rpm altas.

Al modificar las relaciones de primera vs segunda velocidad tratamos que la caída de las rpm del motor sean lo menor posibles; para mantener en torque del motor. Por esta razón la caída de rpm de 1era a 2da es de 2415,74rpm (corte 7200rpm);

y al cambio de velocidad caen las revoluciones del motor a 4784,26rpm, un rango de rpm donde no perdemos mucho torque ni potencia del vehículo.

Mientras que en el cambio original (corte 6135rpm), cae 2902,63rpm por lo que el vehículo decae considerablemente a 3232,37rpm; lo cual en una cuesta pronunciada la perdida seria mayor ya que el vehículo no tiene el torque suficiente para continuar.

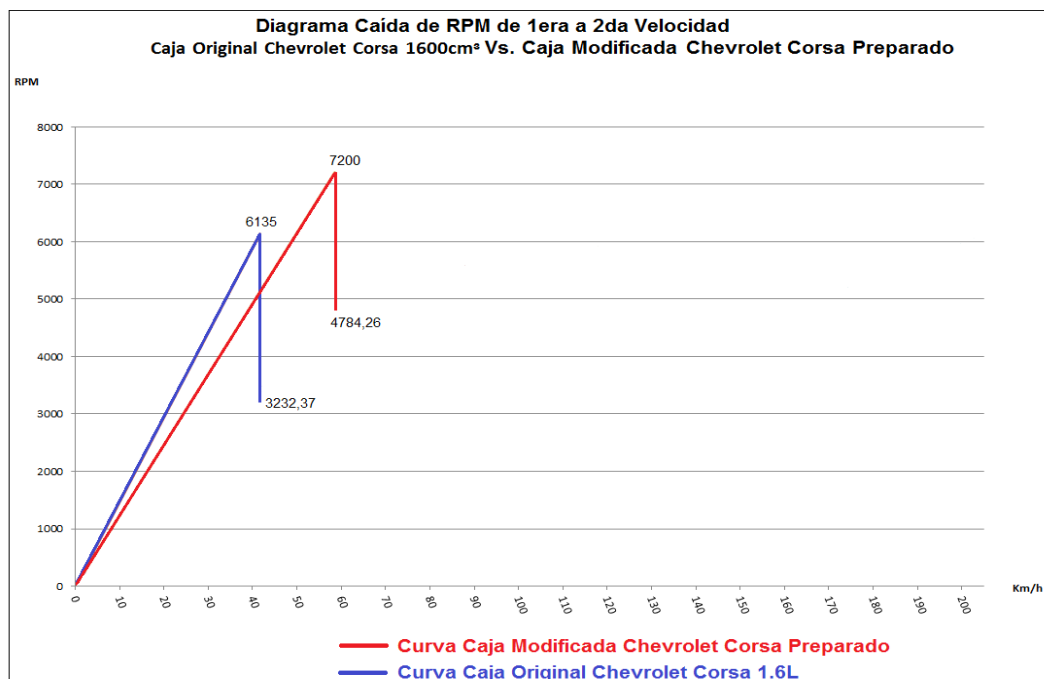


Diagrama 5: Caída de RPM de 1era a 2da Velocidad

5.6.3 Comparación y Análisis Segunda Velocidad

La segunda velocidad hasta las 6135rpms son casi parecidas; pero debido al cambio del corte de la inyección modificado a 7200rpm, la diferencia de la

velocidad final llega a ser de 9,09Km/h; con las relaciones modificadas y las otras modificaciones; el vehículo llega a 88,20km/h.

Con respecto a primera velocidad esta es corta, permitiendo que el motor tenga un torque y potencia adecuados para continuar con su aumento progresivo de velocidad. Esta velocidad final ayuda cuando bajamos la velocidad de 3era a 2da cuando deseamos entrar en una curva cerrada rápida o estamos en una pendiente que gradualmente aumenta su inclinación, esto permite que el motor tenga torque alto con rango de velocidad importante para que no llegue rápidamente al corte de la inyección con esto podremos entrar en las curvas con buen torque, manteniendo la 2da velocidad en la curva para salir de esta; para posteriormente hacer el cambio si lo amerita.

En el caso de una pendiente, al pasar de 1era a 2da no decaen las rpm, ya que el torque y la potencia que lleva el motor permite progresivamente aumentar su velocidad en el caso de bajar de 3era a 2da velocidad; tenemos un rango de rpm amplio antes de que llegue el motor a sus rpm máximas antes del corte de la inyección programado.

Si mantenemos el corte original, la velocidad final sería de 75,16km/h, comparando las dos cajas podemos ver que es un poco más corta la segunda velocidad modificada con relación a la original que da 79,13km/h.

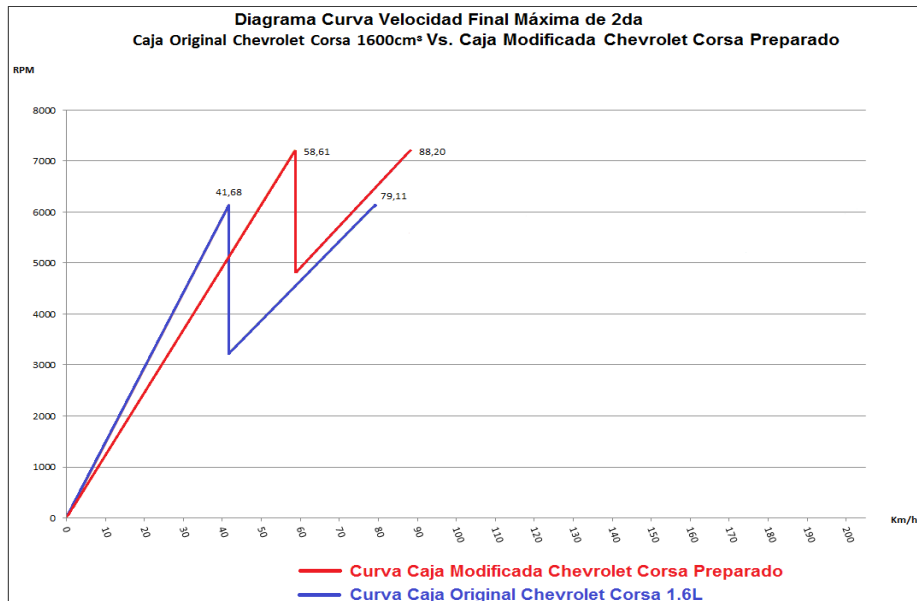


Diagrama 6: Curva Velocidad Final Máxima de 2da

5.6.4 Comparación y Análisis Caída de RPM del Motor en Segunda a Tercera Velocidad

Cuando realizamos el cambio de segunda a tercera, como podemos observar la caída de revoluciones por minuto del motor es menor en la curva de la caja modificada, disminuyendo 1626,07rpm, ya que llega al corte de la inyección modificado a 7200rpm y cae a 5573,93rpm. Esta caída de rpm no afecta mucho ya que en estas rpm el motor tiene potencia más la velocidad y la inercia del vehículo.

Mientras que en la caja original, la caída de las revoluciones por el cambio de velocidad es de 2065,77rpm esta caída es amplia para permitir un cambio con más confort para el conductor.

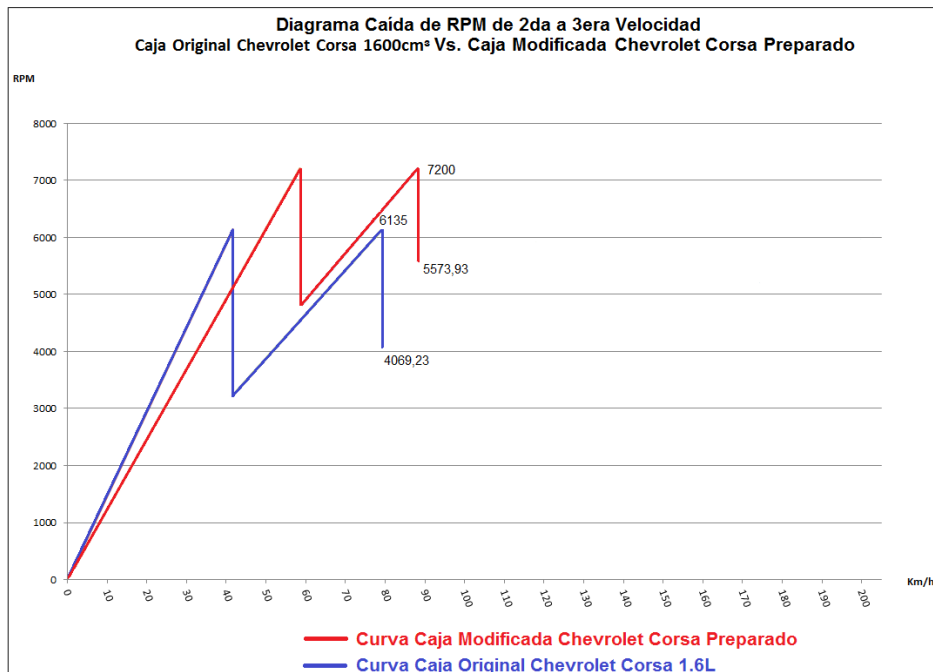


Diagrama 7: Caída de RPM de 2da a 3era Velocidad

5.6.5 Comparación y Análisis Tercera Velocidad

Cuando estamos en tercera velocidad en una caja de 5 velocidades, por lo general es el punto medio, ya que está utilizando las dos curvas características de un motor (el torque y la potencia); mientras que primera y segunda son velocidades que tienen alto torque debido a que tienen que vencer muchas fuerzas como salir del reposo, el peso del vehículo, coeficiente de fricción del neumático, resistencia al aire, etc. Mientras que la cuarta y quinta, gracias a la velocidad e inercia utilizan la potencia del motor.

Por esta razón la diferencia de velocidad final de tercera entre las dos cajas es de 5,34km/h siendo la caja modificada la que alcanza menor velocidad final pero a

mayor número de rpm del motor. Por esta razón es muy importante modificar el corte de la inyección, ya que si mantenemos el corte original la velocidad final sería de 97,08km/h, en este punto podemos comparar las dos cajas y ver como es más corta la tercera velocidad modificada con relación a la original que da 119,27Km/h.

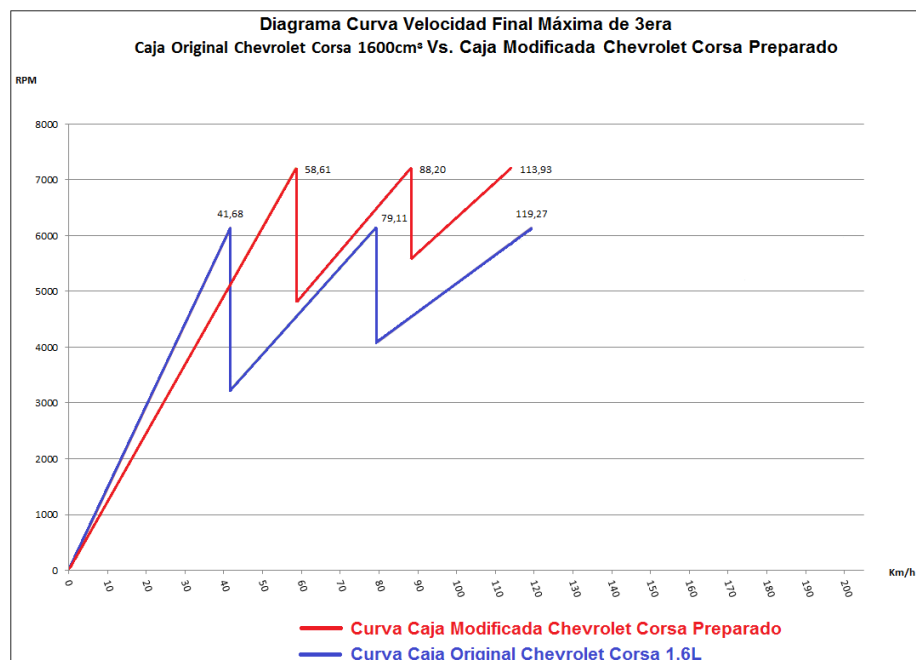


Diagrama 8: Curva Velocidad Final Máxima de 3era

5.6.6 Comparación y Análisis Caída de RPM del Motor en Tercera a Cuarta Velocidad

En este cambio de 3era a 4ta la caída de revoluciones del motor entre las dos cajas es casi parecido ya que en la caja modificada se tiene una caída de 1440,02rpm mientras que en la caja original 1651,76rpm. Con lo que podemos ver

que es más continua y estable en comparación con la original, pero lo que permite que sea así son el conjunto de modificaciones.

Esta diferencia en caída de rpm puede verse parecida en números pero reflejada en la tabla es totalmente diferente ya que cuando se realiza el cambio a cuarta en la caja original esta cae a las 4483,24rpm mientras que la modificada a las 5759,98rpm y las dos en velocidades distintas.

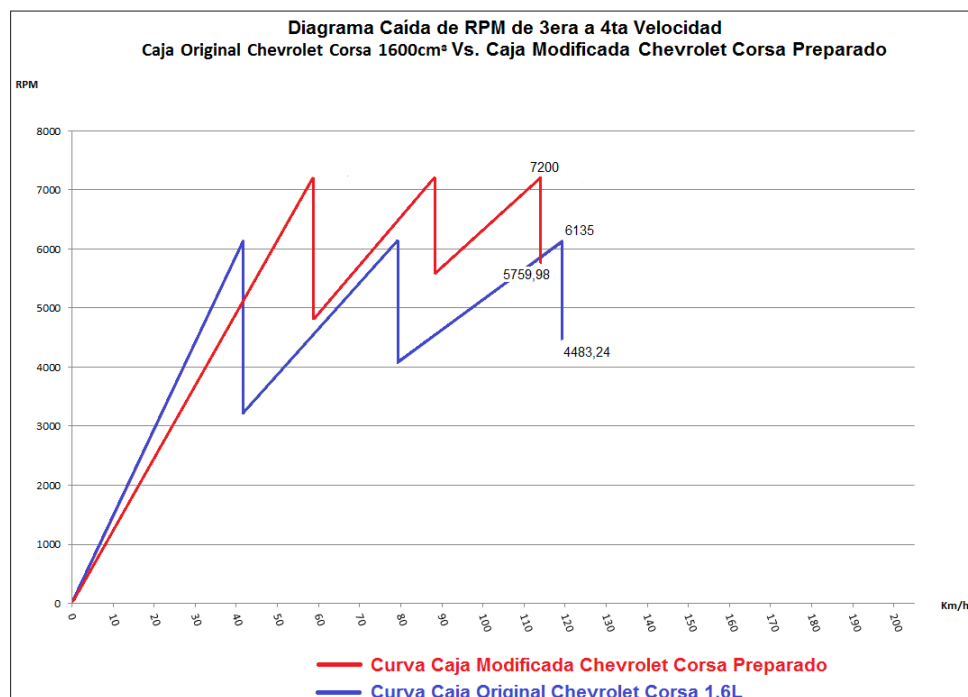


Diagrama 9: Caída de RPM de 3era a 4ta Velocidad

5.6.7 Comparación y Análisis Cuarta Velocidad

La cuarta velocidad tiene una diferencia de 20,8Km/h una diferencia muy importante, que es principalmente dada por la geografía de nuestro país y los

primeres que se recorren, ya que usualmente no tenemos rectas muy largas no se necesita llegar a tener altas velocidades por esta razón se modificó de esta manera la caja para que llegue a 142,41Km/h.

Y si mantenemos el corte original, la velocidad final de la caja modificada sería de 121,35Km/h, comparando las dos cajas podemos ver que es mucho más corta la cuarta velocidad modificada con relación a la original que da 163,21km/h.

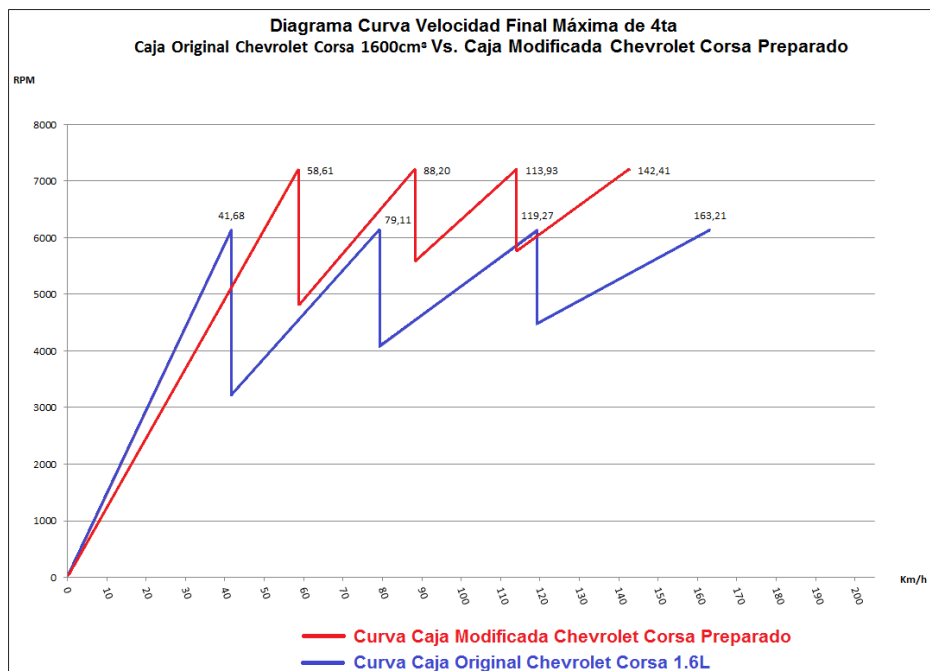


Diagrama 10: Curva Velocidad Final Máxima de 4ta

5.6.8 Comparación y Análisis Caída de RPM del Motor en Cuarta a Quinta Velocidad

La caída en de rpm de 4ta a 5ta usualmente siempre es menor ya que son muy similares ya que en quinta velocidad trabaja únicamente la potencia del motor gracias a la inercia que lleva el vehículo por la velocidad del mismo.

En la caja modificada la caída de las rpm es de 1200,13rpm al realizar el cambio y de 1227,08rpm en la original. Tienen similar caída de rpm pero en la tabla se encuentran muy diferentes debido al diferente corte a la inyección y a la diferente relación de transmisión.

Tenemos que tomar en cuenta que esta caída de revoluciones es teórica ya que en la realidad es muy variable, ya que depende mucho de la conducción del piloto, cuanto se demora en realizar el cambio; la preparación del vehículo, como son las curvas características de torque y potencia, el tipo de embrague que tiene, la geografía del terreno, entre otros.

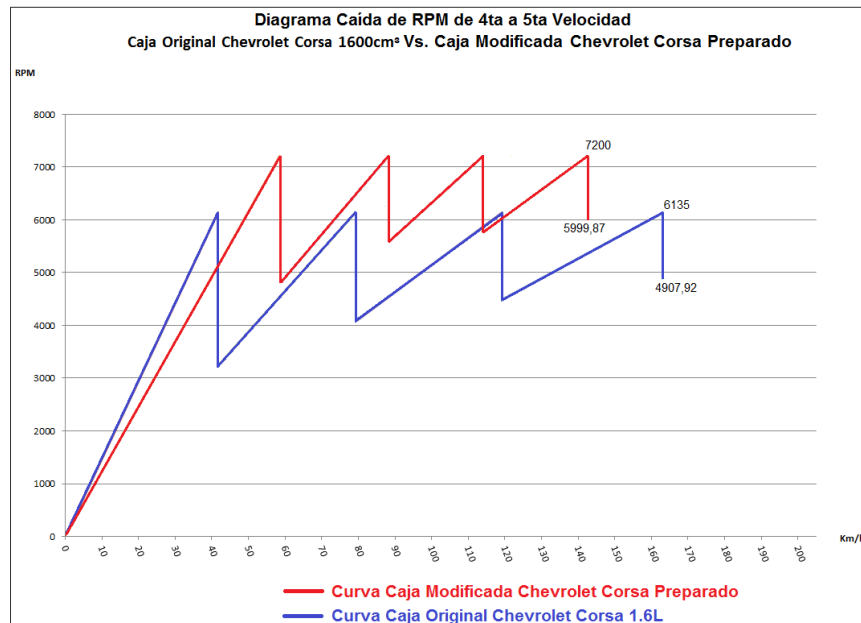


Diagrama 11: Caída de RPM de 4ta a 5ta Velocidad

5.6.9 Comparación y Análisis Quinta Velocidad

La quinta velocidad, la que determina la velocidad máxima que llegara a tener el vehículo. En esta la diferencia de velocidades es de 33,12Km/h, totalmente diferentes como puede ser apreciado en la tabla. Si estuviéramos en otra disciplina ejemplo competencia de pista y en un autódromo de alta velocidad como Monza la caja original sacaría una ventaja muy significativa que le daría la victoria; pero como se trata de rally y en nuestro país que tiene rallés trabados, con pendientes y caminos estrechos no necesitamos este tipo de relación y tampoco alcanzar estas velocidades.

Por lo que si mantenemos el corte original, la velocidad final sería de 145,62km/h vs. la caja original que alcanzaría los 204,02Km/h; con lo que podemos decir que es una relación mucho más corta en comparación con la original.

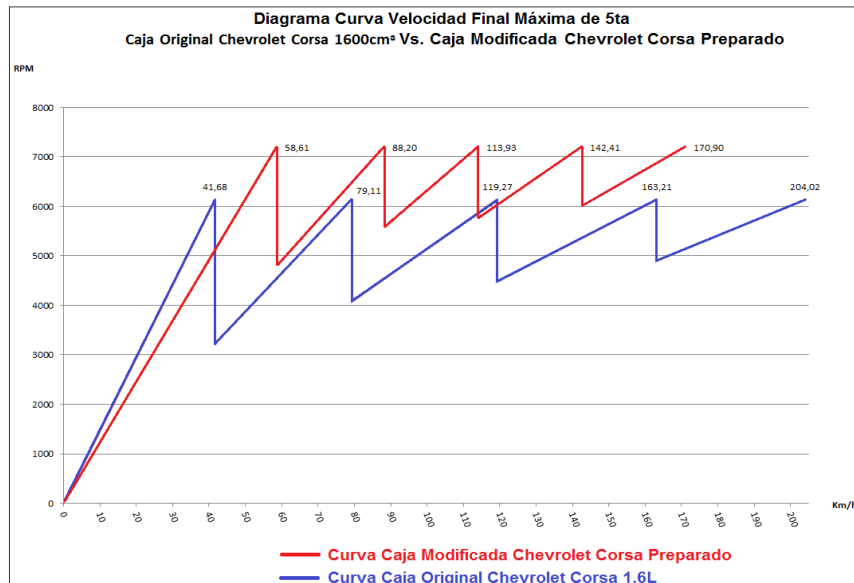


Diagrama 12: Curva Velocidad Final Máxima de 5ta

Con todos estos datos llegamos al diagrama de la Curva Progresiva de revoluciones del motor y velocidad final; en el cual podemos visualizar las diferencias entre la caja original Chevrolet Corsa 1.6L (curva azul) vs. la caja modificada Chevrolet Corsa Preparado (curva roja).

Y observar como es el avance progresivo de la velocidad en función de la rpm del motor y del cambio de 1era a 5ta velocidad entre las dos cajas.

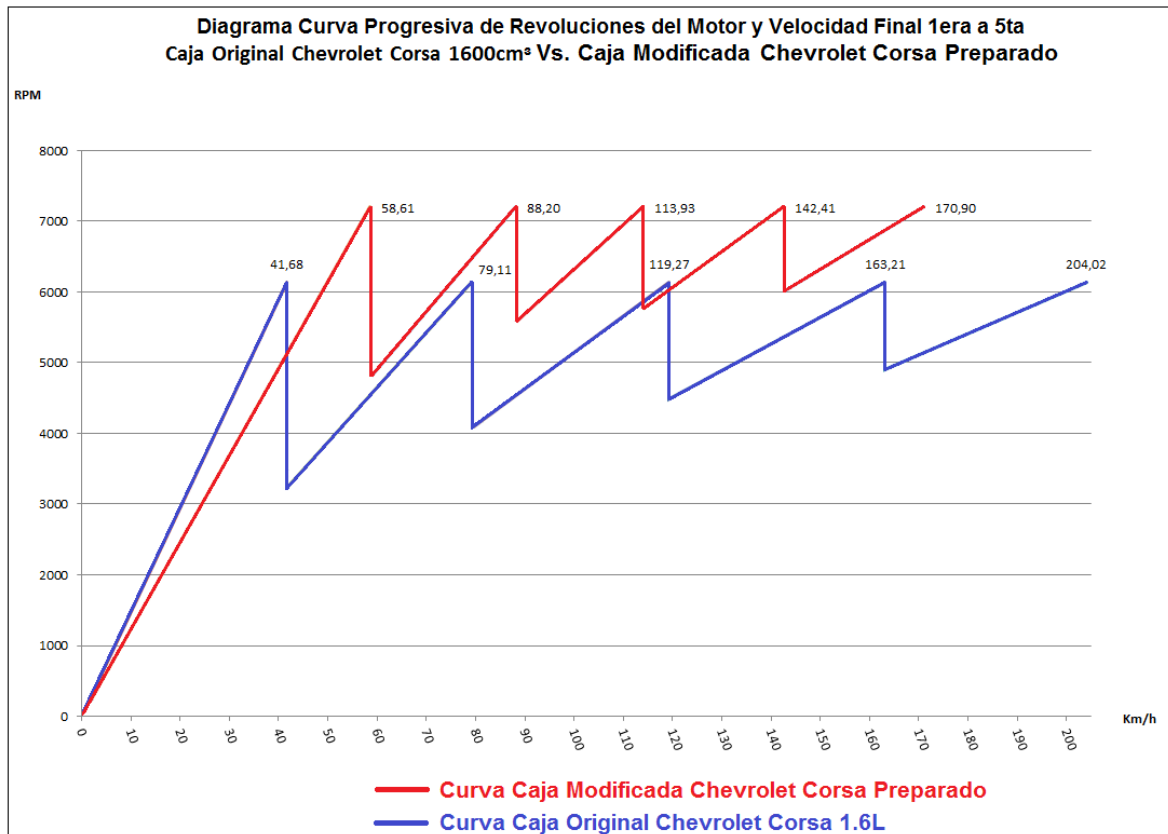


Diagrama 13: Curva Progresiva de Revoluciones del Motor y Velocidad Final
1era a 5ta

CAPÍTULO VI

PROCESOS DE MODIFICACIÓN SOBRE EL SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE LA CAJA DE CAMBIOS DE UN CHEVROLET CORSA 1600L

6.1 FIGURAS DEL PROCESO DE DESARME DE LA CAJA DE CAMBIOS

En la figura 6.1 procedimos a quitar el tapón de llenado de aceite de la caja de cambios para el vaciado respectivo de aceite, para posteriormente poder desmontar las demás partes de la misma.



Figura 6.1 Vaciado de aceite tapón del carter

Con el tapón de llenado extraído del cárter, podemos retirar el aceite de la caja de cambios utilizando un embudo para colocar el aceite en un recipiente.

Cuando el aceite a terminado de gotear, se procede a retirar el carter de la caja de cambios y de esta manera iniciamos el desmontaje de la carcasa de la caja.

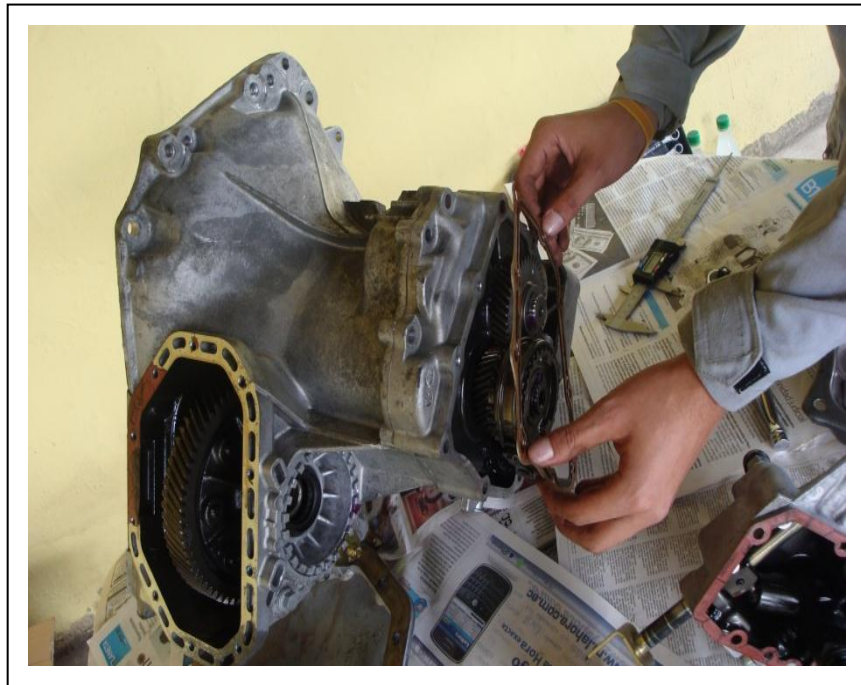


Figura 6.2 Separación del cárter de la caja de cambios

En la carcasa de la caja de cambios encontramos pernos de sujeción, que deben ser retirados para separar las dos partes en que se divide la carcasa de la caja de cambios que tienen silicón sellante para impedir que se produzca una posible fuga de aceite.

Observamos como se ha retirado todos los pernos de sujeción y se procede a separar las dos partes de la carcasa



Figura 6.3 Desmontaje de pernos de sujeción de la carcasa

Cuando la carcasa superior es retirada, a primera vista se pueden encontrar la estructura de piñones de primera a quinta marcha, el piñón de marcha atrás, el conjunto diferencial de cono y corona y los diferentes rodamientos y palancas de mando, analizada en capítulos anteriores.



Figura 6.4 Separación de carcasas de la caja de cambios

Cuando ya tenemos separadas las carcasas de la caja de cambios como muestra la figura 6.4 podemos comenzar el desmontaje de los ejes, y así separar cada relación de marcha y tener los piñones respectivos.

6.2 FIGURAS DE LAS PARTES DE CAJA DE CAMBIOS

Con los ejes ya separados de la carcasa y algunos de los piñones desmontados de sus ejes se puede observar algunas de las partes internas que inicialmente no se las puede distinguir en las anteriores fotos del desmontaje de la caja de cambios como son las horquillas, varillaje y sincronizados, también se observan los dos ejes que conforman la caja de cambios.



Figura 6.5 Despiece de las partes internas de la caja de cambios



Figura 6.6 Eje Primario

En la figura 6.6 se observa el eje primario con los respectivos engranajes para cada una de las relaciones de marcha, como también el sincronizador de primera y segunda marcha. En sus extremos se encuentran rodamientos.



Figura 6.7 Eje Secundario

En la figura 6.7 se observa el eje secundario con los respectivos engranajes para cada una de las relaciones de marcha, como también el sincronizador de tercera y cuarta marcha. La particularidad es que en este eje se encuentra el piñón del cono, que tiene dientes helicoidales. En sus extremos se encuentran los rodamientos.

6.3 FIGURAS DE CONO-CORONA DE CAJA DE CAMBIOS

En la parte baja de la carcasa inferior se ubica el conjunto diferencial. En la figura 6.8 podemos observar la corona de dientes helicoidales.



Figura 6.8 corona de dientes helicoidales

En la otra cara de la corona encontramos el grupo de satélites y planetarios del grupo diferencial como se muestra en la figura 6.9.

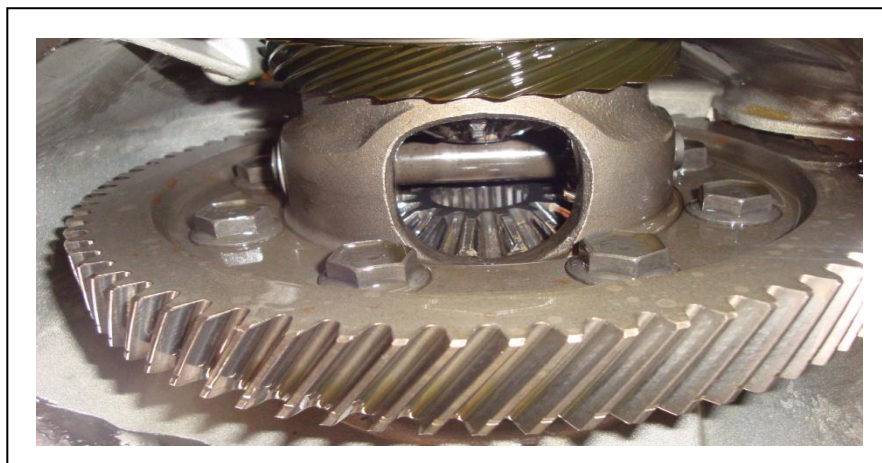


Figura 6.9 satélites y planetarios del grupo diferencial

6.4 FIGURAS DE ARMADA DE CAJA DE CAMBIOS

Se montan los ejes primario y secundario en la carcasa de la caja de cambios, al igual que el grupo diferencial. Al terminar este proceso de igual forma se monta el sistema del varillaje.



Figura 6.10 Montaje de ejes y grupo diferencial en la carcasa de la caja de cambios

Para finalizar el armado de las piezas internas de la caja de cambios modificada se debe probar cada una de las marchas, verificando así su correcto funcionamiento.

Para culminar se monta la carcasa superior de la caja de cambios y se realiza los ajustes respectivos, colocando los seguros, sellantes y los pernos.

El torque aplicado a cada uno de los pernos existentes en la carcasa son de 20 Lb /pie.

Finalmente se monta el cárter de la caja de cambios y se coloca el aceite lubricante.



Figura 6.11 Ajuste de pernos de las carcasas de la caja de cambios

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y EVALUACIÓN

ECONÓMICO FINANCIERA

7.1 CONCLUSIONES:

- Podemos concluir que todos los trabajos realizados en cuanto a la preparación de la transmisión de un vehículo Chevrolet Corsa 1600 dio como resultado un mejor rendimiento y una mejor potencia ya que se mejoro las velocidades finales de cada marcha con lo que podremos competir en el rally y trepada de montaña representado orgullosamente a la Universidad Internacional del Ecuador.
- Al realizar esta tesis de investigación, aprendimos sobre los diferentes tipos de cajas y la importancia que tienen estas en un vehículo y más aún cuando se trata de uno de competencia; por lo que llegamos a la conclusión de que al preparar un vehículo de serie es necesario realizar modificaciones en el motor, computador del vehículo, la transmisión; al realizar estas modificaciones es necesario reforzar suspensión adaptar frenos de mayor capacidad; y finalmente y muy importante también seguridad.

- Cuando comenzamos a realizar los cálculos de las modificaciones que realizamos en las relaciones de las velocidades de 1era a 5ta pudimos observar cambios en las velocidades finales; debido a que nuestros cálculos están ligados al corte de inyección modificado; gracias a la tesis de nuestros colegas que modificaron el computador del vehículo y aumentaron el corte de la inyección a 7200rpm, la curva progresiva de las velocidades finales de 1era a 5ta modificados alcanzaron velocidades-rpm del motor muy diferentes; haciendo que la 1era velocidad sea un poco más larga que la original mientras que desde 2da se va acortando progresivamente más hasta llegar a 5ta velocidad.

Por lo que podemos concluir que gracias a esta tesis hemos aprendido más a fondo sobre las transmisiones; pero debido a que es una tesis dentro de un proyecto global que involucra la modificación de todo el vehículo; gracias a nuestros colegas también hemos aprendido más a fondo sobre las diferentes modificaciones que han realizado nuestros colegas.

7.2 RECOMENDACIONES:

- Motivar a que nuevas generaciones de alumnos de la Universidad Internacional del Ecuador para que puedan incursionar en la preparación de vehículos estándar, presentando nuevas alternativas que finalmente puedan concluir en la intervención de competencias nacionales, y a futuro internacionales.
- Incentivar a los alumnos de la Universidad Internacional Del Ecuador a utilizar herramientas tecnológicas como Autocad, Solidworks para el diseño de partes y sistemas automotrices; y la utilización de máquinas CNC para maquinar y llevar a la realidad dichos diseños y no solo realizar modificaciones y adaptaciones.
- Emplear un plan de mantenimiento periódico para el sistema de transmisión, y en general del vehículo Chevrolet Corsa 1600L modificado. Por ejemplo se puede realizar el cambio del aceite lubricante de la caja de cambios para cada competencia, y que se tome en consideración que para cada una de ellas éste lubricante se encuentre en perfectas condiciones. Si se ha dejado de utilizar el vehículo en un plazo de 6 meses como máximo se debe proceder al vaciado y el reemplazo del mismo, ayudando a que su funcionamiento se dé bajo condiciones óptimas y con esto poder prolongar su vida útil.

7.3 EVALUACIÓN ECONÓMICO FINANCIERA:

7.3.1 Análisis Económica Financiera

Con este análisis económica financiera vamos a determinar los diferentes gastos que tuvimos para poder realizar nuestro proyecto; en este análisis vamos a mostrar cual es nuestro presupuesto inicial vs. los diferentes egresos que hemos requerido para poder llevar a cabo nuestro proyecto.

En este análisis vamos a detallar cual fue el costo de la mano de obra, los repuestos que utilizamos (incluye el lubricante de la transmisión y diferencial) y herramientas; este análisis nos permitirá saber el egreso final vs. Presupuesto.

Como punto principal para el análisis debemos explicar, y partir del proyecto global, que es el trucaje y preparación de un Chevrolet Corsa 1,6L de producción en serie, en uno para rally; una de las disciplinas del automovilismo más exigentes.

De este proyecto global hemos dividido el trucaje y preparación en tres partes fundamentales, las cuales son:

- 1.- Motor y Sistemas Eléctricos.
- 2.- Transmisión y Diferencial.
- 3.- Frenos, Suspensión y Seguridad del Vehículo.

En el proyecto global estamos seis integrantes de los cuales nos dividimos dos integrantes por cada tema. Debido a que el proyecto comenzó desde cero y teníamos que presentar un vehículo de Rally, listo para competir. Realizamos un cálculo inicial en el cual todos los integrantes debíamos poner tres mil dólares americanos, solo para el desarrollo de nuestras tesis. El total da una suma de dieciocho mil dólares americanos que permitirían la realización de este proyecto.

Este monto se repartió equitativamente previo a un análisis de costos; que realizamos los seis integrantes de la tesis global.

Presupuesto	Integrantes	Presupuesto en Dólares Americanos	Total por cada Grupo
1.- Motor y Sistemas Eléctricos.	Pablo Urresta	3.000,00	6.000,00
	Darwin Andrango	3.000,00	
2.- Transmisión y Diferencial.	Jose E. Barahona	3.000,00	6.000,00
	Martin Pozo	3.000,00	
3.- Frenos, Suspensión y Seguridad del Vehículo.	Gonzalo Vinueza	3.000,00	6.000,00
	Aileen Narváez	3.000,00	
Presupuesto total para el trucaje y preparación del Vehículo			18.000,00

Tabla 7.1: Presupuesto para el trucaje y preparación del Chevrolet Corsa

1,6L

El capital para la realización de este proyecto fue donado por parte de nuestros padres, para que podamos finalizar nuestros estudios de tercer nivel.

Integrantes	Monto	Capital proveniente
Jose E. Barahona	3.000,00	Donación
Martin Pozo	3.000,00	Donación

Tabla 7.2: Capital Proveniente

7.3.2 Análisis de los costos de las modificaciones de la transmisión y diferencial para el Chevrolet Corsa 1,6 L para Rally.

Para la modificación de la transmisión y diferencial; una vez realizado los cálculos, determinamos que el monto para esta parte de la tesis seria de dos mil ochocientos dólares americanos. En este monto debido a que el embrague es parte fundamental de la transmisión este se incluye en el presupuesto, al igual que la adaptación de otra carcasa, la nueva relación de engranes y otras partes/repuestos que son esenciales para el montaje de cada uno de los componentes de la transmisión y la transmisión en sí misma; al igual que para su correcto funcionamiento.

Lo que permitirá tener un desempeño óptimo en la transmisión del torque al momento de la competencia.

Repuestos	Dólares Americanos
Embrague Metálico	200,00
Carcasa Adaptada	300,00
Nueva Relación de Engranajes	2.100,00
Otros Repuestos para la caja	200,00
Total Presupuestado	2.800,00

Tabla 7.3: Presupuesto y Egresos Calculados

7.3.3 Análisis de costos individuales reales

El análisis de costos individuales es para dar a conocer el por qué la compra de cada una de las partes/ repuestos, con sus respectivos precios; para demostrar a nuestros colegas en la tesis global todos los egresos que hemos realizado para poder realizar esta parte del proyecto; preparación de la caja de velocidades y conjunto diferencial para un Chevrolet Corsa 1,6L para Rally.

Al tener nuestro total en gastos podremos determinar si tuvimos una pérdida, en el caso de haber gastado más de nuestro presupuesto; o un saldo, el cual entraría en el fondo común; que está destinado para la comprar de accesorios extra.

7.3.4 Análisis del costo real del embrague metálico

Para que el torque del motor llegue hasta las ruedas es necesario tener un embrague que soporte las características nuevas del motor, ya que debido a que

se truco y preparo el motor sus rpm máximas, torque y potencia han aumentado y debemos utilizar un embrague que permita transmitir el régimen de giro sin que este patine, se sobrecaliente y tenga más resistente, reforzado.

Por estas razones reemplazamos el embrague original orgánico con un embrague metálico.

Repuesto	Precio Dólares Americanos
Plato de Embrague	200,00
Disco de Embrague	
Rulimán de Embrague	15,51
Total	215,51

Tabla 7.4: Presupuesto para el kit de embrague

En el embrague cuando realizamos la preparación de un vehículo debemos tener en cuenta las nuevas características que va a tener por lo que tenemos que cambiar el kit del embrague original que contiene el plato de embrague, el disco de embrague y el rulimán de embrague.

Por esta razón hemos realizado la compra del kit preparado que tiene un plato reforzado, un disco metálico; que permitirán que no patine el embrague, no exista tanta perdida de rpm en el cambio de velocidad y coeficiente de fricción mayor; al igual que el coeficiente de seguridad; que supera notablemente la capacidad del motor.

7.3.5 Análisis del costo real de la carcasa adaptada

Debido a la modificación en las relaciones de engranes tanto de la caja de velocidades como en el conjunto diferencial; el eje primario y el eje secundario; han variado de dimensiones, por lo que es necesario modificar la carcasa original del Chevrolet Corsa 1,6L por la carcasa de la caja de cambios del Chevrolet Corsa 1,4L; donde los nuevos engranes y ejes van alojarse correctamente.

Repuesto	Precio Dólares Americanos
Carcasa de la Caja	450,00
Total	450,00

Tabla 7.5: Presupuesto para la Carcasa Adaptada

7.3.6 Análisis del costo real de la nueva relación de engranes

Para poder realizar un trucaje y preparación de un vehículo de serie en uno de competencia en este caso de rally, es necesaria la preparación de la caja de velocidades y el conjunto diferencial. Ya que estas modificaciones de las relaciones van a determinar la velocidad final, el torque y la potencia en cada una de las 5 velocidades que tiene el vehículo que preparamos haciendo que sean óptimas para la disciplina del rally. Las relaciones fueron modificadas desde 1era a 5ta velocidad.

Repuesto	Precio Dólares Americanos
Nueva Relación de Engranés	2.100,00
Total	2.100,00

Tabla 7.6: Presupuesto para la nueva relación de engranes

7.3.7 Análisis del costo real de otros repuestos para la caja

Los repuestos extras que hemos necesitado son para poder realizar el montaje de los componentes de la caja de cambios al igual que el montaje en el vehículo de la caja de velocidades. Debido a que los componentes son nuevos solo necesitamos comprar aceite para caja; para una correcta lubricación y refrigeración de los engranes.

Repuesto	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Aceite de Caja	1	35,00	35,00
Rulimán de la caja	1	10	10,00
Seguro eje	1	0,80	0,80
Total en Dólares Americanos			45,80

Tabla 7.7: Presupuesto para otros repuestos para la caja

7.3.8 Análisis del costo de la mano de obra

El costo en la mano de obra fue de cero dólares, debido a que todo el procedimiento de desmontaje de la caja original, ensamble de nueva relación de

piñones y adaptación de caja, al igual que el montaje de la caja modificada, la realizamos nosotros por lo que la mano de obra la cubrimos nosotros mismos.

Mano de Obra	Valor Total
Desmontaje de la caja transmisión original	-
Armado de la nueva relación de engranes y carcasa	-
Montaje de la caja modificada	-
Total en dólares americanos	-

Tabla 7.8: Costo de Mano de Obra

Con el análisis realizado anteriormente, sabemos los costos directos de nuestro proyecto.

Costo de la mano de obra	-
Costo de repuestos	2.811,31
Costos Directos	2.811,31

Tabla 7.9: Costos Directos

Con los datos obtenidos con los siguientes gastos que hemos tenido a lo largo de nuestro proyecto, podemos determinar nuestro saldo; en el caso de haber utilizado mas de nuestro presupuesto, deudor; o acreedor, en el caso de que no hubiésemos utilizado todo nuestro presupuesto, el saldo iría al fondo común para utilizarlo en accesorios extra para el vehículo de rally.

N	Presupuesto del Proyecto	Debe Ingreso	Haber Egreso	Saldo
1	Presupuesto para la modificación de la caja de cambios	2.800,00		2.800,00
2	Costos Directos		2.811,31	(11,31)
3	Gastos Administrativos		50,00	(61,31)
4	Imprevistos		40,00	(101,31)
5	Financieros		-	(101,31)
6	Ingreso por venta de caja de cambios usada	100,00		(1,31)
	Valor total	2.900,00	2.901,31	(1,31)

Tabla 7.10: Saldo Total

7.3.9 Análisis de la Inversión

Como podemos ver en la Tabla Saldo Total, los ingresos calculados eran de dos mil ochocientos dólares americanos, más la venta de la transmisión por cien dólares americano permitió cubrir nuestro déficit aunque quedo un saldo deudor de un dólar con treinta y un centavos; que lo cubrimos los integrantes de esta parte del proyecto.

Debido a que nosotros realizamos la investigación para tener la teoría, al igual que la mecánica, no generamos más egresos para nuestro proyecto.

	Valor en dólares americanos
Personal	-
Misceláneos	-
Costos Directos	2.811,31
Honorarios a Profesionales	-
Remuneraciones a no Profesionales	-
Remuneraciones a Estudiantes	-

Tabla 7.11: Análisis de Inversión I

Tuvimos gastos administrativos y costos operativos, en el proceso para la realización de nuestro proyecto.

	Valor en dólares americanos
Gastos Administrativos	50,00
Costos Operativos	40,00
Financieros	-

Tabla 7.12: Análisis de la inversión II

Con todos estos analices económicos financieros, llegamos a concluir que la preparación de la caja de velocidades tuvo unos gastos que no proveímos al inicio de nuestros cálculos de presupuesto generando un saldo en contra de ciento un dólares con treinta y un centavos, los cuales los compensamos con la venta de la caja de cambios original, por lo que tuvimos un saldo deudor de un dólar con treinta y un centavos que lo cubrimos los integrantes de esta tesis.

Gracias a los cálculos iniciales para determinar el presupuesto de nuestro proyecto, logramos realizar exitosamente la modificación y adaptación de las nuevas relaciones de transmisión, haciéndole óptima para la disciplina del rally.

Aunque la recomendación principal siempre va relacionada al presupuesto ya que es un factor muy importante a la hora de toma de decisiones, nos sentimos a gustos con la caja de cambios; aunque si hubiéramos pedido algún apoyo económico mediante auspicios, hubiéramos podido realizar adaptaciones que permitirían mejorar el desempeño de la caja de velocidades.

BIBLIOGRAFÍA

- MANUAL DEL AUTOMÓVIL, REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO. Editorial Cultural S.A., Madrid-España. Edición 2002.
- INFORMACION TECNICA FABRICA TERMOLITE (fabricante de forros de Embrague) 2009.
- H. KINDLER Y H KYNAST Matemática Aplicada Para La Técnica Del Automóvil GTZ versión española de la 8 edición alemana.
- SCHWOCH WERNER, MANUAL PRÁCTICO DEL AUTOMÓVIL-MECANISMOS DE PROPULSIÓN Y MARCHA. Editorial Reverte S.A., Barcelona.
- SEMINARIO TÉCNICO EXEDY 2009
- ALONSO JOSE MANUEL, TÉCNICAS DEL AUTOMÓVIL CHASIS. Editorial Paraninfo, Séptima Edición, 2002.
- GTZ, TÉCNICAS DEL AUTOMÓVIL, GERSCHLER. DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE ZUSAMMENARBEIT. Editorial Española, 20va. Edición. (traducción versión alemana).

- ARIAS-PAZ, MANUAL DE AUTOMÓVILES. Editorial Dossat, 55ª edición, 2004.

- ROBERT L. MOTT, DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS. Editorial Prentice-Hall International, 2da edición, 1995.