

Universidad Internacional del Ecuador

Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz



**“ESTUDIO DE LOS MATERIALES DE UNA TRANSMISIÓN AUTOMÁTICA
F4A51 DEL HYUNDAI SANTA FE MODELO 2003 PARA LA FABRICACIÓN
NACIONAL.”**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero en Mecánica
Automotriz**

Autores:

José Antonio Lescano Valencia

Juan Luciano Medina Guayasamin

Director: Ing. Miguel Granja

Quito, Julio de 2017

DECLARACIÓN

Yo, JOSÉ ANTONIO LESCANO VALENCIA, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado por internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.



José Antonio Lescano Valencia

C.I 171932069-7

Yo, MIGUEL GRANJA, certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



Ing. Miguel Granja

DECLARACIÓN

Yo, JUAN LUCIANO MEDINA GUAYASAMÍN, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado por internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.



Juan Luciano Medina Guayasamin

C.I 171882574-6

Yo, MIGUEL GRANJA, certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



Ing. Miguel Granja

DEDICATORIA

El tiempo que tomó culminar con éxito esta carrera universitaria va dedicado a Dios, a la Virgen Dolorosa, y a mis padres.

José Antonio Lescano Valencia

DEDICATORIA

El presente proyecto de grado está dedicado a mi familia, que han sido fuente de inspiración y a su vez con su apoyo incondicional, esfuerzo y comprensión he logrado culminar mi carrera universitaria.

Juan Luciano Medina Guayasamín

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios y a la Virgen Dolorosa ya que sin ellos no sería nada ni nadie.

A mi Dios ya que todos los días me regala lo más importante del mundo que es un día más de vida y sobre todo me regala algo más valioso que eso aún, la vida de mis padres.

A la Virgen Dolorosa, mi Dolorosita linda que sin los cuidados de ella no sé qué sería de mi vida, me ha ayudado y salvado tantas veces que como no acordarme de ella día a día y más aún en esta ocasión especial.

A mi padre José Antonio Lescano, símbolo de constante trabajo y esfuerzo que sacó a una familia adelante comenzando de cero, mi papito como no agradecerle por ser quien es, como siempre lo pienso, si algún día llego a ser la mitad de lo que mi padre es me sentiré el hombre más feliz del mundo.

A mi madre Irma Valencia Soria y hermanas (Ligia, Tanya y Yolanda) quienes con sus regaños y su cariño son un apoyo fundamental en todas las decisiones de mi vida.

Y para terminar a mi angelito que me cuida desde el cielo, mi Soñita, no sabes cuanta falta me haces ñañita linda, algún día nos encontraremos. Todo lo que logre en la vida siempre será con una dedicación especial a ti mi ñañita.

“Ser más para servir mejor”

José Antonio Lescano Valencia

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios quien me ha brindado salud y fortaleza de poder culminar mis estudios.

También quiero agradecer a mis padres ya que por ellos fue posible este logro tan importante, gracias de corazón por enseñarme a ser una persona de bien.

A mis hermanas que siempre me han brindado su apoyo incondicional y en quienes tuve un ejemplo muy importante.

Juan Luciano Medina Guayasamín

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN	III
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO.....	VII
ÍNDICE DE CONTENIDO	IX
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XIV
RESUMEN	XVI
ABSTRACT.....	XVII
CAPÍTULO I	1
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Tema de investigación.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	1
1.3. Formulación del problema	2
1.4. Sintonización del problema	2
1.5. Objetivos de la investigación.....	2
1.5.1. Objetivo General	2
1.5.2. Objetivos Específicos	2
1.6. Justificación y delimitación del problema.....	3
CAPÍTULO II	4
2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. El sistema de transmisión	4
2.2. Tipos de transmisión	5

2.2.1.	Tracción delantera	5
2.2.2.	Tracción posterior y motor delantero	6
2.2.3.	Transmisión Total	6
2.3.	Elementos del sistema de transmisión	7
2.3.1.	Embrague	7
2.3.2.	Caja de cambios.....	8
2.3.3.	Juntas de transmisión.....	11
2.4.	CAJA DE CAMBIOS AUTOMÁTICA.....	12
2.4.1.	Componentes principales	16
2.5.	Elasticidad, Tensión y deformación.....	43
2.5.1.	Elasticidad y la Ley de Hooke	44
2.5.2.	Módulo de Young	46
2.5.3.	Esfuerzo de tensión, compresión y de corte	48
2.5.4.	Fractura.....	50
2.6.	Potencia Transmitida. Resistencia de los dientes de engranajes a la flexión	52
2.7.	Materiales para engranajes	56
2.8.	Ensayo de Tracción.....	59
2.9.	NORMA INEN 0109	67
3.	CAPÍTULO III.....	69
METODOLOGÍA		69
3.1.	Enfoque	69
3.2.	Modalidad básica de la investigación	69

3.2.1.	Investigación de campo	69
3.2.2.	Investigación Bibliográfica.....	70
3.2.3.	Investigación experimental.....	70
3.3.	Nivel o tipo de investigación.....	70
3.3.1.	Investigación Exploratoria	70
3.3.2.	Investigación Descriptiva	70
3.3.3.	Investigación Correlacional.....	71
3.3.4.	Investigación Explicativa.....	71
3.4.	PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	72
3.4.1.	Observación Directa.....	72
3.5.	PLAN DE PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN	72
3.5.1.	Plan que se empleara para procesar la información recogida:	72
3.5.2.	Plan de análisis e interpretación de resultados:	73
4.	CAPITULO IV	74
	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	74
4.1	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	74
4.1.1	Proceso de obtención y análisis de resultados	74
4.1.3	Descripción de procesos	75
4.1.4	Materiales presentes en la caja de transmisión automática.....	78
4.2	Tabla de Propiedades de los materiales presentes en la caja de cambios automática. ...	89
4.3	Comparación de los elementos comerciales en el Ecuador con los materiales presentes en las cajas de cambios automáticas.	90

5. CAPÍTULO V.....	94
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	94
5.1 Conclusiones.....	94
5.2. Recomendaciones	95
BIBLIOGRAFÍA.....	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Módulos elásticos	46
Tabla 2. Resistencia a la rotura de materiales (fuerza/área)	52
Tabla 3. Materiales para engranajes	57
Tabla 4. Relación aplicación de esfuerzo	77
Tabla 5. Datos obtenidos en los ensayos de tracción para los diferentes materiales.....	78
Tabla 6. Nomenclatura del aluminio	87
Tabla 7. Nomenclatura de la normalización del aluminio	88
Tabla 8. Valores de resistencia de elementos en la caja de cambios	89
Tabla 9. Valores de resistencia fundición Gris	90
Tabla 10. Comparaciones de los elementos.....	92

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Tracción delantera con motor delantero	5
Gráfico 2: Tracción posterior con motor delantero.....	6
Gráfico 3. Tracción total	6
Gráfico 4. Embrague de fricción	7
Gráfico 5. Caja de cambios manual.....	8
Gráfico 6. Diferencial.....	10
Gráfico 7. Juntas de transmisión	11
Gráfico 8. Transmisión Automática	13
Gráfico 9. Palanca de Cambios Caja de cambios Automática	16
Gráfico 10. Plato flexible	16
Gráfico 11. Convertidor de par.....	17
Gráfico 12. Impulsor	18
Gráfico 13. Turbina.....	19
Gráfico 14. Estator	20
Gráfico 15. Eje de Salida.....	21
Gráfico 16. Ejes de la caja de cambios automática.....	21
Gráfico 17. Conexión convertidor de par	22
Gráfico 18. Engranajes planetarios.....	24
Gráfico 19. Engranaje epicicloidal Hyundai Santa Fe	24
Gráfico 20. Partes tren engranaje	25
Gráfico 21. Funcionamiento del tren epiciclo Caso 1.....	25
Gráfico 22. Funcionamiento del epiciclo en el caso 2	26
Gráfico 23. Funcionamiento epiciclo caso 3	26
Gráfico 24. Funcionamiento epiciclo caso 4	27
Gráfico 25. Funcionamiento del epiciclo caso 5.....	27
Gráfico 26. Funcionamiento del epiciclo caso 6.....	27
Gráfico 27. Caja de cambios tipo Hidromatic	28
Gráfico 28. Funcionamiento primera marcha	29
Gráfico 29. Funcionamiento segunda marcha	30
Gráfico 30. Funcionamiento tercera marcha.....	31
Gráfico 31. Funcionamiento cuarta velocidad	32
Gráfico 32. Funcionamiento marcha atrás	33
Gráfico 33. Cinta de freno.....	34
Gráfico 34. Embrague caja de cambios automática	35
Gráfico 35. Discos de embrague caja de cambios	36
Gráfico 36. Despiece de un conjunto embrague-tambor.....	37
Gráfico 37. Circuito de mando hidráulico de la caja de cambios Hidromatic.....	38
Gráfico 38. Cuerpo de Válvulas	39
Gráfico 39. Corredera en posición punto muerto.....	41
Gráfico 40. Regulador centrífugo.....	42
Gráfico 41. Retardador.....	42
Gráfico 42. Cuerpo de Válvula y cárter.....	43
Gráfico 43. Ley de Hooke	44
Gráfico 44. Gráfica de fuerza aplicada contra la elongación para un metal típico	45

Gráfico 45. Esfuerzo de tensión	48
Gráfico 46. Gráfico de los tres tipos de esfuerzos	49
Gráfico 47. Ejemplo de esfuerzo cortante	50
Gráfico 48. Fractura en diferentes esfuerzos	51
Gráfico 49. Esfuerzos de flexión en el diente de engranaje	54
Gráfico 52. Tipos de probetas	61
Gráfico 53. Rotura de probeta	62
Gráfico 54. Gráfico esfuerzo deformación	63
Gráfico 56. Diagrama de flujo del proceso de ensayo a la tracción	74
Gráfico 57. Máquina ensayo Universal	76
Gráfico 58. Adquisición de información de la maquina universal	77

RESUMEN

En el automóvil se encuentran diversos sistemas que trabajan en conjunto para su correcto funcionamiento y desempeño en las diversas condiciones de manejo, por tanto cada elemento se encuentra en constante movimiento que conlleva a su desgaste natural debido a la fricción, esfuerzos, corrosión, etc., es por ello que para la construcción de los elementos que conforman el vehículo se deben seleccionar los mejores materiales para su fabricación, en esta investigación se aborda el análisis de los materiales presentes en sistema de caja de cambios automáticas, con el objetivo de determinar que los elementos que se encuentran en el país tienen la suficiente resistencia a la tracción que los materiales originales presentes en este sistema.

Primero es necesario conocer el funcionamiento de éste mecanismo y entender los esfuerzos a los que es sometido cada elemento importante del sistema, esto se analiza en el capítulo 2 de la presente investigación, los tipos de metales presentes en la caja de cambios se encuentran enlistados en el capítulo 3 así como los diferentes materiales seleccionados para los análisis de esfuerzos a la tracción, que se pueden conseguir en el país.

Una vez realizado estos ensayos de tracción se comparan con las características mecánicas de los metales originales de la caja de cambios con los materiales comerciales del país, los resultados y análisis se encuentran en el capítulo 4 de ésta investigación, para determinar que se puede construir una caja de cambios automática con metales comerciales presentes en el Ecuador.

En el capítulo 5 se concluye qué materiales son aptos para sustituir a los metales que se encuentran en la caja de cambios automática para una posible producción nacional de éste sistema imprescindible en los vehículos modernos.

PALABRAS CLAVES: Vehículo, Materiales, Caja, Resistencia, Análisis.

ABSTRACT

Into the vehicle there are several systems that work together for their correct operation and performance in the various driving conditions, therefore each element is in constant movement that leads to its natural wear due to friction, stress, corrosion, etc. , That is why for the construction of the elements that make up the vehicle must select the best materials for its manufacture, this research addresses the analysis of materials present in automatic gearbox system, with the aim of determining that The elements found in the country have sufficient tensile strength than the original materials present in this system.

First, it is necessary to know the operation of this mechanism and to understand the efforts to which each important element of the system is subjected, this is analyzed in chapter 2 of the present investigation, the types of metals present in the gearbox are listed in Chapter 3 as well as the different materials selected for tensile stress analysis, which can be obtained in the country.

Once these tensile tests were compared with the mechanical characteristics of the original gearbox metals with the commercial materials of the country, the results and analyzes are found in Chapter 4 of this research, to determine that a Automatic gearbox with commercial metals present in Ecuador.

In Chapter 5 it is concluded what materials are suitable to replace the metals found in the automatic gearbox for a possible national production of this system essential in modern vehicles.

KEYWORDS: Vehicle, Materials, Gearbox, Strength, Analysis.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Tema de investigación

“ESTUDIO DE LOS MATERIALES DE UNA TRANSMISIÓN AUTOMÁTICA F4A51 DEL HYUNDAI SANTA FE MODELO 2003 PARA LA FABRICACIÓN NACIONAL.”

1.2. Planteamiento del problema

La transmisión automática fue creada con la finalidad de brindar confort y eficiencia en la conducción de los vehículos, el objeto de la misma es el realizar los cambios en la relación de transmisión del vehículo de manera automática sin la intervención de un embrague mecánico. La transmisión automática es controlada por un sistema hidráulico (bomba de aceite, cuerpo valvular) que trabaja mediante presión de aceite y por un sistema electrónico el cual es monitoreado por sensores, solenoides y el TCM.

El mercado automotor en el país ha llegado a tener un incremento considerable de vehículos con transmisiones automáticas, es decir, cajas de cambios automáticas, siendo automóviles equipados con este sistema así cómo: SUV, camionetas y vehículos 4x4, y es aquí donde nace la importancia de realizar un estudio sobre el comportamiento de los materiales que se encuentran en funcionamiento y desgaste.

La transmisión automática presenta desgaste por fricción y desgaste debido a torsión de los elementos, los cuales entran en contacto al aumentar las revoluciones del motor y del convertidor de par para realizar un cambio de velocidad.

El presente estudio de materiales se lo realizara mediante la norma INEN 0109, la cual trata de realizar un ensayo de tracción de materiales metálicos a temperatura ambiente con el fin de determinar sus propiedades metálicas.

1.3. Formulación del problema

Con el fin dar respuesta al problema planteado anteriormente se formula la siguiente pregunta:

¿Es posible determinar las propiedades metálicas de los materiales que permiten el funcionamiento de una caja automática, realizando ensayos bajo la norma INEN 0109 para determinar la resistencia de los materiales que constituyen una transmisión automática?

1.4. Sintonización del problema

La finalidad de este estudio es el poder determinar las propiedades mecánicas de los materiales de una caja automática para su posible fabricación a nivel nacional, determinando mediante la utilización de normas INEN.

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo General

Estudiar los materiales existentes en una caja de cambios automática F4A51 del vehículo Hyundai Santa Fe modelo 2003 y compararlos con los materiales comerciales existentes en el Ecuador cuyos valores se conocerán mediante ensayos normalizados.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Estudiar los materiales de los cuales se encuentra constituidos una caja de cambios automática.

- Realizar ensayos destructivos de los materiales que se comercializan en el país y compararlos con los materiales de la transmisión automática.
- Determinar si los materiales comerciales del país cumplen las condiciones mínimas para la fabricación de una caja de cambios automática.

1.6. Justificación y delimitación del problema

Es de conocimiento general que no todos los conductores están en la capacidad de hacer que el vehículo desarrolle su potencia y torque en equilibrio, sin que sus componentes sufran demasiado. Es por ello que muchos conductores prefieren adquirir automóviles que tienen su transmisión automática.

Los elementos presentes en los sistemas de transmisión automática se encuentran en constante funcionamiento y por tanto siempre en movimiento, por lo que los componentes de este tipo de cajas de cambio se encuentran sometidos a esfuerzos y desgastes causados por la fricción.

El presente proyecto de investigación permite realizar ensayos destructivos en los diferentes materiales que se encuentran en funcionamiento en una caja de cambios automática.

Con dicho ensayo el cual se lo realizará de forma normalizada siguiendo parámetros establecidos por INEN, podremos determinar cuál de ellos presenta mayor desgaste y menor vida útil, y posteriormente se realizará un análisis con el fin de determinar una posible producción de elementos, tomando en cuenta los materiales similares existentes en el mercado nacional.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. El sistema de transmisión

El sistema de transmisión es el conjunto de elementos que tiene la misión de hacer llegar el giro del motor hasta las ruedas motrices.

Con este sistema también se consigue variar la relación de transmisión entre el cigüeñal y las ruedas. Esta relación se varía en función de las circunstancias del momento (carga transportada y el trazado de la calzada). Según como intervenga la relación de transmisión, el eje de salida de la caja de velocidades (eje secundario), puede girar a las mismas revoluciones, a más o a menos que el cigüeñal. (HERMÓGENES, 2003)

Gracias a la transmisión se puede variar el torque y la velocidad, entre el motor y as ruedas según convenga en situaciones que así lo requiera, ya que depende de diversas situaciones tanto como la carga del motor, así como el camino que se requiera seguir o superar.

El cigüeñal es una de las partes básicas del motor de un coche. A través de él se puede convertir el movimiento lineal de los émbolos en uno rotativo, lo que supone algo muy importante para desarrollar la tracción final a base de ruedas, además de recibir todos los impulsos irregulares que proporcionan los pistones, para después convertirlos en un giro que ya es regular y equilibrado, unificando toda la energía mecánica que se acumulan en cada una de las combustiones. (Anónimo, 2007)

Éste es un elemento esencial en el funcionamiento del motor ya que a través de él se convierte el movimiento lineal de los pistones en movimiento circular que es él que se

transmite a las ruedas del automóvil y quien transmite la potencia y torque que genera el motor.

Si el árbol de transmisión gira más despacio que el cigüeñal, diremos que se ha producido una desmultiplicación o reducción y en caso contrario una multiplicación o súper-marcha. (Anónimo, 2007)

2.2. Tipos de transmisión

2.2.1. Tracción delantera

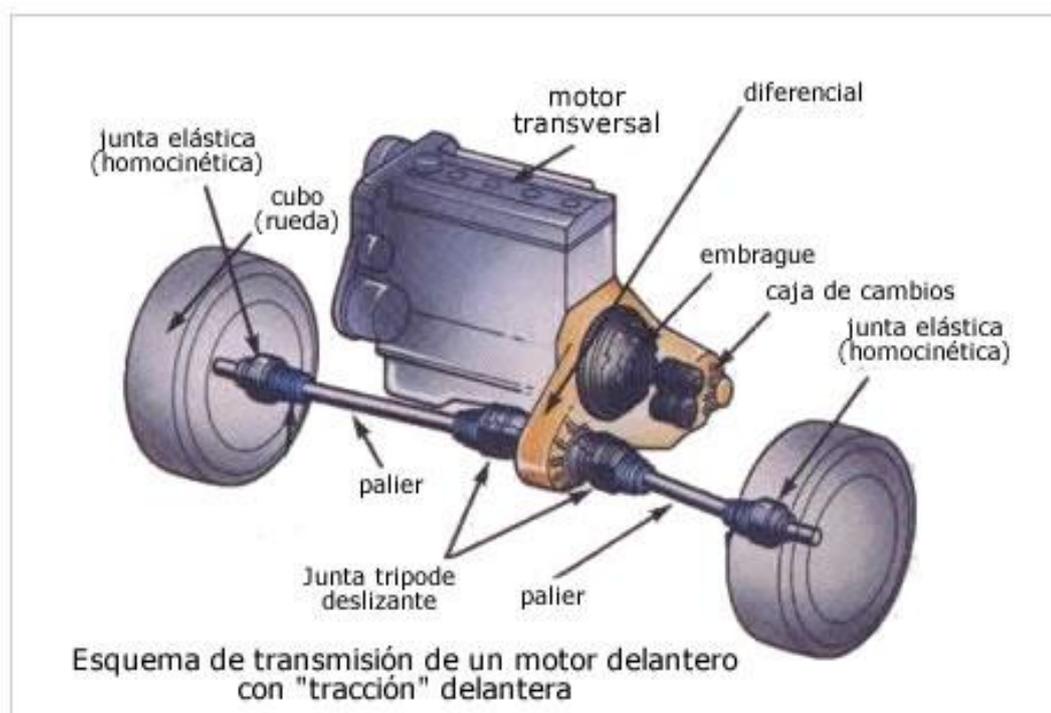


Gráfico 1: Tracción delantera con motor delantero

Fuente: "Manual CEAC del automóvil"

Sus ruedas delanteras son motrices y directrices y no posee árbol de transmisión. Este sistema es muy empleado en turismos de pequeña y mediana potencia. (HERMÓGENES, 2003)

2.2.2. Tracción posterior y motor delantero

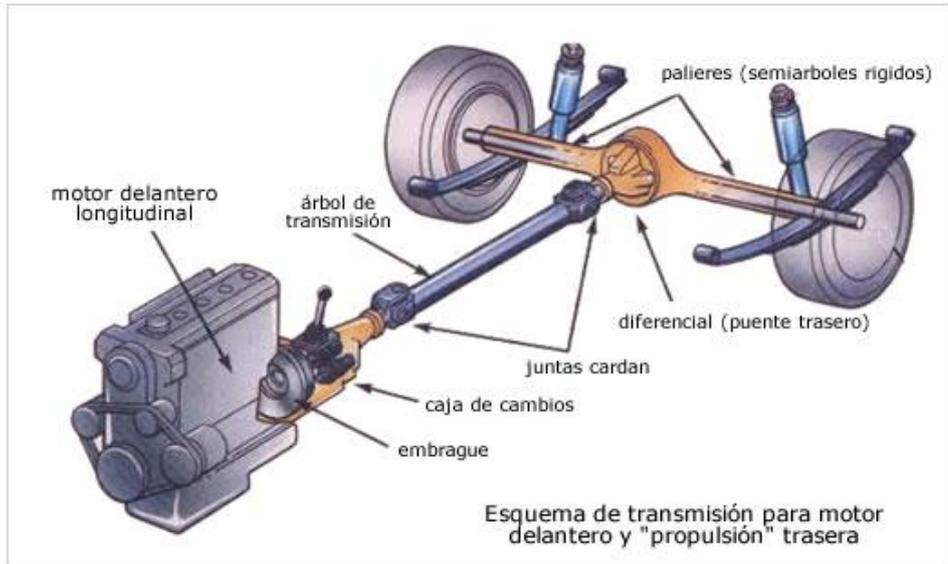


Gráfico 2: Tracción posterior con motor delantero

Fuente: "Manual CEAC del automóvil"

Las ruedas motrices son las traseras, y dispone de árbol de transmisión. Su disposición es algo más compleja, utilizándose en camiones y turismos de grandes potencias. (HERMÓGENES, 2003)

2.2.3. Transmisión Total

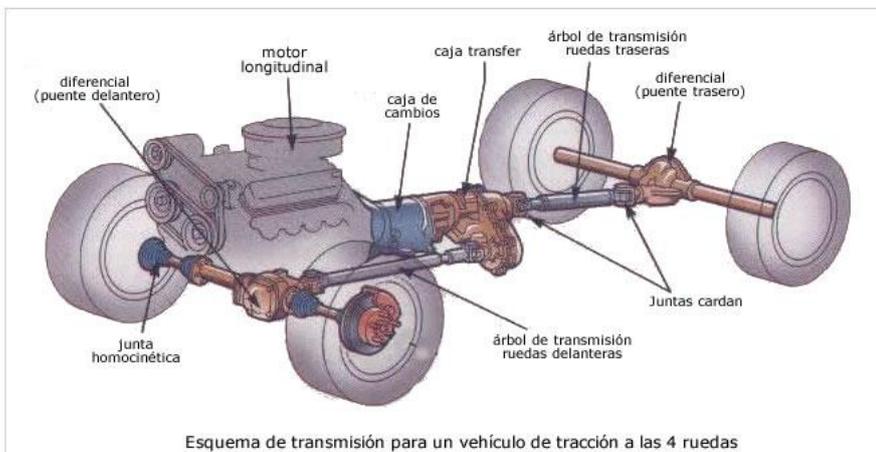


Gráfico 3. Tracción total

Fuente: "Manual CEAC del automóvil"

Los dos ejes del vehículo son motrices. Los dos puentes o ejes motrices llevan un diferencial cada uno. Con esta transmisión pueden, a voluntad del conductor, enviar el movimiento a los dos puentes o solamente al trasero. Este sistema se monta frecuentemente en vehículos todo terreno y en camiones de grandes tonelajes sobre todo los que se dedican a la construcción y obras públicas. (HERMÓGENES, 2003)

2.3. Elementos del sistema de transmisión

Para describir los elementos de transmisión, consideramos un vehículo con motor delantero y propulsión también delantera, ya que en este el montaje emplea todos los elementos del sistema de transmisión:

2.3.1. Embrague

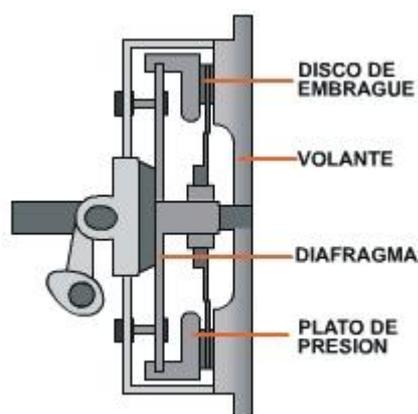


Gráfico 4. Embrague de fricción

Fuente: <http://www.mecanicadeautos.info/index.php?id=Embrague>

Tiene la misión de acoplar y desacoplar, a voluntad del conductor, el giro del motor de la caja de cambios. Debe transmitir el movimiento de una forma suave y progresiva,

sin que se produzcan tirones que puedan producir roturas en algunos elementos del sistema de transmisión. Se encuentra situado entre el volante de inercia (volante motor) y la caja de velocidades. (Anónimo, 2007)

Dentro de la gran variedad de embragues existentes, cabe destacar los siguientes tipos de embragues:

- Embragues de fricción.
- Embragues hidráulicos.
- Embragues electromagnéticos.
- Embrague de fricción mono disco de muelles
- Embrague de disco

2.3.2. Caja de cambios

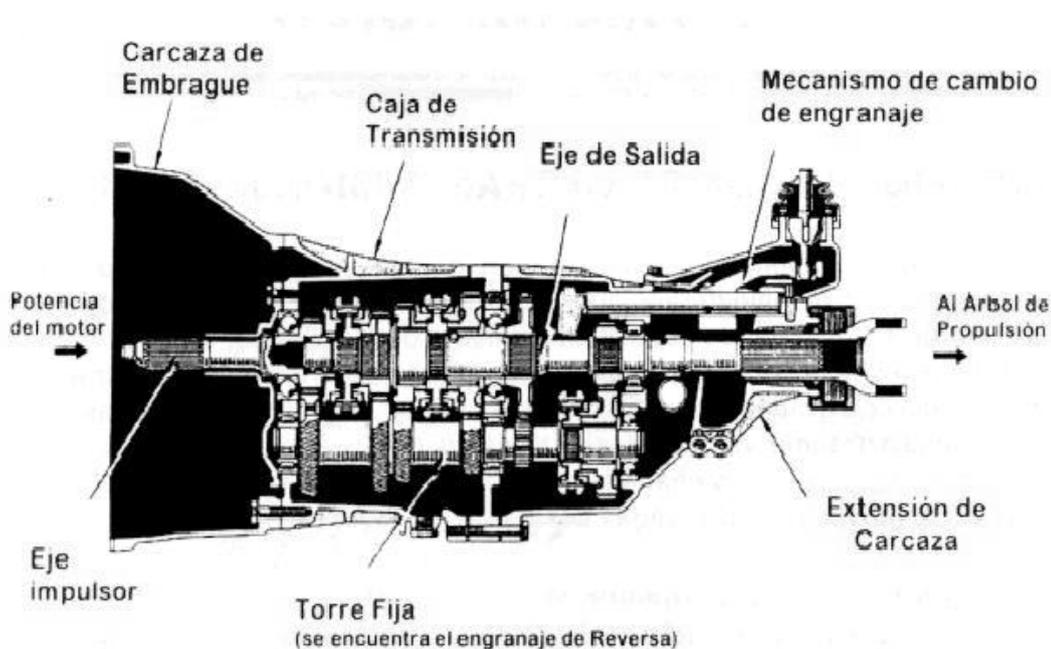


Gráfico 5. Caja de cambios manual

Fuente: “Manual del automóvil” Arias Paz

Es la encargada de aumentar, mantener o disminuir la relación de transmisión entre el cigüeñal y las ruedas, en función de las necesidades, con la finalidad de aprovechar al máximo la potencia del motor. (ARIAZ PAZ, 2004)

La misión de la caja de cambios es convertir el par motor. Es, pues, un convertidor o transformador de par. Un vehículo avanza cuando vence una serie de fuerzas que se oponen a su movimiento, y que constituyen el par resistente. El par motor y el resistente son opuestos. La función de la caja de cambios consiste en variar el par motor entre el motor y las ruedas, según la importancia del par resistente, con la particularidad de poder intervenir en todo momento y conseguir el desplazamiento del vehículo en las mejores condiciones. (ARIAZ PAZ, 2004)

La caja de cambios es el elemento que nos permite modificar el par de motor que se transmite desde el motor hacia las ruedas por lo cual nos ayuda en el momento que el conductor requiera mayor torque para seguir en el camino según se requiera, por tanto, este elemento es sobre el cual realizará la investigación.

2.3.2.1. Cajas de cambios manuales

Son las utilizadas en la mayoría de los automóviles de serie, por su sencillez y economía. Es accionado manualmente mediante una palanca de cambio. Podemos considerar tres partes fundamentales en su constitución: (HERMÓGENES, 2003)

Caja o cárter: donde van montadas las combinaciones de ejes y engranajes. Lleva aceite altamente viscoso.

Tren de engranajes: conjunto de ejes y piñones para la transmisión del movimiento.

Mando del cambio: mecanismo que sirve para seleccionar la marcha adecuada.

2.3.2.2. Cajas de cambio automáticas

Con el fin de hacer más cómodo y sencillo el manejo del automóvil, despreocupando al conductor del manejo de la palanca de cambios y del embrague y para no tener que elegir la marcha adecuada a cada situación, se idearon los cambios de velocidades automáticos, mediante los cuales las velocidades se van cambiando sin la intervención del conductor. Estos cambios se efectúan en función de la velocidad del motor, de la velocidad del vehículo y de la posición del acelerador. El cambio está precedido de un embrague hidráulico o convertidor de par. Aunque carece de pedal de embrague, sí tiene palanca de cambios, o más bien palanca selectora de velocidad, que puede situarse en distintas posiciones. (HERMÓGENES, 2003)

En éste tipo de transmisión el conductor no interviene directamente en los cambios de marchas para la desmultiplicación o la multiplicación del par del motor, sino que ésta lo realiza automáticamente en función de varios factores en las que se encuentra el vehículo durante su funcionamiento.

Diferencial



Gráfico 6. Diferencial

Fuente: <http://mecanicayautomocion.blogspot.com/2009/03/el-sistema-de-transmision.html>

Si los ejes de las ruedas traseras (propulsión trasera), estuvieran unidos directamente a la corona (del grupo piñón-corona), necesariamente tendrían que dar ambas el mismo número de vueltas. Al tomar una curva la rueda exterior describe un arco mayor que la interior; es decir, han de recorrer distancias diferentes, pero, como las vueltas que dan son las mismas y en el mismo tiempo, forzosamente una de ellas arrastrará a la otra, que patinará sobre el pavimento. Para evitarlo se recurre al diferencial, mecanismo que hace dar mayor número de vueltas a la rueda que va por la parte exterior de la curva, que las del interior, ajustándolas automáticamente y manteniendo constante la suma de las vueltas que dan ambas ruedas con relación a las vueltas que llevaban antes de entrar en la curva. Al desplazarse el vehículo en línea recta, ambas ruedas motrices recorren la misma distancia a la misma velocidad y en el mismo tiempo. (Anónimo, 2007)

Éste elemento soluciona el problema de arrastre de las ruedas al momento de que el vehículo toma un camino curvo, en estas situaciones una rueda gira más rápido o más lento que la otra, donde el diferencial hace que esto pueda ocurrir y que una rueda no arrastre a la otra.

2.3.3. Juntas de transmisión



Gráfico 7. Juntas de transmisión

Fuente: <http://mecanicayautomocion.blogspot.com/2009/03/el-sistema-de-transmision.html>

Las juntas se utilizan para unir elementos de transmisión y permitir variaciones de longitud y posiciones. Transmiten el movimiento del sistema de transmisión directamente a las ruedas motrices (Anónimo, 2007)

Estos elementos son importantes ya que transmiten la potencia a las ruedas motrices y deben hacerlo en distintas posiciones de las ruedas, ya que, al estar conectadas a la rueda, éstas por las circunstancias del camino y del manejo están cambiando su posición, es por ello que las juntas deben transmitir la potencia con variaciones de longitud y de posición.

2.4. CAJA DE CAMBIOS AUTOMÁTICA

Una transmisión automática o "cambio automático" es una caja de cambios de automóviles u otro tipo de vehículos que puede encargarse por sí misma de cambiar la relación de cambio automáticamente a medida que el vehículo se mueve, liberando así al conductor de la tarea de cambiar de marcha manualmente. Dispositivos parecidos, pero más grandes también se usan en las locomotoras diésel y máquinas de obras públicas, y en general cuando hay que transmitir un par muy elevado. Tradicionalmente las desmultiplicaciones no se obtienen con engranajes paralelos, como en los cambios manuales, sino con engranajes epicicloidales. Mediante unos dispositivos de mando hidráulico adecuado se inmoviliza selectivamente uno o más de los componentes de dichos trenes epicicloidales, denominados también engranajes planetarios. (FERNANDO, 2010)

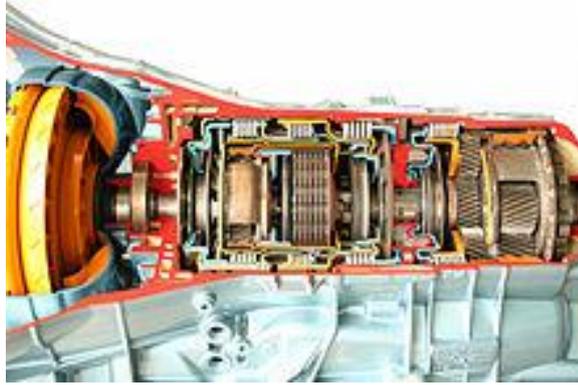


Gráfico 8. Transmisión Automática

Fuente: <http://alanracing360.blogspot.com/>

Funcionamiento:

El conjunto de un cambio automático consta de 4 componentes mecánicos principales:

El Convertidor de par, que, en el momento del arranque del vehículo, reduce las revoluciones del motor hacia el primario o entrada al cambio, ganando en la misma proporción par motor, para ir las igualando progresivamente al ir el vehículo alcanzando una mayor velocidad, hasta que el par del motor y el del primario se igualan cuando las velocidades son las mismas. (FERNANDO, 2010)

Los engranajes que constituyen las velocidades, que son generalmente conjuntos de trenes epicicloidales, que se acoplan y desacoplan con frenos y embragues de discos múltiples accionados por presión hidráulica

El conjunto o "caja" de válvulas hidráulicas que seleccionan los diferentes frenos y embragues, para ir cambiando las velocidades

La bomba hidráulica que suministra la presión para accionar los frenos y embragues, así como para el convertidor.

Puntos de cambio de marcha

El momento de decisión para saber cuándo se pasa de una velocidad a otra depende de 2 parámetros:

- a) La posición del pedal acelerador, es decir la carga motora que está pidiendo el conductor al vehículo (cuesta arriba, llano, descenso, número de pasajeros o de carga).
- b) La velocidad del vehículo.

Esto significa, que por ejemplo el vehículo cuando circule cuesta arriba cambiará a marchas más largas más tarde y a mayor régimen motor que por ejemplo cuesta abajo.

Antiguamente el control de los frenos y embragues se hacía de modo exclusivamente hidráulico, en base a una serie de válvulas hidráulicas reguladas mecánicamente desde el pedal acelerador para el parámetro de carga, por un lado, y de modo centrífugo (salida de la transmisión) para el parámetro de la velocidad del vehículo.

Desde hace ya años estas señales se detectan eléctricamente, y se procesan electrónicamente, encargándose un calculador o unidad electrónica de mando del cambio (TCM) de activar las válvulas de mando, que ahora son electro hidráulicas.

En caso de fallo eléctrico o electrónico, siempre que haya presión hidráulica se sigue disponiendo de las posiciones básicas mecánicas que se describen a continuación, quedando en la "D" normalmente fija una desmultiplicación, la 4ª o 3ª según el número de marchas. (FERNANDO, 2010)

Posiciones de la palanca de cambios

Las mayorías de las transmisiones automáticas permiten seleccionar mecánicamente entre un conjunto de rangos de marchas, que como mínimo comprenden, normalmente en el siguiente orden:

- 1) "P" (Parking) de estacionamiento en la que no hay transmisión de fuerza, y además bloquea el eje de salida de la transmisión mecánicamente.
- 2) "R" (Reverse) Para marcha atrás.
- 3) "N" (Neutral) En la cual no hay transmisión de fuerza, equivale al punto muerto de un cambio manual.
- 4) "D" (Drive) Para marcha hacia adelante, en la cual entran todas las desmultiplicaciones, desde la primera hasta la cuarta, quinta o más según el fabricante.

Además de estas 4 posiciones, es muy frecuente:

- 5) "S" (Sport) de funcionamiento similar a la posición "D" pero con cambios más rápidos, bruscos y a unas revoluciones mayores
- 6) "L" (Low) Para impedir que entren las marchas más largas, sólo primera y segunda, en caso de fuertes pendientes, además permite retener al bajar las mismas pendientes. En algunos fabricantes se sustituye la "L" por "3", "2", "1" dependiendo del fabricante en las cuales se obliga a mantener como máximo la desmultiplicación mayor.
- 7) "M" (Manual) Suele encontrarse al lado de la posición "D" en la cual los movimientos de la palanca, marcados con "+" y con "-", permiten subir y bajar de marchas a voluntad, con la cual hay además posibilidad de retención en los descensos. (Ver figura 9)

8) "W" (Winter) No suele ser muy común y menos como posición. Se puede encontrar como un funcionamiento especial de la posición "D" en la cual la salida y los cambios de marcha se realizan de forma más suave para evitar que las ruedas patinen cuando el suelo se encuentra con escaso agarre. (HERMÓGENES, 2003)



Gráfico 9. Palanca de Cambios Caja de cambios Automática

Fuente: www.fierrosclasicos.com

2.4.1. Componentes principales

2.4.1.1. Plato Flexible

Chapa metálica que se fija entre sí al cigüeñal y el convertidor



Gráfico 10. Plato flexible

Fuente: <http://alanracing360.blogspot.com/>

2.4.1.2. Convertidor de Par

Es un mecanismo que se utiliza en los cambios automáticos en sustitución del embrague, y realiza la conexión entre la caja de cambios y el motor. En este sistema no existe una unión mecánica entre el cigüeñal y el eje primario de cambio, sino que se aprovecha la fuerza centrífuga que actúa sobre un fluido (aceite) situado en el interior del convertidor.

Consta de tres elementos que forman un anillo cerrado en forma toroidal (como un "donuts"), en cuyo interior está el aceite. Una de las partes es el impulsor o bomba, unido al motor, con forma de disco y unas acanaladuras interiores en forma de aspa para dirigir el aceite. La turbina tiene una forma similar y va unida al cambio de marchas. En el interior está el reactor o estator, también acoplado al cambio. Cuando el automóvil está parado, las dos mitades principales del convertidor giran independientes. Pero al empezar a acelerar, la corriente de aceite se hace cada vez más fuerte, hasta el punto de que el impulsor y la turbina (es decir, motor y cambio), giran solidarios, arrastrados por el aceite. (CEDUC, 2005)

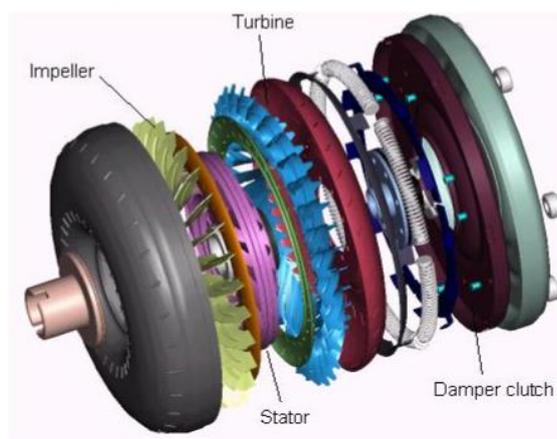


Gráfico 11. Convertidor de par

Fuente: <http://www.ceduc.cl/aula/cqbo/materiales/ME/ME-470/A/material%20para%20cuestionario.pdf>

Finalidad del convertidor de par:

- Evita que el motor se sobrecargue y llegue a calarse, permitiendo el funcionamiento a la vez del sistema hidráulico.
- Proporciona las multiplicaciones de par automáticamente para hacer frente a la carga, sin tener que cambiar de velocidad dentro de unos límites.
- Se elimina la necesidad de embrague.
- Se precisan menos cambios de velocidad.

Componentes del convertidor de par

Impulsor o Bomba

También conocido como impelente. Este elemento tiene paletas que se encargan de impulsar el aceite a la turbina. Se considera el elemento conductor, debido a que es el que recibe el movimiento del motor, al que está unido, e impulsa el aceite contra él. El impulsor, llamado en ocasiones la bomba, está fijado al volante del motor y la turbina está fijada al eje de entrada de la transmisión.

Cuando se arranca el motor, el impulsor comienza a girar y empuja el aceite desde su centro hacia el borde exterior. (CEDUC, 2005)



Gráfico 12. Impulsor

Fuente: <http://www.ceduc.cl/aula/cqbo/materiales/ME/ME-470/A/material%20para%20cuestionario.pdf>

Turbina

El elemento conducido se llama turbina, y va acoplada a la caja de cambios. La parte de la bomba del convertidor de par dirige aceite presurizado contra la turbina para hacerla girar. La turbina está conectada a una flecha, para transferirle potencia a la transmisión. Tiene como misión recibir el aceite enviado por el impulsor. La turbina gira en conjunto con el eje de salida ya que estos están unidos en un mismo eje. (CEDUC, 2005)



Gráfico 13. Turbina

Fuente: <http://www.ceduc.cl/aula/cqbo/materiales/ME/ME-470/A/material%20para%20cuestionario.pdf>

Estator

El convertidor de par incluye un tercer elemento que viene a mejorar las condiciones de funcionamiento en la circulación del aceite, se trata del estator.

Tiene como misión redirigir el aceite ocupado por la turbina y entregarlo al impulsor, cambia de dirección el flujo de aceite, esto permite aumentar el impulso del aceite.

Dentro del estator se encuentra un cojinete de un solo sentido, lo que permite que este solo gire en un determinado sentido. El estator se usa para redirigir el flujo de la turbina de regreso hacia la parte de la bomba, para completar el flujo de aceite.

Está montado sobre un mecanismo de rueda libre que le permite desplazarse libremente cuando los elementos del convertidor giran a una velocidad aproximadamente igual. (CEDUC, 2005)



Gráfico 14. Estator

Fuente: <http://www.ceduc.cl/aula/cqbo/materiales/ME/ME-470/A/material%20para%20cuestionario.pdf>

Eje de salida

Está conectado por estrías a la turbina y envía el par al eje de entrada de la transmisión. El eje de salida está conectado a la transmisión mediante una horquilla y un eje de mando o directamente al engranaje de entrada de la transmisión, recibe la fuerza desde la turbina y la entrega al eje de entrada de la transmisión. (CEDUC, 2005)

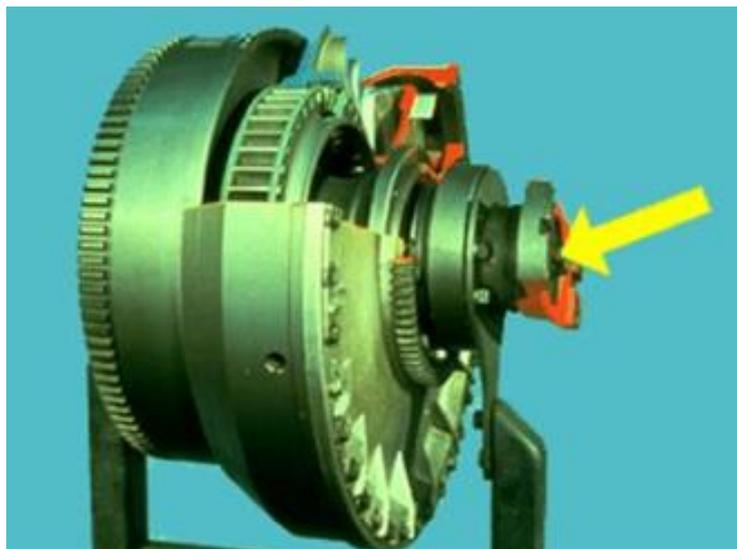


Gráfico 15. Eje de Salida

Fuente: <http://www.ceduc.cl/aula/cqbo/materiales/ME/ME-470/A/material%20para%20cuestionario.pdf>

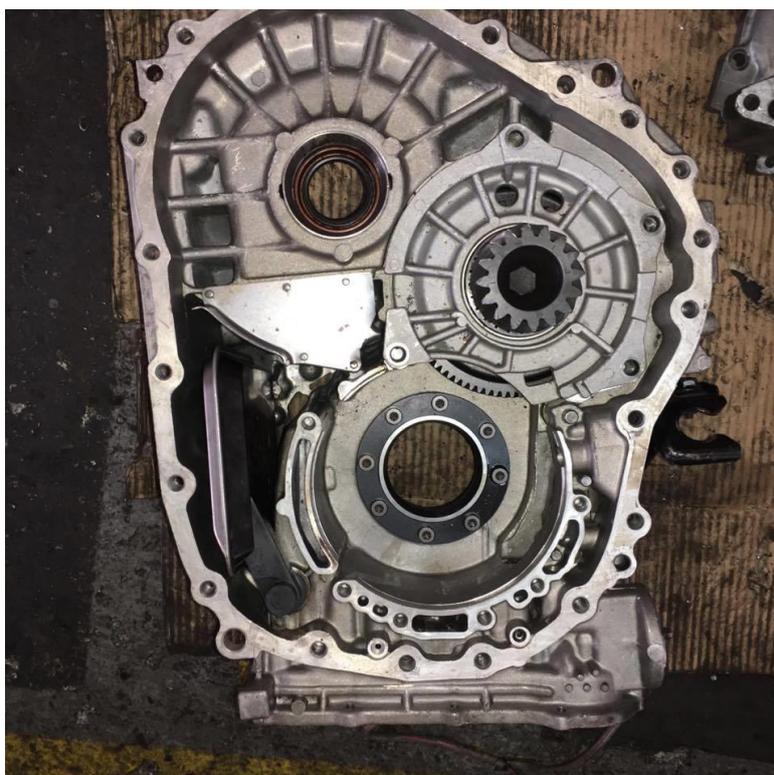


Gráfico 16. Ejes de la caja de cambios automática

Fuente: Lescano - Medina

Aceite hidráulico

Es el elemento que produce el movimiento de los componentes internos del convertidor, además de amortiguar cualquier vibración del motor antes de que pase a cualquier parte de la transmisión.

Se ilustra el concepto básico de un conjunto de convertidor de par de tres elementos, que consta de una turbina, un estator y una bomba (impulsor). (CEDUC, 2005)

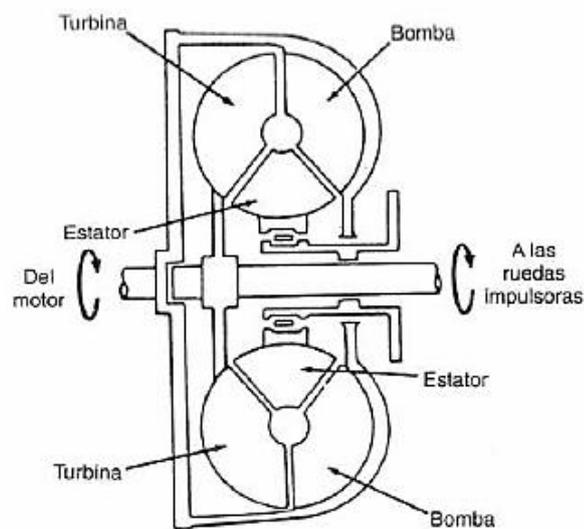


Gráfico 17. Conexión convertidor de par

Fuente: <http://www.ceduc.cl/aula/cqbo/materiales/ME/ME-470/A/material%20para%20cuestionario.pdf>

Se muestra la conexión del alojamiento del convertidor a la parte trasera en la caja del cigüeñal del motor.

Los convertidores de par que están cerrados con soldadura se usan en los vehículos para trabajo ligero (automóviles y camiones pickups) y en algunos vehículos para trabajo mediano, en tanto que los camiones para trabajo pesado de carretera y fuera de ella por lo general emplean modelos de convertidores de par que están armados con pernos. Esta

característica permite que el convertidor de par se pueda desarmar y darle mantenimiento general cuando sea necesario.

2.4.1.3. Tren de engranajes planetario

Un engranaje planetario o engranaje epicicloidal es un sistema de engranajes (o tren de engranajes) consistente en uno o más engranajes externos o planetas que rotan sobre un engranaje central o sol. Típicamente, los planetas se montan sobre un brazo móvil o porta-planetas que a su vez puede rotar en relación al sol. Los sistemas de engranajes planetarios pueden incorporar también el uso de un engranaje anular externo o corona, que engrana con los planetas. (MORA, 2012)

Su funcionamiento está gobernado por cinco estados que proporcionan la clave para entender los diferentes flujos de potencia de engranajes en las transmisiones automáticas.

Son utilizados por las cajas de cambio automáticas. Estos engranajes están accionados mediante sistemas de mando normalmente hidráulicos o electrónicos que accionan frenos y embragues que controlan los movimientos de los distintos elementos de los engranajes.

La ventaja fundamental de los engranajes planetarios frente a los engranajes utilizados por las cajas de cambio manuales es que su forma es más compacta y permiten un reparto de par en distintos puntos a través de los satélites, pudiendo transmitir pares más elevados. (MORA, 2012)

Otra ventaja es que disponiendo frenos de cinta y embrague que permitan fijar cada uno de estos elementos a la carcasa se pueden obtener distintas relaciones de multiplicación entre los demás elementos pudiendo de esta forma conseguir hasta 3 relaciones de cambio. (MORA, 2012)

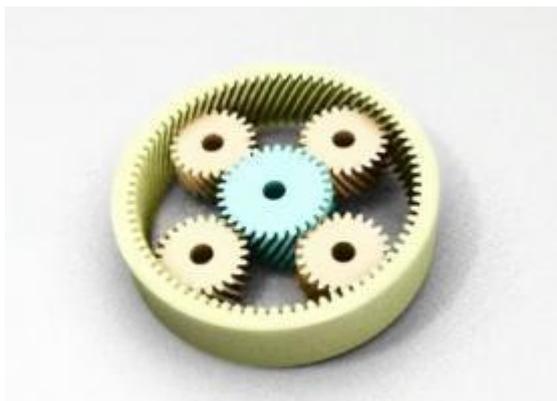


Gráfico 18. Engranajes planetarios

Fuente: <http://www.forocoches.com/foro/showthread.php?t=1908311&page=3>



Gráfico 19. Engranaje epicicloidal Hyundai Santa Fe

Fuente: Autores

Combinaciones de un juego de engranes Epicicloidales

Mediante este mecanismo a primera vista se puede obtener un gran número de combinaciones, según se haga girar el eje o la corona o los satélites, y según se bloqueen cualquiera de las piezas citadas.

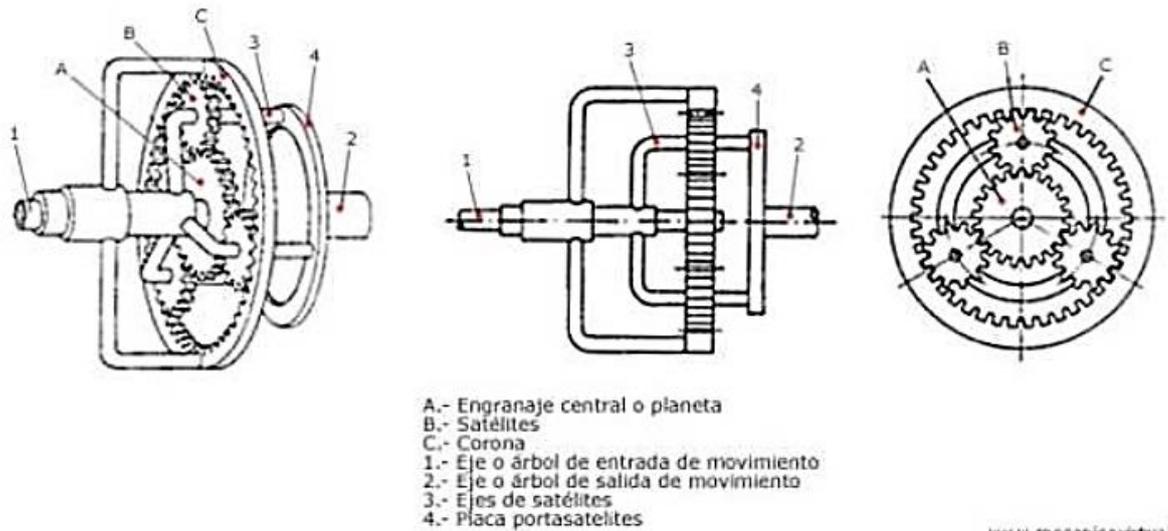


Gráfico 20. Partes tren engranaje

Fuente: Manual CEAC del automóvil

Caso 1. Si se fija el eje planetario, de manera que no se pueda girar y se hace que a los satélites y a la corona solidarios de sus ejes respectivos y se da un impulso motor al eje de los satélites el eje de la corona girara conducido. (CHASI, 2012)

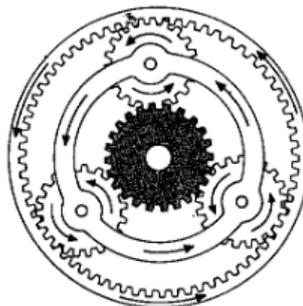


Gráfico 21. Funcionamiento del tren epiciclo Caso 1

Fuente: Manual CEAC del automóvil

Caso 2. Si fijamos el eje de los satélites al eje del planetario, de manera que los satélites no giren, el movimiento transmitido al eje de la corona será un giro a igual velocidad del

planetario y en idéntico sentido. De esta forma se obtiene una transmisión directa entre el planetario y la corona. (CHASI, 2012)

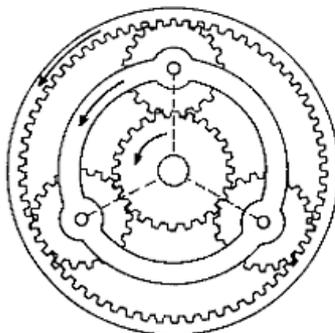


Gráfico 22. Funcionamiento del epiciclo en el caso 2

Fuente: Manual CEAC del automóvil

Caso 3. Si se halla fija la corona, actúa de eje conducido el planetario movido por el eje conductor que será el de los satélites. (CHASI, 2012)



Gráfico 23. Funcionamiento epiciclo caso 3

Fuente: Manual CEAC del automóvil

Caso 4. Como se ve el eje fijo puede ser el eje de los satélites. Si el conductor es el planetario el eje conducido será el de la corona, girando esta al revés del giro de los engranes satélites locos, puesto que su eje permanecerá rígido. (CHASI, 2012)

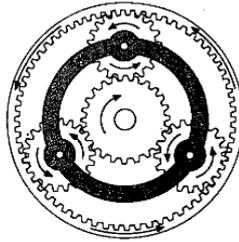


Gráfico 24. Funcionamiento epiciclo caso 4

Fuente: Manual CEAC del automóvil

Caso 5. El mismo caso que en el caso 1, pero siendo ahora el motor de la corona y el conducido el eje de los satélites. (CHASI, 2012)

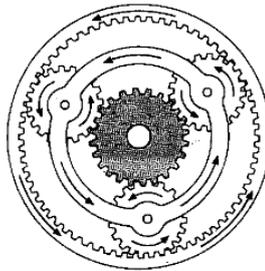


Gráfico 25. Funcionamiento del epiciclo caso 5

Fuente: Manual CEAC del automóvil

Caso 6. El mismo caso que en el caso 3, pero siendo el eje conductor el planetario y conducidos los satélites. (CHASI, 2012)

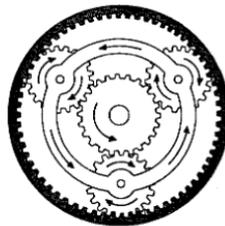


Gráfico 26. Funcionamiento del epiciclo caso 6

Fuente: Manual CEAC del automóvil

De esta manera con sencillas combinaciones de pocos engranes es posible realizar seis variantes de las que resultaran diferentes velocidades.

Ventajas de un tren epicycloidal:

- Son compactos
- Los planetarios siempre van engranados constante y completamente, eliminando la posibilidad de que se produzcan daños en los dientes debido a choques en las maniobras de engrane.
- Son fuertes y robustos, pudiendo soportar cargas de par mayores en comparación con otras combinaciones de engranajes de transmisiones manuales.

2.4.1.4. Funcionamiento y relaciones de transmisión en la caja automática

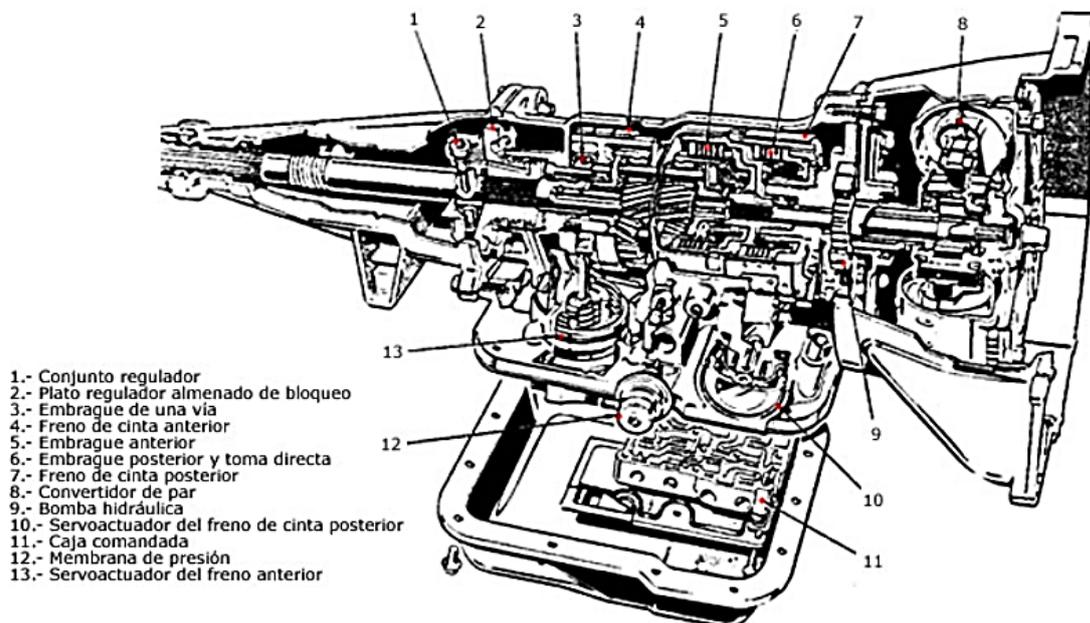


Gráfico 27. Caja de cambios tipo Hidromatic

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios3.htm>

Las distintas velocidades en la caja de cambios se obtienen automáticamente de la siguiente forma:

Primera velocidad

Los mecanismos de mando hidráulico de la caja de cambios (gráfico 28) accionan los frenos (F1 y F2) dejando libres los embragues (E1 y E2), con lo que el giro que llega del volante de inercia (4) a la corona (C1) del primer tren de engranajes (I) se transmite a los satélites (B1), que son arrastrados por ella al estar el planeta (A1) bloqueado.

El movimiento de estos satélites se transmite a la bomba (P) del embrague hidráulico, que arrastra a la turbina (T), comunicando su giro al planeta (A2) del segundo tren de engranajes (II). El giro del planeta (A2) se transmite a los satélites (B2) que giran desplazándose sobre la corona (E2) al estar frenada.

El movimiento de los satélites (B2) se transmite al árbol de transmisión (3), obteniéndose una reducción de movimiento a través (I y II). (MEGANEBROY, 2014)

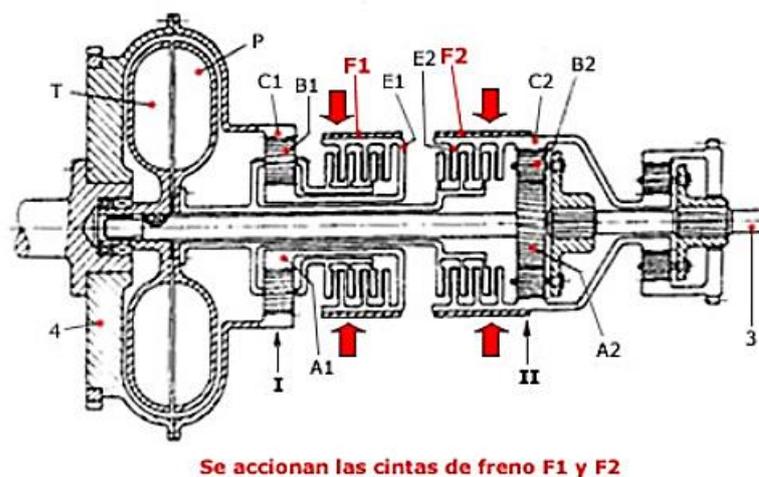


Gráfico 28. Funcionamiento primera marcha

Fuente: <http://www.aficionadosalamecnica.net/caja-cambios3.htm>

Segunda velocidad

Al llegar a una determinada velocidad, el mecanismo de mando hidráulico acciona automáticamente el embrague (E1) y el freno (F2), dejando libres (F1 y E2), con lo cual el giro transmitido por el volante (4) a la corona (C1) (gráfico 29) se transmite íntegro a la bomba del embrague (P) por estar enclavados (A1 y B1) a través del embrague (E1). La bomba, en este caso, se mueve a la misma velocidad que el motor, arrastrando a la turbina (T) que da movimiento al planeta (A2) sin reducción alguna.

El giro de este planetario (A2) mueve a los satélites (B2), que como en el caso anterior, al estar frenada la corona (C2), ruedan sobre ella comunicando el movimiento al árbol de transmisión de salida (3).

La reducción de velocidad en este caso sólo se efectúa a través del tren de engranajes (II). (MEGANEBOY, 2014)

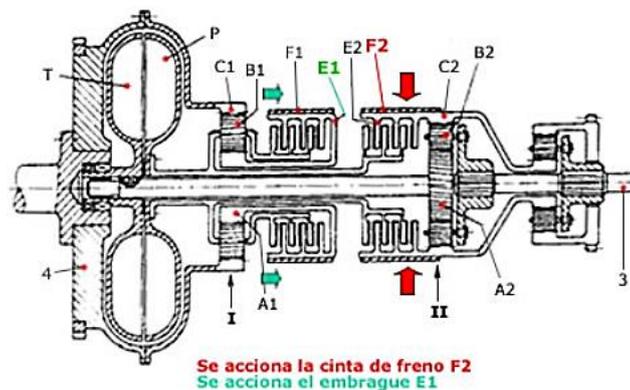


Gráfico 29. Funcionamiento segunda marcha

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios3.htm>

Tercera velocidad

A la velocidad correspondiente para que, entre la tercera velocidad, el mecanismo de mando hidráulico acciona el freno (F1) y el embrague (E2), dejando libres (F2 y E1). El

giro del árbol motor (1), a través de la corona (C1), se transmite a los satélites (B1), por estar el planeta (A1) frenado y, a su vez, a la corona (C2) por la acción del embrague (E2).

Por otro lado, el movimiento de los satélites (B1) se transmite a la bomba (P) del embrague hidráulico, que arrastra a la turbina (T) dando movimiento al planeta (A2). Al girar el planeta y la corona del tren (II) a la misma velocidad, se efectúa una acción de enclavamiento en el segundo tren de engranajes y sus satélites (B2) se desplazan a la misma velocidad que el conjunto, comunicando su movimiento al árbol de salida de transmisión (3).

La reducción de velocidad en este caso, sólo se efectúa, por tanto, en el primer tren de engranajes. (MEGANEBBOY, 2014)

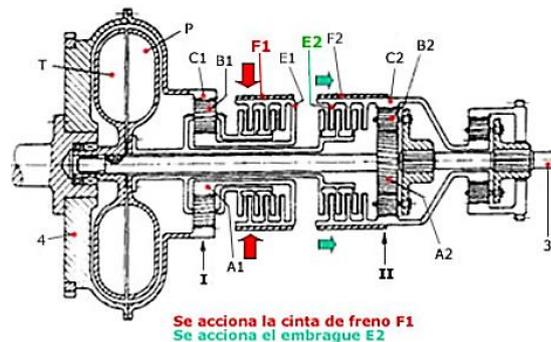


Gráfico 30. Funcionamiento tercera marcha

Fuente: <http://www.aficionadosalamecnica.net/caja-cambios3.htm>

Cuarta velocidad

Con el vehículo circulando a la velocidad correspondiente para que, entre la cuarta velocidad, los mecanismos de mando hidráulicos accionan los embragues (E1 y E2) dejando libres los frenos (F1 y F2). El giro motor que llega a la corona (C1) se transmite

integro a la bomba (M), por estar enclavadas (A1 y B1) por el embrague (E1). Este giro motor se transmite a su vez integro a la corona (C2) del segundo tren de engranajes (II) por la acción del embrague (E2) y como el movimiento de la bomba (P) se transmite integro a través de la turbina (T) al planetario (A2), se produce el enclavamiento del segundo tren que arrastra a los satélites (B2) y al árbol de salida (3) en la caja de cambios a la misma velocidad del motor sin reducción alguna. Por lo tanto no hay reducción, se puede denominar a esta marcha "directa". (MEGANEBY, 2014)

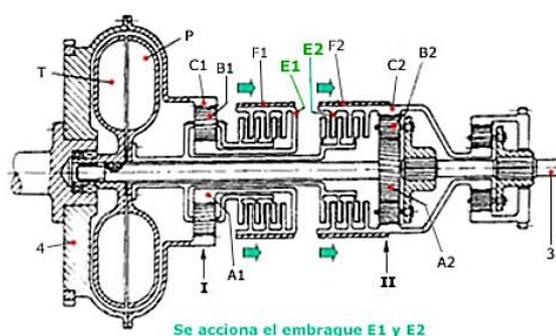


Gráfico 31. Funcionamiento cuarta velocidad

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios3.htm>

Marcha atrás

Al accionar la palanca de cambios en posición de marcha atrás, se enclava mecánicamente la corona (C3) accionándose a su vez el freno (F1) y quedando libres (F2, E1 y E2). En esta posición, el giro del motor (1), a través de la corona (C1), se transmite a los satélites (B1) y a la bomba del embrague hidráulico (P), arrastrando a la turbina (T) que da movimiento (A2).

El movimiento del planeta (A2) hace girar a los satélites (B2) que arrastran a la corona (C2) en sentido contrario y está, a su vez, al planeta (A3), que hace rodar los satélites (B3) sobre la corona (C3), que está enclavada, en sentido contrario al giro motor.

Como los satélites (B2 y B3) van unidos al árbol de transmisión, comunican el movimiento al mismo, con la reducción correspondiente a los trenes (I y II), pero en marcha atrás. (MEGANEBY, 2014)

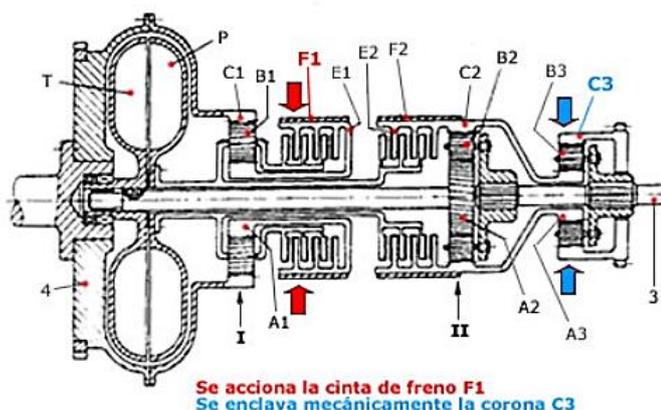


Gráfico 32. Funcionamiento marcha atrás

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios3.htm>

2.4.1.5. Sistema de mando para el cambio automático

Hemos visto el funcionamiento del convertidor de par y de los trenes epicicloidales, ahora veremos cómo funcionan los elementos que controlan el cambio de velocidades. El sistema de control del cambio automático en la caja de cambios Hidramatic está formado por un circuito hidráulico y una serie de elementos, situados en el interior del cárter de la caja de cambios, que realizan las operaciones de cambio automático para las distintas velocidades, sin que tenga que intervenir el conductor.

Hay dos elementos principales que se encargan de frenar uno o varios de los componentes del tren epicicloidal para conseguir las diferentes reducciones de velocidad. Estos elementos son: la cinta de freno y el embrague. (MEGANEBY, 2014)

La cinta de freno: Consiste en una cinta que rodea un tambor metálico. Este tambor puede estar fijado al piñón planeta tal como se muestra en la figura, o puede ser la

superficie exterior de la corona de engrane interior. Cuando la cinta de freno esta aplicada, queda inmovilizado el piñón planeta y el engranaje epicicloidal actúa como un reductor de velocidad. La corona interior estará girando, pues está montada sobre el eje de entrada. Esta disposición hace que giren los piñones satélites, a la vez que circunden el piñón planeta, arrastrando consigo a la porta satélites, el cual girara animado de una velocidad de rotación inferior a la de la corona interior. (MEGANEBOY, 2014)



Gráfico 33. Cinta de freno

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios3.htm>

El embrague: consiste en una serie de placas la mitad de las cuales están fijadas en el anillo exterior, llamado tambor de embrague que es solidario con el planeta y la otra mitad lo están a la porta satélites. Cuando la presión del aceite aprieta entre si los dos juegos de placas del embrague, éste estará conectado. Cuando actúa el embrague diremos que el engranaje epicicloidal está "bloqueado" ya que hacemos solidarios dos de sus componentes y el engranaje epicicloidal girara al completo sin ningún tipo de reducción. (MEGANEBOY, 2014)

El aceite a presión que entra a través del tubo de aceite produce la aplicación o acoplamiento del embrague. El aceite a presión empuja hacia la izquierda al pistón anular

dispuesto en el tambor del piñón planeta, de manera que las placas del embrague son apretadas las unas contra las otras, quedando así aplicado el embrague.

En esta situación, el porta satélites y el piñón planeta son solidarios. El juego de engranaje epicicloidal está ahora en transmisión o marcha directa. (MEGANEBOY, 2014)

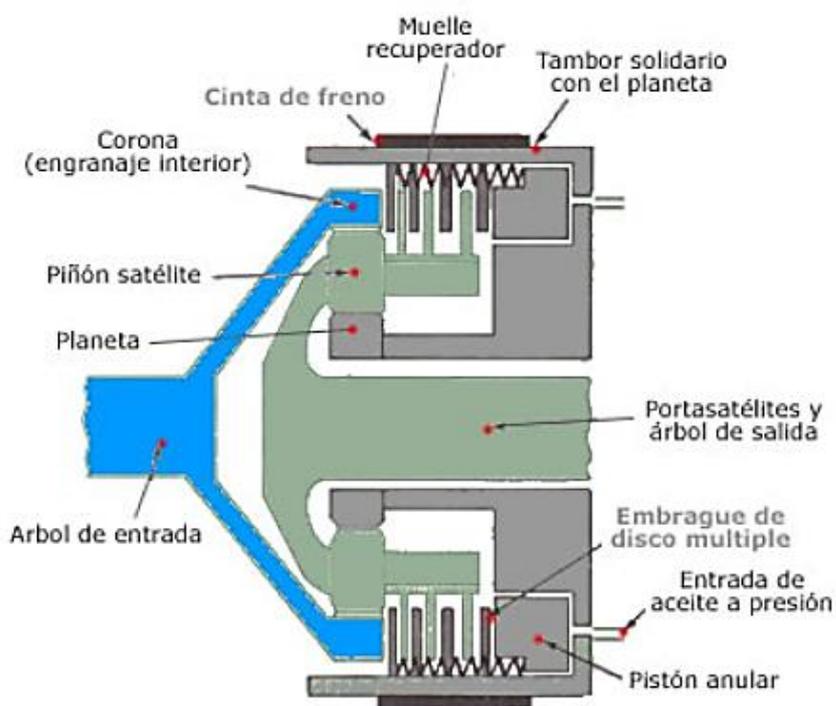


Gráfico 34. Embrague caja de cambios automática

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios3.htm>

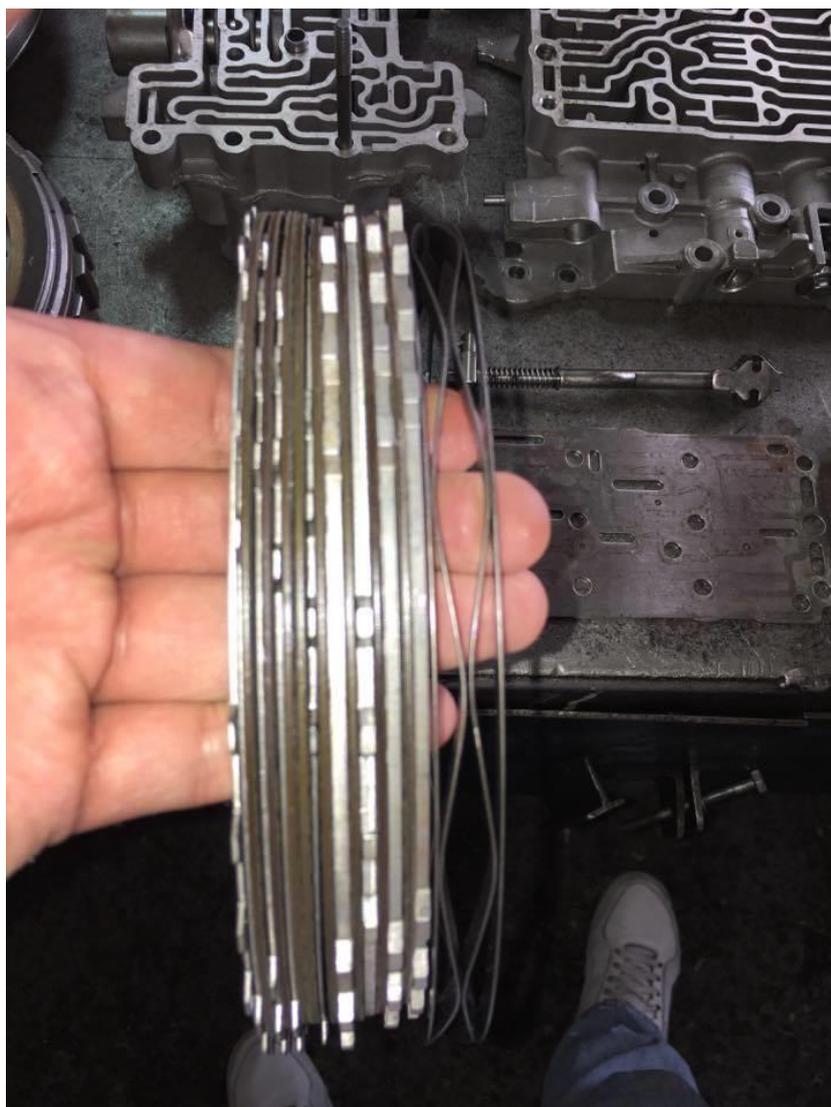


Gráfico 35. Discos de embrague caja de cambios

Fuente: Lescano – Medina

El dispositivo de la figura superior es solo uno de los varios que se usan en las cajas de cambios automáticas. En algunas de éstas, cuando la cinta esta aplicada, permanece inmovilizada la corona interior o la porta satélites. Las diferentes cajas de cambio pueden, sin embargo, inmovilizar diferentes miembros conjuntamente cuando está aplicado el embrague. No obstante, en todas las cajas de cambios automáticas el principio es el mismo. Hay reducción de marcha cuando está aplicada la cinta y hay transmisión en directa cuando está aplicado al embrague. (MEGANEBOY, 2014)

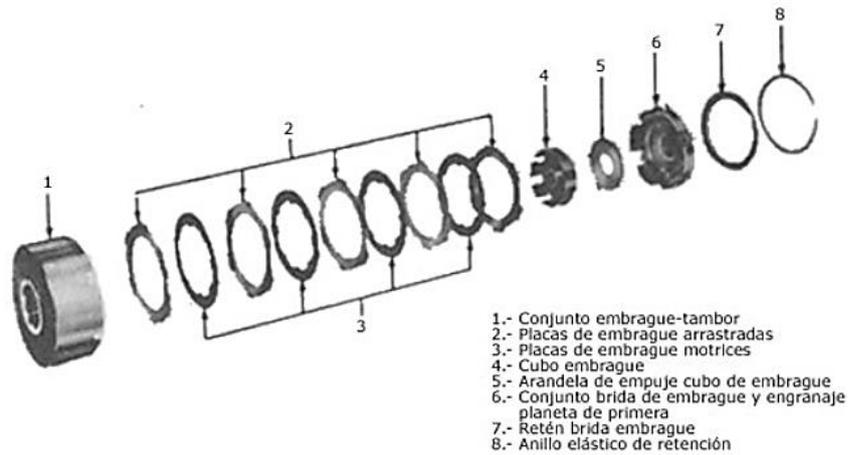


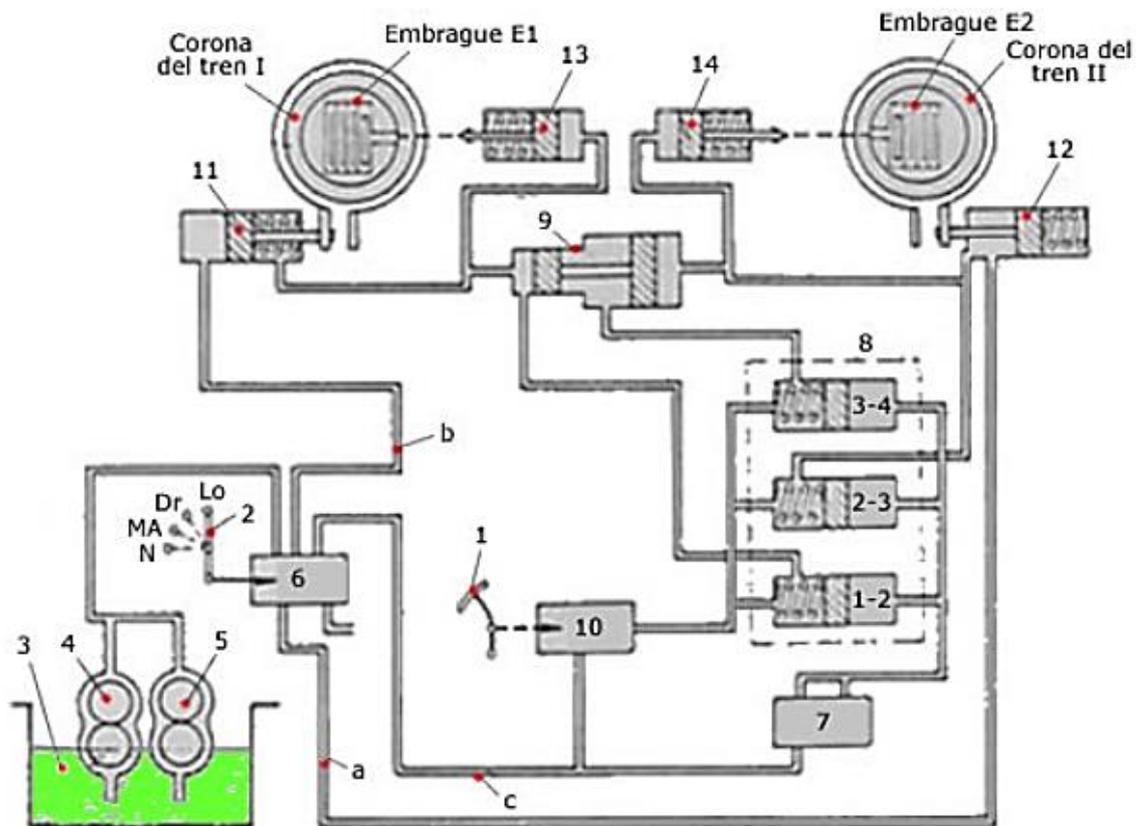
Gráfico 36. Despiece de un conjunto embrague-tambor

Fuente: <http://www.aficionadosalamecnica.net/caja-cambios3.htm>

2.4.1.6. Circuito de mando hidráulico

El sistema es gobernado por el pedal del acelerador (1) (gráfico 37) y la velocidad del vehículo, seleccionando la marcha más adecuada de forma automática, sin que el conductor tenga que preocuparse del cambio de velocidades ni de accionar el embrague.

Estas cajas suelen llevar una palanca de cambios (2) con tres posiciones: una para la marcha atrás (MA): otra (Lo) para cuando el vehículo rueda por terreno malo o con tráfico congestionado, en la que sólo se seleccionan las marchas más cortas; y la tercera posición (Dr) para el automatismo total en que se seleccionan todas las marchas hacia adelante en función de la velocidad del vehículo. El punto muerto se encuentra (N). Esta nomenclatura varía según los fabricantes del mecanismo. (MEGANEBOY, 2014)



- | | |
|----------------------------|---|
| 1.- Pedal del acelerador | 8.- Distribuidor (elemento central de mando) |
| 2.- Palanca de cambios | 9.- Válvula de mando |
| 3.- Carter lleno de aceite | 10.- Retardador |
| 4.- Bomba 1 | 11.- Bombín de accionamiento de cinta de freno tren I |
| 5.- Bomba 2 | 12.- Bombín de accionamiento de cinta de freno para tren II |
| 6.- Válvula corredera | 13.- Bombín de accionamiento embrague E1 |
| 7.- Regulador centrífugo | 14.- Bombín de accionamiento bombín de embrague II |
- a, b y c.- Tuberías de acero

Gráfico 37. Circuito de mando hidráulico de la caja de cambios Hidromatic

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios3.htm>



Gráfico 38. Cuerpo de Válvulas

Fuente: Lescano – Medina

Los elementos que componen este circuito de mando son los siguientes:

Cárter y bombas de aceite: El fluido para el mando hidráulico es a base de aceite especial para este tipo de cajas de cambio y se aloja en el cárter (3) de la misma. Este aceite es utilizado para la lubricación de los engranajes, para llenar el embrague hidráulico o convertidor de par y para el circuito de mando.

El aceite es distribuido en el circuito por dos bombas de engranajes (4 y 5), que aspiran el aceite del cárter y lo envían a presión a los elementos de mando a través de tuberías (a, b y c) de acero estirado en frío sin soldadura, capaces de soportar la presión con que circula el aceite por ellos.

La bomba (4) recibe movimiento del árbol motor y realiza la lubricación de los mecanismos, el llenado del embrague hidráulico y suministra aceite con la suficiente presión al circuito de mando para accionar la primera velocidad.

La bomba (5) recibe el movimiento del árbol de transmisión y añade su flujo de aceite al circuito de mando para el accionamiento del resto de las velocidades. Una válvula limitadora de presión mantiene constante la presión en el circuito a unos 6 Kgf/cm².

Corredera: Este mecanismo de accionamiento mecánico (fig. inferior) consiste en una válvula corredera (6) accionada por una palanca (2) situada al alcance del conductor.

En la posición (N) correspondiente al punto muerto, deja pasar la presión de aceite por la salida (a), dejando libres los frenos y embragues, con lo cual, los trenes giran en vacío sin transmitir movimiento alguno, cortando además el suministro de fluido al regulador centrífugo (7) y al distribuidor (8).

En la posición (Dr), correspondiente al cambio automático (gráfico 39), la válvula deja pasar el aceite por las canalizaciones (b y c) hacia el regulador centrífugo (7) y al bombín del freno (11). La posición (Lo) da paso de aceite a un circuito de bloqueo en el distribuidor, de forma que sólo se seleccionan las velocidades más cortas.

En la posición de marcha atrás (MA), se bloquea mecánicamente la corona del tercer tren y se deja paso de aceite para el funcionamiento del circuito en posición de marcha atrás.

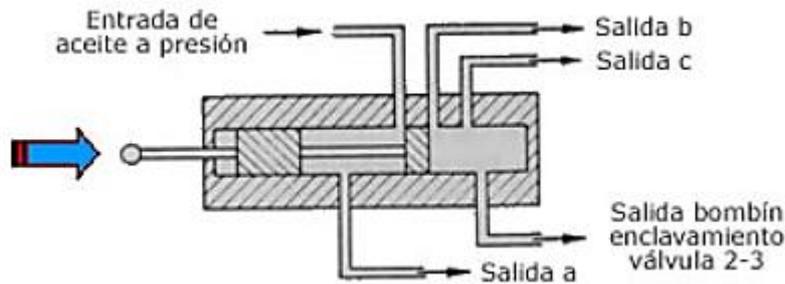


Gráfico 39. Corredera en posición punto muerto

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios3.htm>

Regulador centrífugo: Este mecanismo (7) (gráfico 40) recibe movimiento en su eje (B) del árbol de transmisión, de la misma toma que la bomba de aceite (5). Está formado por un grueso plato (A) que recibe movimiento por su árbol (B). En el interior de este plato o volante centrífugo van montadas dos válvulas desplazables (V1 y V2) unidas a los contrapesos (C1 y C2) de distinto tamaño y peso que, por la acción centrífuga, se desplazan hacia afuera abriendo paso al aceite que llega por el conducto (c) hacia el distribuidor.

La válvula (V1), por la acción del contrapeso (C1), se abre aproximadamente a las 1 300 r. p. m., dando paso al aceite con la presión suficiente para accionar la válvula (1-2) del distribuidor (8) y pasar de 1ª a 2ª velocidad. La válvula (V2), por la acción del contrapeso (C2), se abre a las 3 000 r. p. m., dejando pasar el aceite a mayor presión, que se suma al anterior para accionar las válvulas (2-3) y (3-4) del distribuidor, para los cambios de 3ª y 4ª velocidad.

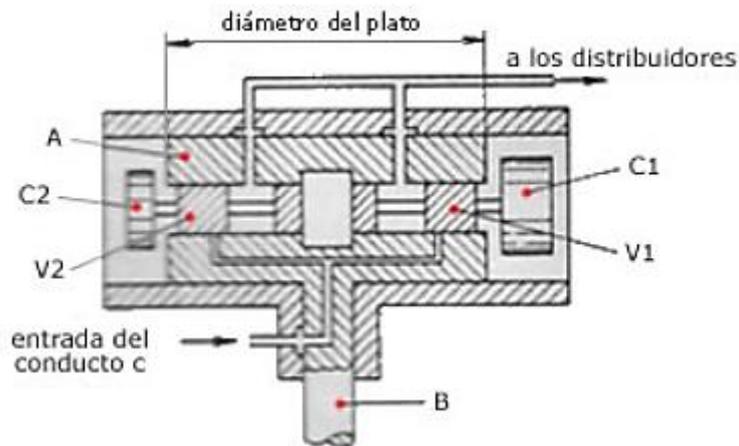


Gráfico 40. Regulador centrífugo

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios3.htm>

Retardador: Este elemento, señalado con la marca (10) en el conjunto general, consiste (gráfico 41) en una válvula accionada por el pedal acelerador que tiene la misión de aumentar la presión en la cara opuesta de las válvulas del distribuidor. Esta presión refuerza la acción de los muelles de las válvulas, consiguiendo que la presión mandada por el regulador sea mayor, para actuar los cambios de marcha. Con ello se consigue apurar más las velocidades, sobre todo en caso de pendientes, donde interesa mantener una velocidad más corta.

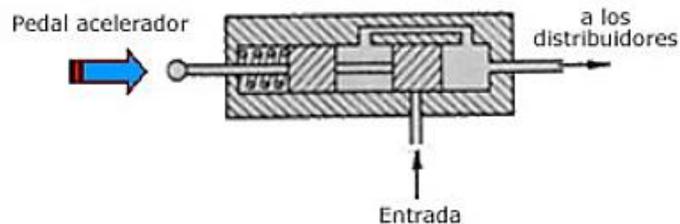


Gráfico 41. Retardador

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios3.htm>

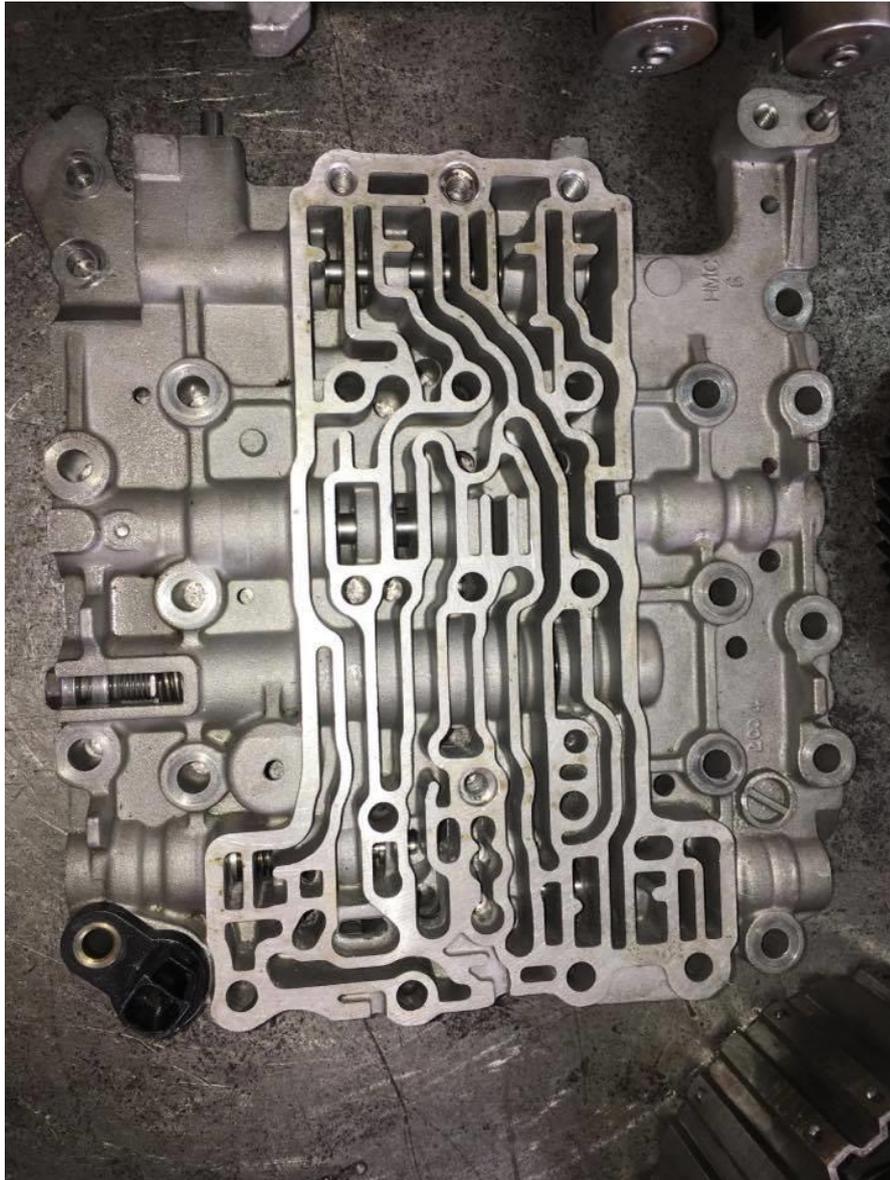


Gráfico 42. Cuerpo de Válvula y cárter

Fuente: Lescano – Medina

2.5. Elasticidad, Tensión y deformación

“Cualquier objeto cambia de forma bajo la acción de las fuerzas aplicadas. Si las fuerzas son lo suficientemente intensas, el objeto se romperá, o fracturará.” (GIANCOLI, 2016)

2.5.1. Elasticidad y la Ley de Hooke

Si una fuerza se ejerce sobre un objeto, como la varilla metálica suspendida verticalmente que se representa en la gráfico 43, la longitud del objeto cambia. Los experimentos demuestran que si la cantidad de elongación, ΔL , es pequeña en comparación con la longitud del objeto, ΔL será proporcional a la fuerza ejercida sobre el objeto. Esta proporcionalidad, se puede expresar como ecuación: (GIANCOLI, 2016)

$$F = k\Delta L$$

Ecuación 1. Ley de Hooke

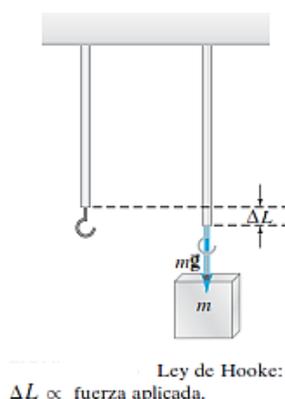


Gráfico 43. Ley de Hooke

Fuente: Física, principios y aplicación, Douglas Giancoli

Aquí, F representa la fuerza que jala sobre el objeto, ΔL es el cambio en la longitud y k es una constante de proporcionalidad. La ecuación 1, a la que a veces se llama ley de Hooke en honor de Robert Hooke (1635-1703), quien primero la describió, es válida para casi cualquier material sólido desde el hierro hasta el hueso, pero sólo es válida hasta cierto punto. Si la fuerza es muy grande, el objeto se estira de manera excesiva y eventualmente terminará por romperse. La figura 44 muestra una gráfica típica de la fuerza aplicada contra la elongación. (GIANCOLI, 2016)

Hasta un punto denominado límite proporcional, la ecuación 1 es una buena aproximación para muchos materiales comunes, y la curva es en realidad una línea recta. Más allá de este punto, la gráfica se desvía de una línea recta y no existe una relación simple entre F y ΔL . No obstante, en un punto más allá a lo largo de la curva, llamado el límite elástico, el objeto regresará a su longitud original si se elimina la fuerza aplicada. La región desde el origen hasta el límite elástico se conoce como región elástica. (GIANCOLI, 2016)

Si el objeto es estirado más allá del límite elástico, ingresa a la región plástica: no regresa a la longitud original cuando se remueve la fuerza externa, sino que permanece deformado (como un clip doblado). La elongación máxima se alcanza en el punto de ruptura. La fuerza máxima que se puede aplicar sin rompimiento se llama resistencia máxima a la rotura del material (en realidad, fuerza por unidad de área) (GIANCOLI, 2016)

Los materiales tienen diferentes comportamientos cuando son sometidos a esfuerzos ya sea en cualquier circunstancia en que se la emplee, como por ejemplo las estructuras, mecanismos, etc.

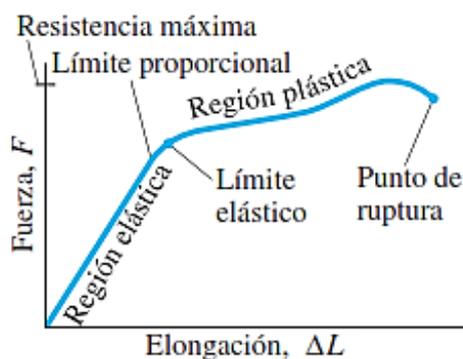


Gráfico 44. Gráfica de fuerza aplicada contra la elongación para un metal típico

Fuente: Física, principios y aplicación, Douglas Giancoli

2.5.2. Módulo de Young

La cantidad de elongación de un objeto, como la barra que se ilustra en la figura 44, no sólo depende de la fuerza aplicada, sino también del material del que esté hecho y de sus dimensiones. Esto es, la constante k en la ecuación 1 se puede escribir en términos de estos factores. (GIANCOLI, 2016)

Material	Módulo de Young E (N/m ²)	Módulo de corte G (N/m ²)	Módulo volumétrico B (N/m ²)
<i>Sólidos</i>			
Hierro, fundido	100×10^9	40×10^9	90×10^9
Acero	200×10^9	80×10^9	140×10^9
Latón	100×10^9	35×10^9	80×10^9
Aluminio	70×10^9	25×10^9	70×10^9
Concreto	20×10^9		
Ladrillo	14×10^9		
Mármol	50×10^9		70×10^9
Granito	45×10^9		45×10^9
Madera (pino) (paralela a la veta)	10×10^9		
(perpendicular a la veta)	1×10^9		
Nylon	5×10^9		
Hueso (pierna)	15×10^9	80×10^9	
<i>Líquidos</i>			
Agua			2.0×10^9
Alcohol (etílico)			1.0×10^9
Mercurio			2.5×10^9
<i>Gases[†]</i>			
Aire, H ₂ , He, CO ₂			1.01×10^5

Tabla 1. Módulos elásticos

Fuente: Física, principios y aplicación, Douglas Giancoli

Si se comparan barras elaboradas del mismo material pero de diferentes longitudes y áreas transversales, se encuentra que, para la misma fuerza aplicada, la cantidad de estiramiento (que de nuevo se supone pequeña en comparación con la longitud total) es proporcional a la longitud original e inversamente proporcional al área transversal. (GIANCOLI, 2016)

Esto es, cuanto más largo sea el objeto, mayor elongación se produce bajo la acción de una fuerza dada; y cuanto más grueso sea, menor es la elongación. Estos hallazgos se combinan con la ecuación 1 para dar:

$$\Delta L = \frac{F}{EA} L_o$$

Ecuación 2-1 Deformación

Donde L_o es la longitud original del objeto, A es el área transversal y ΔL es el cambio en longitud que provoca la fuerza aplicada F .

Ejemplo: Un tubo de acero con longitud $L = 4.0$ ft, diámetro exterior $d_2 = 6.0$ in y diámetro interior $d_1 = 4.5$ in se comprime mediante una fuerza axial $P = 140$ k. El material tiene un módulo de elasticidad $E = 30,000$ ksi, determinar el acortamiento.

$$\Delta L = \frac{-140K}{30,000ksi * 12.37in^2} 48in$$

$$= -0.018in \text{ (Negativo porque está en compresión)}$$

E es una constante de proporcionalidad conocida como módulo elástico o módulo de Young, su valor sólo depende del material. En la tabla 1 se proporciona el valor del módulo de Young para varios materiales.

Puesto que E es una propiedad exclusiva del material y es independiente del tamaño o forma del objeto, la ecuación 2.2 es mucho más útil para cálculos prácticos que la ecuación 2.1. (GIANCOLI, 2016)

2.5.3. Esfuerzo de tensión, compresión y de corte

Se dice que la barra que se representa en la figura 45 está bajo tensión o esfuerzo de tensión (o tracción). No sólo existe una fuerza que jala hacia abajo sobre la barra en su extremo inferior, sino que, como la barra está en equilibrio, se sabe que el soporte en la parte superior ejerce una fuerza igual hacia arriba sobre ella en su extremo superior figura 45. De hecho, este esfuerzo de tensión existe a través de todo el material. Considere, por ejemplo, la mitad inferior de una barra suspendida como la que se ilustra en la figura. Esta mitad inferior está en equilibrio, así que debe existir una fuerza ascendente sobre ella para balancear la fuerza descendente en su extremo inferior.

¿Qué ejerce esta fuerza ascendente? Debe ser la parte superior de la barra.

De esta forma, se ve que las fuerzas externas aplicadas a un objeto dan origen a fuerzas internas, o esfuerzos, dentro del material mismo. La deformación debida al esfuerzo de tensión no es sino un tipo de esfuerzo al que están sujetos los materiales.

(GIANCOLI, 2016)

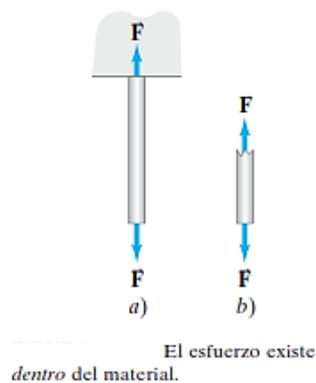


Gráfico 45. Esfuerzo de tensión

Fuente: Física, principios y aplicación, Douglas Giancoli

Existen otros dos tipos comunes de esfuerzo: el de compresión y el de corte. El esfuerzo de compresión es el opuesto exacto del esfuerzo de tracción.

En lugar de estirarse, el material se comprime: las fuerzas actúan hacia dentro del objeto. Las columnas que sostienen un peso, como las columnas de un templo griego, están sujetas a esfuerzo de compresión. Las ecuaciones 1 y 2 se aplican igualmente bien a la compresión y a la tensión, y los valores para los módulos E , por lo general, son los mismos. (GIANCOLI, 2016)

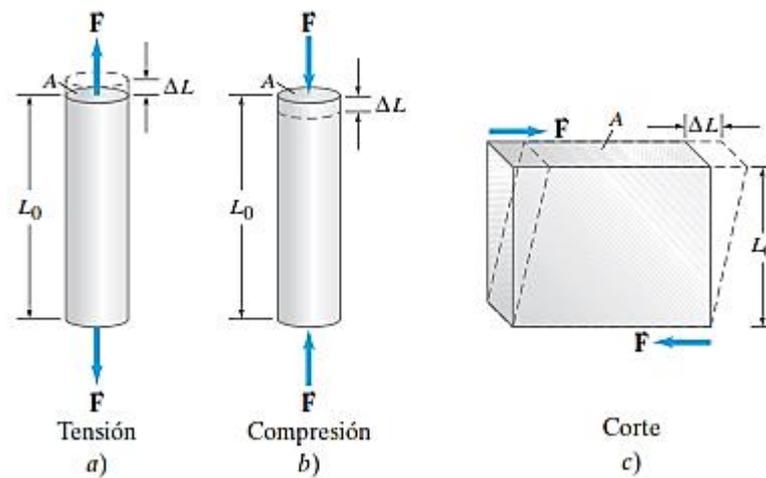


Gráfico 46. Gráfico de los tres tipos de esfuerzos

Fuente: Física, principios y aplicación, Douglas Giancoli

La figura 46 compara los esfuerzos de tensión y compresión, así como el tercer tipo, el esfuerzo de corte. Un objeto bajo esfuerzo de corte (cortante) tiene fuerzas iguales y opuestas aplicadas a través de sus caras opuestas. Un ejemplo simple es un libro o ladrillo firmemente unido a una mesa, sobre el que se ejerce una fuerza paralela a la superficie superior. La mesa ejerce una fuerza igual y opuesta a lo largo de la superficie inferior. Aunque las dimensiones del objeto no cambian significativamente, la forma del objeto sí cambia (figura 46c). (GIANCOLI, 2016)

Para calcular el esfuerzo de corte se puede aplicar una ecuación similar a la ecuación 3:

$$\Delta L = \frac{F}{GA} L_0$$

Ecuación 2-2. Corte

Pero ΔL , L_0 y A se deben reinterpretar como se indica en la figura 46c. Hay que hacer notar que A es el área de la superficie paralela a la fuerza aplicada (y no perpendicular como para la tensión y la compresión), y ΔL es perpendicular a L_0 . La constante de proporcionalidad G se llama módulo de corte y es generalmente de un medio a un tercio del valor del módulo de Young E (véase la tabla 1). La figura 47 ilustra por qué $\Delta L \propto L$, el libro más grueso se corre más por la misma fuerza de corte.

El libro más grueso *a*) se corre más que el libro más delgado *b*) con la misma fuerza de corte aplicada.

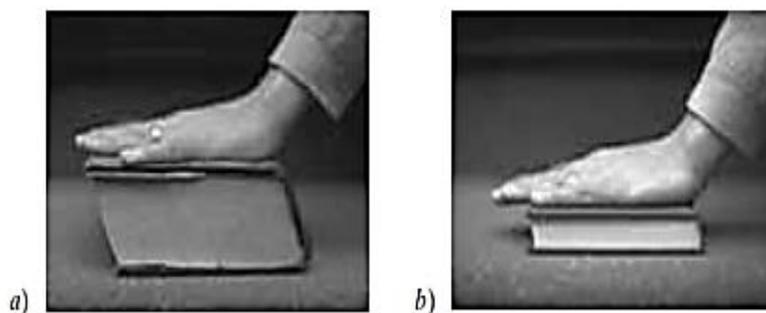


Gráfico 47. Ejemplo de esfuerzo cortante

Fuente: Física, principios y aplicación, Douglas Giancoli

2.5.4. Fractura

Si el esfuerzo sobre un objeto sólido es demasiado grande, el objeto se fractura, o rompe (figura 48). En la tabla 2 se presenta una lista de las resistencias (máximas) a la rotura por tensión, compresión y corte de varios materiales. Estos valores proporcionan

la fuerza máxima por unidad de área, o esfuerzo, que un objeto puede soportar bajo cada uno de estos tres tipos de esfuerzo para varios tipos de material.

Sin embargo, sólo son valores representativos, y el valor verdadero para un ejemplar específico puede diferir considerablemente. Por esa razón, es necesario mantener un factor de seguridad que va de 3 hasta tal vez 10 o más; esto es, los esfuerzos reales sobre una estructura no deben exceder de un décimo a un tercio de los valores incluidos en la tabla. Es posible encontrar tablas de “esfuerzos permisibles” en los que ya se han incluido los factores de seguridad apropiados. (GIANCOLI, 2016)

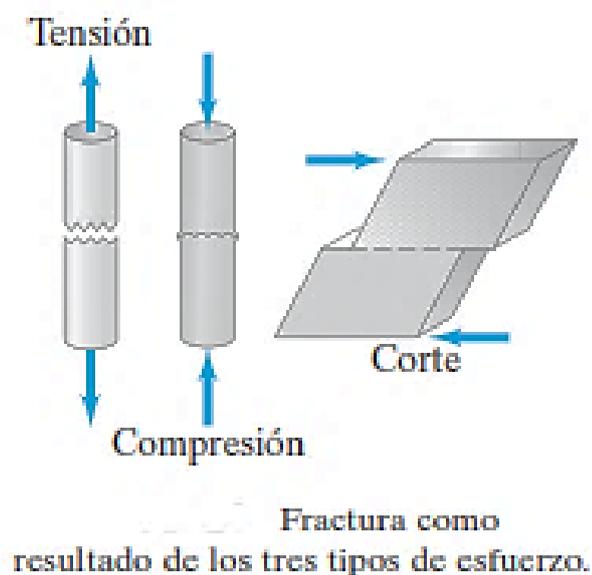


Gráfico 48. Fractura en diferentes esfuerzos

Fuente: Física, principios y aplicación, Douglas Giancoli

Material	Resistencia a la tensión (N/m ²)	Resistencia a la compresión (N/m ²)	Resistencia al corte (N/m ²)
Hierro, fundido	170 × 10 ⁶	550 × 10 ⁶	170 × 10 ⁶
Acero	500 × 10 ⁶	500 × 10 ⁶	250 × 10 ⁶
Latón	250 × 10 ⁶	250 × 10 ⁶	200 × 10 ⁶
Aluminio	200 × 10 ⁶	200 × 10 ⁶	200 × 10 ⁶
Concreto	2 × 10 ⁶	20 × 10 ⁶	2 × 10 ⁶
Ladrillo		35 × 10 ⁶	
Mármol		80 × 10 ⁶	
Granito		170 × 10 ⁶	
Madera (pino) (paralela a la veta)	40 × 10 ⁶	35 × 10 ⁶	5 × 10 ⁶
(perpendicular a la veta)		10 × 10 ⁶	
Nylon	500 × 10 ⁶		
Hueso (pierna)	130 × 10 ⁶	170 × 10 ⁶	

Tabla 2. Resistencia a la rotura de materiales (fuerza/área)

Fuente: Física, principios y aplicación, Douglas Giancoli

2.6. Potencia Transmitida. Resistencia de los dientes de engranajes a la flexión

La potencia transmitida de un engranaje a otro se realiza mediante la fuerza que un diente ejerce sobre otro. Dicha fuerza es ejercida mediante la línea de presión.

Si la velocidad de giro de los engranajes se considera constante, la fuerza que se ejerce debe ser también constante. Si N es la potencia a transmitir, M el momento de la fuerza o torque y ω velocidad angular (JAÉN, 2004):

$$N = M \cdot \omega \rightarrow M = \frac{N}{\omega}$$

Ecuación 2-3. Torque

Cómo:

$$M = F_t \cdot r \rightarrow F_t = \frac{N}{\omega \cdot r}$$

Ecuación 2-4. Fuerza tangencial

F_t es la fuerza tangencial al engranaje siendo r el radio de la circunferencia primitiva. La fuerza F_t es la componente tangencial de la fuerza normal F_n según la línea MM , con lo que (JAÉN, 2004):

$$F_n = \frac{F_t}{\cos \phi}$$

Ecuación 2.2-5. Fuerza normal en el engranaje

Dicha fuerza F_n ejercerá una acción F_r dirigida según el radio del diente de valor:

$$F_t = F_n \sin p \rightarrow F_r = F_t \cdot \tan p$$

En resumen, cuando se transmite una potencia N a velocidad angular ω , aparecen en el diente del engranaje dos fuerzas F_t y F_r de valores:

$$F_t = \frac{N}{\omega \cdot r}$$

Ecuación 2-6. Fuerza Tangencial

$$F_r = \frac{N}{\omega \cdot r} \tan p$$

Ecuación 2-7. Fuerza radial

Ocurre que cuando dos engranajes están transmitiendo una potencia y tienen suficiente número de dientes, es posible que haya más de una pareja en contacto, sin embargo, es usual suponer que toda la carga está soportada por un solo par de dientes y que la carga actúa en el punto más desfavorable, cómo se presenta en la siguiente figura. (JAÉN, 2004)

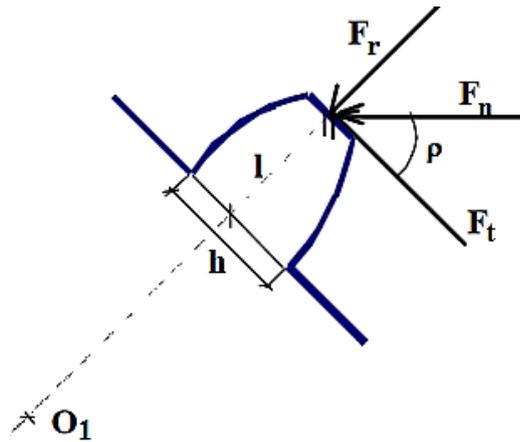


Gráfico 49. Esfuerzos de flexión en el diente de engranaje

Fuente: <https://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/elementos/Tema08.pdf>

Se considera que la fuerza a lo largo de la línea de presión está aplicada en el eje del diente y que la tensión causada por F_r es usual despreciarla en la práctica.

Si l es la altura del diente, h su anchura y b su profundidad, el esfuerzo tensión en la base del diente, si se le considera como una barra en ménsula, es: (JAÉN, 2004)

$$\sigma = \frac{M \cdot \frac{h}{2}}{l}$$

Como:

$$M = F_t \cdot l$$

Y como la altura del diente es:

$$l = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

Sustituyendo se obtiene:

$$\sigma = \frac{6 \cdot F_t \cdot l}{b \cdot h^2}$$

Ecuación 2-8. Esfuerzo de tensión

El resultado obtenido es solamente aproximado, pues, como se recordará, la fatiga de flexión se ha calculado suponiendo la utilización de una viga larga, delgada y de sección constante, lo cual evidentemente, no cumplen los dientes.

En la expresión anterior el término:

$$\frac{h^2}{6 \cdot l}$$

Es una relación puramente geométrica relacionada con las dimensiones del diente. Se puede considerar que, si el paso es P , es posible establecer una relación que cumpla:

$$P \cdot y = \frac{h^2}{6 \cdot l} \rightarrow y = \frac{h^2}{6 \cdot p \cdot l}$$

El término y es denominado coeficiente de forma o de Lewis.

Sustituyendo en la expresión de la tensión, se tiene:

$$\sigma = \frac{F_t}{b \cdot p \cdot y}$$

Ecuación 2-9. Tensión con el coeficiente de Lewis

Ejemplo: Para un engranaje de 20cm de diámetro primitivo, con 10 dientes y ángulo de ataque de 20° soporta una fuerza en sus dientes de 15.6kN. Determinar el esfuerzo de tensión que soportan los dientes del engranaje.

Datos: Ft=15.6kN, dp=0.20m, z=10, a=20°, y=0.079, b=0.046m, p=0.04m

$$\sigma = \frac{15.6kN}{0.046m \cdot 0.04m \cdot 0.079} = 107,32MPa$$

La ecuación anterior representa la carga tangencial que el diente puede soportar trabajando como una viga. (JAÉN, 2004)

Los valores de l y h necesarios para calcular y están influidos por el radio de entalle del diente, por lo que su medición se hace difícil.

Es frecuente utilizar para y el valor ofrecido por las siguientes expresiones:

$$\begin{array}{ll} \text{Para } \rho = 14'5^{\circ}: & y = \frac{2 \cdot Z}{15 / (Z + 10)} \\ \text{Para } \rho = 20^{\circ}: & y = \frac{Z}{7 \cdot (Z + 8)} \end{array}$$

Ecuación 2-10. Valores de Y

2.7. Materiales para engranajes

Sólo un número limitado de metales y aleaciones son adecuados para los engranes que transmiten potencia significativa. Los aceros y los hierros fundidos, así como los hierros maleables y nodulares son las elecciones más comunes. Se recomienda el endurecimiento superficial o total (en las aleaciones que lo permiten), con la finalidad de obtener la

resistencia suficiente y la resistencia al desgaste. Cuando se necesita alta resistencia a la corrosión, como en los ambientes marinos, con frecuencia se emplean los bronce. (NORTON, 2006)

Coeficiente elástico C_p de la AGMA en unidades de $[\text{psi}]^{0.5}$ $([\text{MPa}]^{0.5})^{*†}$							
Material del piñón	E_p psi (MPa)	Material del engrane					
		Acero	Hierro maleable	Hierro nodular	Hierro fundido	Bronce al aluminio	Bronce al estaño
Acero	30E6 (2E5)	2 300 (191)	2 180 (181)	2 160 (179)	2 100 (174)	1 950 (162)	1 900 (158)
Hierro maleable	25E6 (1.7E5)	2 180 (181)	2 090 (174)	2 070 (172)	2 020 (168)	1 900 (158)	1 850 (154)
Hierro nodular	24E6 (1.7E5)	2 160 (179)	2 070 (172)	2 050 (170)	2 000 (166)	1 880 (156)	1 830 (152)
Hierro fundido	22E6 (1.5E5)	2 100 (174)	2 020 (168)	2 000 (166)	1 960 (163)	1 850 (154)	1 800 (149)
Bronce al aluminio	17.5E6 (1.2E5)	1 950 (162)	1 900 (158)	1 880 (156)	1 850 (154)	1 750 (145)	1 700 (141)
Bronce al estaño	16E6 (1.1E5)	1 900 (158)	1 850 (154)	1 830 (152)	1 800 (149)	1 700 (141)	1 650 (137)

† Los valores de E_p en esta tabla son aproximados; se utilizó $\nu = 0.3$ como una aproximación de la razón de Poisson para todos los materiales. Si existen números más precisos de E_p y ν , éstos se deberían emplear en la ecuación 7.23 para determinar C_p .

Tabla 3. Materiales para engranajes

Fuente: Diseño de Maquinaria, Robert L. Norton

La combinación de un engrane de bronce y un piñón de acero tiene ventajas, en términos de compatibilidad y conformidad del material, combinación que a menudo también se utiliza en aplicaciones que no sean marinas. (NORTON, 2006)

HIERROS FUNDIDOS: Se usan comúnmente para fabricar engranes. Los hierros fundidos grises (CI) tienen las ventajas de bajo costo, facilidad de maquinado, alta resistencia al desgaste y amortiguamiento interno (debido a las inclusiones de grafito), lo cual los hace más silenciosos que los engranes de acero. Sin embargo, tienen baja resistencia a la tensión, lo que exige dientes más grandes que en el caso de los engranes de

acero, con la finalidad de obtener suficiente resistencia a la flexión. Los hierros nodulares tienen resistencia más alta a la tensión que el hierro fundido gris, y mantienen las ventajas de facilidad de maquinado, resistencia al desgaste y amortiguamiento interno, aunque son más costosos. Con frecuencia se utiliza una combinación de un piñón de acero (para tener resistencia en el elemento sometido a los mayores esfuerzos) con un engrane de hierro fundido. (NORTON, 2006)

ACEROS: También se usan comúnmente para fabricar engranes. Tienen mayor resistencia a la tensión que los hierros fundidos, así como un costo competitivo en aleaciones con pequeñas cantidades de otros materiales. Necesitan tratamiento térmico para obtener la dureza superficial que resista el desgaste; sin embargo, algunas veces se utilizan engranes de acero suave en aplicaciones de poca carga y baja velocidad o donde una vida larga no sea el interés principal. Para el tratamiento térmico se requiere un acero simple o aleado, al medio o alto carbonos (0.35 a 0.60% de carbono). Generalmente los engranes pequeños se endurecen totalmente, en tanto que los engranes más grandes se endurecen por llama o por inducción, para minimizar la distorsión. Los aceros al bajo carbono se pueden endurecer superficialmente por carburación o nitruración. Un engrane con recubrimiento endurecido tiene la ventaja de un núcleo resistente y una superficie dura; si el recubrimiento no es lo suficientemente profundo, los dientes suelen fallar por fatiga a la flexión, a pesar del material de recubrimiento sobre el núcleo suave y más débil. Si se necesita alta precisión, con frecuencia es necesario utilizar métodos adicionales de acabado, como el esmerilado, la rectificación y el pulido, para eliminar la distorsión del tratamiento térmico en los engranes endurecidos. (NORTON, 2006)

BRONCES: Son los metales no ferrosos más comunes empleados en los engranes. El módulo de elasticidad más bajo de tales aleaciones de cobre permiten una mayor deflexión en el diente y mejora la capacidad para compartir la carga entre los dientes. Como los

bronces y los aceros funcionan bien juntos, con frecuencia se utiliza la combinación de un piñón de acero y un engrane de bronce. (NORTON, 2006)

ENGRANES NO METÁLICOS: Se fabrican con frecuencia inyectando materiales como el nylon y el acetal en moldes termoplásticos, algunas veces rellenos con materiales inorgánicos como vidrio o talco. Algunas ocasiones se agregan teflón al nylon, o al acetal, para disminuir el coeficiente de fricción. Se añaden lubricantes secos como el grafito o el bisulfuro de molibdeno (MoS_2) al plástico, con la finalidad de permitir el funcionamiento en seco. Los engranes compuestos con una cubierta reforzada de termoplásticos fenólicos se han utilizado, durante mucho tiempo, en aplicaciones como el engrane del árbol de levas (coordinación), impulsado por un piñón de acero en algunos motores de gasolina. Los engranes no metálicos hacen muy poco ruido; no obstante, están limitados en su capacidad de torque por sus bajas resistencias. (NORTON, 2006)

2.8. Ensayo de Tracción

El ensayo se realiza en una Máquina Universal (figura52) y la operación consiste en someter una probeta (ver figura 51) a una carga mono axial gradualmente creciente (es decir, estática) hasta que ocurra la falla.

Las probetas para ensayos de tensión se fabrican en una variedad de formas. La sección transversal de la probeta puede ser redonda, cuadrada o rectangular. Para la mayoría de los casos, en metales, se utiliza comúnmente una probeta de sección redonda. Para láminas y placas usualmente se emplea una probeta plana. (MENDOZA, SUAREZ, & REDONDO, 2006)

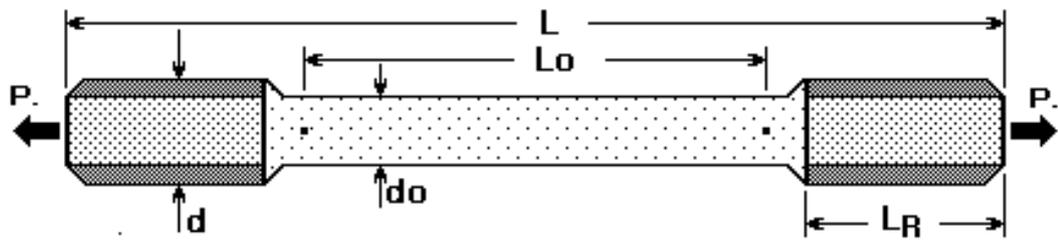


Gráfico 50. Probeta para ensayos de tracción

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos38/traccion-en-metales/traccion-en-metales.shtml>

La transición del extremo a la sección reducida debe hacerse por medio de un bisel adecuado para reducir la concentración de esfuerzos causados por el cambio brusco de sección. (MENDOZA, SUAREZ, & REDONDO, 2006)

El esfuerzo axial s en el espécimen de prueba (probeta) se calcula dividiendo la carga P entre el área de la sección transversal (A): $\sigma = P/A$



Gráfico 51. Máquina Universal

Fuente: Lescano -Medina

La probeta se sujeta por sus extremos en la máquina por medio de mordazas que a su vez someten la muestra a tensión progresiva. Esta carga provoca que la probeta se vaya alargando en longitud y adelgazando en sección (estricción) de un modo progresivo hasta alcanzar la fractura de la pieza. Es, por tanto, un ensayo destructivo y, para que sea válido, la rotura debe producirse en la zona central de la probeta. (MENDOZA, SUAREZ, & REDONDO, 2006)

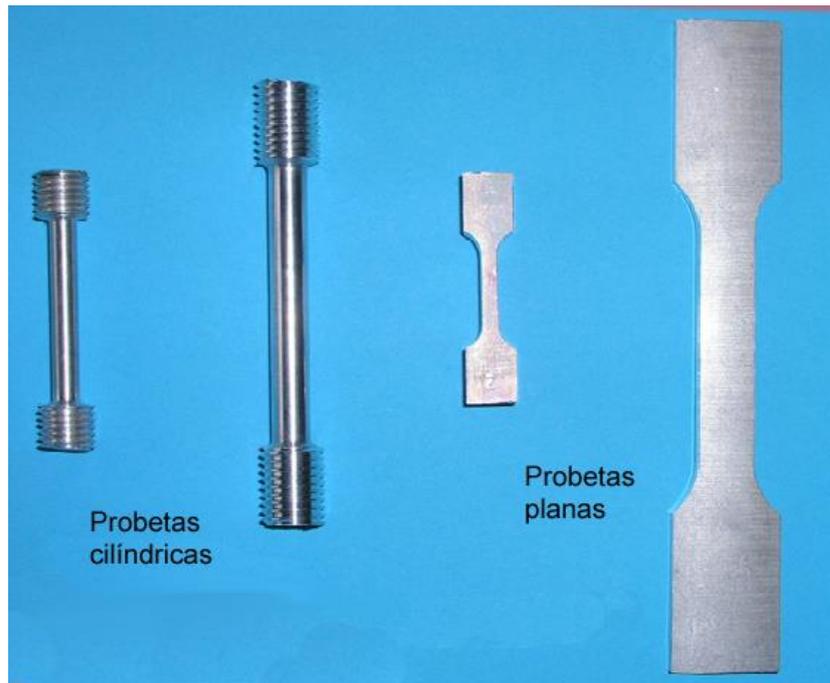


Gráfico 502. Tipos de probetas

Fuente: http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4913/html/11_ensayo_de_traccin.html



Gráfico 513. Rotura de probeta

Fuente: http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4913/html/11_ensayo_de_traccin.html

La máquina, simultáneamente, mide la carga aplicada instantáneamente y la deformación resultante, y en un papel milimetrado se relacionan los datos de la fuerza (carga) aplicada a la probeta ensayada, y la deformación que va sufriendo.

Los datos de la fuerza aplicada se pueden convertir en tensión y así construir la gráfica esfuerzo-deformación, similar a la que representada en la figura.

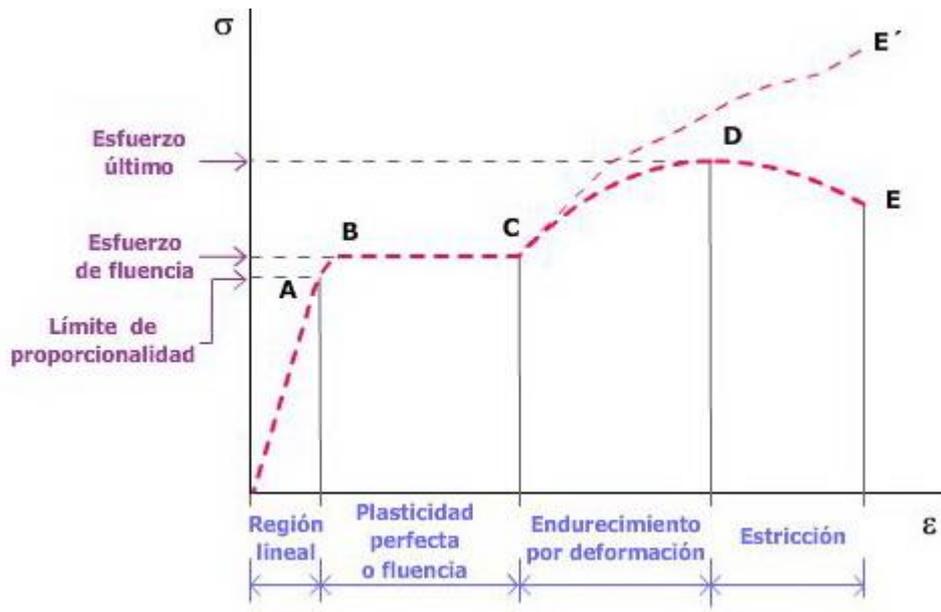


Gráfico 524. Gráfico esfuerzo deformación

Fuente: http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4913/html/11_ensayo_de_traccin.html

El diagrama empieza con una línea recta desde O hasta A. En esta región, el esfuerzo y la deformación son directamente proporcionales, y se dice que el comportamiento del material es lineal. Después del punto A ya no existe una relación lineal entre el esfuerzo y la deformación, por lo que el esfuerzo en el punto A se denomina límite de proporcionalidad. La relación lineal entre el esfuerzo y la deformación puede expresarse mediante la ecuación $s = Ee$, donde E es una constante de proporcionalidad conocida como el módulo de elasticidad del material. El módulo de elasticidad es la pendiente del diagrama esfuerzo-deformación en la región linealmente elástica y su valor depende del material particular que se utilice.

Al incrementar la carga más allá del límite de proporcionalidad, la deformación empieza a aumentar más rápidamente para cada incremento en esfuerzo. La curva de esfuerzo deformación asume luego una pendiente cada vez más pequeña, hasta que el

punto B de la curva se vuelve horizontal. A partir de este punto se presenta un alargamiento considerable, con un incremento prácticamente inapreciable en la fuerza de tensión (desde B hasta C en el diagrama). Este fenómeno se conoce como cedencia o fluencia del material, y el esfuerzo en el punto B se denomina esfuerzo de cedencia o punto de cedencia (o bien, esfuerzo de fluencia o punto de fluencia). En la región de B hasta C, el material se vuelve perfectamente plástico, lo que significa que puede deformarse sin un incremento en la carga aplicada. (MENDOZA, SUAREZ, & REDONDO, 2006)

Después de sufrir las grandes deformaciones que se presentan durante la fluencia en la región BC el material empieza a mostrar un endurecimiento por deformación. Durante este proceso, el material sufre cambios en sus estructuras cristalina y atómica, lo que origina un incremento en la resistencia del material a futuras deformaciones. Por tanto, un alargamiento adicional requiere de un incremento en la carga de tensión, y el diagrama esfuerzo-deformación toma una pendiente positiva desde C hasta D. (MENDOZA, SUAREZ, & REDONDO, 2006)

Finalmente, la carga alcanza su valor máximo y el esfuerzo correspondiente (en el punto D) se denomina esfuerzo último. De hecho, el alargamiento posterior de la barra se acompaña de una reducción en la carga y finalmente se presenta la fractura en un punto E, tal como se indica en el diagrama.

Se presenta una contracción lateral de la muestra cuando se alarga, lo que origina una reducción en el área de la sección transversal. La reducción en el área es muy pequeña como para tener un efecto apreciable en el valor de los esfuerzos calculados antes del punto C, pero más allá de este punto la reducción comienza a modificar el perfil del

diagrama. Desde luego, el esfuerzo real es mayor que el esfuerzo nominal debido a que se calcula con un área menor. (MENDOZA, SUAREZ, & REDONDO, 2006)

En la cercanía del esfuerzo último, la disminución del área se aprecia claramente y ocurre un estrechamiento pronunciado de la barra, conocido como estricción. Si para el cálculo del esfuerzo se emplea el área de la sección transversal en la parte estrecha del cuello ocasionado por la estricción, la curva real esfuerzo-deformación seguirá la línea punteada CE'. La carga total que puede resistir la probeta se ve efectivamente disminuida después de que se alcanza el esfuerzo último (curva DE), pero esta disminución se debe al decremento en área de la probeta y no a una pérdida de la resistencia misma del material. En realidad, el material soporta un aumento de esfuerzo hasta el punto de falla (punto E').

Sin embargo, con fines prácticos la curva esfuerzo-deformación convencional OABCDE, basada en el área transversal original de la muestra y que, por lo tanto, se calcula fácilmente, suministra información satisfactoria para emplearla en el diseño. La ductilidad de un material a tensión puede caracterizarse por su alargamiento total y por la disminución de área en la sección transversal donde ocurre la fractura.

La elongación porcentual se define como sigue:

$$\text{Elongación} = \frac{L_f - L_o}{L_o} (100)$$

Ecuación 2-11. Ecuación de la deformación porcentual

Donde L_o es la longitud calibrada original y L_f es la distancia entre las marcas de calibración al ocurrir la fractura.

La reducción porcentual de área mide el valor de la estricción que se presenta y se define como sigue:

$$R_A = \frac{A_o - A_f}{A_o} (100)$$

Donde A_o es el área original de la sección transversal y A_f es el área final en la sección de la fractura.

Los materiales que fallan en tensión a valores relativamente bajos de deformación unitaria se clasifican como materiales frágiles.

Para el cálculo del esfuerzo en tracción:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Ecuación 2-12 Esfuerzo

Donde P_n es la fuerza máxima en tracción y A el área de la sección transversal de la probeta.

La deformación unitaria se determina por

$$\epsilon = \frac{\delta}{L_o}$$

Ecuación 2-13 Deformación Unitaria

Donde L_o es igual a la longitud calibrada que está entre las marcas de calibración.

(MENDOZA, SUAREZ, & REDONDO, 2006)

Ejemplo: tomaremos los datos del ejemplo de la ecuación 2.1 y ahora calcularemos la deformación unitaria.

$$\varepsilon = \frac{-0.018in}{48in} = -3.175 * 10^{-4}$$

Note que la deformación unitaria es adimensional.

2.9. NORMA INEN 0109

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

ENSAYO DETRACCIÓN PARA MATERIALES METÁLICOS A TEMPERATURA

AMBIENTE

2.9.1. Objetivo

Esta norma especifica el método para el ensayo de tracción de materiales metálicos y define las propiedades mecánicas que se pueden determinar a temperatura ambiente. (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, 2009)

2.9.2. Alcance

Esta norma se aplica al ensayo de tracción de todos los productos de acero de sección transversal constante.

Para ciertos materiales metálicos y aplicaciones particulares, el ensayo de tracción debe estar sujeto a normas específicas o requerimientos particulares. (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, 2009)

Esta norma nos proporciona la información adecuada de cómo realizar los ensayos de tracción de los materiales que se utilizaran en la presente investigación. Dónde nos indica los conceptos necesarios, las dimensiones correctas de probetas, el proceso adecuado para los ensayos y cómo analizar los datos obtenidos según los parámetros de la presente norma.

La norma INEN 0109 se la puede observar en Anexos.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Enfoque

En la presente investigación predomina un enfoque cuantitativo, por la utilización de variables cuantitativas ya que se manejarán datos numéricos con fraccionamientos, los cuales también serán explicativos, porque se realizarán numerosos ensayos de desgaste erosivo en seco, este ensayo consiste en una prueba de laboratorio para determinar la resistencia a la tracción de materiales que se encuentran el mecanismo de las transmisiones automáticas, mediante la realización de probetas de materiales y mediante el proceso que recomienda la norma ecuatoriana INEN 0109, durante la prueba, se va a tomar en cuenta los procedimientos normalizados, donde se indica la preparación de las probetas, procedimiento de obtención de resultados, y el análisis de los resultados. A lo que se refiere a los indicadores se utilizarán tablas, gráficas de dispersión entre otros con la finalidad de detallar los resultados obtenidos en el estudio realizado.

3.2 Modalidad básica de la investigación

3.2.1 Investigación de campo

Para desarrollar el proyecto se usará la investigación de campo para obtener los datos del ensayo de tracción mediante la Norma INEN 0109, realizado en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Mecánica identificando las diferentes resistencias de los materiales a la tracción.

3.2.2. Investigación Bibliográfica

La investigación bibliográfica se la realizo en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Internacional del Ecuador; además de libros, revistas y páginas WEB, las cuales proporcionaron apoyo tecnológico y científico.

3.2.3. Investigación experimental

En este tipo de investigación se realizará los análisis en los laboratorios de la Facultad Mecánica en base a los ensayos que puedan garantizar óptimos resultados en cuanto a la resistencia a la tracción de materiales que forman parte del sistema de transmisión automática.

3.3. Nivel o tipo de investigación

3.3.1. Investigación Exploratoria

Se investigó todos y cada uno de los detalles del proyecto, tanto en su diseño como su funcionamiento, para esto se indagará cada una de los parámetros de las variables de la resistencia de los materiales mediante la norma INEN 0109, generando hipótesis y reconociendo las variables de interés investigativo.

3.3.2. Investigación Descriptiva

Describe los pasos realizados en el diseño para tener así un respaldo documentado de los resultados obtenidos, además se comparará entre diferentes variables y situaciones. Se debe

clasificar los modelos de comportamiento en base a ciertos criterios en función de los datos recopilados de los ensayos.

3.3.3. Investigación Correlacional

Este tipo de investigación tiene como finalidad determinar el grado de relación o asociación no causal existente entre dos o más variables.

3.3.4. Investigación Explicativa

Se explicará los diferentes resultados de manera detallada y buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto entre las variables sometidas al estudio.

3.3.4.1. Estudio de Casos para ensayos

La combinación de los casos para el análisis del presente estudio se realizará de la siguiente forma:

3.3.4.2. Tipos de materiales a realizar las pruebas

- Acero ASTM A36
- Aluminio 6061
- Hierro Fundido Clase 60
- Bronce fosforoso

3.4. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Acorde al desarrollo de la Operacionalización de las variables se recolectará información por medio de la siguiente técnica con sus respectivos instrumentos:

3.4.1. Observación Directa

La observación directa, puesto que se está en contacto con el objeto de estudio en escenarios y ambientes debidamente preparados y equipados para realizar la investigación, por lo cual se tomó notas de todo lo que se consideró necesario en la investigación.

Otros medios de recolección de información serán los equipos del laboratorio de Ingeniería de Materiales de la Facultad de la Universidad Internacional del Ecuador.

3.5. PLAN DE PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

3.5.1. Plan que se empleara para procesar la información recogida:

Para investigar las principales variables en los ensayos de tracción, se basará en la Norma INEN 0109, la cual define la aplicación de las medidas de las probetas, así como de los procesos y máquinas para realizar los ensayos.

Mediante la utilización de las máquinas en el laboratorio podemos obtener la resistencia de los materiales a la tracción.

Analizar e interpretar los resultados obtenidos relacionándolos con las diferentes partes de la investigación, especialmente con los objetivos y la hipótesis.

3.5.2. Plan de análisis e interpretación de resultados:

Para el análisis de los resultados se recolectará los datos antes y después de realizar los diferentes ensayos, se tomó los pesos individuales de cada una de las probetas, con la ayuda de una balanza analítica, se midió la velocidad con la que se aplica la fuerza de tensión.

Con la información recolectada se procederá a elaborar tablas para una mejor interpretación de los resultados obtenidos. Además, se elaborará graficas de dispersión de la resistencia a tracción material en función de las diferentes variables.

Con las pruebas realizadas se procedió a verificar las variables más influyentes en la resistencia a la tracción del material, con el fin de comparar las distintas resistencias para cada caso y así poder establecer las conclusiones y recomendaciones del estudio realizado.

CAPITULO IV
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1.1 Proceso de obtención y análisis de resultados

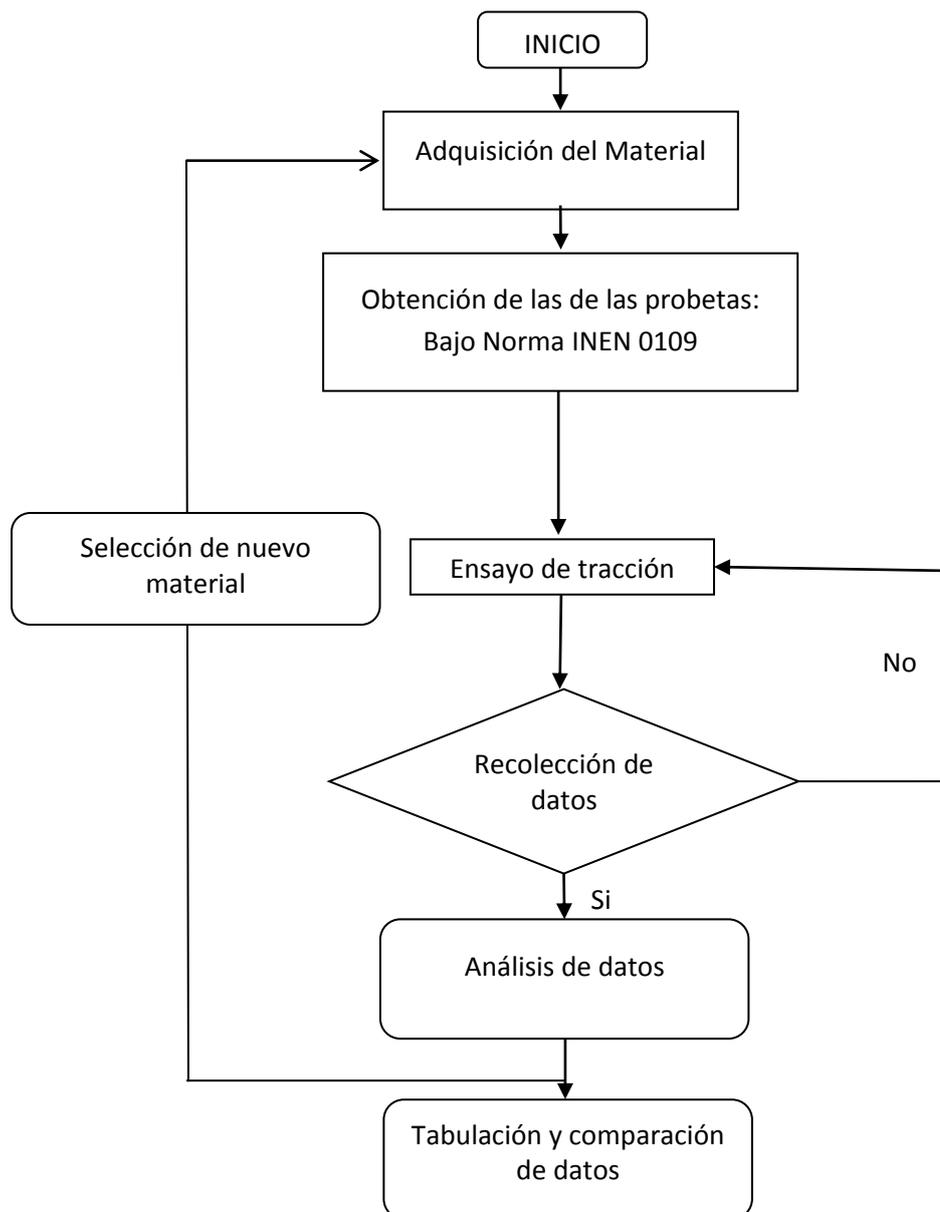


Gráfico 53. Diagrama de flujo del proceso de ensayo a la tracción

Fuente: Lescano – Medina

4.1.3 Descripción de procesos

Materiales seleccionados

- Acero ASTM A36
- Aluminio 6061
- Hierro Fundido Clase 60
- Cobre fosforoso
- Acero al Carbono serie F-xxxx
- Aluminio 1000 – 6000
- Cobres Cxxx

Obtención de las probetas

Según (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, 2009, págs. 19-20), para la obtención de las probetas dicta lo siguiente:

- Si es necesario las secciones, las barras, etc. se pueden ensayar sin necesidad de maquinado.
- La sección transversal de la probeta puede ser circular, cuadrada, rectangular o en casos especiales, de cualquier forma.
- Para piezas de sección transversal rectangular, se recomienda que no excedan de una relación de 8:1 entre el ancho y el espesor de la probeta.

Las dimensiones de las probetas (probeta no proporcional) de sección circular son:

- ✓ Diámetro = 12,36 mm
- ✓ Longitud inicial = 80,17 mm
- ✓ Distancia entre mordazas = 105 mm

Ensayo de tracción

El equipo utilizado se encuentra en las instalaciones del laboratorio de materiales de la Escuela Politécnica Nacional (EPN).



Gráfico 54. Máquina ensayo Universal

Fuente: Lescano – Medina

La máquina de ensayo universal puede dar datos sobre la elasticidad, resistencia y ruptura de las probetas, tomando los datos sobre sus resistencias y deformación, dando como resultado los gráficos de esfuerzo deformación.

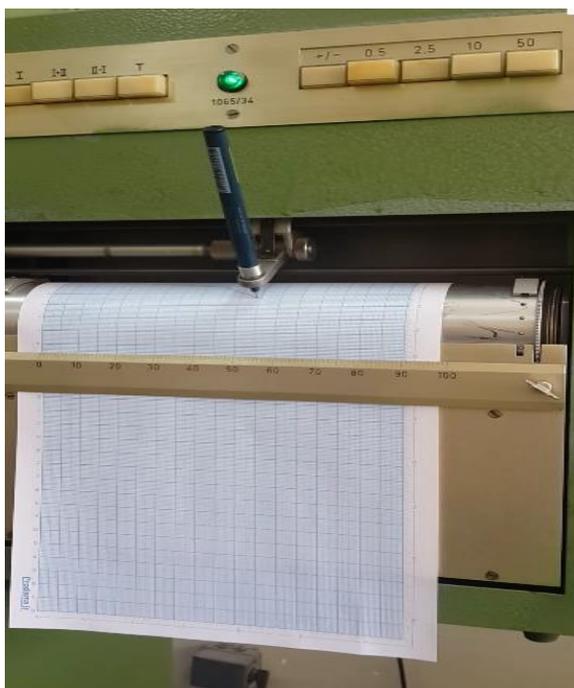


Gráfico 55. Adquisición de información de la maquina universal

Fuente: Lescano – Medina

Según (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, 2009, pág. 9), se debe aplicar los siguientes esfuerzos.

Modulo de elasticidad del material (E) MPa	Relación de aplicación de esfuerzos MPa/s	
	mín	máx
< 150000	2	20
\geq 150000	6	60

Tabla 4. Relación aplicación de esfuerzo

Fuente: Norma INEN 0109

Por tanto la aplicación de esfuerzos aplicados para los ensayos que se utilizó fue entre (10 a 20) MPa/s.

Recolección de datos

Material	Diametr o (mm)	Lo (mm)	lf (mm)	Elongació n (mm)	Elongació n (%)	Fuerza Máxim a (KN)	Resistenci a a la tracción (Mpa)
Acero ASTM A36	12,36	80,17	98,80	18,63	23,24	93,18	776,60
Aluminio 6061	12,36	80,17	104,59	24,42	30,46	42,29	335,16
Hierro fundido Clase 60	12,36	80,17	106,63	26,46	33,00	62,29	502,36
Cobre Fosforos o	12,36	80,17	119,20	39,03	48,68	32,99	320,25

Tabla 5. Datos obtenidos en los ensayos de tracción para los diferentes materiales

Fuente: Lescano – Medina

4.1.4 Materiales presentes en la caja de transmisión automática

Para la construcción de los elementos que existen en las cajas de cambios se describieron generalizadamente en la tabla 3 en el capítulo 2 de la presente investigación, a continuación, se describirán materiales más específicos que se encuentran en las cajas de cambios automáticas.

Acero

El acero es una composición de hierro y carbono, aunque también puede alearse con otros metales y metaloides. Tanto la cantidad de carbono como las de los distintos aleantes, otorgarán al acero distintas propiedades mecánicas. También los diferentes tratamientos térmicos aplicables variarán sus propiedades. Estas variaciones en las propiedades mecánicas, serán debidas a cambios en la estructura

cristalina del material, tanto a deformaciones que puede sufrir la red en la que cristaliza, como al hecho de poder cristalizar en distinto tipo de red. (CHRISTIAN, 2012)

Además de las propiedades que tiene el acero al tener las distintas composiciones químicas y aleaciones, sus características pueden mejorar con tratamientos térmicos dependiendo la aplicación que se le pueda dar al material.

Dependiendo de su composición, se pueden dividir los aceros en dos clases fundamentales:

- Aceros al carbono: se consideran aceros al carbono aquellos que, estando formados esencialmente por hierro y carbono, no superan ciertas cantidades de otros elementos (fundamentalmente tendrán manganeso y silicio).
- Aceros aleados: los aceros aleados son los que contienen, además del carbono e impurezas, elementos de aleación voluntaria, como cromo, níquel, molibdeno, vanadio, wolframio, etc.

F-11XX: Aceros al carbono

El grupo de aceros al carbono o de construcción, está formado por aceros cuyas composiciones oscilan entre los siguientes límites:

- Carbono: 0,10% - 0,80%

- Silicio: 0,15% - 0,30%

- Manganeso: 0,30% - 0,70%

Estos aceros se fabrican en un horno eléctrico, garantizando su composición entre límites muy estrechos y contenidos de azufre y fósforo en general menores que el 0,03%. La cantidad de carbono que contenga hará variar su soldabilidad, siendo menor la de los aceros de mayor contenido en carbono. Al no contener aleantes, será la cantidad de carbono la que determine la dureza de estos aceros, siendo más duros cuanto más carbono contengan. (CHRISTIAN, 2012)

Principalmente existen cinco tipos de aceros:

- F-1110: su porcentaje de carbono es del 0,15%
- F-1120: con un porcentaje de carbono del 0,25%
- F-1130: cuyo porcentaje de carbono es del 0,35%
- F-1140: con un porcentaje de carbono del 0,45%
- F-1150: su porcentaje de carbono es del 0,55 %

F-12XX y F-13XX: Aceros aleados de gran resistencia

Se da el nombre de aceros aleados a aquellos aceros que además de los cinco elementos (carbono, silicio, manganeso, fósforo y azufre) contienen también cantidades relativamente importantes de otros elementos como el cromo, níquel, molibdeno, etc., que sirven para mejorar alguna de sus características fundamentales. (CHRISTIAN, 2012)

Estas combinaciones hacen que el acero tenga mejores propiedades mecánicas dependiendo de la cantidad de elementos aleados y sus cantidades respectivas.

También pueden considerarse aceros aleados aquellos que contienen alguno de los cuatro elementos diferentes del carbono citados anteriormente en mayor cantidad que los porcentajes que normalmente suelen contener los aceros al carbono y cuyos límites superiores suelen ser generalmente los siguientes:

- Silicio: 0.50%

- Manganeso: 0.90%

- Fósforo: 0.100%

- Azufre: 0.100%

Los aleantes influyen de muy diversas maneras en las propiedades de los aceros, sin embargo, la mejora principal que se obtiene con los elementos de

adición es el aumento en la templabilidad, y por eso los elementos aleados que más se utilizan son los que contribuyen a este fin. Los elementos de aleación que más frecuentemente suelen utilizarse para la fabricación de aceros aleados son: níquel, manganeso, cromo, vanadio, wolframio, molibdeno, cobalto, silicio, cobre, titanio, circonio, plomo, selenio, aluminio, boro y niobio. La influencia que ejercen estos elementos es muy variada, y, empleados en proporciones convenientes, se obtienen aceros con ciertas características que, de no usar este método, no se pueden alcanzar con los aceros ordinarios al carbono. Sin embargo, estas mejores propiedades mecánicas se deben pagar, ya que estos aceros presentan precio más elevado. (CHRISTIAN, 2012)

Las características mecánicas de los aceros al carbono son siempre bajas en piezas de cierto espesor y volumen, ya que tienen baja templabilidad. Utilizando aceros aleados es posible la fabricación de piezas de gran espesor, con resistencias muy elevadas en el interior de las mismas. En elementos de máquinas y motores se llegan a alcanzar grandes durezas con gran tenacidad. Es posible fabricar mecanismos que mantengan elevadas resistencias, aún a altas temperaturas. Hay aceros inoxidable que sirven para fabricar elementos decorativos, piezas de máquinas y herramientas, que resisten perfectamente a la acción de los agentes corrosivos. (CHRISTIAN, 2012)

Clasificación de los aceros aleados de acuerdo con su composición.

Los aceros aleados se clasifican, atendiendo a su composición, de la siguiente manera:

- Aceros al níquel: F-1210.
- Aceros al cromo-níquel: F-1220, F-1252 y F-1320.
- Aceros al cromo-molibdeno: F-1240 y F-1250.
- Aceros al cromo-vanadio: F-1310.
- Aceros al cromo-níquel-molibdeno: F-1260, F-1270, F-1280, F-1290 y F-1330.

F-17XX: Aceros para nitrurar

La nitruración consiste en endurecer la superficie del acero por absorción de nitrógeno en condiciones adecuadas. Los aceros nitrurados tienen una alta dureza superficial, manteniéndose las características tenaces del núcleo. Los aceros para nitrurar son siempre aleados con un contenido de carbono comprendido entre 0,25 y 0,50%, según las características que se desean obtener en el núcleo. Los elementos más utilizados de aleación son el aluminio, el molibdeno, el vanadio, el cromo y el níquel. (CHRISTIAN, 2012)

Las principales aplicaciones de estos aceros nitrurados son la construcción de maquinaria, motores, máquinas, herramientas, etc. En este subgrupo se tienen los tipos:

- Aceros al cromo-molibdeno-vanadio: F-1710, F-1720 y F-1730
- Aceros al aluminio-cromo-molibdeno: F-1740

Níquel

Desde que se empezó a usar el níquel en los aceros, se observó que este elemento mejora las propiedades de los aceros. El empleo de aceros con níquel es sobre todo interesante para la construcción de piezas de máquinas y motores de alta calidad. Una de las ventajas más importantes que reporta el empleo del níquel, es evitar el crecimiento del grano en tratamientos térmicos, lo que sirve para conseguir siempre con ellos gran tenacidad.

Los aceros al níquel sometidos a temperaturas demasiado elevadas, quedan después del temple y revenido con muy buena tenacidad. El níquel, hace descender los puntos críticos y por ello los tratamientos térmicos pueden hacerse a temperaturas ligeramente más bajas que las correspondientes a los aceros ordinarios. Experimentalmente se observa que con los aceros aleados con níquel se obtiene para una misma dureza, un límite de elasticidad ligeramente más elevado y mayores alargamientos y resistencias que con aceros al carbono.

También es muy interesante señalar que para la misma dureza su resistencia a la fatiga es un 30% superior a la de los aceros de baja aleación.

El níquel es un elemento de extraordinaria importancia en la fabricación de aceros inoxidable y resistentes a altas temperaturas.

Los aceros al níquel más utilizados son los siguientes:

- Aceros al de níquel: 2,3% - 5% de Ni, 0,1-0,25% de C (para cementación) y con 0,25- 0,4% de C (para piezas de gran resistencia)
- Aceros cromo-níquel y aceros cromo níquel molibdeno: con porcentajes variables de C (0,1-0,22%) se emplean para cementación y con 0,25-0,4% de C se emplean para piezas de gran resistencia. En estos aceros los porcentajes de cromo-níquel suelen tener una relación aproximada de 1% Cr y 3% Ni.
- Aceros de media aleación níquel-molibdeno y níquel manganeso: 0,25- 0,4% de C para piezas de gran resistencia y con 0,1-0,25% para piezas cementadas, Ni de 1-2%, Mn 1-1,5%, Molibdeno 0,15-0,4%.
- Aceros inoxidables y resistentes al calor cromo-níquel: con 8-25% de Ni
- Otros aceros de menor importancia son los aceros cromo-níquel para estampación en caliente, algunos de los aceros al níquel para herramientas, y otros de uso poco frecuente. (CHRISTIAN, 2012)

Cromo

Es uno de los elementos especiales más empleados para la fabricación de aceros aleados, usándose indistintamente en los aceros de construcción, en los de herramientas, en los inoxidables y en los de resistencia en caliente. Se emplea en cantidades diversas desde 0,3 a 30% de Cr según los casos, y sirve para aumentar

la dureza y la resistencia a la tracción de los aceros, mejora la templabilidad, impide las deformaciones en el temple, aumenta la resistencia al desgaste, la inoxidableidad. (CHRISTIAN, 2012)

Aluminio

El aluminio es relativamente débil, es por ellos que se ha realizado diversas aleaciones con metales tales como: cobre, magnesio, manganeso y zinc, por lo general las combinaciones de dos o más de estos materiales, junto con hierro y silicio, se obtiene una infinidad de aleaciones, de gran variedad de uso industrial. La Aluminium Association Inc., la clasificado las aleaciones de aluminio mediante la siguiente nomenclatura. (MIPSA S.A., 2003)

Características de las series del aluminio			
Serie	Composición	Características	Usos
Serie 1000	Aluminio con un mínimo de pureza de 99%	<ul style="list-style-type: none"> Alta resistencia a la corrosión No tóxico Excelente acabado Excelente maleabilidad Alta conductividad eléctrica y térmica Excelente reflectividad 	<ul style="list-style-type: none"> Recipientes Materiales de radiación
Serie 2000	Aleado con Cobre	<ul style="list-style-type: none"> Alta resistencia mecánica Alta resistencia a la corrosión Buena maquinabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> Rines de camiones Suspensión de camiones Fuselaje de aviones
Serie 3000	Aleado con Manganeso	<ul style="list-style-type: none"> Buena resistencia mecánica Alta resistencia a la corrosión Buena maleabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> Botellas para bebidas Utensilios de cocina Intercambiadores de calor Mobiliario Señales de tráfico Tejados Otras aplicaciones arquitectónicas
Serie 4000	Aleado con Silicio	<ul style="list-style-type: none"> Alta resistencia al calor 	<ul style="list-style-type: none"> Aplicaciones arquitectónicas Fabricación de pistones de motores
Serie 5000	Aleado con Magnesio	<ul style="list-style-type: none"> Buena resistencia mecánica Alta resistencia a la corrosión, especialmente al agua de mar Muy buena soldabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> Adornos decorativos Ornamentales y arquitectónicos Iluminación de las calles y carreteras Botes, barcos y tanques criogénicos Partes de puentes Estructuras de automóviles
Serie 6000	Aleado con Silicio-Magnesio	<ul style="list-style-type: none"> Buena resistencia mecánica Buena resistencia a la corrosión Buena maquinabilidad Buena soldabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> Aplicaciones arquitectónicas Cuadros de bicicletas Pasamanos de los puentes Equipo de transporte Estructuras soldadas
Serie 7000	Aleado con Zinc	<ul style="list-style-type: none"> Alta resistencia mecánica 	<ul style="list-style-type: none"> Estructuras de los aviones Equipos móviles Otras partes altamente forzadas

Tabla 6. Nomenclatura del aluminio

Fuente: <https://ingeneriademateriales.wordpress.com>

El temple del aluminio consiste en el endurecimiento del metal, mediante calentamiento profundo y sometiéndolo a enfriamiento brusco, el objetivo de este proceso es endurecer el aluminio así como su flexibilidad. (MIPSA S.A., 2003)

Sistema básico de normalización	
F	Material extruido sin temple, sin ningún tratamiento posterior.
O	Recocido mediante tratamiento térmico.
H	Endurecido mediante tratamiento mecánico (Por deformación).
T	Temple obtenido por tratamiento térmico con o sin tratamiento mecánico.

Tabla 7. Nomenclatura de la normalización del aluminio

Fuente: <https://ingenieriademateriales.wordpress.com>

El cobre

El cobre es el segundo metal en importancia en la historia de la humanidad.

Es el más barato y común de los metales nobles, puesto que se sitúa inmediatamente detrás del platino, el oro y la plata.

Es insustituible en muchas aplicaciones para las que la resistencia, a la corrosión es un factor esencial, tiene propiedades muy importantes tales como la conductividad de la electricidad y el calor.

Tiene muchas aplicaciones en arte y decoración debido a su color cálido, presenta gran maleabilidad que facilita su trabajo.

Sin embargo, el cobre puro no puede servir para todos los usos, sobre todo para los que requieren gran resistencia mecánica, buena maquina validad, gran resistencia a las temperaturas elevadas, resistencia al desgaste, etc. (AGUILAR SCHAFFER, 2013)

Nomenclatura del Cobre

- C1xxxx cobres (>99.3) y cobre alto (99.3>Cu>96)
- C2xxxx aleado con Zn (latones)
- C3xxxx Aleado con Zn y Pb (latones de Pb)
- C4xxxx Aleado Zn y Sn (latones de Sn)
- C5xxxx Aleado con Sn (bronces fosforosos)
- C6xxxx Aleado con Al (bronces de Al)

El bronce fosforoso se utiliza en la industria automotriz ya que por sus características se utiliza en la fabricación de Bujes y piezas con cargas y velocidades normales: válvulas, cuerpos de bomba, rotores, etc., elementos de máquinas presentes en las cajas de cambios automáticas.

4.2 Tabla de Propiedades de los materiales presentes en la caja de cambios automática.

<i>Aleación</i>	<i>Denominación</i>	<i>Resistencia a tracción (MPa)</i>	<i>Alargamiento (%)</i>	<i>Densidad (g/cm³)</i>	<i>Resistencia específica</i>
<i>Acero al carbono</i>	<i>F-1110</i>	300	47	7,80	39
	<i>F-1140</i>	520	20		67
	<i>F-1150</i>	900	16		115
<i>Aceros aleados</i>	<i>F-1230</i>	700	16		90
	<i>F-1252</i>	900	28		115
<i>Aceros inoxidables</i>	<i>F-3517</i>	620	40		80
	<i>F-353J</i>	515	40		66
	<i>F-3113</i>	415	20		55
	<i>F-3411</i>	490	20		63
<i>Aluminio</i>	<i>1050-O</i>	75	39		2,70
	<i>1050-H1</i>	160	7	60	
	<i>2024-T3</i>	490	18	181	
	<i>3003-H3</i>	260	7	96	
	<i>6063-T4</i>	172	20	64	
<i>Cobre</i>	<i>C11000</i>	220	45	8,96	25
	<i>C26000</i>	300	68		35
	<i>C51000</i>	380	70		45

Tabla 8. Valores de resistencia de elementos en la caja de cambios

fundición gris	σ_{adm} kp/mm ²	dureza HB
FG-21	7	175-215
FG-28	9	210-260
FG-35	12	235-265
FG-42	14	250-300

Tabla 9. Valores de resistencia fundición Gris

4.3 Comparación de los elementos comerciales en el Ecuador con los materiales presentes en las cajas de cambios automáticas.

<i>Materiales</i>	<i>Alargamiento %</i>	<i>Resistencia a la tracción MPa</i>
<i>Acero</i>		
<i>ASTM A36</i>	<i>23,24</i>	<i>776,6</i>
<i>F-1140</i>	<i>20</i>	<i>520</i>
<i>F-1150</i>	<i>16</i>	<i>900</i>
<i>F-1230</i>	<i>16</i>	<i>700</i>
<i>F-1252</i>	<i>28</i>	<i>900</i>

<i>Aluminio</i>		
<i>6061</i>	<i>30,46</i>	<i>335,16</i>
<i>1050-H1</i>	<i>7</i>	<i>160</i>
<i>2024-T3</i>	<i>18</i>	<i>490</i>
<i>3003-H3</i>	<i>7</i>	<i>260</i>
<i>6063-T4</i>	<i>20</i>	<i>172</i>
<i>COBRE</i>		
<i>Fosforoso</i>	<i>48,68</i>	<i>320,25</i>
<i>C11000</i>	<i>45</i>	<i>220</i>
<i>C26000</i>	<i>68</i>	<i>300</i>
<i>C51000</i>	<i>70</i>	<i>380</i>
<i>Hierro Fundido</i>		
<i>Clase 60</i>	<i>33</i>	<i>502,36</i>
<i>FG-25</i>	<i>30</i>	<i>250</i>

<i>FG-30</i>	<i>28</i>	<i>300</i>
<i>FG-35</i>	<i>31</i>	<i>350</i>

Tabla 10. Comparaciones de los elementos

Autores: Lescano - Medina

Análisis:

En la tabla 10, podemos observar que el acero ASTM A36 tiene una resistencia a la tracción de 777 MPa aproximadamente, por lo tanto, éste acero tiene mejor resistencia a la tracción que los aceros F-1140, F-1230, F-1252, que se pueden encontrar en las cajas de cambios automáticas, éste acero puede llegar a mejorar su resistencia si se le realiza tratamiento térmico para poder alcanzar las características de los aceros F-1150 y F-1252 que son aceros de alta calidad para vehículos de alta gama.

Para el aluminio 6061 se determina una resistencia a la tracción de 335 MPa, donde se observa que supera a los aluminios 1050-H1, 3003-H3 y 6063-T4, por tanto, este tipo de aluminio resulta ser mejor materia para construir una caja de cambios que los aluminios mencionados anteriormente, el aluminio 6061 solo es superado por el 2024-T3, que por la designación T, éste aluminio recibió un tratamiento de temple para mejorar su característica y ser un material más resistente.

Se ha podido determinar que el cobre fosforoso tiene una resistencia a la tracción de 320 MPa, donde supera a los cobres C11000, C26000 y C51000 siendo éste cobre una

mejor materia para poder sustituirlos en la construcción de elementos de cobre en la caja de cambios.

En los ensayos de tracción se determinó que la resistencia a la tracción de la fundición Gris Clase 60 es de 500 Mpa aproximadamente, siendo claramente mejor que los hierros FG-25, FG-30, FG-35, por lo que este tipo de fundición gris es mejor que los demás, siendo ideal para una caja de cambios automática.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se estudiaron los elementos y conjuntos de mecanismo que conforman la caja de cambios automática de un automotor, conociendo así el funcionamiento de este mecanismo esencial en el funcionamiento de los vehículos.
- Se realizaron los ensayos de tracción para diferentes materiales comerciales que existen en el país, con preparación y procesos determinados por la norma INEN 0109, donde se pudo determinar las resistencias a la tracción que tienen los diferentes materiales enlistados en los capítulos anteriores a la presente investigación.
- Se determinó la resistencia a la tracción de materiales presentes en una caja de cambios automática de un vehículo Hyundai Santa Fe, y se enlistaron estos valores en los capítulos anteriores, y fueron comparados con los valores de los elementos comerciales en el Ecuador.
- Con los materiales comerciales presentes en el Ecuador se pueden construir cajas de cambios automáticas, ya que con los ensayos de tracción se determinó que estos materiales, tiene la suficiente resistencia a la tracción para poder sustituir a los materiales específicos que se encuentran en las cajas de cambios automáticas.

5.2. Recomendaciones

- Para mejorar los ensayos de tracción se recomienda realizar las pruebas con probetas de diferente geometría y poder determinar con mayor certeza los valores de resistencias a la tracción.

- A los elementos comerciales que se realizaron los ensayos, se les puede mejorar sus características mecánicas, y así poder obtener materiales de mejor calidad y tener mejores resultados en la construcción de cajas de cambios automáticas.

- Usar materiales de mejor calidad posible que se puedan encontrar en el país y saber si se puede mejorar los resultados que se han obtenido en la presente investigación.

- Las probetas utilizadas deben cumplir la norma ya que los resultados de las pruebas podrían variar considerablemente, hacer pruebas con el mismo material varias veces nos podría dar resultados más exactos.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR SCHAFFER, J. (2013). *Cobre y sus aleaciones*. Obtenido de http://biblio3.url.edu.gt/Libros/2013/cmI/12-Cobre_aleaciones.pdf
- Anónimo. (2007). *Mecánica del automóvil*. Recuperado el 28 de 05 de 2016, de <http://mecanicayautomocion.blogspot.com/2009/03/el-sistema-de-transmision.html>
- ARIAZ PAZ, M. (2004). *Manual del Automovil*. Madrid: Editoriales Dossat.
- CEDUC, C. d. (2005). *Centro de Educación y Capacitación de la Universidad Católica del Norte*. Recuperado el 11 de 06 de 2016, de <http://www.ceduc.cl/aula/cqbo/materiales/ME/ME-470/A/material%20para%20cuestionario.pdf>
- CHASI, G. (2012). Proyecto de Diseño de Prototipo de Mecanismos Didacticos Tipo Diferencial y Planetario. *Universidad Politecnica Salesiana*.
- CHRISTIAN. (1 de 11 de 2012). *Diseño de una Caja de cambios*. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/14185/Memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- FERNANDO, A. (28 de 11 de 2010). *Diagnóstico, despiece y armado de la transmisión automática*. Recuperado el 10 de 06 de 2016, de <http://alanracing360.blogspot.com/>
- GIANCOLI, D. (2016). *Física, Principios y Aplicaciones*. Naucalpan de Juárez: Prentice Hall.
- HERMÓGENES, G. (2003). *Manual CEAC del automóvil*. Ediciones CEAC.
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. (2009). NORMA TÉCNICA ECUATORIANA. *NTE INEN 109:2009*.
- JAÉN, E. (2004). *Engranajes*. Recuperado el 1 de 07 de 2016, de <https://www.uclm.es/profesorado/porrasyoriano/elementos/Tema08.pdf>
- MEGANEBOY, D. (2014). *Aficionados a la mecánica*. Recuperado el 30 de 06 de 2016, de <http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios3.htm>
- MENDOZA, J., SUAREZ, A., & REDONDO, J. (2006). *Monografías.com*. Obtenido de UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR: <http://www.monografias.com/trabajos38/traccion-en-metales/traccion-en-metales2.shtml>

MIPSA S.A. (2003). *MIPSA* . Obtenido de <http://www.mipsa.com.mx/dotnetnuke/Sabias-que/Clasificacion-de-aluminio>

MORA, M. (22 de Mayo de 2012). *Universidad Internacional del Ecuador*. Recuperado el 01 de Julio de 2016, de <http://ciclo4to.blogspot.com/2012/05/tren-de-engranaje-planetario-1.html>

NORTON, R. (2006). *Diseño de Maquinaria*. Ciudad de México: Perason.

ANEXOS

ANEXO A. PROCESO DEL ENSAYO DE TRACCIÓN

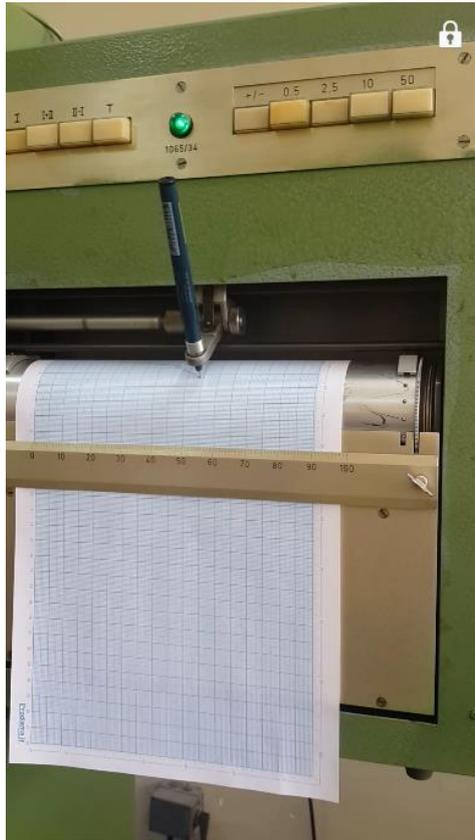
Obtención de la probeta



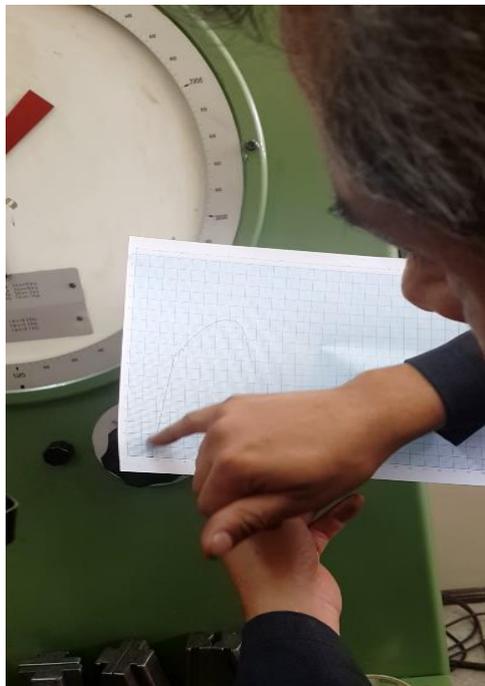
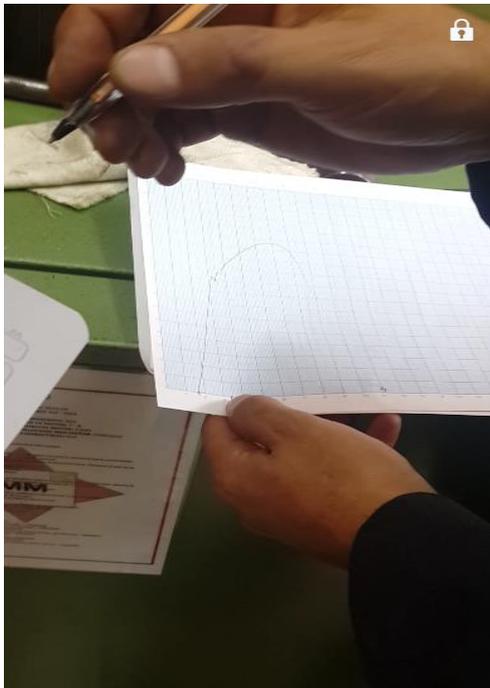
Ubicación de la probeta



Aplicación de los esfuerzos



Análisis dados por la maquina Universal



Probeta Rota



NTE INEN

0109