



Universidad Internacional Del Ecuador

**Estudio de las características mecánicas de los materiales en la caja de cambios
manual mediante norma INEN 0109**

Proyecto de tesis para la obtención del Título de Ingeniero Mecánico Automotriz

René Orlando Tello Pérez

Iván Darío Granizo Espitia

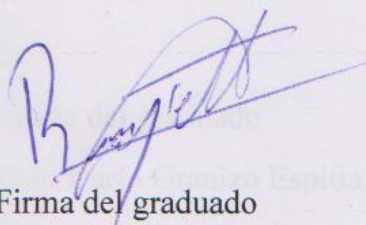
Director: Ing. Miguel Estuardo Granja Paredes

Quito, Julio, 2017

Certificación

Yo, Rene Orlando Tello Pérez, declaro que soy el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal mía. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la presente investigación serán de mi exclusiva responsabilidad.

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

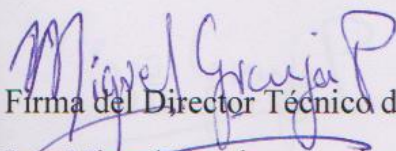


Firma del graduado

Rene Orlando Tello Pérez

C.I.: 1719994897

Yo, Ing. Miguel Granja, declaro que, en lo que yo personalmente conozco, al señor, Rene Orlando Tello Pérez, es autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal suya.



Firma del Director Técnico del Trabajo de Grado.

Ing. Miguel Granja

Director

Certificación

Yo, Iván Darío Granizo Espitia, declaro que soy el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal mía. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la presente investigación serán de mi exclusiva responsabilidad.

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

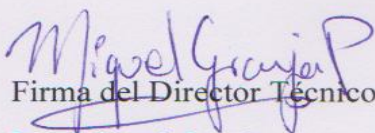


Firma del graduado

Iván Darío Granizo Espitia

C.I.: 1716753114

Yo, Ing. Miguel Granja, declaro que, en lo que yo personalmente conozco, al señor, Iván Darío Granizo Espitia, es autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal suya.



Firma del Director Técnico del Trabajo de Grado.

Ing. Miguel Granja

Director

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado a mi padre Rene Y mi madre Mireya que con su esfuerzo diario han logrado que culmine con mis estudios, son el pilar fundamental de mi vida los que merecen toda mi gratitud y respeto, por ser unas grandes personas que durante toda su vida demostraron y demuestran ser correctas e intachables.

Me han educado de la mejor manera con su cariño y paciencia además que me han inculcado buenos valores.

También es dedicado a toda mi familia por todo el amor, cariño y apoyo que siempre me han brindado

Rene Orlando Tello Pérez

Dedicatoria

Este trabajo va dedicado principalmente a Dios, que me ha sabido guiar y acompañar hasta el día de hoy en todos mis logros. A mis padres que de muchas maneras me han apoyado para seguir adelante y llegar a cumplir este sueño, me han sabido formarme con buenos valores, buenos hábitos y sentimientos para nunca decaer y siempre seguir adelante en lo que me proponga. A mi familia que me han apoyado en todo incondicionalmente con buenos consejos y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

Iván Darío Granizo Espitia

Agradecimiento

Agradezco a Dios por bendecirme y acompañarme día a día, por darme fuerzas para seguir adelante todo este tiempo y poder culminar esta gran etapa de mi vida.

A mis padres que trabajan duro todos los días para brindarnos y apoyarnos en todo lo que nosotros nos proponemos. Estando junto a mí y mis hermanos todo el tiempo incondicionalmente luchando para darnos siempre lo mejor. Mi madre, que con su gran ejemplo, me supo dar aliento para seguir adelante, con los más sabios consejos enseñándome a no desfallecer ni a rendirme frente a las pruebas que la vida me ha puesto. Mi padre, que ha estado siempre apoyándome en mi carrera, en mis logros y porque sé que se siente orgulloso de mí, de la persona en la que me he convertido. Gracias papitos por guiar cada paso que di hasta ahora y porque sé que seguirán apoyándome siempre.

A mi hermana, que es mi gran adoración, que me ha acompañado en cada paso que he dado desde muy pequeño, me ha cuidado y aconsejado para que siga cumpliendo mis sueños. Ha sido mi ejemplo a seguir.

Agradezco también a mi tutor de tesis Ing. Miguel Granja, que en el trayecto de la carrera hasta ahora, más que un tutor se ha convertido en un amigo que nos ha apoyado para la culminación de esta etapa; A todos los docentes con los que tuve la oportunidad de compartir experiencias educativas en el lapso de toda mi carrera universitaria, y que me han sabido encaminar siempre por el buen camino.

Rene Orlando Tello Pérez

Agradecimiento

Agradezco a Dios por permitirme vivir y ser parte de una fabulosa familia la cual por ellos y para ellos esta tesis.

Primero a mi Padre Ramiro por enseñarme que con dedicación y esfuerzo se consigue todo, la perseverancia de Él hace que yo siga adelante.

A mi Madre Bernarda por inculcarme valores como el amor por hacer lo que me gusta y conquistar lo que me proponga.

A mi Hermana Iveth quien con su ejemplo de dedicación en su carrera hizo que tenga la fuerza de seguir adelante y no desfallecer.

A mi Hijo Iván David este título es para ti por ser la persona más importante en mi vida y por la que quiero seguir adelante y obtener más logros para que te sientas orgulloso de mí.

A mis abuelitos por sus bendiciones y a toda mi familia, tíos y primos que estuvieron pendientes de mí y que obtuve su apoyo durante todo este tiempo.

Agradezco también a nuestro tutor de tesis Ing. Miguel Granja, que gracias a su apoyo dentro de esta hermosa carrera se ha forjado una buena amistad y que ha sido aporte importante para la culminación de este escalón más; A mis profesores con los que aprendí cada día en toda mi carrera universitaria y de quienes me llevo buenas prácticas, Gracias a todos.

Iván Darío Granizo Espitia

Estudio de las características mecánicas de los materiales en la caja de cambios manual mediante norma INEN 0109.

El desgaste que sufren las piezas internas de una caja de cambios manual es normal por la fricción que existe entre ellos cuando camina el vehículo o al momento de cambiar la relación de transmisión, aunque sea mínima.

Por ello hemos seleccionado un vehículo muy común en el mercado Ecuatoriano como es el Chevrolet vitara 3 puertas, que también es uno de los que más desgaste sufren en su caja de cambios y fue lo que nos motivó a hacer esta investigación.

Se tomaron muestras de los diferentes tipos de materiales que lleva la caja de cambios de vitara como son aluminio hierro, acero y bronce para las pruebas de laboratorio, los ensayos de tracción se realizaron bajo la norma NTE INEN 0109 y ASTM A370 y fueron desarrolladas en la universidad politécnica nacional del Ecuador cumpliendo con todos los requerimientos establecidos por las normas.

Los resultados de los ensayos destructivos fueron analizados y comparados con resultados de metales de las mismas características y de piezas estándar sin ninguna afectación. Teniendo una base para hacer los cuadros comparativos en base a los resultados finales de cada ensayo.

Study of mechanical materials in the manual gearbox by standard features INEN 0109

Wear internal parts suffering a manual gearbox is normal by friction between them when the vehicle is moving or when we change the gear, of course it's minimal.

Therefore, we have selected a very common vehicle in the Ecuadorian market like the Chevrolet Vitara 3-door, which is also one of those who suffer more wear on your gearbox and that was what are we motivated to do this research.

Samples of different types of materials bearing the Vitara gearbox as are iron, aluminum, steel and bronze for laboratory tests were taken Tensile tests were performed under the NTE INEN 0109 and ASTM A370 standard and were developed in national polytechnic university of Ecuador meet all the requirements established by the rules.

The results of the destructive tests were analyzed and compared with the same characteristics steels and standard parts without affectation. Having a basis for comparative tables based on the final results of each test

Índice

Introducción.....	15
Planteamiento del problema:	15
Objetivo General.....	15
Capítulo 1	16
1.1 Dinámica del Vehículo	16
1.2 Clasificación de las cajas de cambio.....	19
1.2.1 Clasificación por tipo de funcionamiento	19
1.2.2 Clasificación por tipo de montaje	21
1.3 Partes principales de una caja manual	23
1.3.1 Tren móvil.....	23
1.3.2 Tren fijo.....	23
1.3.3 Sincronizador	23
1.3.4 Horquillas	23
1.3.5 Varilla selectora.....	24
1.3.6 Piñón de reversa	24
1.3.7 Trompo de retro.....	24
1.3.8 Rodamiento	24
1.3.9 Retenedor de bola.....	24
1.3.10 Retenedor de aceite	24
1.4 Partes secundarias de una caja manual	25
1.4.1 Embrague	25
1.4.2 Volante de inercia.....	25
1.4.3 Plato de embrague	25
1.4.4 Disco de embrague	26
1.4.5 Rulimán de embrague.....	26
1.5 Funcionamiento de la caja de cambios manual	26
1.5.1 Primera velocidad.....	26
1.5.2 Segunda velocidad.....	27
1.5.3 Tercera velocidad	28
1.5.4 Cuarta velocidad.....	28

1.5.5 Quinta velocidad	29
1.5.6 Marcha atrás	29
1.6 Caja de cambios de Vitara	30
1.6.1 Despiece de la caja de cambios de Vitara	31
1.6.2 Desgaste de piezas.....	33
1.7 Curvas características de la transmisión	34
Capítulo 2	35
2.1 Tipos de materiales	35
2.1.1 Aluminio.....	35
2.1.2 Bronce	36
2.1.3 Acero	37
2.2 Normalización.....	37
2.2.1 Objeto.....	37
2.2.2 Alcance.....	37
2.2.3 Definiciones	38
2.3 Ensayo INEN	39
2.3.1 Preparación de la muestra	39
2.4 Ensayos Destructivos	42
2.4.1 Determinación del área de la sección transversal inicial (So).....	42
2.4.2 Marcado de la longitud calibrada inicial (Lo).....	43
2.4.3 Procedimiento.....	43
Capítulo 3	50
3.1 Pruebas destructivas en piñones	50
3.1.1 Clasificación.....	51
3.1.2 Sinfin y corona.	55
3.1.3 Materiales	56
3.1.4 Fabricación y Tratamiento	56
3.1.5 Usos y Mantenimiento.	58
3.1.6 Ensayo de Tracción en Hierro Fundido.....	61
3.2 Pruebas destructivas selectores de marcha	64
3.2.1 Ensayo de tracción del aluminio	65

3.2.2 Datos sobre el aluminio.....	65
3.2.3 Procedimiento.....	66
3.2.4 Análisis de resultados.....	66
3.2.5 Ensayo de tracción	67
3.3 Pruebas destructivas sincronizados.....	68
3.3.1 Funcionamiento de los sincronizados	69
3.3.2 Partes de un sincronizado	71
3.3.3 Mantenimiento	75
3.3.4 Ensayo de tracción	77
3.4 Procedimiento de destrucción de chavetas y seguros	82
3.4.1 Tipos de enchavetados	82
3.4.2 Tipos de chavetas	83
3.4.3 Designación.....	85
3.4.4 Seguros	90
3.4.5 Ensayo de tracción del acero.....	93
Capítulo 4	99
4.1. Datos del Chevrolet Vitara	99
4.1.1 Primera Generación.....	99
4.1.2 Segunda Generación.....	100
4.2 Cuadros comparativos.....	103
4.2.1 Acero	104
4.2.2 Hierro	105
4.2.3 Aluminio.....	106
4.2.4 Bronce	107
Capítulo 5	108
5.1 Conclusiones	108
5.2 Recomendaciones	109
5.3 Bibliografía	111
5.4 Anexos	112

Índice de Figuras

Figura 1.1 Relación de marchas-rpm-velocidad.....	18
Figura 1.2 Caja con disposición transversal.....	22
Figura 1.3 Caja con disposición longitudinal.....	22
Figura 1.4 Elementos del embrague.....	25
Figura 1.5 Marcha primera velocidad.....	27
Figura 1.6 Marcha segunda velocidad.....	27
Figura 1.7 Marcha tercera velocidad.....	28
Figura 1.8 Marcha cuarta velocidad.....	28
Figura 1.9 Marcha quinta velocidad.....	29
Figura 1.10 Marcha atrás.....	30
Figura 1.11 Caja manual de Vitara.....	30
Figura 1.12 Caja manual de Vitara.....	31
Figura 1.13 Despiece de caja de Vitara.....	31
Figura 1.14 Despiece de caja de Vitara.....	32
Figura 1.15 Despiece de caja de Vitara.....	32
Figura 1.16 Desgaste de piñón.....	33
Figura 1.17 Desgaste de piñón.....	33
Figura 1.18 Relación marchas-rpm-velocidad.....	34
Figura 2.1 Probetas cilíndricas.....	41
Figura 2.2 Esfuerzo deformación.....	49
Figura 3.1 Piñón del eje primario.....	51
Figura 3.2 Piñón helicoidal.....	52
Figura 3.3 Piñón cónico.....	52
Figura 3.4 Engranaje hipoide y cónico.....	53
Figura 3.5 Engranaje cilíndrico.....	54
Figura 3.6 Sin fin y corona.....	55
Figura 3.7 Engranajes.....	60
Figura 3.8 Prueba de tracción.....	63
Figura 3.9 Medición entre marcas.....	63
Figura 3.10 Horquillas de caja de Vitara.....	64
Figura 3.11 Horquilla selectora vitara.....	65
Figura 3.12 Probeta después de la rotura.....	67
Figura 3.13 Máquina de ensayos.....	67
Figura 3.14 Eje principal.....	69
Figura 3.15 Conjunto de sincronizadores.....	70
Figura 3.16 Partes del sincronizador.....	71
Figura 3.17 Sincronizador de triple cono.....	72
Figura 3.18 Punto muerto.....	73
Figura 3.19 Sincronización.....	74
Figura 3.20 Sincronizador engranado.....	74
Figura 3.21 Avería del sincronizador.....	75
Figura 3.22 Ensayo de tracción del bronce.....	77
Figura 3.23 Ensayo de tracción del bronce.....	79
Figura 3.24 Ruptura de material.....	81

Figura 3.25 Chaveta con cabeza.....	83
Figura 3.26 Chaveta tipo Medialuna	84
Figura 3.27 Chavetero	85
Figura 3.28 Designación de la chaveta.....	85
Figura 3.29 Designación: Chaveta forma A 35 x 20 x 160 DIN 6886.....	86
Figura 3.30 Designación: Chaveta con cabeza 16 x 10 x 160 DIN 6887.....	87
Figura 3.31 Designación: Chaveta plana 16 x 10 x 160 DIN 6883.....	87
Figura 3.32 Designación: Chaveta media caña con cabeza 16 x 10 x 160 DIN 6881.....	88
Figura 3.33 Designación: Lengüeta forma A 14 x 9 x 50 DIN 6885	89
Figura 3.34 Designación: Lengüeta redonda 6 x 9 DIN 6888.....	89
Figura 3.35 Anillos sección cónica	91
Figura 3.36 Anillos sección constante.....	92
Figura 3.37 Anillos sección cónica	92
Figura 3.38 Gráfica esfuerzo vs deformación	94
Figura 3.39 Ensayo de tracción del acero.....	95
Figura 3.40 Ensayo de tracción del acero.....	95
Figura 3.41 Ensayo de tracción del acero.....	96
Figura 3.42 Probeta de acero.....	97
Figura 3.43 Probeta de hierro.....	97
Figura 3.44 Probeta de Aluminio	98
Figura 3.45 Probeta de Bronce.....	98

Índice de tablas

Tabla 2.1 Módulo de elasticidad vs. Aplicación de esfuerzo	44
Tabla 3.1 Tabla de propiedades fundición gris.....	61
Tabla 3.2 Datos de carga	63
Tabla 3.3 Resultados de Ensayo	68
Tabla 3.4 Bronces comerciales	68
Tabla 3.5 Resultados de la práctica	82
Tabla 3.6 Resultados de Ensayo	96
Tabla 4.1 Comparativa de acero	104
Tabla 4.2 Comparativa de hierro	105
Tabla 4.3 Comparativa de Aluminio	106
Tabla 4.4 Comparativa de Bronce	107

Introducción

Planteamiento del problema:

El vehículo Chevrolet Vitara de línea Suzuki, presenta un importante mercado en ventas en el país, al ser un vehículo comercial. Además su trabajo y funcionamiento es arduo ya que este tipo de vehículo ha sido incursionado en varias disciplinas deportivas, así como en trabajos diarios y cotidianos. Al ser un vehículo comercial también se vuelven comerciales sus partes y elementos, por esta razón y al ver que presenten desgastes de sus cajas de cambios, es necesario realizar un estudio sobre los materiales del cual están constituidos, es así como se buscó una norma que permita realizar ensayos destructivos con la finalidad de buscar materiales similares en el mercado nacional.

Saber si posible realizar ensayos bajo la norma INEN 0109 para determinar la resistencia de los materiales que constituyen una caja de cambios, con esta finalidad la presente investigación quiere determinar la resistencia de los materiales que constituyen la caja de cambios manual y así poder establecer que material convendría mejor para esa aplicación

Objetivo General

Realizar ensayos destructivos de los materiales que se encuentran en funcionamiento dentro de una caja de cambios, se realizará el ensayo en mención de forma normalizada siguiendo parámetros INEN ahí se puede determinar cuál de ellos presenta mayor desgaste y por lo tanto menor vida útil; posteriormente se realizará un análisis con el fin de determinar una posible producción de elementos.

Capítulo 1

1.1 Dinámica del Vehículo

Para empezar se sabe que el motor de combustión interna, necesita un régimen de giro suficiente (entre un 30% y un 40% de las rpm máximas) para proporcionar la capacidad de iniciar el movimiento del vehículo y mantenerlo luego. Aun así, hay que reducir las revoluciones del motor en una medida suficiente para tener el par suficiente; es decir si el par requerido en las ruedas es 10 veces el que proporciona el motor, hay que reducir 10 veces el régimen.

Esto se logra mediante las diferentes relaciones de transmisión obtenidas en el cambio, más la del grupo de salida en el diferencial. El sistema de transmisión proporciona las diferentes relaciones de engranes o engranajes, de tal forma que la misma velocidad de giro del cigüeñal puede convertirse en distintas velocidades de giro en las ruedas. El resultado en la ruedas de tracción es la disminución de velocidad de giro con respecto al motor, y el aumento en la misma medida del par motor. Esto se entenderá mejor con la expresión de la potencia P en un eje motor:

$$P = M.W$$

Dónde:

- P es la potencia (en W)
- M es el par motor (en Nm)
- W es la velocidad angular (en rad/s)

En función de esto, si la velocidad de giro (velocidad angular) transmitida a las ruedas es menor, el par motor aumenta, suponiendo que el motor entrega una potencia constante.

La caja de cambios tiene pues la misión de reducir el número de revoluciones del motor, según el par necesario en cada instante. Además de invertir el sentido de giro en las ruedas, cuando las necesidades de la marcha así lo requieren. Va acoplada al volante de inercia del motor, del cual recibe movimiento a través del embrague, en transmisiones manuales; o a través del convertidor de par, en transmisiones automáticas. Acoplado a ella va el resto del sistema de transmisión.

Existe además otra razón para su uso. Debido a las características de construcción del motor de combustión interna, las curvas de par, potencia y rendimiento (razón entre potencia obtenida en la combustión y potencia útil entregada a la salida)

Es deseable que el motor siempre estuviera funcionando en estas condiciones, sin embargo, cuando la velocidad del motor sobrepasa esta zona, se pierde par, además de que el rendimiento desciende rápidamente. Puede ser, que incluso si no se cambia de marcha, el motor no suministre suficiente par como para continuar acelerando el vehículo, además de todos los inconvenientes que supone tener elementos girando a velocidades tan altas como 7000-8000 rpm (para un motor corriente, esto supone alto desgaste, además de ruidos e incrementos demasiado elevados de temperatura, y a largo plazo puede originar el fallo de alguna pieza).

Debido a esto, es necesario reducir la velocidad del motor al sobrepasar esta zona (o bien aumentarla si lo que se hace es frenar el vehículo). Como no interesa alterar la

velocidad del vehículo según las necesidades del motor, sino al contrario, se instala una caja de cambios que permite modificar la relación existente entre la velocidad angular de giro de las ruedas del vehículo y el giro del cigüeñal (rpm que indica el tacómetro del vehículo). A través de las relaciones cinemáticas de engranajes, se demuestra que esta relación es de tipo lineal.

Suponiendo que se tiene una caja de cambios de 4 velocidades que presenta una relación entre velocidad del vehículo y en el motor que obedece a la gráfica inferior. Obsérvese la zona de máxima eficiencia. Cuando el vehículo llega a 20 km/h empieza el motor a funcionar fuera de dicha zona, lo que implica pasar a la 2ª velocidad. Al cambiar a dicha marcha, el motor ya funciona en un régimen inferior a dicha zona. Al llegar a 50 km/h se repetiría la acción con la 3ª marcha, etc.

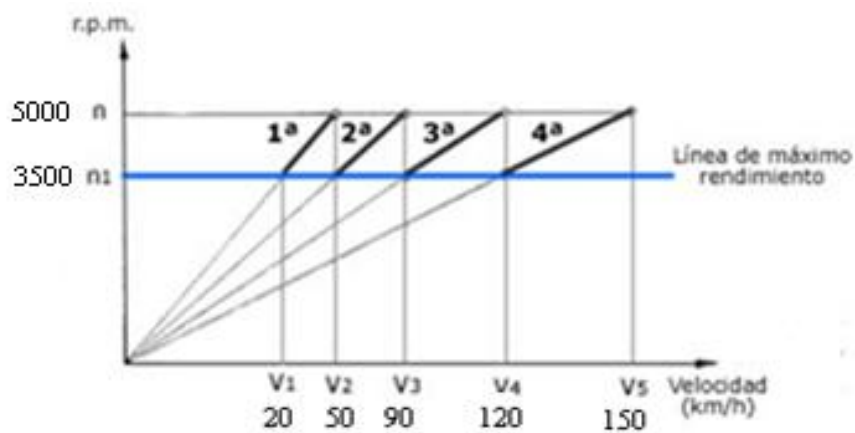


Figura 1.1 Relación de marchas-rpm-velocidad

Fuente: http://e-ducativa.catedu.es//repositorio/_la_caja_de_cambios.html

1.2 Clasificación de las cajas de cambio

Existen varios tipos de cajas de cambios y diversas maneras de clasificarlas. Hasta el momento en que no se habían desarrollado sistemas de control electrónico la distinción era mucho más sencilla e intuitiva ya que describe su construcción y funcionamiento. En tanto que se han desarrollado sistemas de control electrónico para cajas se da la paradoja que existen cajas manuales con posibilidad de accionamiento automatizado (por ejemplo Alfa Romeo) y cajas automáticas con posibilidad de intervención manual. La clasificación en función de su accionamiento es una de las clasificaciones aceptadas por mayor número de autores.

1.2.1 Clasificación por tipo de funcionamiento

1.2.1.1 Manuales

Tradicionalmente se denominan cajas manuales a aquellas que se componen de elementos estructurales (y funcionales), rodamientos, etc. de tipo mecánico. En este tipo de cajas de cambio, la selección de las diferentes velocidades se realiza mediante mando mecánico, aunque éste puede estar automatizado, pero no es nuestro caso.

Los elementos sometidos a rozamiento ejes, engranajes, sincronizadores, o selectores están lubricados mediante baño de aceite (específico para engranajes) en la coraza aislados del exterior mediante juntas que garantizan la estanqueidad.

Los acoplamientos en el interior se realizan mediante mecanismos compuestos de piñones y ejes guiados por cojinetes. El accionamiento de los mecanismos internos desde el exterior de la caja y que debería accionar un eventual conductor se realizan

mediante varillas rígidas, conjunto hidráulico o cables flexibles regulables que es el sistema que utiliza nuestra caja de cambios de vitara.

Las distintas velocidades de qué consta la caja están sincronizadas. Esto quiere decir que disponen de mecanismos de sincronización que permiten igualar las velocidades de los distintos ejes de qué consta la caja durante el cambio de una a otra.

La conexión cinemática entre el motor y la caja de cambios se realiza mediante el embrague que detallaremos sus componentes más adelante.

a) Cajas manuales de 2 ejes

Este tipo de caja es el que usa el vehículo Chevrolet vitara y el cual será sujeto a nuestro estudio. Un eje primario recibe el par del motor y lo transmite de forma directa a uno secundario de salida de par que acciona el grupo diferencial.

El eje primario obtiene su giro directamente del motor y lo transmite a un eje secundario que a su vez acciona el conjunto diferencial. De esta forma el tamaño del conjunto caja-diferencial se reduce quedando todo bajo un conjunto compacto. La transmisión de todo el par mediante sólo dos ejes obliga a los piñones a soportar cargas mucho más elevadas que sus homólogos de las cajas de tres ejes. Por tanto es preciso emplear materiales de mayor calidad en la fabricación de estos piñones.

b) Cajas manuales de 3 ejes

Un eje primario recibe el par del motor a través del embrague y lo transmite a un eje intermediario. Éste a su vez lo transmite a un eje secundario de salida, coaxial con el

eje primario, que acciona el grupo diferencial. No vamos a entrar a detalle en este tipo de caja ya que en nuestro estudio la caja de vitara dispone de dos ejes

c) **Cajas automáticas**

Este tipo de cajas tradicionalmente utilizan engranajes epicicloides y como elemento de conexión entre el motor y la propia caja utiliza un convertidor de par en vez del clásico embrague, aunque su cometido es el mismo, conectar y desconectar el movimiento del motor con la caja. Las cajas de cambio de actual aplicación en los vehículos automóviles, además de la gestión automática en la selección de las distintas velocidades que las caracteriza permiten la posibilidad de intervenir de forma manual de forma similar a como se realiza en las cajas manuales. Pero se dejara de lado este tipo de cajas ya que no es el tema de investigación

1.2.2 Clasificación por tipo de montaje

1.2.2.1 Montaje transversal

Este tipo de caja se sitúa delante del vehículo a un lado del motor como se puede ver en la figura 1.2 y es usado generalmente en vehículos que tiene tracción delantera. Se lo usa en vehículos livianos que sobresalen por el confort que nos brindan.

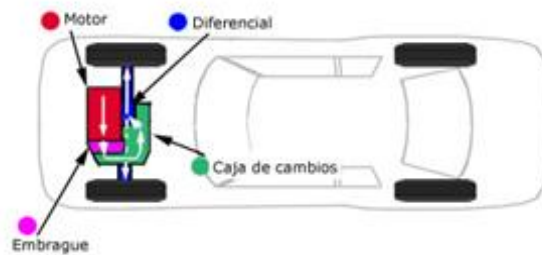


Figura 1.2 Caja con disposición transversal

Fuente: <http://mecanicaini.mforos.com/caja-de-cambios-mecanica-tipo-transversal/>

1.2.2.2 Montaje longitudinal

En este caso la caja de cambios se ubica en la parte posterior del motor y es generalmente usada en vehículos que tienen tracción trasera o 4WD como camionetas y vehículos off road. Este tipo de cajas no tiene en su interior un cono y corona ya que ese trabajo lo realiza el diferencial que está situado en la parte posterior del vehículo como se puede ver en la figura 1.3. Este es el tipo de caja a la que se enfocara esta investigación puesto que el vehículo Chevrolet vitara tiene la misma disposición en cuanto al montaje.

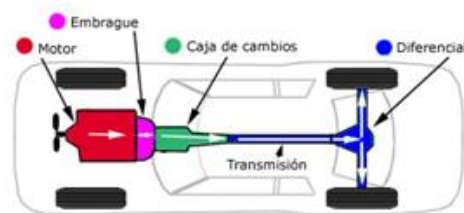


Figura 1.3 Caja con disposición longitudinal

Fuente: <http://mecanicaini.mforos.com/1703821/11339407-caja-de-cambios-mecanico-tipo-transversal/>

1.3 Partes principales de una caja manual

1.3.1 Tren móvil

Es el eje interno de la caja por donde entra el movimiento circular del motor. En éste hay unos piñones flotantes (uno por cada cambio) con los que, gracias a la acción de unos sincronizadores de movimiento y otras piezas, se puede seleccionar una determinada marcha.

1.3.2 Tren fijo

Eje intermediario o masa, es un eje grueso interno de la caja en el que se han trabajado unos piñones para que, con el trabajo en equipo con el tren móvil, se transmita el movimiento del motor al diferencial y posteriormente a las ruedas. Los piñones del tren móvil y fijo permanecen en contacto constante.

1.3.3 Sincronizador

Son las piezas que se desplazan por sobre el tren móvil para enganchar silenciosamente las velocidades. Mediante unos bronce de forma cónica igualan las velocidades de los trenes para evitar que los dientes se estrellan y se rompan, y se pueda hacer el cambio suave y silenciosamente.

1.3.4 Horquillas

Se encargan de desplazar al conjunto mecánico de los sincronizadores para elegir una velocidad determinada.

1.3.5 Varilla selectora

Sobre ella se instalan las horquillas que van a desplazar los sincronizadores. Las varillas se mueven gracias a la acción de la mano del conductor sobre la barra de cambios.

1.3.6 Piñón de reversa

También se le conoce por el nombre de piñón loco, y tiene la función de cambiar el sentido de rotación proveniente del tren fijo al tren móvil para así poner en marcha atrás el automóvil.

1.3.7 Trompo de retro

Es un sensor eléctrico que cuando se aplica la marcha atrás, cierra un contacto para encender las luces de reversa.

1.3.8 Rodamiento

Sobre estas piezas se instalan y corren los trenes (fijo y móvil) y los piñones del tren móvil, entre otras piezas. Su desgaste produce incómodos ruidos (ronquidos).

1.3.9 Retenedor de bola

Es una esfera empujada por un resorte helicoidal que se encarga de fijar en una determinada posición al sincronizador del cambio.

1.3.10 Retenedor de aceite

Es un cuerpo cilíndrico delgado de caucho que evita la salida del infaltable aceite de lubricación de la caja mediante un labio de caucho especial que se posa sobre alguna pieza metálica.

1.4 Partes secundarias de una caja manual

Las siguientes piezas, aunque no hacen parte de la caja de velocidades, sí tienen mucho que ver con la correcta operación de la misma.

1.4.1 Embrague

Es el vínculo mecánico de unión entre el motor y la caja de velocidades que, cuando se opera mediante la aplicación del pedal, permite el cambio de las velocidades. Lo integran tres piezas fundamentales: el plato, el disco y el Rulimán.



Figura 1.4 Elementos del embrague

Fuente <http://www.desguacesvehiculos.es/mecanica/embrague-vehiculo.html>

1.4.2 Volante de inercia

Dentro de las muchas funciones que tiene este pesado disco de acero está la de sostener todo el conjunto del embrague.

1.4.3 Plato de embrague

Va unida al volante de inercia por medio de unos tornillos y es la que permite la desconexión del motor y de la caja, a través de la presión que ejerce el Rulimán al pisar el pedal, mediante la liberación del disco.

1.4.4 Disco de embrague

Se instala en medio del plato y el volante, para permitir que, según se pise o se libere el pedal, se haga del motor y de la caja un conjunto solidario o no. El disco, que viene recubierto de unos forros de asbesto, resbala unos momentos entre las piezas anotadas arriba, para procurar una firme suavidad en el cambio.

1.4.5 Rulimán de embrague

Unida por un sistema hidráulico o cables al pedal, es la que ejerce presión sobre el plato para liberar el disco.

1.5 Funcionamiento de la caja de cambios manual

En los gráficos que adjuntamos a continuación mostraremos un corte longitudinal de una caja de cambios manual de cinco velocidades de dos ejes con disposición diagonal, igual que nuestra caja de Chevrolet vitara.

Para la obtención de las distintas relaciones o velocidades, el conductor acciona una palanca de cambios, mediante la cual, se produce el desplazamiento de los distintos conjuntos de sincronización (sincronizadores), que engranan con los piñones que transmiten el movimiento.

1.5.1 Primera velocidad

El movimiento del motor hace girar el piñón A (forma parte del primario) y hace girar el G libremente. Al engranar la 1ª velocidad la horquilla 1 desplaza a la izquierda el piñón H (solidario con el secundario) y lo hace solidario con el G, el eje secundario

transmite el movimiento hasta el piñón L (forma parte del eje) y pasa el movimiento al F en el que, en su extremo, está sujeto el cardan de transmisión.

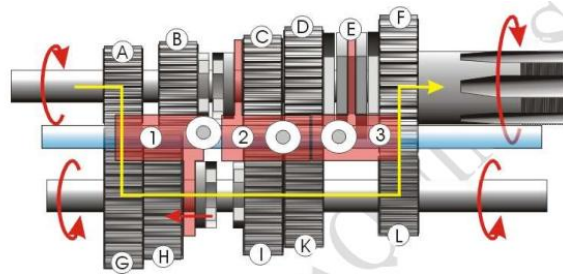


Figura 1.5 Marcha primera velocidad

Fuente <http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios2.htm>

1.5.2 Segunda velocidad

La horquilla 2 desplaza a la izquierda el piñón C engranando con el B al que hace solidario, transmitiendo el movimiento a su contrario H que a su vez lo pasa al L por ser ambos solidarios al eje secundario, por último llega al piñón de salida por el F.

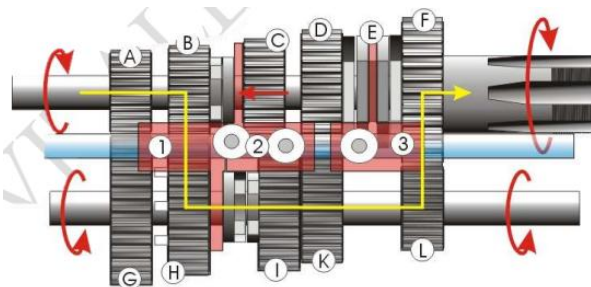


Figura 1.6 Marcha segunda velocidad

Fuente <http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios2.htm>
<http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios2.htm>

1.5.3 Tercera velocidad

La horquilla 2 desplaza a la derecha el piñón H y bloquea el I por lo que este se hace solidario con su eje. Por lo que el movimiento que llega de su piñón opuesto, el C, se transmite al secundario, pasándolo al F por medio del L que forma parte del secundario.

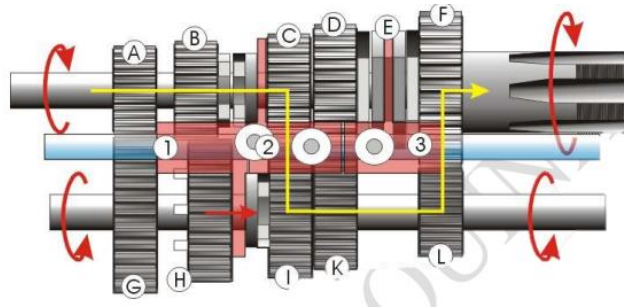


Figura 1.7 Marcha tercera velocidad

Fuente <http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios2.htm>

1.5.4 Cuarta velocidad

En 4º velocidad la horquilla 3 desplaza a la izquierda la cruceta E (solidaria con el primario), se engancha al piñón D y lo hace solidario, este transmite el movimiento al K y, como forma parte del secundario, pasa el movimiento al L que también forma parte del eje. El L, por último, hace girar al F.

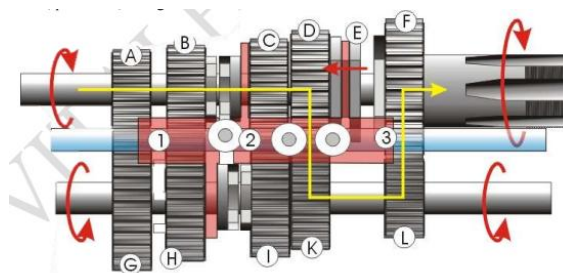


Figura 1.8 Marcha cuarta velocidad

Fuente <http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios2.htm>

1.5.5 Quinta velocidad

Al engranar la 5ª marcha la horquilla 3 desplaza a la derecha la cruceta E (solidaria con el primario) y se engancha al piñón F al que trasmite el movimiento del primario.

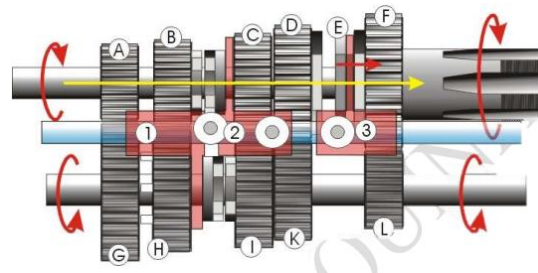


Figura 1.9 Marcha quinta velocidad

Fuente:[http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-](http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios2.htm)

[cambios2.htm](http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios2.htm)<http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios2.htm>

1.5.6 Marcha atrás

Cuando se selecciona la velocidad, se produce el desplazamiento del piñón de reversa, empujado por una horquilla. Al moverse el piñón de reversa, engrana con otros dos piñones, uno unido a eje primario y el otro lo forma el sincronizador de 3ra y 4ta cuya corona externa tiene labrados unos dientes rectos. Una particularidad de los piñones que intervienen en la marcha atrás, es que tienen los dientes rectos en vez de inclinados como los demás piñones de la caja de cambios.

Con este mecanismo se consigue una nueva relación, e invertir el giro del tren secundario con respecto al primario. La reducción de giro depende de los piñones situados en el eje primario y secundario porque el piñón de reenvío actúa únicamente como inversor de giro.

La reducción de giro suele ser parecida a la de 1ª velocidad.

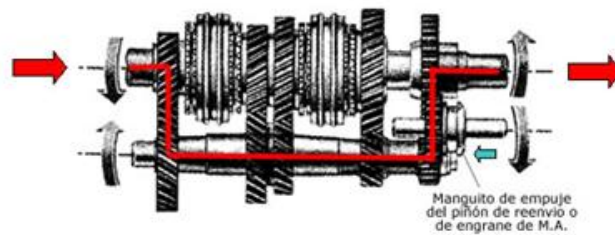


Figura 1.10 Marcha atrás

Fuente <http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios2.htm>
<http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios2.htm>

1.6 Caja de cambios de Vitara

La caja de cambios manual que está sujeta a estudio es del vehículo Chevrolet Vitara 3 puertas que tiene una disposición longitudinal y es de 2 ejes, de 5 velocidades y la marcha de reversa. Conectado a la caja tenemos el transfer que sirve para dar tracción a las ruedas delantera en caso de necesitarlo como se ve en la figura 1.11 pero eso no está sujeta a estudio ya que no presenta muchos problemas.



Figura 1.11 Caja manual de Vitara

Fuente: Tello – Granizo

1.6.1 Despiece de la caja de cambios de Vitara

Para empezar como se puede observar en la figura 1.12 la caja está recubierta por una coraza que esta empernada por la mitad.



Figura 1.12 Caja manual de Vitara

Fuente: Tello - Granizo

Para sacar la coraza se debe retirar el transfer y la palanca selectora de marchas hasta que quede solo la piñonera como muestra la figura 1.13.



Figura 1.13 Despiece de caja de Vitara

Fuente: Tello – Granizo

Una vez que se tiene esta parte se puede abrir la coraza protectora y se ve los dos ejes principales con sus piñones y rodamientos como se ve en la figura 1.14 y 1.15. El despiece de estos se realiza quitando los seguros y chavetas de acero que se verá posteriormente, para sacar los piñones y sincronizados, mientras que para sacar los rodamientos se necesita de una prensa hidráulica.

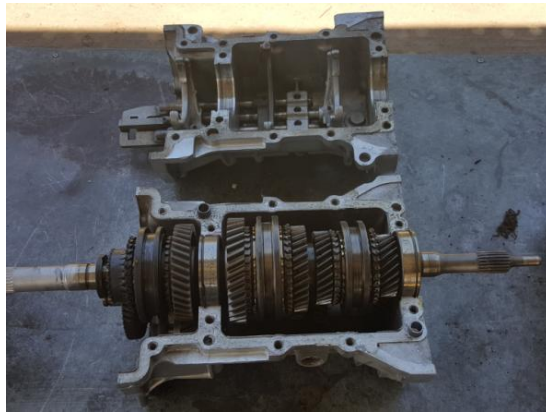


Figura 1.14 Despiece de caja de Vitara
Fuente: Tello – Granizo

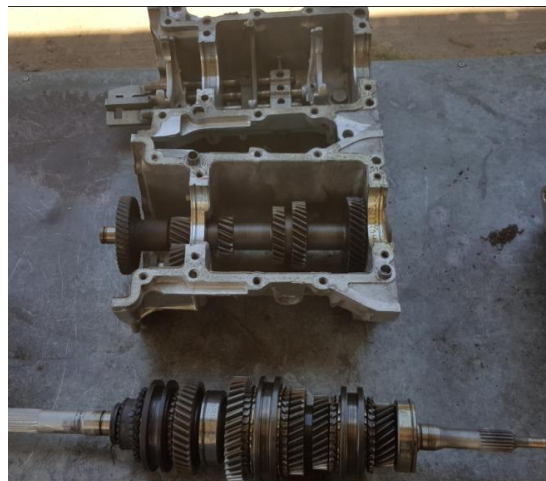


Figura 1.15 Despiece de caja de Vitara
Fuente: Tello - Granizo

1.6.2 Desgaste de piezas

Como se mencionó la caja de Vitara es una de las que más sufren daños en sus piezas, al menos en las que son sujetas a fricción como los piñones, horquillas y sincronizados. La caja que se dispone es un claro ejemplo ya que se puede observar un desgaste muy claro en los piñones del primer eje como del segundo eje.

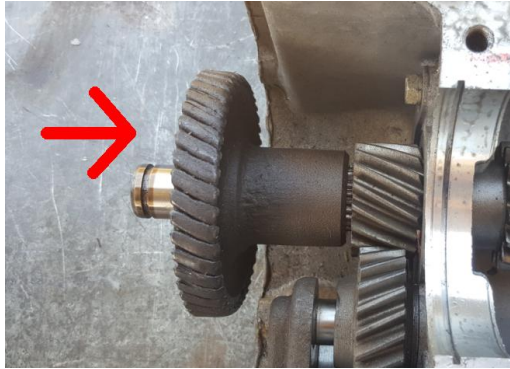


Figura 1.16 Desgaste de piñón

Fuente: Tello – Granizo



Figura 1.17 Desgaste de piñón

Fuente: Tello - Granizo

1.7 Curvas características de la transmisión

En la figura 1.18 se observa que en un manejo apropiado de los cambios de marcha se debe realizar a un régimen de motor de entre 3500 y 5000 rpm para lograr un equilibrio entre velocidad y par motor, no siempre es así y eso también influye en un consumo y desgaste elevado de partes tanto en la caja como en el motor.

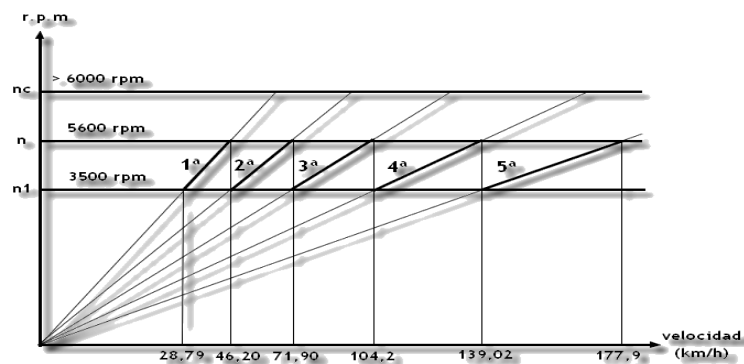


Figura 1.18 Relación marchas-rpm-velocidad

Fuente <http://8000vueltas.com/2015/10/06/par-y-potencia-la-eterna-discusion>
<http://8000vueltas.com/2015/10/06/par-y-potencia-la-eterna-discusion>

También dice la velocidad a la cual estaría viajando en cada marcha pero esto depende mucho de la relación de transmisión que cada vehículo tiene diferente dependiendo cual sea el propósito de dicho vehículo.

Capítulo 2

2.1 Tipos de materiales

Los materiales principales que se tiene dentro de una caja de cambios manual son 4; el aluminio, el acero, el bronce y el hierro. Estos son los materiales a los cuales están sujetos a realizar pruebas de tracción y así determinar el desgaste que estos sufren al momento de ser usados en una caja de cambios.

2.1.1 Aluminio

En estado puro, el aluminio es un metal blanco y plateado, con varias características que lo convierten en un elemento muy útil para en el ámbito automotriz. Es un elemento muy ligero, no es ferromagnético y tampoco genera chispas, siendo el segundo metal mejor maleable que existe, uno de los más abundantes en la corteza de la Tierra (8,1%) y el sexto más dúctil que se conoce.

El aluminio ha sido fundamental en el mundo automotriz ya que es un metal resistente y su peso muy bajo comparado con los demás metales y esto lo convierte en un material idóneo para ser usado en ciertas partes del automóvil.

Las características físicas son:

- Número atómico: 13
- Peso atómico: 26.981538
- Símbolo atómico: Al
- Punto de fusión: 660.32° C
- Punto de ebullición: 2519° C

2.1.2 Bronce

Es una aleación metálica entre cobre y estaño. En dicha aleación el cobre supone la base principal, y el estaño tiene una presencia que oscila entre el 3% y el 20%.

Exceptuando el acero, las aleaciones de bronce son superiores a las de hierro en casi todas las aplicaciones. Por su elevado calor específico, el mayor de todos los sólidos, se emplea en aplicaciones de transferencia del calor.

Aunque desarrollan pátina no se oxidan bajo la superficie, son más frágiles y tienen menor punto de fusión. Son aproximadamente un 10 % más pesadas que el acero, a excepción de las compuestas por aluminio o sílice. También son menos rígidas, por lo tanto en aplicaciones elásticas como resortes acumulan menos energía que las piezas similares de acero. Resisten la corrosión, incluso la de origen marino, el umbral de fatiga metálica es menor, y son mejores conductores del calor y la electricidad.

Otra característica diferencial de las aleaciones de bronce respecto al acero, es la ausencia de chispas cuando se las golpea contra superficies duras. Esta propiedad ha sido aprovechada para fabricar martillos, mazas, llaves ajustables y otras herramientas para uso en atmósferas explosivas o en presencia de gases inflamables.

Las características físicas son:

- Elongación: <65 %
- Módulo de elasticidad: de 80 a 115MPa
- Resistencia a la cizalla: de 230 a 490 MPa
- Resistencia a la tracción: de 300 a 900 MPa

2.1.3 Acero

Es el metal en el que el hierro es el elemento predominante, el contenido en carbono es generalmente inferior al 2 % y contiene además otros elementos.

Sus características son:

- Alta resistencia mecánica: los aceros así, al someterlos a esfuerzos de tracción y compresión lo soportan por la contribución química que tienen.
- Elasticidad: en un ensayo de tracción al estirar el acero antes de llegar a su límite elástico vuelve a su condición original.
- Soldabilidad: es un material que se puede unir por medio de soldadura y gracias a esto se puede componer una serie de estructuras.
- Ductilidad: Tiene la capacidad de ser trabajado doblado y torcido.
- Forjabilidad: Significa que al calentarse a cierta temperatura puede ser moldeado.

2.2 Normalización

2.2.1 Objeto

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.

2.2.2 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.

2.2.3 Definiciones

Para los efectos de esta norma se aplican las siguientes definiciones:

- Longitud calibrada (L): Es la longitud de la sección cilíndrica o prismática de la probeta de ensayo en la que se va a medir la elongación en cualquier momento durante el ensayo.
- Longitud calibrada inicial (L_0): Longitud calibrada antes de la aplicación de la carga.
- Longitud calibrada final (L_u): Longitud calibrada después de la rotura de la probeta ensayo
- Longitud paralela (L_c): Longitud de la sección reducida paralela de la probeta de ensayo.
- Elongación: Incremento de la longitud calibrada inicial (L_0) en cualquier instante del ensayo.
- Porcentaje de elongación: Alargamiento expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L_0).
- Porcentaje de elongación permanente: Incremento de la longitud calibrada inicial en una probeta de ensayo después de eliminar el esfuerzo especificado, expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L_0).

- Porcentaje de elongación después de la rotura (A): Elongación permanente de la longitud calibrada inicial después de la rotura ($L_u - L_o$) expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L_o).
- Porcentaje de elongación total a la rotura (A_t): Es el alargamiento total (elongación elástica más elongación plástica) de la longitud calibrada en el momento de la rotura, expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L_o).
- Porcentaje de elongación al esfuerzo máximo: Es el aumento en la longitud calibrada inicial de la probeta cuando la fuerza es máxima, expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L_o) Se hace una distinción entre el porcentaje de elongación total a la carga máxima (A_{gt}) y el porcentaje de elongación no proporcional a la carga máxima (A_g)

2.3 Ensayo INEN

2.3.1 Preparación de la muestra

Las probetas que se utilizan en los ensayos de tracción son fabricadas de varias formas, el corte transversal de la probeta es redondo, cuadrado, rectangular y en casos particulares serán planas, en fin, la forma y dimensiones de la probeta dependerá bastante de las piezas de donde se extraigan las probetas y de las propiedades que se van a determinar mediante el ensayo.

Normalmente a probetas que son en forma de láminas o alambres no es necesario realizar ningún tipo de maquinado para realizar los ensayos, basta con que tenga la longitud inicial correcta y que se adapte a las mordazas de la máquina para proceder con el ensayo,

pero las probetas redondas, cuadradas o de algún elemento fundido si sería sometidas a un maquinado para que los extremos en el corte transversal, se le pueda dar la forma correcta para que la sujeción en las mordazas sea la correcta y no se suelte al momento de aplicar la carga axial durante el ensayo.

2.3.1.1 Forma y dimensiones de las probetas

La forma y las dimensiones de las probetas, dependen de la forma y dimensiones de los productos metálicos de los cuales se tomó la probeta y de las propiedades mecánicas que se van a determinar. La probeta, se obtiene generalmente por maquinado de una muestra del producto, de un elemento estampado o de un elemento fundido. Sin embargo, los productos de sección transversal uniforme (perfiles, barras, alambres, etc.) y también los elementos fundidos (fundiciones de hierro y aleaciones no ferrosas) pueden ser sometidas a ensayo sin maquinado. La sección transversal de las probetas puede ser circular, cuadrada, rectangular, anular o en casos especiales de alguna otra forma. Las probetas cuya longitud calibrada inicial se relaciona con el área inicial de la sección transversal por la ecuación $L_0 = k S_0$, son llamadas probetas proporcionales.

El valor adoptado para esta norma es $k = 5,65$. La longitud calibrada inicial no debe ser menor de 20mm. Cuando el área de la sección transversal inicial de la probeta es demasiado pequeña es necesario convenir un valor del coeficiente k más alto (preferiblemente 11,3) o se puede usar una probeta no proporcional.



Figura 2.19 Probetas cilíndricas

Fuente <http://personales.upv.es/~avicente/curso/unidad2/traccion.html>

2.3.1.2 Probetas maquinadas

Las probetas maquinadas deben tener una curva de transición entre las superficies de agarre de las mordazas y la longitud paralela si estas son de diferentes dimensiones. Las dimensiones de este radio de transición pueden ser importantes y se recomienda que se definan en la especificación del material. Las superficies de agarre pueden ser de cualquier forma, siempre y cuando se adapten a las mordazas de la máquina de tracción. El eje de la probeta deberá coincidir con o ser paralelo al eje de aplicación de la fuerza. La longitud paralela (L_c) siempre debe ser mayor que la longitud inicial calibrada. (L_0).

2.3.1.3 Probetas no maquinadas

Si la probeta es de una longitud no maquinada del producto o una barra de ensayo sin maquinar, la longitud libre entre las mordazas debe ser suficiente para que las marcas calibradas queden a una distancia razonable de las mordazas. Las probetas de ensayo fundidas, incorporarán un radio de transición entre las superficies de agarre y la longitud paralela. Las dimensiones de este radio de transición son importantes y se recomienda que se definan en la norma del producto. Las superficies de agarre pueden

tener cualquier forma siempre y cuando se adapten a las mordazas de la máquina de tracción. La longitud paralela (L_c) siempre debe ser mayor que la longitud calibrada inicial (L_0)

2.3.1.4 Características de la máquina.

La máquina en la que se realizan los ensayos será de alta precisión cumpliendo con las siguientes características.

- Tendrá mecanismos de sujeción que ayudará a que la probeta sea sometida al esfuerzo axial sin soltarse durante el ensayo hasta que se rompa. La probeta es sujeta por mordazas de presión.
- Las cargas que se aplican durante el ensayo serán constantes y progresivas, evitando paros inesperados, choques o vibraciones.
- Tendrá dispositivos que comanden, regulen la velocidad y la carga que es aplicada durante el ensayo, la velocidad y la carga será acorde a las dimensiones antes mencionadas e ingresadas en la máquina sobre la probeta

2.4 Ensayos Destructivos

Las probetas de ensayo se deben tomar y preparar de acuerdo con los requerimientos de las normas para los diferentes materiales que se indica en la Norma ISO - INEN 377.

2.4.1 Determinación del área de la sección transversal inicial (S_0).

El área de la sección transversal inicial se calcula a partir de las medidas de las dimensiones apropiadas. La precisión de estos cálculos depende de la naturaleza y del tipo de la probeta.

2.4.2 Marcado de la longitud calibrada inicial (L_0)

Cada extremo de la longitud calibrada inicial se debe marcar por medio de marcas finas o ralladuras, pero no por medio de golpes que puedan producir fracturas prematuras. Para probetas proporcionales, el valor calculado de la longitud calibrada inicial puede aproximarse al múltiplo más cercano de 5 mm, cuidando que la diferencia entre la longitud calibrada inicial calculada y la marcada sea menor del 10% de L_0 . La longitud calibrada inicial se debe marcar con una precisión de ± 1 . Si la longitud paralela (L_c) es mucho mayor que la longitud calibrada inicial, como por ejemplo en probetas no maquinadas, se pueden marcar una serie de longitudes calibradas, algunas de ellas se pueden extender hasta las mordazas. En algunos casos, puede ser útil marcar sobre la superficie total de la probeta, en una línea paralela al eje longitudinal.

2.4.3 Procedimiento

A menos que se especifique lo contrario, en la norma del producto, la velocidad de la máquina se debe ajustar a los siguientes requerimientos que dependen de la naturaleza del material.

2.4.3.1 Límite de fluencia y esfuerzo de prueba

2.4.3.1.1 Límite de fluencia superior (ReH)

Dentro del campo elástico y hasta el límite de fluencia superior, la relación de separación de los cabezales de la máquina debe mantenerse constante hasta donde sea posible, dentro de los límites correspondientes a la relación de esfuerzos como se muestra en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Módulo de elasticidad vs. Aplicación de esfuerzo

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

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana INEN 0109

2.4.3.1.2 Límite de fluencia inferior (ReL)

Si se va a determinar solamente el límite de fluencia inferior, la relación de aplicación del esfuerzo durante la fluencia de la longitud paralela de la probeta de ensayo debe estar entre 0,00025/s y 0,0025/s. La relación de esfuerzos se debe mantener constante, hasta donde sea posible. Si esta velocidad no se puede regular directamente, se debe fijar por regulación de la relación de esfuerzos justamente antes de que la fluencia empiece, los controles de la máquina no se deben ajustar posteriormente hasta completar la fluencia. En ningún caso, la relación de aplicación de esfuerzos en el campo elástico debe exceder las relaciones de esfuerzo máximas dadas en la tabla de arriba.

2.4.3.1.3 Límites de fluencia superior e inferior (ReH y ReL)

Si los dos límites de fluencia son determinados durante el mismo ensayo, las condiciones para determinar el límite inferior deben cumplir con las condiciones de ReL.

2.4.3.1.4 Esfuerzo de prueba (extensión no proporcional) y esfuerzo de prueba (extensión total) (R_p y R_t).

La relación de aplicación de esfuerzos debe estar entre los límites dados en la tabla 2.1.

En el campo plástico y hasta la resistencia de prueba (extensión no proporcional o extensión total) la relación de aplicación de los esfuerzos no debe exceder de 0,0025/s.

2.4.3.1.5 Relación de separación.

Si la máquina de tracción no es capaz de medir o controlar la relación de esfuerzos, una velocidad de separación de las mordazas equivalente a la relación de aplicación de esfuerzos dada en la tabla 2.1, se debe usar hasta completar la fluencia.

2.4.3.2 Resistencia a la tracción (R_m)

2.4.3.2.1 En el rango plástico.

La relación de aplicación de esfuerzos en la longitud paralela no debe exceder de 0,008/s.

2.4.3.2.2 En el rango elástico.

Si el ensayo no incluye la determinación del esfuerzo de fluencia (o esfuerzo de prueba) la velocidad de la máquina puede alcanzar el máximo permitido en el rango plástico.

2.4.3.3 Método de agarre

Las probetas de ensayo se deben adaptar por medios apropiados tales como cuñas, mordazas roscadas, etc. Cada adaptación debe ser fabricada de tal manera que asegure que las probetas de ensayo están agarradas de tal manera, que la fuerza se aplique tan axialmente como sea posible. Esto es de particular importancia cuando se ensayan

materiales frágiles o cuando se vayan a determinar esfuerzos de prueba (elongación no proporcional) o esfuerzos de prueba (elongación total) o límite de fluencia.

2.4.3.4 Determinación del porcentaje de elongación después de la rotura (A)

El porcentaje de elongación después de la rotura debe ser determinado de acuerdo con la definición dada en el porcentaje de elongación después de la rotura.

Para este propósito, los dos pedazos rotos de la probeta se deben encajar cuidadosamente de tal manera que sus ejes permanezcan en una línea recta. Se deben tomar precauciones especiales para asegurar un contacto apropiado entre las partes rotas de la probeta de ensayo, cuando se vaya a medir la longitud calibrada final. Esto es particularmente importante en el caso de probetas de ensayo de sección transversal pequeña y probetas de ensayo que tengan valores de elongación bajos. La elongación después de la rotura (L_u-L_o) se debe determinar a un valor lo más próximo a 0,25 mm utilizando un aparato de medida con una resolución de 0,1 mm, y los valores de los porcentajes de elongación después de la rotura se deben redondear o aproximar al 0,5%. Si el porcentaje de elongación mínimo especificado es menor del 5%, se recomienda tomar precauciones especiales para determinarlo. Esta medición, es en principio válida solamente si la distancia entre la rotura y la marca más cercana no es menor que una tercera parte de la longitud calibrada inicial (L_o). Sin embargo, la medida es válida, sin importar la posición de la rotura, si el porcentaje de elongación después de la rotura es igual o mayor que el valor especificado. Para máquinas con capacidad de medir el alargamiento a la rotura usando un extensómetro, no es necesario marcar las longitudes calibradas. La elongación es medida como el

alargamiento total a la rotura, y por consiguiente es necesario deducir la extensión elástica con el fin de obtener el porcentaje de elongación después de la rotura. En principio, esta medición es válida solamente si la rotura ocurre dentro de la longitud calibrada (L_e). La medición es válida en cuanto a la posición de la sección transversal de la rotura si el porcentaje de elongación después de la rotura es igual o mayor al valor especificado. Las comparaciones de porcentajes de elongación son posibles cuando la longitud calibrada del extensómetro, el perfil y el área de la sección transversal son las mismas, o cuando el coeficiente de proporcionalidad (k) es el mismo. Con el objeto de evitar el rechazo de probetas de ensayo, en las cuales puede ocurrir la rotura por fuera de los límites del porcentaje de elongación después de la rotura, se puede usar el método basado en la subdivisión de L_o en N partes iguales.

2.4.3.5 Determinación del porcentaje de elongación total a fuerza máxima (A_{gt})

Este método consiste en determinar el diagrama fuerza – extensión obtenida con un extensómetro, la extensión a la fuerza máxima (L_m). Algunos materiales exhiben una meseta plana a la fuerza máxima. Cuando esto ocurre el porcentaje total de elongación a la fuerza máxima es tomada del punto medio de la meseta plana. La longitud calibrada del extensómetro debe ser registrada en el reporte de ensayo.

2.4.3.6 Informe de resultados.

El informe de resultados poseerá como mínimo la siguiente información.

- a) Referencia de la norma con la que se realizó la probeta, NTE INEN 0109.
- b) Identificación de la probeta.

c) Naturaleza y procedencia del material, si se conoce.

d) Tipo de probeta.

e) Propiedades medidas y resultados.

2.4.3.7 Análisis de la gráfica esfuerzo-deformación.

En la figura 2.2 (esfuerzo-deformación), antes de llegar al punto A, que representa al límite elástico, se observa una recta lo que significa que si la fuerza aplicada es inferior y no sobrepasa el límite elástico, el material vuelve a recuperar su forma inicial después de aplicar la fuerza, eso significa que el material se comporta de forma elástica. Si de lo contrario, se aplica la fuerza hasta sobrepasar el punto A, el material pasa a su zona plástica, en la cual la deformación ya no es reversible a su forma original y obtienen deformaciones permanentes, por más que ya no se aplique la carga, el material ya no toma su forma inicial.

En el punto AB existe una pequeña caída de fuerza, debido a que la carga aplicada sobrepasó el límite elástico y a la resistencia que permitía que el material regrese a su forma original, dando paso a la zona de fluencia en el punto BF en el cual sin necesidad de aumentar la carga el material sigue cediendo, este punto se denomina esfuerzo de fluencia o límite de fluencia, después de esta zona empiezan las deformaciones plásticas.

Si la deformación llega hasta el punto P, la deformación se produce hasta el punto P', y en el caso en que se deje de aplicar la fuerza el material regresará hasta el punto E pero se mantendrá con la deformación permanente OE.

A medida que se siga aplicando la fuerza, el material sigue alargando de forma plástica en la zona P y aunque disminuya la tensión, el material se alargará hasta llegar a la rotura, pero antes de romperse llega a un punto denominado resistencia a la tracción o límite de

rotura, punto C, en el cual el estiramiento es tan largo que se genera una reducción del área de la probeta, en este punto la probeta se considera prácticamente rota, aunque físicamente no lo podamos notar, internamente su estructura granular se encuentra muy afectadas. Después de este punto llega la rotura física total del material en el punto D y el decaimiento de la fuerza.

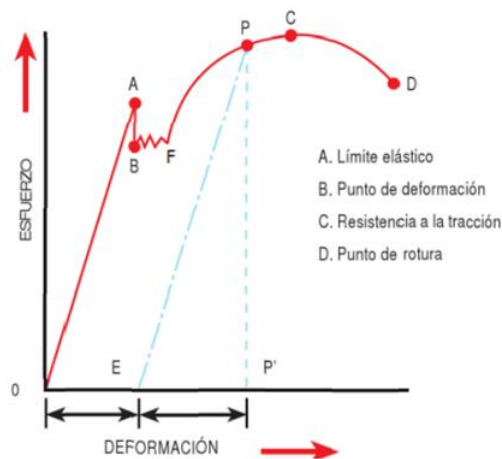


Figura 2.20 Esfuerzo deformación

Fuente: Estructuras del vehículo 2ª edición- AG UEDA

Capítulo 3

3.1 Pruebas destructivas en piñones

Como la rueda revolucionó la historia del ser humano, el piñón cambió la historia de la máquina, mejorando tanto en la velocidad como en la potencia. Hoy su uso es infinito. Por definición, es una rueda o cilindro dentado que engrana en otra rueda o cilindro mayor formando un mecanismo para que la transmisión de movimiento a un eje.

Existen varios materiales y formas de piñones, construido por diferentes procesos de moldeo, tratamiento y mecanizado. La composición de dos o más piñones adquiere el nombre de engranaje y el conjunto de dos o más engranajes, se llama tren de engranajes. Estos sistemas se usan sobre todo para transmitir un movimiento giratorio, pero es necesario usar piñones apropiados y piezas dentadas planas, transforma un movimiento alternativo adelante y atrás en sentido giratorio y viceversa. Un tipo de engranaje básico está formado por dos ruedas dentadas: la mayor se la llama corona, y el menor piñón.

Se pueden identificar las siguientes partes en todos los piñones, sin importar su tipo o clasificación:

- Manzana o cubo: parte central del engranaje que abraza al eje y queda unida a él por intermedio de una chaveta o pasador.

- Rayos: elementos encargados de unir los dientes con la masa que pueden ser reemplazados por una parte maciza, o un disco.
- Llanta o corona: anillo circular donde van tallados los dientes.
- Dientes: elementos tallados en la rueda o cilindro, destinados a la transmisión del movimiento. Constan de una cabeza (parte desde el diámetro primitivo hasta el diámetro exterior en una vista frontal), un pie (parte desde el diámetro primitivo hacia el diámetro interior también vista de frente) y el flanco (superficie lateral del diente donde se produce la rodadura o el empuje de un diente con otro).

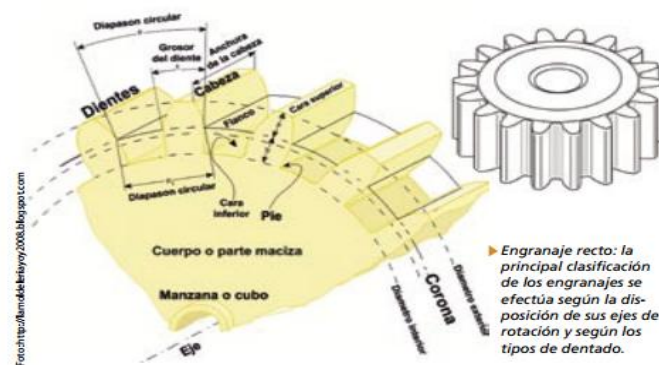


Figura 3.21 Piñón del eje primario

Fuente:

<http://www.metalactual.com/revista/9/pinones.pdf>
<http://www.metalactual.com/revista/9/pinones.pdf>
<http://www.metalactual.com/revista/9/pinones.pdf>

3.1.1 Clasificación

3.1.1.1 Helicoidales

Los dientes de estos engranajes no son paralelos al eje de la rueda dentada, sino que se enroscan en torno al eje en forma de hélice. Estos engranajes son apropiados para grandes cargas porque los dientes encajan formando un ángulo agudo mayor de 0° y

menor de 90°. En lugar de un ángulo recto, de 90°. Tienen un funcionamiento relativamente silencioso. Se utilizan en las transmisiones posteriores de camiones y automóviles. Representan una forma desarrollada de transmisión, capaz de aportar formas y resistencias imposibles de obtener con los engranes rectos.



Figura 3.22 Piñón helicoidal

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

3.1.1.2 Cónicos

Los engranajes cónicos, así llamados por su forma, tienen dientes rectos con un determinado ángulo y se emplean para transmitir movimiento giratorio entre ejes no paralelos. Están contruidos de tal modo que si sus ejes se prolongarán, se encontraría en un punto o vértice común. Pueden tener dientes rectos, en arco o en espiral, dependiendo las condiciones de trabajo y trazado.



Figura 3.23 Piñón cónico

Fuente: <http://www.ndu.cl/engranaje-conicohttp://www.ndu.cl/engranaje-conico>

3.1.1.3 Cónicos rectos

Son utilizados para efectuar reducción de velocidad con ejes en 90° . Estos engranajes generan mayor ruido que los engranajes cónicos helicoidales. Se utiliza en transmisiones antiguas. En la actualidad se usan muy poco.

3.1.1.4 Cónicos-helicoidales

Al igual que los cónicos rectos, se utilizan para reducir la velocidad en un eje de 90° .

La diferencia con el cónico recto es que posee una mayor superficie de contacto.

3.1.1.5 Cónico-hipoide

Parecidos a los cónicos helicoidales, se diferencian en que el piñón de ataque —el cual recibe directamente la fuerza del movimiento— está descentrado con respecto al eje de la corona, permitiendo que los engranajes sean más resistentes. El efecto ayuda a reducir el ruido del funcionamiento y se utilizan en máquinas industriales y embarcaciones, donde es necesario que los ejes no estén al mismo nivel.



Figura 3.24 Engranaje hipoide y cónico

Fuente: <http://www.metalactual.com/revista/9/pinones.pdf>

3.1.1.6 Engranajes cilíndricos

Se fabrica a partir de un disco cilíndrico cortado de una plancha o de un trozo de barra maciza redonda. Este disco se traslada al proceso de fresado, en donde se quita material para formar los dientes. La fabricación de estos engranajes es simple, por lo cual se reduce sus costos. Los engranajes cilíndricos se aplican en la transmisión entre ejes paralelos que se cruzan.



Figura 3.25 Engranaje cilíndrico

Fuente:http://es.machining-gear.com/china-zetor_helical_spur_gear_for_tractor_hg_001-p14594.html

A su vez los engranajes cilíndricos se clasifican en:

3.1.1.7 Engranajes cilíndricos helicoidales:

Son aquellos en donde se forma un ángulo entre el recorrido del diente y el eje axial, con el fin de asegurar una entrada progresiva del contacto entre diente y diente. Con estos engranajes se reduce el ruido y aumenta la resistencia de los dientes. Estos engranajes se utilizan en las cajas reductoras de velocidades en automóviles.

3.1.1.8 Engranajes cilíndricos bi-helicoidales:

Cumplen la función de dos engranajes helicoidales. Poseen las ventajas de los cilíndricos helicoidales, bajo ruido y alta resistencia. Al igual que los engranajes helicoidales se utilizan en las cajas de reducción donde se requiere bajo ruido. Ejemplo: reductores de plantas de procesamiento de cemento.

3.1.1.9 Engranaje cilíndrico recto

Es el engranaje donde la sección de corte se mantiene constante con respecto al eje axial. Es el engranaje más sencillo de fabricar. Actualmente se utilizan poco, ya que generan mucho ruido. Se encuentran en molinos de caña de azúcar, y en prensas mecánicas.

3.1.2 Sinfín y corona.

Permiten la transmisión de potencia sobre ejes perpendiculares. Es un caso extremo de engranajes hipoidales, ya que está descentrado al máximo. Se usa para abrir puertas automáticas de casas, su aplicación más común es en los reductores de velocidad o motor reductores. Poseen un bajo costo y son auto bloqueantes. Es decir que es imposible mover el eje de entrada a través del eje de salida.



Figura 3.26 Sin fin y corona

Fuente: http://www.ecured.cu/Tornillo_sin_finhttp://www.ecured.cu/Tornillo_sin_fin

3.1.3 Materiales

Los piñones se fabrican hoy en distintos materiales. El más común es el hierro fundido, pero se emplea también el bronce para piezas del engranaje en el caso del sinfín-corona, el plástico es utilizado en mecanismos con pocas exigencias de transmisión de potencia.

Los piñones plásticos son fabricados por varios procedimientos entre los que se encuentra el método el mecanizado por arranque de virutas y el moldeo, esta última se hace por inyección y es la más utilizada por los buenos resultados de calidad en las piezas. Los engranajes de plástico de ingeniería son preferidos por su bajo nivel de ruido, la posibilidad de su uso en ambientes secos, húmedos o polvorientos, su buena resistencia al deterioro y a la abrasión, el bajo costo de fabricación, bajo peso específico, resistencia a los golpes, tolerancias dimensionales menos críticas y una función de punto débil para prevenir daños a partes costosas del equipo. En el caso del hierro para la producción de piñones se cuenta con una amplia gama ajustada de acuerdo a la necesidad de cada maquinaria o uso.

3.1.4 Fabricación y Tratamiento

Diseñar, proyectar y escoger una transmisión de potencia con piñones requiere tener en cuenta varios factores: los caballos de fuerza a transmitir potencia, revoluciones por minuto del piñón conductor, las revoluciones por minuto requeridas del piñón conducido, el diámetro del eje del motor en el que va montado el piñón conductor, el tipo de fuerza a transmitir, el tipo de máquina a operar, los caballos de fuerza que la máquina consume al operar, la posición de la transmisión, la distancia entre los centros de los ejes, el diámetro del eje del piñón conducido, las limitaciones de espacio o campo

operativo, el número de horas continuas de trabajo y las condiciones ambientales a las cuales va a estar sometida la pieza.

Después de su concepción, y dependiendo del material su fabricación contempla varias etapas: para elaborar y formar los dientes se utilizan distintos procesos entre los cuales están el colado en arena, moldeo en máscara, fundición por revestimiento, colada en molde permanente, colada en matriz o fundición centrífuga. También se puede utilizar la pulvi-metalurgia (metalurgia de polvos) para luego ser mecanizado. Uno de los métodos más usados es el formado en frío donde unas matrices giran y moldean los dientes. La calidad y propiedades del material son muy buenas con este método, ya que no hay afectación por efectos de la temperatura. Posterior para dar el acabado final se maquina por fresado, cepillado o formado con sinfín, bruñido, esmerilado o pulido con rueda.

Un engranaje se puede mecanizar en una fresadora universal con la ayuda de un plato divisor, si es un engranaje recto, o de una transmisión cinemática si es un engranaje helicoidal, pero este medio de mecanizado apenas se utiliza porque es muy lento y se obtiene mala calidad del trabajo. Para la producción en serie de piñones se utiliza maquinaria especial: talladoras de fresa madre, la cual mediante un movimiento sincronizado de corte ranura los dientes al mismo tiempo, se pueden tallar todas las formas de engranajes cilíndricos o helicoidales en cualquier material.

Hasta esta parte se realiza el mecanizado de la pieza en su forma, pero es necesario aplicar algunos tratamientos para darle características de dureza y resistencia a los dientes según sea la necesidad así:

3.1.4.1 Carburizado

Es uno de los más usados, el engrane cortado se coloca en un medio carburante y se calienta la capa superficial de los dientes del engranaje que absorbe el carbono, el cual penetra para dar la profundidad de endurecido requerida.

3.1.4.2 Nitrurado

Encargado de darle un endurecimiento superficial aplicado a engranajes de acero aleado. Se efectúa mediante gas de amoníaco descompuesto en nitrógeno atómico e hidrógeno sobre la superficie del acero. La zona que no va a ser nitrurada debe ser cubierta con placas de cobre, antes de ser calentado a 538° centígrados aproximadamente.

3.1.4.3 Endurecimiento por inducción

Dado por medio de corrientes alternas de alta frecuencia y un temple controlado por medio de un baño de rocío. Antes del endurecimiento por inducción el disco del engranaje se trata térmicamente. d. Endurecido con flama: dando un endurecimiento superficial por medio de una flama oxiacetilénica con quemadores especiales. Básicamente es el método por el cual se hace un endurecimiento de la superficie al calentar el metal con una flama de alta temperatura, seguida por un proceso de templado.

3.1.5 Usos y Mantenimiento.

Los usos de los piñones son tan amplios como maquinaria existente a nivel mundial. Donde exista movimiento y velocidad, seguramente habrá un piñón. Toda la industria goza de sus beneficios en motor-reductores, prensas, sistemas de alimentación,

instalaciones especiales para energía eólica, transportadores de cadena e instalaciones de desbastado en minería, en la maquinaria de remoción de materiales como excavadoras, recogedores de desperdicios, escombreras, cintas transformadoras, instalaciones de elevación, cabrias, dispositivos giratorios, trituradoras, bandas transportadoras de residuos, engranaje para hélices en construcción naval, dragado de canales e instalaciones portuarias, convertidores y engranajes para montacargas en los altos hornos de metalurgia, en el cierre y apertura de esclusas y puertas elevadoras, prensas de pulpa, mezcladoras, lavadoras, infraestructura de transporte y agitadoras en la industria azucarera, entre otras.

Los piñones son tan vitales en el diario devenir de todas las industrias, que una falla en ellos representa pérdidas importantes por paros: reparaciones y reposición de partes. Se pueden presentar daños en ellos por un mal engranaje, desgaste, inadecuado tratamiento térmico, mal montaje, choques fuertes, sobrecargas, desprendimiento de partículas, grietas, o combinación de varios de estos factores. Las causas más frecuentes están asociadas al ‘desgaste’ que puede ser de tipo adhesivo, abrasivo, corrosivo, por cavitación, corrientes eléctricas o fretting (rozamiento por contacto), a una mala lubricación y un mantenimiento deficiente o inexistente. El lubricante en los piñones cumple funciones importantes: minimiza el contacto metal-metal por lo tanto reduce la fricción y el desgaste, disminuye la vibración y el ruido, disipa el calor, protege contra herrumbre, corrosión y picaduras, remueve los desechos de la zona de contacto y aumenta la vida del equipo. Es por ello que su escogencia debe estar en primera instancia adaptada a la recomendación del fabricante y en segundo término a factores

indicadores como el tipo de engrane, la velocidad del piñón, la temperatura de operación, la potencia de entrada, la relación de transmisión, el tipo de carga, método de aplicación, el medio ambiente y las condiciones de operación y montaje.

El nivel de aceite es también un punto importante en el proceso de mantenimiento de la maquinaria. Un nivel alto produce una agitación adicional del lubricante que aumenta la temperatura de operación del sistema, eleva el gasto de energía para el funcionamiento y debilita el lubricante haciéndole perder sus propiedades. Un bajo nivel también es muy perjudicial si se tiene en cuenta que se puede presentar contacto metal-metal (fricción sólida) elevando la temperatura y favoreciendo la fricción, el desgaste y la falla del piñón. Otro aspecto importante es que en los engranajes sinfín corona, por ejemplo, el lubricante debe tener un alto nivel de adherencia a la superficie ya que, por su forma y contacto trata de sacar la película en la zona de contacto del material, y para engranajes descubiertos y de bajas velocidades, en lugar de aceites, se utilizan grasas. El mantenimiento por tanto es un punto que no pueden olvidar.



Figura 3.27 Engranajes

Fuente: <http://www.metalactual.com/revista/9/pinones.pdf>

3.1.6 Ensayo de Tracción en Hierro Fundido

Se Realiza un ensayo de Tracción en una probeta de hierro fundido, en una máquina de ensayo universal, para de esta forma determinar cuál es el esquema de fluencia y cuál es el esfuerzo último de dicho material.

3.1.6.1 Datos del hierro fundido

El hierro fundido, hierro colado, más conocido como fundición gris, es un tipo de aleación cuyo tipo más común es el conocido como hierro fundido gris.

El hierro gris es uno de los materiales ferrosos más empleados y su nombre se debe a la apariencia de su superficie al romperse. Esta aleación ferrosa contiene en general más de 2% de carbono y más de 1% de silicio, además de manganeso, fósforo y azufre. Una característica distintiva del hierro gris es que el carbono se encuentra en general como grafito, adoptando formas irregulares descritas como “hojuelas”. Este grafito es el que da la coloración gris a las superficies de ruptura de las piezas elaboradas con este material.

Tabla 3.1 Tabla de propiedades fundición gris

Propiedades según la ASTM A48 para las clases de Fundiciones Grises			
Clase	Resistencia a la tracción	Resistencia a la compresión	Módulo de tracción (E)
20	22 ksi (151 MPa)	33 ksi (227 MPa)	10×10^6 psi (69 GPa)
30	31 ksi (213 MPa)	109 ksi (751 MPa)	14×10^6 psi (96 GPa)
40	57 ksi (393 MPa)	140 ksi (965 MPa)	18×10^6 psi (124 GPa)
60	62,5 ksi (430 MPa)	187,5 ksi (1292 MPa)	21×10^6 psi (144 GPa)

Fuente: http://cesarmetalugista.blogspot.com/p/hierros-vaciados_4.html?view=snapshot
http://cesarmetalugista.blogspot.com/p/hierros-vaciados_4.html?view=snapshot

3.1.6.2 Procedimiento

- ✓ Al principio se marca o señala cuánto mide el centro de la probeta (longitud inicial).
- ✓ Luego se revisa todos los componentes de la máquina que se va a utilizar (máquina de ensayo universal) para verificar que estén correctamente ajustados y calibrados.
- ✓ Se separa las tenazas donde se colocará la probeta, luego se ajusta para que después de romperse las piezas no se caigan.
- ✓ Se coloca una hoja milimetrada en la máquina para luego observar cuál será el diagrama de esfuerzo.
- ✓ Cuando la pieza se rompa, se une los pedazos y con ayuda del calibrador se toma la medida final (centro de la probeta).
- ✓ Una vez conocidos cuales son los datos que otorgó la máquina se toma la gráfica donde se observa cual es el esfuerzo de fluencia y cuál es el último esfuerzo que se generó.
- ✓ Con estos valores ya se puede realizar todos los cálculos respectivos para determinar el esfuerzo normal, deformación, deformación unitaria porcentual, y el alargamiento porcentual de la rotura.

3.1.6.3 Resultados del ensayo

Al momento de realizar la prueba de tracción en una probeta de hierro fundido se puede analizar tanto teórica como prácticamente sus momentos donde se ejerce una fuerza axial hasta su punto de rotura. A continuación están los datos obtenidos durante la práctica:

Tabla 3.2 Datos de carga

Carga máxima registrada	12054,29 MPa
Límite de fluencia	2009,04 MPa
Elongación	33,56%
Esfuerzo de rotura	502,26 MPa

Fuente: Tello – Granizo



Figura 28 Prueba de tracción

Fuente: Tello – Granizo



Figura 3.29 Medición entre marcas

Fuente: Tello – Granizo

3.2 Pruebas destructivas selectores de marcha

En el mercado ecuatoriano tiene el nombre de horquillas selectoras, están hechas por lo general de un aluminio resistente, por lo que se toma en consideración ya que también sufren un mayor desgaste que otras partes internas de la caja de cambios del Vitara como se ve en la figura 3.11.

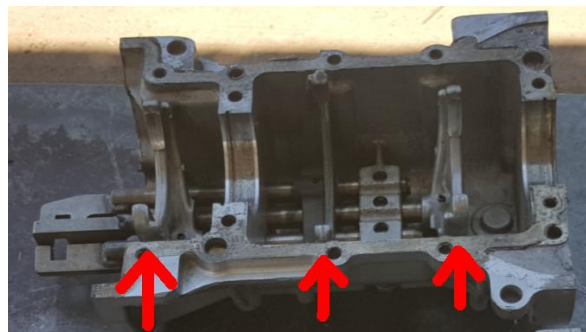


Figura 30 Horquillas de caja de Vitara

Fuente Tello - Granizo

Las horquillas van montadas sobre un eje; en los motores de cuatro velocidades montan dos horquillas y en los motores de cinco velocidades que es este caso, se montan tres horquillas. Estas son las encargadas de accionar los piñones y la cruceta a las que se ajustan mediante unas hendiduras y les permite girar libremente cuando están sujetos por estas. En los motores de 5 velocidades y dos horquillas actúan sobre el eje primario y una sobre el secundario. En los motores de cuatro velocidades hay dos horquillas, actuando una sobre cada eje.



Figura 31 Horquilla selectora vitara

Fuente: Tello - Granizo

3.2.1 Ensayo de tracción del aluminio

Se realiza un ensayo de tracción en una probeta de aluminio, en una máquina de ensayo universal y de esta forma determinar cuál es el esfuerzo de fluencia y cuál es el esfuerzo último de dicho material antes de la ruptura.

3.2.2 Datos sobre el aluminio

El aluminio puro es un metal suave, blanco y de peso ligero. Al ser mezclado con otros materiales como: silicón, cromo, tungsteno, manganeso, níquel, zinc, cobre, magnesio, titanio, circonio, hierro, litio, estaño y boro, se producen una serie de aleaciones con propiedades específicas que se pueden aplicar para propósitos diferentes.

El aluminio puede ser fuerte, ligero, dúctil y maleable. Es un excelente conductor del calor y de la electricidad; el valor de su densidad es de 2.7 y las temperaturas de fusión y ebullición son de 660° C y 2.467° C, respectivamente. No se altera en contacto con el aire ni se descompone en presencia de agua, debido a que su superficie

queda recubierta por una fina capa de óxido que lo protege del medio. Sin embargo, su reactividad con otros elementos es elevada: al entrar en contacto con oxígeno produce una reacción de combustión que origina una gran cantidad de calor, y al combinarse con halógenos y azufre da lugar a la formación de haluros y sulfuros.

El aluminio no se oxida como el acero; esto significa que los vehículos, en zonas climatológicas de gran humedad tengan una vida más larga. Los autos con cuerpo de aluminio duran tres o cuatro veces más que los que tienen un chasis de acero.

3.2.3 Procedimiento

- Se usará una probeta de aluminio
- Se mide la longitud inicial de la probeta
- Encender la máquina y se aplicará la fuerza según la escala necesaria hasta llegar a romper la probeta
- Al romperse la pieza, se mide la longitud final
- La máquina entregará datos y un gráfico del esfuerzo de fluencia y el esfuerzo último generado
- Con estos valores, realizar los cálculos requeridos

3.2.4 Análisis de resultados

En el ensayo de tracción se obtuvo los datos exactos sobre cuál es el punto o la medida máxima con la cual la pieza de aluminio puede llegar a resistir al momento de que esta sea estirada.

La fuerza que usa la máquina fue de 1.517 N y durante unos segundos fue alargando la pieza hasta que comenzó a estirarse llegando así a su punto límite o su máximo

esfuerzo, obteniendo el valor de 2283,71 MPa. Con esta información se define que la pieza es muy resistente lo cual genera confianza con el material, porque este necesitaría una fuerza muy alta para que pueda romperse.

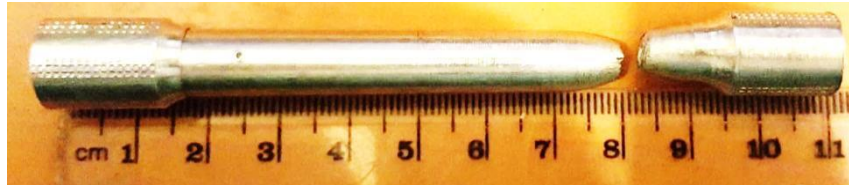


Figura 32 Probeta después de la rotura

Fuente: Tello - Granizo

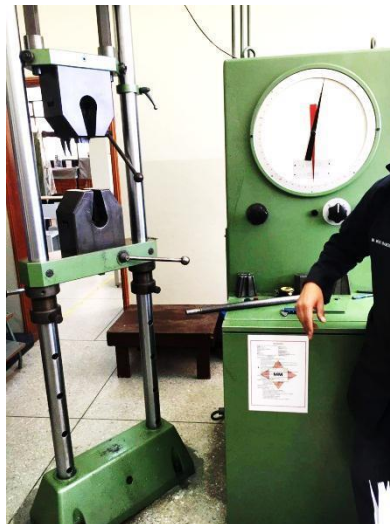


Figura 33 Máquina de ensayos

Fuente: Tello - Granizo

3.2.5 Ensayo de tracción

Al realizar el ensayo de tracción en una probeta de aluminio se analiza teóricamente en qué momento se rompe. Se analiza que una probeta de aluminio soportó una fuerza

máxima de 1654 Kg antes de romperse. Este material puede ser usado en algunas partes del automóvil mientras no se lo obligue a esfuerzos más altos del adecuado

A continuación se detalla los datos obtenidos durante la práctica:

Tabla 3.3 Resultados de Ensayo

Carga máxima registrada	2283.7 <u>mpa</u>
Límite de fluencia	1906,12 <u>mpa</u>
Elongación	26%
Esfuerzo de rotura	22,81 <u>mpa</u>

Fuente: Tello - Granizo

3.3 Pruebas destructivas sincronizados

Como dato, el bronce que se usa para la construcción de los anillos sincronizadores se denomina bronce-03 que es una aleación compuesta por diferentes metales que se detalla en la figura 3.4. Mientras que el bronce comercial que existe en el Ecuador se denomina bronce-01 el cual está en la tabla a continuación

Tabla 3.4 Bronces comerciales

Aleación Elementos	0-1		0-2		0-3		0-4	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Cobre	78	82	79	82	81	85	86	89
Estaño	9	11	2	4	6	8	9	11
Plomo	9	11	6	8	6	8	-	0.30
Zinc	-	0.75	7	10	2	4	1	3
Niquel	-	0.75	-	1.0	-	0.5	-	1
Fósforo	-	-	-	1.0	-	1.5	-	-

Fuente: <https://estudioyensayo.files.wordpress.com/2008/11/informe-bronces-y-latones.pdf>

3.3.1 Funcionamiento de los sincronizados

Antes de engranar una marcha, la velocidad de giro del piñón móvil debe igualarse a la del cuerpo de sincronizador (se sincronice). Con el fin de incrementar la superficie de fricción total para la sincronización y, por lo tanto, reducir la fuerza necesaria para efectuar los cambios, para engranar la I/II marcha se utiliza un sincronizador de triple cono. Con la III/IV marcha, así como con la marcha atrás, interviene un sincronizador de doble cono. La V/VI marcha se sincroniza mediante un cono de fricción.



Figura 34 Eje principal

Fuente: Tello - Granizo

El dispositivo sincronizador es un anillo con dientes en el interior, que se monta en un buje dentado calzado en el eje.

Cuando el conductor selecciona una marcha, haciendo coincidir las superficies de fricción en forma de cono sobre el buje y la unidad de transmisión de cambios, desde el engranaje de giro a través del buje hacia el eje, se sincroniza la velocidad de los dos ejes.

Con otro movimiento de la palanca de cambios, el anillo se mueve a lo largo del buje por una distancia corta, hasta que sus dientes engranan con los dientes biselados de las grapas a un lado de la rueda, de modo que el buje y el engranaje se traban juntos.

Los diseños modernos también incluyen un anillo sincronizador interpuesto entre las superficies de fricción. El anillo sincronizador también tiene grapas dentadas, está hecho de metal más blando por lo general de cobre y se ajusta con más holgura en el eje que en el buje. El anillo sincronizador debe estar situado precisamente a un lado del buje por medio de lengüetas o "dedos", antes de que sus dientes se alineen con los del anillo.

En el tiempo que éste necesita para localizarse a sí mismo, las velocidades de los ejes se sincronizan, de modo que el conductor no puede hacer que ningún diente choque, por este motivo es que se dice que el sincronizador es "insuperable".



Figura 35 Conjunto de sincronizadores

Fuente: <http://www.widman.biz/boletines/131.html>

3.3.2 Partes de un sincronizado

3.3.2.1 Sincronizador de triple cono

El conjunto sincronizador de triple cono se compone de:

- Un anillo exterior (anillo sincronizador)
- Un anillo intermedio
- Un anillo interior
- Cono de fricción en el piñón móvil respectivo.



Figura 36 Partes del sincronizador

Fuente: Tello - Granizo

3.3.2.1.1 Funcionamiento del sincronizador de triple cono

Con el sincronizador de triple cono, la sincronización de las velocidades de giro del manguito desplazable y del piñón móvil para engranar la primera o la segunda marcha se produce mediante fricción. Con el dentado de retención se impide que se pueda engranar una marcha mientras no se sincronice el manguito desplazable con el piñón móvil correspondiente.

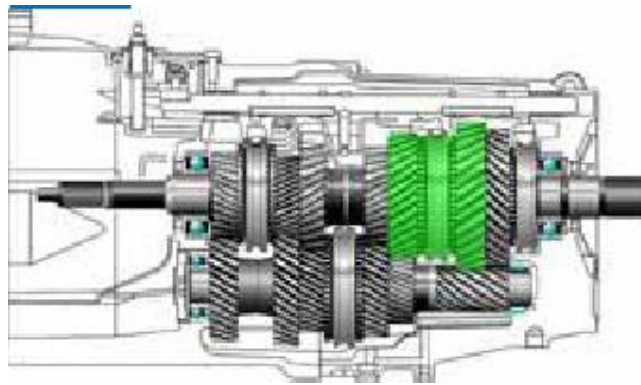


Figura 37 Sincronizador de triple cono

Fuente: <http://www.widman.biz/boletines/131.html>

3.3.2.1.2 Posición de punto muerto

En la posición de punto muerto, tanto el manguito desplazable como los anillos del conjunto sincronizador se encuentran en una posición neutra. Ninguno de los piñones móviles está conectado fijamente con el árbol secundario. No se transmite ninguna fuerza.

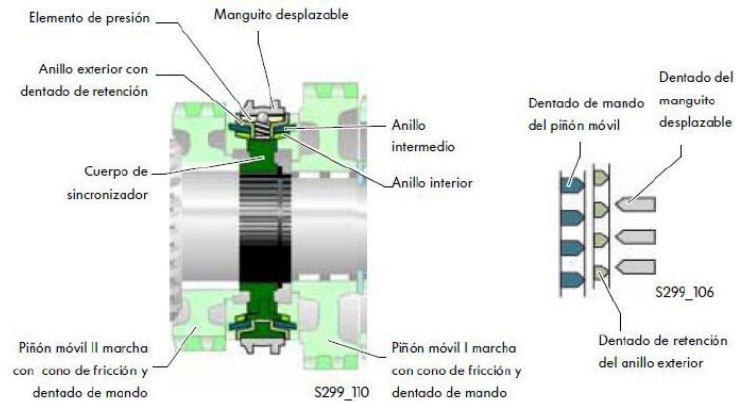


Figura 38 Punto muerto

Fuente <http://www.widman.biz/boletines/131.html>

3.3.2.1.3 Sincronización

A través del balancín del cambio de I/II marchase mueve el manguito desplazable hacia el piñón móvil. Al moverse, el manguito desplazable empuja a los elementos de presión en sentido axial contra el conjunto sincronizador. Las superficies de fricción de cada uno de los anillos y del cono de fricción del piñón móvil entran en contacto y se inicia la sincronización de las diferentes velocidades de giro del árbol secundario y del piñón móvil. Debido a la fricción, el anillo exterior con dentado de retención gira lo equivalente a un diente. Este dentado de retención impide que el manguito desplazable se siga desplazando hacia el dentado de mando del piñón móvil.

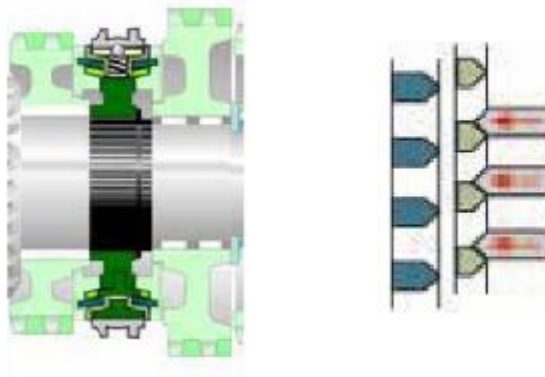


Figura 39 Sincronización

Fuente <http://www.widman.biz/boletines/131.html>

3.3.2.1.4 Marcha engranada

Cuando la velocidad de giro del árbol secundario es igual a la del piñón móvil desaparece la fricción. El manguito desplazable hace retroceder al anillo exterior hasta su posición inicial mediante el bisel de los dientes. Con ello se anula el bloqueo y se puede desplazar el manguito desplazable hacia el dentado de mando del piñón móvil mediante el elemento de presión. Ahora existe un acoplamiento en arrastre de forma entre el árbol secundario y el piñón móvil.

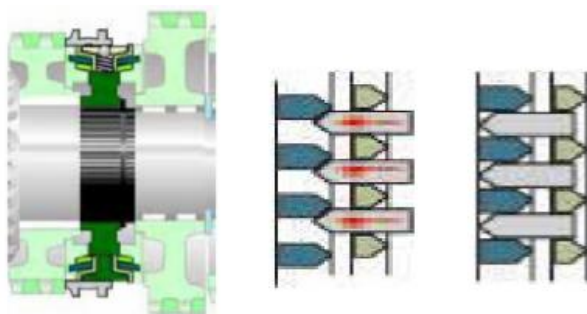


Figura 40 Sincronizador engranado

Fuente <http://www.widman.biz/boletines/131.html>

3.3.3 Mantenimiento

✓ **Suenan las marchas (cambios) al intentar introducirlos**

Desgaste de los conjuntos sincronizadores.

Desmontar la caja de cambios y sustituir anillos o conjuntos sincronizados

✓ **Las marchas entran con dificultad.**

Avería interna del cambio (rodamientos, conjuntos sincronizadores, piñones, etc.)

Desmontar y revisar.

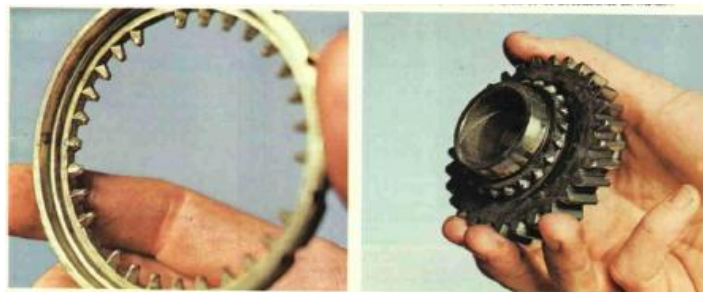


Figura 41 Avería del sincronizador

Fuente <http://www.widman.biz/boletines/131.html>

✓ **Velocidades roncan:**

Aparte del posible desajuste del mando de desembrague ya citado, el problema de que rasquen las marchas en el momento de introducirlas se debe, principalmente, a desgastes en los conjuntos sincronizadores. A medida que el anillo sincronizador y el cono del piñón sobre el que se acopla van sufriendo desgastes, el anillo penetra más y más sobre el cono del piñón, disminuyendo el efecto frenante de este acoplamiento hasta hacerse prácticamente nulo cuando el anillo llega a hacer tope con los dientes de anclaje del carrete sincronizador. A partir de este momento, la sincronización deja de

depender del acoplamiento del anillo y el cono y pasa a hacerse bruscamente entre el estriado del carrete sincronizador y los dientes de anclaje del piñón. En la mayoría de los casos, si la avería se encuentra a tiempo bastará con sustituir los anillos sincronizadores. Si, por el contrario, se demora demasiado la reparación, al final será necesario cambiar además los piñones e incluso los propios sincronizadores completos.

✓ **Ruidos:**

Generalmente, los ruidos tienen su origen en dos motivos principales: rodamientos picados o desgastes y roturas, y, así mismo, desgastes en los dientes de los piñones. Con frecuencia, el problema se inicia con el fallo de los rodamientos ya sean de bolas o de agujas. Esto, posteriormente, da origen a que los ejes adquieran holguras excesivas, lo que a su vez es causa de que los piñones engranan defectuosamente y su dentado sufra roturas o desgastes anormales en corto plazo. Otros motivos de ruidos pueden ser también desgastes generales en los conjuntos sincronizadores o rotura de algún elemento, horquillas de mando de los sincronizadores torcidas o flojas, etc.

✓ **Auto desengrane:**

Que en un momento dado se salga sola una marcha es un problema que puede ser incluso peligroso para la propia seguridad si el fallo ocurre en un momento un adelantamiento, por ejemplo en que está requiriendo del motor su máximo empuje. Esta clase de averías poco corrientes suelen darse por defectos en los conjuntos, sincronizadores (desgaste, muelles, retenedores vencidos o falta de ellos) o por desgastes de la muescas de enclavamiento de las barras de mando de las horquillas

En conclusión, los sincronizadores es un mecanismo muy importante de la caja de cambio, por lo tanto se debe dar un mantenimiento de cambio de aceite a la caja de cambio. También debemos saber que la acción de embragado lento y progresivo evita tirones y brusquedades en la marcha, de esa manera podemos alargar la vida de los sincronizadores.

3.3.4 Ensayo de tracción

Con el ensayo de tracción de un material que se usará un bronce con 80% cobre y 20% estaño que es el que generalmente hay en el mercado nacional ecuatoriano. Consiste en someter a una probeta normalizada a un esfuerzo axial de tracción creciente hasta que se produce la rotura de la misma. Este ensayo mide la resistencia de un material a una fuerza estática o aplicada lentamente.



Figura 42 Ensayo de tracción del bronce

Fuente Tello – Granizo

Las velocidades de deformación en un ensayo de tensión suelen ser muy pequeñas

($\epsilon = 10^{-4}$ a 10^{-2} s $^{-1}$).

En este caso el ensayo se hará de bronce para ello se detalla algunos aspectos de dicho material.

3.3.4.1 Datos sobre el bronce

El bronce es una fusión del estaño y el cobre. Existen dos tipos de bronce, el primero de ellos contiene 80% de cobre y 20% de estaño, mientras que el segundo contiene 95% de cobre y 5% de estaño. La función del estaño sobre el cobre es transmitirle resistencia y dureza.

El bronce es utilizado principalmente para aplicaciones en cañerías, herrajes artísticos, chapas, carpintería metálica y en la fabricación de elementos cubiertos con níquel o cromo.

El bronce se utiliza frecuentemente en los cojinetes de los árboles de leva. Los cojinetes de biela y de bancada y en sincronizadores de cajas manuales con esta formulación normalmente se utilizan en motores de competición o alto desempeño. Esto por su capacidad de adaptación a la deformación y absorción de partículas metálicas limitando los riesgos de daños más costosos a la superficie del cigüeñal cuando el motor trabaja bajo carga severa

Existen múltiples elementos de ferretería, electrónica y de la industria en general que utilizan elementos o productos de bronce, esto debido a las propiedades físicas que posee. Alguno de los elementos o productos que se pueden fabricar de bronce son: cintas, láminas, lingotes, instrumentos musicales, herramientas, armas, mosaicos, estatuas o construcciones artísticas, entre otros.

Aleaciones de bronce:

- ✓ Aleación de cobre y estaño añadiendo zinc, plomo, magnesio o aluminio; se consigue un material maleable sin sopladuras.
- ✓ Aleación de bronce fosforoso, creado de estaño en un 30 por ciento y un 0.5 por ciento de fósforo; se consigue un material duro y tenaz, utilizado para motores o engranajes.
- ✓ Aleación de bronce de aluminio, formado de 90 por ciento cobres y 10 por ciento aluminios, se crea la apariencia del oro, utilizado para trabajos artísticos.



Figura 43 Ensayo de tracción del bronce

Fuente Tello - Granizo

3.3.4.2 Ecuaciones

Esfuerzo normal de tracción

$$\sigma = F/A$$

Deformación Unitaria

$$\epsilon = \delta/L_o$$

Deformación Unitaria Porcentual

$$\epsilon = \delta/L_o * 100$$

Alargamiento porcentual en la rotura

$$A\% = \delta/L_o * 100 = (L - L_o)/L_o * 100$$

σ_p : Límite de proporcionalidad, esfuerzo donde termina el comportamiento lineal.

σ_n : Límite de fluencia, el esfuerzo permanece constante aunque existe deformación unitaria límite de fluencia al 0.2%

σ_u : Esfuerzo último, esfuerzo en el punto máximo del diagrama.

σ_R : Esfuerzo de ruptura.



Figura 44 Ruptura de material

Fuente Tello - Granizo

3.3.4.3 Procedimiento

1. Medir las dimensiones de la sección transversal (diámetro, ancho, o altura)
2. Medir la longitud entre marcas
3. Aplicar la carga con la máquina de ensayos universales hasta que se rompa la probeta
4. Determinar la longitud final entre marcas en la rotura
5. Observar el diagrama fuerza vs desplazamiento del cabezal móvil, escribiendo las respectivas escalas de la máquina

3.3.4.4 Resultados del ensayo:

- Se determina que la probeta de bronce no tiene fluencia.
- Al no tener mucha fluencia el material tiende a romperse.

A continuación se detalla los resultados obtenidos durante la práctica

Tabla 3.5 Resultados de la práctica

Carga máxima registrada	419,87 Mpa
Límite de fluencia	346,05 Mpa
Elongación	26.40%
Esfuerzo de rotura	223 Mpa

Fuente Tello - Granizo

3.4 Procedimiento de destrucción de chavetas y seguros

Las chavetas son órganos mecánicos destinados a la unión de piezas que deben girar solidarias con un árbol para transmitir un par motriz (volantes, poleas, ruedas dentadas, etc.), permitiendo, a su vez, un fácil montaje y desmontaje de las piezas:

La práctica usual consiste en elegir una chaveta cuyo tamaño sea un cuarto del diámetro del eje. Entonces se ajusta la longitud de la pieza, según la longitud del cubo de la pieza montada y la resistencia requerida. A veces es necesario utilizar más de una chaveta para obtener la resistencia que se desee.

3.4.1 Tipos de enchavetados

- Enchavetados forzados; logran la unión entre las piezas por el acñamiento de las caras de la chaveta contra sus asientos sobre el eje y el cubo respectivamente. Este tipo de chaveta tiene forma de cuña, y reciben el nombre

de chavetas inclinadas. Las chavetas inclinadas logran la unión perfecta entre las dos piezas, tanto respecto a rotación como a traslación.

- Enchavetados libres: impiden la rotación relativa entre los cuerpos que unen, pero permiten la traslación. No se recomiendan para acoplamientos precisos, movimientos circulares alternativos o choques, ya que existe un juego entre la ranura del cubo y la chaveta.

3.4.2 Tipos de chavetas

Entre los varios tipos de chavetas que existen se analizará los más importantes entre los cuales está el tipo de chaveta que usa esta caja de cambios en sus sincronizadores



Figura 45 Chaveta con cabeza

Fuente: Tello - Granizo

- Como dato, este es el tipo de chavetas que usan los sincronizadores la caja de cambios manual de vitara 3 puertas



Figura 46 Chaveta tipo Medialuna

Fuente: Tello - Granizo

Las chavetas y lengüetas están normalizadas y sus dimensiones dependen del diámetro del árbol correspondiente.

Las ranuras practicadas en las piezas a ensamblar para servir de alojamiento a las chavetas y lengüetas se denominan chaveteros. Por su parte, en el árbol motriz, dependiendo del tipo de chaveta utilizada, se puede practicar un chavetero para alojar la chaveta, mecanizar un asiento plano para que sirva de apoyo a la misma o apoyar la chaveta directamente sobre la superficie cilíndrica del árbol sin mecanizar.



Figura 47 Chavetero

Fuente: Tello - Granizo

3.4.3 Designación

En general, la designación de una chaveta o lengüeta incluye los siguientes datos, indicados por este orden: tipo de chaveta o lengüeta, anchura (b), altura (h), longitud (L) y norma que la define.

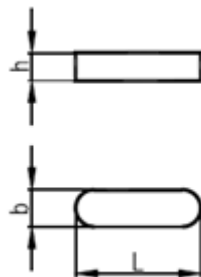


Figura 48 Designación de la chaveta

Fuente <http://disenhomecanico.blogspot.com/2015/05/chavetas.html>

3.4.3.1 Chaveta longitudinal

Es un prisma de acero en forma de cuña de sección rectangular con una inclinación de 1:100 en su cara superior. Puede tener los extremos redondeados (forma A) o rectos (forma B).

Se utiliza para hacer solidaria una pieza sobre un árbol motriz sin posibilidad de desplazamiento relativo entre ambas piezas, pudiendo transmitir un gran par motriz.

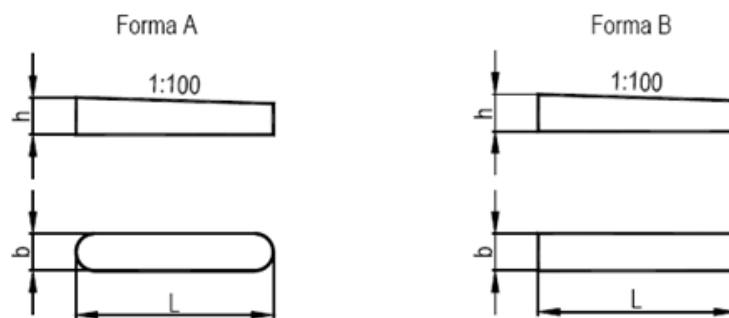


Figura 49 Designación: Chaveta forma A 35 x 20 x 160 DIN 6886

Fuente <http://disenhomecanico.blogspot.com/2015/05/chavetas.html>

3.4.3.2 Chaveta longitudinal con cabeza

Es un prisma de acero en forma de cuña de sección rectangular, con una inclinación de 1:100 en su cara superior. Está dotada de cabeza en uno de sus extremos para facilitar su montaje y extracción.

Al igual que la anterior, se utiliza para hacer solidaria una pieza sobre un árbol motriz sin posibilidad de desplazamiento relativo entre ambas piezas, pudiendo transmitir un gran par motriz.

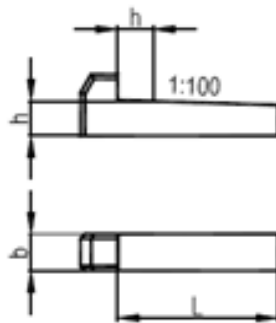


Figura 50 Designación: Chaveta con cabeza 16 x 10 x 160 DIN 6887

Fuente <http://disenhomecanico.blogspot.com/2015/05/chavetas.html>

3.4.3.3 Chaveta longitudinal plana

Es un prisma de acero en forma de cuña con una inclinación de 1:100. A diferencia de las anteriores, para el montaje de esta chaveta no se practica un chavetero en el árbol, mecanizando en su lugar un rebaje para conseguir un asiento plano sobre el que se apoya la chaveta.

Se utiliza para hacer solidaria una pieza sobre un árbol motriz de pequeño diámetro, permitiendo transmitir un par mecánico no muy elevado.

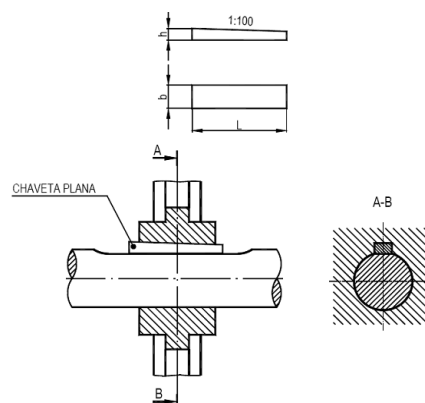


Figura 51 Designación: Chaveta plana 16 x 10 x 160 DIN 6883

Fuente <http://disenhomecanico.blogspot.com/2015/05/chavetas.html>

3.4.3.4 Chaveta longitudinal mediacaña

Es un prisma de acero en forma de cuña con una inclinación de 1:100. A diferencia de las anteriores, la superficie inferior de la chaveta es cilíndrica (cóncava), pudiendo asentar el mismo directamente sobre la superficie cilíndrica del árbol motriz, de esta forma, no será necesario mecanizar un chavetero en el árbol para alojar la chaveta.

Se utiliza para hacer solidaria una pieza sobre un árbol motriz de pequeño diámetro, permitiendo transmitir únicamente un pequeño par mecánico.

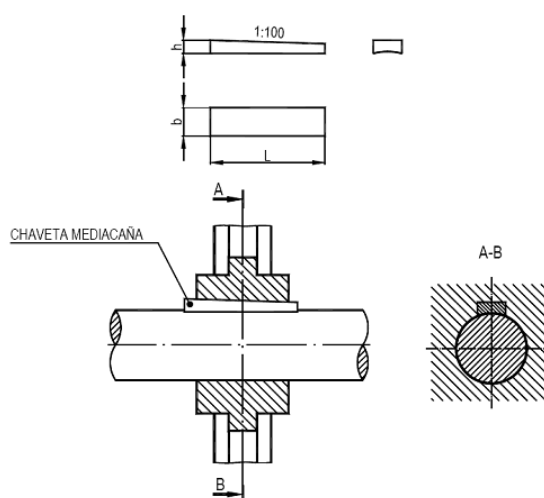


Figura 52 Designación: Chaveta media caña con cabeza 16 x 10 x 160 DIN 6881

Fuente <http://disenhomecanico.blogspot.com/2015/05/chavetas.html>

3.4.3.5 Chaveta paralela o lengüeta

Es un prisma de acero de sección cuadrada o rectangular y caras paralelas; aunque puede presentar diferentes variantes, atendiendo a su forma y al modo de sujeción al chavetero del árbol: con extremos redondos, con extremos rectos, con uno o varios taladros para alojar tornillos de retención, con chaflán para facilitar su extracción, etc.

Al igual que la chaveta, se utiliza para hacer solidaria una pieza sobre un árbol motriz, pero en este caso, dependiendo del tipo de ajuste adoptado entre la lengüeta y el chavetero practicado en la pieza, puede existir la posibilidad de desplazamiento axial de la pieza sobre el árbol.

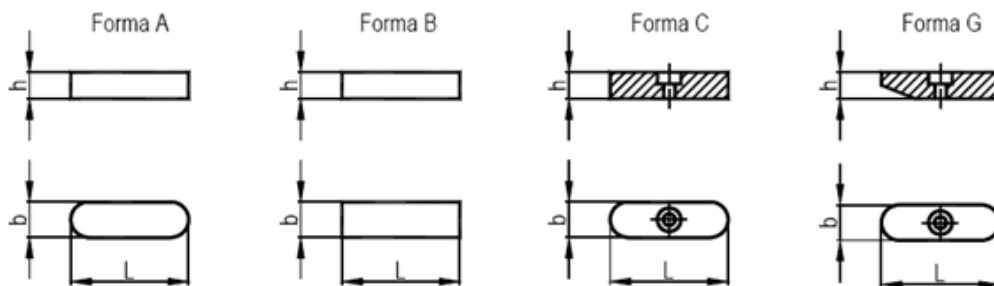


Figura 53 Designación: Lengüeta forma A 14 x 9 x 50 DIN 6885

Fuente <http://disenhomecanico.blogspot.com/2015/05/chavetas.html>

3.4.3.6 Lengüeta redonda

Es un segmento circular de acero con un espesor determinado. Su forma semicircular facilita la mecanización del chavetero en el árbol y el posterior montaje de la lengüeta en el mismo, pero la excesiva profundidad de este chavetero puede comprometer la resistencia del árbol; en consecuencia, se utiliza cuando se desea transmitir un pequeño par motriz.

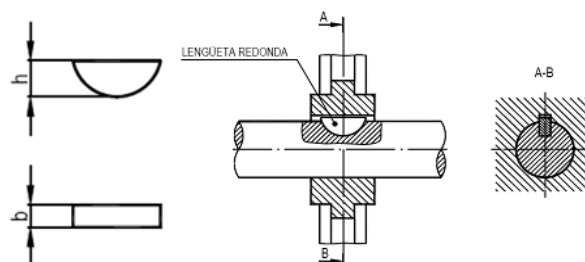


Figura 54 Designación: Lengüeta redonda 6 x 9 DIN 6888.

Fuente <http://disenhomecanico.blogspot.com/2015/05/chavetas.html>

3.4.4 Seguros

Una discusión de los anillos de retención, inevitablemente debe comenzar con una refutación de los mitos, es decir que un estilo de anillo de retención funcionara mejor que todos los otros tipos en cualquier caso. Ningún anillo de retención es “mejor” que la otra. Más bien, los parámetros de una aplicación en realidad determinan que el anillo de retención se puede utilizar mejor, y esto puede variar de montaje en montaje. Seleccionando el tipo correcto del anillo de retención basados en variables, tales como los requisitos del anillo garantiza que la fuerza ni la presión del anillo no se pierda en dicha acción de instalación o desinstalación de manera confiable, reduciendo significativamente los costos de sujeción.

Hay tres tipos principales de anillos de retención disponibles para el diseñador: la sección cónica, constante y en forma espiral. Estos son típicamente hechos de acero al carbono, acero inoxidable o de cobre y cuentan con una gran variedad de acabados para la protección en contra la corrosión (ver la tabla que acompaña). Finalmente, la selección final de un tipo y tamaño de anillos de retención depende de estas

3.4.4.1 Anillos de Retención Sección Cónica

- Están instaladas en la ranura de las carcasas mecanizadas internamente o en los ejes externos.
- Tiene orejas y agujeros para facilitar la instalación/desinstalación
- Hace un contacto uniforme cuando se libera en una ranura
- Puede acomodar mayores cargas de presión

- Proviene un hombro para retener un componente o conjunto a la diferencia del anillo sección constante o anillos de retención en espiral



Figura 55 Anillos sección cónica

Fuente: https://www.rotorclip.com/es/tapered_section_retaining_rings.php

3.4.4.2 Anillos de Retención Sección Constante

- Están instaladas en la ranura de las carcasas mecanizadas internamente o en los ejes externos.
- Ofrece más espacio que un anillo de retención sección cónica
- Acomoda menos fuerza que un anillo de retención sección cónica
- Anchura del material uniforme es elíptico cuando se instala en una ranura, haciendo 3 puntos de contacto
- Más difícil para instalar/desinstalar
- Alternativa más económica a los anillo de retención sección cónica dependiendo de la aplicación



Figura 56 Anillos sección constante

Fuente: Tello - Granizo

3.4.4.3 Anillos de Retención en Espiral

- Están instaladas en la ranura de las carcasas mecanizadas internamente o en los ejes externos.
- Hace contacto de 360° con una ranura en la carcasa/agujeros o eje
- Acomoda menos fuerza que un anillo de retención sección cónica
- Ofrece más espacio que un anillo de retención sección cónica
- Más difícil de instalar/desinstalar



Figura 57 Anillos sección cónica

Fuente: Tello - Granizo

Este acero se caracteriza por su alta resistencia y fiabilidad en las aplicaciones de retención de anillo. Porque el acero de carbono está sujeto a la corrosión. Se trata a todos los anillos de ese tipo con una capa protectora para asegurar una cierta resistencia a la corrosión. Para protección a largo plazo a la corrosión, un recubrimiento de cinc o acabado no metálico debe ser aplicado sobre el acero.

3.4.5 Ensayo de tracción del acero.

En este ensayo analizaremos los diagramas de esfuerzos vs. Deformación axial del material: Acero ASTM A36

3.4.5.1 Ecuaciones a Utilizar

- Esfuerzo normal de tracción $\sigma = P/A$
- Deformación unitaria $\epsilon = \delta/L_0$
- Deformación unitaria porcentual $\epsilon \% = \delta/L_0 * 100\%$
- Alargamiento porcentual en la rotura $A\% = \delta/L_0 * 100\% = (L - L_0)/L_0$
- Diagrama Esfuerzo vs Deformación unitaria

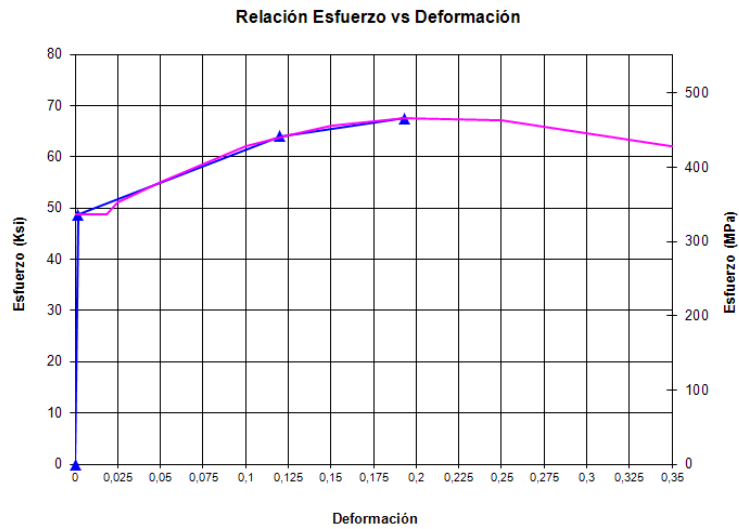


Figura 58 Gráfica esfuerzo vs deformación

Fuente: Tello - Granizo

3.4.5.2 Procedimiento

- ✓ Medir las dimensiones de la sección transversal (diámetro)

d=12.36 mm

- ✓ Medir la longitud entre marcas.

Lo=80.17mm

- ✓ Aplicar carga con la máquina de ensayos universales hasta que se rompa la probeta.



Figura 59 Ensayo de tracción del acero

Fuente: Tello - Granizo

- ✓ Determinar la longitud final entre marcas en la rotura.

Lf=98.80mm

- ✓ Observar el diagrama fuerza vs desplazamiento del cabezal móvil.

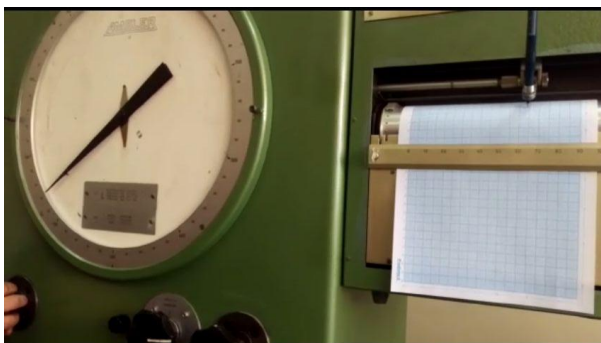


Figura 60 Ensayo de tracción del acero

Fuente: Tello - Granizo

Graficar el diagrama esfuerzo vs deformación unitaria.

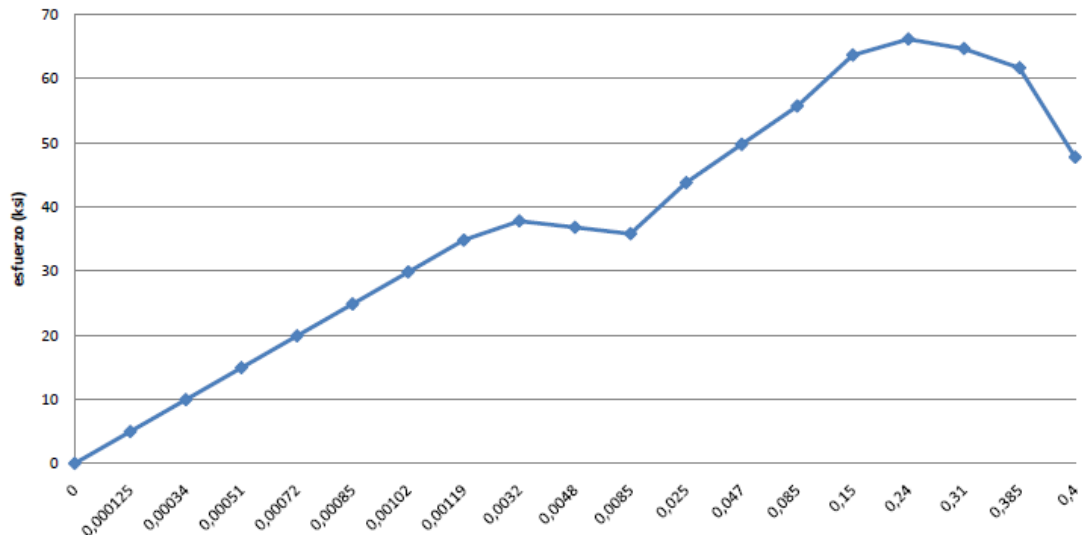


Figura 61 Ensayo de tracción del acero

Fuente: Tello - Granizo

3.4.5.3 Análisis del ensayo

La máquina de ensayo universal dio datos sobre la elasticidad, resistencia y ruptura del acero ASTM A36, tomando datos sobre sus resistencias se puede decir que tiene un límite de 7.24 MPA antes de la ruptura y un alargamiento de 0.28% de su forma original.

Con una fuerza de 6440 (kg/mm)^2 se tiene una ruptura total de la probeta en acero ASTM A36.

Tabla 3.6 Resultados de Ensayo

Carga máxima registrada	19.04 Mpa
Límite de fluencia	11.80 Mpa
Elongación	0.28%
Esfuerzo de rotura	7,24 Mpa

Fuente: Tello - Granizo

3.5 Análisis de las roturas de las probetas

3.5.1 Probeta de acero



Figura 62 Probeta de acero

Fuente Tello-Granizo

La superficie de fractura presenta una parte plana y un labio de corte (formando unos 45° con la dirección del esfuerzo) lo que confiere a la fractura una apariencia de “copa y cono” y aspecto fibroso. Esto quiere decir que se dio una fractura dúctil en la probeta de acero

3.5.2 Probeta de hierro



Figura 63.44 Probeta de hierro

Fuente Tello-Granizo

Similar a la probeta de acero se puede observar que la superficie de fractura presenta una parte plana y un labio de corte lo que indica que en este tipo de material también se efectúa una fractura dúctil, se lo puede deducir fácilmente en especial cuando se observa la ruptura parecida a una copa y cono.

3.5.3 Probeta de aluminio



Figura 643 Probeta de Aluminio

Fuente Tello-Granizo

A diferencia de las probetas anteriores esta no presenta deformación plástica ni estricción. La superficie de fractura forma un ángulo concreto con la dirección de tensión máxima. Por tanto se puede concluir que su tipo de fractura es plana.

3.5.4 Probeta de bronce



Figura 3.65 Probeta de Bronce

Fuente Tello-Granizo

En este caso se puede determinar que el tipo de fractura en la probeta de bronce es parcial por el ángulo de corte entre las dos piezas que es de 45 grados.

Capítulo 4

4.1. Datos del Chevrolet Vitara

En cuanto a información sobre el vehículo sujeto a estudio se sabe que el Suzuki Vitara, Suzuki Grand Vitara o Suzuki Grand Vitara SZ es un automóvil todoterreno producido por el fabricante japonés Suzuki. Posee motor delantero longitudinal, se ofrece con tracción trasera o a las cuatro ruedas y en versiones de 3 y 5 puertas. A partir del año 2015 se produce sólo con 5 puertas.

4.1.1 Primera Generación

La primera generación del Vitara fue presentada en el salón del automóvil de Tokio con el nombre de escudo. En Norteamérica fue conocido como Sidekick hasta el año 1998. La versión de 5 puertas fue presentada en 1998 con el nombre de Nomade. Una versión aún más larga se llama Suzuki XL-7.

Para 1994, el modelo adopta un motor de 2,0 litros y 136 CV, desarrollado junto con Mazda. En 1997 aparece el Vitara Rugby, con motor de cuatro cilindros y una potencia de 127 hp.

La empresa Santana Motor ha continuado fabricando el Vitara de 3 y 5 puertas con los nombres 300 y 350 respectivamente hasta febrero del 2011; estos iban equipados con un motor Hdi 1.6 lts turbo diesel de 90 CV.

En Argentina, los Vitara eran importados de Japón, aunque los primeros 5 puertas llegaron como Suzuki Sidekick vía Miami. Posteriormente en 2000, mediante General Motors, se empieza a fabricar la Grand Vitara.

En Bolivia se vendió oficialmente como Suzuki Vitara y Sidekick para las 4 puertas. Algunos Sidekick Soft/Hard Top 3 puertas, Wagon/Sport 5 puertas, Escudo y Escudo Nomade fueron importados por particulares a Bolivia

En Ecuador se produjo hasta actualidad el Vitara 3 puertas 1.6 litros, con lo que ya lleva 24 años de producción, todo un récord. Pero en la actualidad ya no se fabrican o distribuyen ni Vitara y Grand Vitara, solo el SZ.

En Colombia se importó de Ecuador el Vitara 3 puertas, tanto la primera como segunda generación.

4.1.2 Segunda Generación

La segunda generación del Vitara es el Grand Vitara. En julio del año 2000, después de tres años de existencia y de dos de presencia en los mercados europeos, el Suzuki Grand Vitara (Grand Nomade en otros mercados) aumentó su oferta con la incorporación de dos motorizaciones de gasolina. La versión de 5 puertas del Grand Vitara recibió una mecánica H25A de 6 cilindros en V de 2.493 cc y con 144 CV de potencia máxima conseguida a 6.200 rpm. El par motor es de 21,27 mkg a 3.500 rpm.

Ese mismo año hace aparición otra mecánica de gasolina, pero esta vez de 1.995 cc y 128 CV desarrollados a 5.900 rpm. Se denomina J20A y se trata de un motor de 4 cilindros en línea con culata de 16 válvulas e inyección multipunto, que desarrolla un

par motor de 17,7 mkg a sólo 2.900 rpm. La carrera de este propulsor es larga, demostrando un carácter bastante tranquilo a cualquier régimen de rotación. Al disponer de una culata con 16 válvulas, es necesario llevarlo por encima de 3.500 rpm para extraerle el máximo rendimiento. El escalonamiento de la caja de cambios es bastante abierto en la versión de 128 cv, propiciando un consumo ajustado para la potencia que ofrece, pero esto mismo hace que en algunos malos caminos tengamos que tomarnos las cosas con calma o nos obligará a utilizar la caja de cambios para buscar un régimen de revoluciones más adecuado. El Grand Vitara con motor 2.0 de gasolina, solo se comercializó en carrocería de 3 puertas.

La versión 3 puertas también se comercializó con una motorización de 1.590 cm³, inyección de gasolina que rinde 96 cv, denominado G16B (el mismo que monta el Vitara), quedándose la cifra de par motor en 13,8 mkg. El escalonamiento de la caja de cambios, igual en desarrollos a la caja de cambios de la versión 2.0, y junto a la ajustada potencia, hacen que las prestaciones sobre el asfalto, sean bastantes discretas. Con el motor 1.6, también se comercializaba una versión con cambio automático.

Apenas unos meses después de la aparición de la versión V6, el Grand Vitara es introducido en el mercado con una motorización turbodiesel de origen Mazda. Se trata de un propulsor de 4 cilindros, dos válvulas por cilindro y 1.998 cc. que rinde 87 cv. a 4000 rpm. El par motor máximo es de 22 kg a 2000 rpm, siendo una de las características de este motor su falta de vida por debajo de las 2.000 rpm, aunque más tarde sorprende por lo bien que se mueve en la mitad media alta del cuentavueltas.

Con el fin de mejorar las prestaciones, el fabricante japonés decidió cambiar el propulsor por otro más potente, del grupo PSA (Citroën/Peugeot). Se trata de un propulsor denominado RHZ, de 1997 cc., 8 válvulas y 110 cv de potencia máxima entregada a 4.000 rpm. El par motor máximo es de nada menos que 25,5 mkg (250 Nm) y se encuentra disponible desde sólo 1.750 rpm. Este motor adopta las últimas tecnologías aplicadas, como es la inyección directa por conducto común (common rail), turbocompresor e intercooler. Este propulsor demuestra un gran temperamento y otorga al Grand Vitara 2.0 TD unas prestaciones soberbias. Su mejor banda de utilización está a partir de 1500 rpm, estirándose sin problemas hasta bien superadas las 4.000 rpm. Alcanza velocidades que superan los 180 km/h y los 0-100 km/h los alcanza en sólo 13,1 segundos. Con respecto a los consumos, estos son muy contenidos ya que la media ronda los 9,8 litros a los 100 km. otorgando una autonomía aproximada a los 700 km con un depósito de 66 litros.

A este motor de TD de 8 válvulas, le sucedió rápidamente otro muy parecido pero esta vez de 16 válvulas. Se trata de un 1997 cc. 16 válvulas y 109 cv de potencia máxima entregada a 4.000 rpm. El par motor máximo es de 270 Nm y se encuentra disponible desde 1.750 rpm. Dicho motor está fabricado por el grupo PSA y lo utilizan en la actualidad el Citroën C8 o el Peugeot 407 y 807. La versión de 8 válvulas también la montan el Citroën Xsara y C5 o el Peugeot 307.

En Argentina, el Vitara II se ensambla en una planta de General Motors situada en Rosario. En ella se fabrican gran variedad de modelos, con motores Mazda y Peugeot, a gasolina y diesel.

4.2 Cuadros comparativos.

Gracias a la empresa metalúrgica BOHLER y al estudio que han hecho la universidad católica de argentina y la facultad de ciencias físicas de la universidad de chile se puede hacer la comparativa con los materiales que tenemos a nivel internacional y concluir si son factibles para la producción de dicho elemento mecánico en nuestro país.

BOHLER en España es una empresa certificada de acuerdo con la norma ISO 9001:2008 otorgada por el organismo certificador SGS International Certification Services - y con un compromiso estratégico en aras de la calidad y la mejora continua.

Debido a la implantación internacional de un sistema integrado de gestión de calidad, todos sus proveedores del grupo son empresas certificadas de acuerdo a la norma UNE EN ISO 9001 y/o UNE EN ISO 9002 cumpliendo los requerimientos de calidad de acuerdo a las normas internacionales más exigentes.

Por todo ello son proveedores homologados en muy diversos sectores industriales caracterizados por la alta exigencia de sus requerimientos de calidad (industria aeroespacial, industria nuclear, industria del automóvil, construcción de turbinas, generación de electricidad, industria química, médica y farmacéutica, industria de construcción de plataformas petrolíferas, industria mecánica etc.)

4.2.1 Acero SAE 1045

El acero SAE 1045 como se había dicho, se usa para fabricar las chavetas y seguros que van dentro de la caja de cambios. Es por eso se ha tomado en cuenta dentro de este estudio a pesar que en la mayoría de los casos estas partes mecánica no sufren mucho desgaste como las demás que interactúan al momento de operar el vehículo.

Entonces en el gráfico se puede observar la diferencia que existe cuando se somete a tracción el acero comercial en Ecuador con el acero que existe en Argentina puesto que de la Universidad Católica de Argentina se toma los datos como referencia para realizar la comparativa

Tabla 4.1 Comparativa de Acero

MATERIAL	Carga máxima registrada		Límite de fluencia		Elongación		Esfuerzo de rotura	
	Nacional	BOHLER	Nacional	BOHLER	Nacional	BOHLER	Nacional	BOHLER
ACERO	19.04 MPa	46MPa	11.80 MPa	39 MPa	0.28%	5,81%	7,24 MPa	40 MPa

Fuente: Tello – Granizo

Se observa que el acero internacional soporta una mayor carga máxima y por ende un mayor límite de fluencia, eso quiere decir que el acero hecho en Argentina tiene mayor dureza y fiabilidad que en el mercado Ecuatoriano.

También se puede decir que al tener mayor elongación tiene más resistencia a la rotura que influenciará mucho durante un accidente de tránsito o simplemente la manipulación de las piezas.

4.2.2 Hierro fundido

El hierro fundido, que en este estudio es de lo que están hechos los piñones de la caja de vitara, es una de las piezas internas que sufren más daños con el pasar del tiempo. Sin embargo con el hierro que se tiene en el país no sería posible darle una solución al problema ya que sus características nos son las más adecuadas para tener fricción entre sí, por más que tenga una película de aceite óptima.

Como se mencionó desde un inicio, la caja de cambios de vitara es una caja de solo dos ejes y por ende los piñones son sometidos a más fuerza que una caja de 3 ejes

Tabla 4.2 Comparativa de hierro

MATERIAL	Carga máxima registrada		Límite de fluencia		Elongación		Esfuerzo de rotura	
	Nacional	Internacional	Nacional	Internacional	Nacional	Internacional	Nacional	Internacional
HIERRO	3054,29 MPa	520 MPa	2009,04 MPa	365 MPa	33,56%	18%	2502,26 MPa	510 MPa

Fuente: Tello - Granizo

Una de sus características es que el hierro que hay en el mercado es demasiado duro comparado con el que se usa en los piñones de la caja de cambios y esto elevaría el desgaste producido por fricción.

El factor que sí influye para su optimización es el porcentaje de elongación ya que sería más resistente a impactos o cambios bruscos de marcha, que sucede frecuentemente.

Como se observa en la tabla el límite de fluencia supera y por mucho al del hierro internacional. Esto quiere decir que su rango elástico es mayor y ayuda para que el piñón no se deforme fácilmente.

4.2.3 Aluminio fundido

En cuanto al aluminio fundido es de lo que están hechos los selectores de marcha o como se conoce en el mercado ecuatoriano como horquillas. Permite mover los sincronizados de un lado a otro. En este movimiento axial sufren desgastes los extremos de las horquillas y es ahí cuando el sincronizador no se acopla bien al conectar una marcha y por eso existe el auto desengrane. Es decir con el movimiento de los piñones el sincronizador regresa a su estado neutral cuando no se acopla totalmente al piñón requerido.

Esta falla no solo poseen las cajas de cambio de vitara sino es a nivel general en cualquier tipo de vehículo.

Tabla 4.3 Comparativa de Aluminio

MATERIAL	Carga máxima registrada		Límite de fluencia		Elongación		Esfuerzo de rotura	
	Nacional	Internacional	Nacional	Internacional	Nacional	Internacional	Nacional	Internacional
ALUMINIO	2283.71Mpa	454 MPa	1906,12MPa	250 MPa	26%	6,36%	22MPa	320 MPa

Fuente: Tello - Granizo

En la tabla 4.3 se puede observar que al aluminio nacional es muy diferente al que existe en el interior superando la carga máxima el límite de fluencia y la elongación

que son factores importantes y podrían ayudar a disminuir el desgaste que sufren las horquillas de las cajas mecánicas

4.2.4 Bronce SAE 64

El conjunto sincronizador está compuesto de varias piezas como se había mencionado, pero lo que, más desgaste sufre es el anillo sincronizador que está hecho de una aleación de bronce SAE 64.

En la Universidad de Chile realizaron el estudio de esta aleación de bronce que tiene además de cobre y estaño, plomo zinc y níquel para darle unas características apropiadas para el funcionamiento del anillo sincronizador

Tabla 4.4 Comparativa de Bronce

MATERIAL	Carga máxima registrada		Límite de fluencia		Elongación		Esfuerzo de rotura	
	Nacional	Internacional	Nacional	Internacional	Nacional	Internacional	Nacional	Internacional
BRONCE	419,87 MPa	427 MPa	346,05 MPa	390 MPa	26.40%	12%	380 MPa	398 MPa

Fuente: Tello – Granizo

Como se puede ver en la tabla 4.4 la aleación de bronce fabricada en el exterior supera en todo sentido a la nacional, por lo que sería ilógico tratar de fabricar anillos de sincronizados con el bronce que se tiene a nivel nacional. El desgaste sería mucho mayor dañando así las demás piezas mecánicas que existen dentro de la caja de cambios.

Capítulo 5

5.1 Conclusiones

Los ensayos de tracción son ensayos de tipo destructivos que se realizó bajo normativas nacionales con aplicaciones internacionales en este caso se realizó con las normas ASTM A370 y NTE INEN 0109. Cumpliendo con todos los requerimientos y especificaciones con respecto a la realización de las probetas antes de ensayarlas y del equipo que se utilizara para el ensayo, ya que son obligatorias para realizar las pruebas de laboratorio.

La presente tesis tuvo como objetivo comprobar que los materiales de la caja de cambios del Chevrolet Vitara presentan desgastes, fue necesario realizar un estudio sobre estos para saber cómo están constituidos en base a la norma establecida para buscar materiales similares en el mercado nacional. Para demostrar esto se sometió a los 4 materiales (Acero, Hierro, Bronce y Aluminio) en una probeta normalizada y así realizar un esfuerzo hasta que se produzca su punto de ruptura o quiebre. Se realizó pruebas de destrucción exponiendo el material a pruebas como:

- Carga máxima registrada
- Límite de fluencia
- Elongación
- Esfuerzo de rotura

Cada material es diferente y por esa razón posterior a las pruebas de destrucción se realizó un cuadro comparativo de los mismos, se comprobó que el material Nacional es muy bajo a diferencia de la norma Internacional.

Todo vehículo que se vende en el país tiene por políticas del Estado que debe tener un porcentaje de material nacional por esa razón los materiales que se tiene en el país no cuentan con la resistencia adecuada para realizar cajas de cambios, la finalidad es que algún momento se puedan hacer materiales resistentes para la elaboración de cajas de cambios, transmisiones, diferenciales, etc.

En conclusión los materiales que se tiene en el mercado ecuatoriano no permite elaborar piezas de una caja de cambios ya que el desgaste sería mucho mayor y produciendo más problemas

5.2 Recomendaciones

Se recomienda realizar materiales más resistentes en el país, pero por falta de recursos es difícil realizarlo por el momento, se han hecho varios estudios referentes a esto pero no se pueden tampoco construir aros de llantas por la baja resistencia de los materiales.

Con una inversión alta dentro del patio automotriz se podría realizar la compra de materiales de fabricación, herramientas, etc. donde se pueda tener dentro del país una fábrica de estos materiales para construir cajas de cambios, transmisiones, diferenciales, etc. Así ayudamos con la economía y sustentar más plazas de trabajo a técnicos que estén capacitados de cómo realizar esta construcción.

Al realizar las longitudes calibradas o limitaciones impuestas por la norma (ASTM A370) es importante verificar constantemente con un calibrador de vernier o pie de rey que no sobrepase las medidas y que se encuentre dentro de las tolerancias impuestas por la ASTM para que el ensayo sea realizado de la forma correcta y normada en los laboratorios de la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador.

Verificar que la máquina se encuentre correctamente calibrada y encerada antes de realizar cualquier ensayo en el laboratorio, para que los resultados que se obtengan estén acorde con los de la norma.

Es recomendable realizar un probeta de prueba, es decir realizar en primer lugar una probeta como ensayo para verificar que durante la prueba y cuando sea sometida a la carga no exista ningún fallo debido a un deslizamiento de la probeta en las mordazas de sujeción ya que esto alteraría los resultados finales de la prueba.

documentar el display de la máquina de ensayos de tracción donde se observan distintos datos como son la carga a la que está siendo sometida con su carga máxima, el estiramiento la probeta, y el tiempo real. Ya que sirven como un respaldo de los ensayo y para su posterior análisis ya que de ellos podemos saber la relación carga y deformación.

Para verificar un vehículo que se encuentre reparado de una manera correcta es necesario implementar un sistema que abarque las medidas y las cotas originales de cada vehículo circulante en el país, ya que se establece los puntos y líneas de referencia donde se realizan las mediciones y se comparan con un vehículo para ver si es que se encuentra dentro de las tolerancias permisibles, y verificar que no existan deformaciones en la estructura vehicular y según sus resultados obtenidos permitir o no la circulación del vehículo dentro de la ciudad o del país.

5.3 Bibliografía

- ACEROS BOUHLER. (S.F.). Aceros . En A. Bouhler, *Tipos de aceros*. Aceros Bouhler.
- ArcelorMittal. (2017). *Aceros para estampación en caliente*. Obtenido de Automotive Worldwide: http://automotive.arcelormittal.com/saturnus/sheets/E_ES.pdf
- ARQHYS. (2012). *Límite Elástico* . Obtenido de Revista ARQHYS.com: <http://www.arqhys.com/construccion/limites-elasticos.html>
- Dani, m. (2014). *Cajas de cambio*. Obtenido de Aficionados a la mecánica: <http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios2.htm>
- De Gorostiza, F. (2008). *Bronces y Latones*. Obtenido de Pontifica Universidad Catolica de Argentina, Facultad Católica Fray Rogelio Bacon, Estudio y Ensayo de materiales: <https://estudiodyensayo.files.wordpress.com/2008/11/informe-bronces-y-latones.pdf>
- Delgado, F. (6 de 10 de 2015). *PAR Y POTENCIA: LA ETERNA DISCUSIÓN* . Obtenido de 8000vueltas.com: <http://8000vueltas.com/2015/10/06/par-y-potencia-la-eterna-discusion>
- Desguaces Vehículos. (2012). *El embrague del vehículo: función y cuidados*. Obtenido de Desguaces Vehículos.com: <http://www.desguacesvehiculos.es/mecanica/embrague-vehiculo.html>
- INEN. (2009). *Relación de aplicación de esfuerzos* . Obtenido de NORMAS INEN: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0109.2009.pdf>
- Ingemecánica. (S.F.). *Diagrama Tensión-Deformación*. Obtenido de Tutoriales, Características Mecánicas del Acero: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn100.html>
- Martinez, P. (S.F.). *Selector de velocidades*. Obtenido de Página Web del Departamento de Física Aplicada de la Universidad de Córdoba: http://rabfis15.uco.es/proyecto/Fund_teoricos/
- Ortiz Berrocal, L. (2007). *Resistencia de materiales*. Obtenido de Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/Ensayo_de_tracci%C3%B3n
- Vera, C. (2008). Ingeniería del Automóvil. En C. Vera, *Comportamiento Dinámico* (págs. 318-384). Madrid: Ediciones paraninfo.
- Villanueva, J. (21 de 10 de 2013). *Informe de Materiales de Construcción*. Obtenido de Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ciencia de los Materiales: https://www.u-cursos.cl/usuario/7c1c0bd54f14c0722cefc0fa25ea186d/mi_blog/r/informe_materiales.pdf

5.4 Anexos

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 0109:2009

Ensayo de tracción para materiales metálicos a temperatura ambiente.

1. Objeto

1.1 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.

2. Alcance

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

2.2 Para ciertos materiales metálicos y aplicaciones particulares, el ensayo de tracción debe estar sujeto a normas específicas o requerimientos particulares.

3. Definiciones

3.1 Para los efectos de esta norma se aplican las siguientes definiciones:

3.1.1 Longitud calibrada (L). Es la longitud de la sección cilíndrica o prismática de la probeta de ensayo en la que se va a medir la elongación en cualquier momento durante el ensayo.

3.1.2 Longitud calibrada inicial (L_0). Longitud calibrada antes de la aplicación de la carga.

3.1.2.1 Longitud calibrada final (L_u). Longitud calibrada después de la rotura de la probeta ensayo

3.1.3 Longitud paralela (L_c). Longitud de la sección reducida paralela de la probeta de ensayo

3.1.4 Elongación. Incremento de la longitud calibrada inicial (L_o) en cualquier instante del ensayo.

3.1.4.1 Porcentaje de elongación. Alargamiento expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L_o).

3.1.4.2 Porcentaje de elongación permanente. Incremento de la longitud calibrada inicial en una probeta de ensayo después de eliminar el esfuerzo especificado (ver numeral 3.11), expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L_o) (ver nota 1).

3.1.4.3 Porcentaje de elongación después de la rotura (A). Elongación permanente de la longitud calibrada inicial después de la rotura ($L_u - L_o$) expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L_o).

3.1.4.4 Porcentaje de elongación total a la rotura (A_t). Es el alargamiento total (elongación elástica más elongación plástica) de la longitud calibrada en el momento de la rotura, expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L_o).

3.1.4.5 Porcentaje de elongación al esfuerzo máximo. Es el aumento en la longitud calibrada inicial de la probeta cuando la fuerza es máxima, expresado como un porcentaje de la longitud calibrada

Inicial (L_0) Se hace una distinción entre el porcentaje de elongación total a la carga máxima (A_{gt}) y el porcentaje de elongación no proporcional a la carga máxima (A_g)

3.1.6.2 Porcentaje de extensión en el límite de fluencia (A_e). En materiales que presentan fluencia discontinua, el alargamiento entre el inicio de la fluencia dada por una deformación localizada y el comienzo de la deformación permanente dada por un uniforme trabajo de endurecimiento. Se expresa como un porcentaje de la longitud calibrada del extensómetro (L_e).

3.1.7 Porcentaje de reducción de área (Z): Cambio máximo en el área de la sección transversal que ha ocurrido durante el ensayo ($S_0 - S_u$) expresado como un porcentaje del área de la sección transversal inicial (S_0).

3.1.8 Carga máxima (F_m): Es la carga más alta que ha resistido la probeta durante el ensayo, una vez que ha sido superado el límite de fluencia. Para materiales que no presentan puntos de fluencia este es el máximo valor durante el ensayo.

3.1.9 Esfuerzo. Carga en cualquier momento del ensayo dividida por el área de la sección transversal inicial (S_0) de la probeta de ensayo.

3.1.9.1 Resistencia a la tracción (R_m). Esfuerzo correspondiente a la carga máxima (F_m).

3.1.9.2 Resistencia a la fluencia (límite de fluencia). Cuando el material metálico muestra un fenómeno de fluencia, se alcanza un punto durante el ensayo en el cual la deformación plástica se produce sin ningún incremento en la carga. Se hace una distinción entre:

a) Límite de fluencia superior (R_{eH}). Valor del esfuerzo en el momento en que se observa el primer decrecimiento de la carga

b) Límite de fluencia inferior (R_{eL}). El valor más bajo del esfuerzo en el campo plástico, ignorando cualquier efecto transitorio (ver figura 2).

3.1.9.3 Esfuerzo de prueba con alargamiento no proporcional (R_p): El esfuerzo al cual la extensión no proporcional es igual al porcentaje especificado en la longitud calibrada del extensómetro (L_e)

3.1.9.4 Esfuerzo de prueba con extensión total (R_t): El esfuerzo al cual la extensión total (extensión elástica más extensión plástica) es igual al porcentaje especificado en la longitud calibrada del extensómetro (L_e) (ver figura 4). El símbolo es seguido por un sufijo que indica el porcentaje prescrito de la longitud calibrada inicial del extensómetro.

3.1.9.5 Esfuerzo a la deformación permanente (R_r): Es el esfuerzo al cual, después de eliminar la carga, una elongación o extensión permanente especificada, expresada como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L_o) o una longitud calibrada del extensómetro (L_e), respectivamente, no ha sido excedido (ver figura 5). El símbolo utilizado es seguido por un sufijo que indica el porcentaje especificado de la longitud calibrada inicial (L_o), o de la longitud calibrada del extensómetro (L_e)

5. Fundamento

5.1 El ensayo comprende el estiramiento de una probeta por una fuerza axial de tracción proporcional a sus dimensiones, mediante una máquina para ensayo de tracción para determinar durante su deformación una o más características mecánicas definidas

5.1.1 El ensayo se llevara a cabo a temperatura ambiente comprendida entre + 10°C y + 35°C, a menos que se especifique de otra manera.

5.2 Instrumental

5.2.1 Máquina para ensayo de tracción.

5.2.1.1 Precisión de las máquinas de ensayo. Las máquinas de ensayo deben ser verificadas de acuerdo a las NTE INEN 1 502 y la NTE INEN 1 503.

5.2.1.2 El extensómetro debe ser de Clase 1 para la determinación de los límites de fluencia inferior y superior y resistencia de prueba (extensiones no proporcionales); para otras características (con mayor extensión) se pueden usar un extensómetro Clase 2.

5.2.1.3 Características de la máquina.

a) Debe estar provista de dispositivos que aseguren la aplicación axial de los esfuerzos en la probeta.

b) Debe permitir la aplicación de las cargas progresivamente, sin choques ni vibraciones.

c) Debe estar provista de dispositivos de regulación y comando que permitan ejecutar el ensayo, con las velocidades especificadas en el numeral 7.1.

d) Debe permitir un error máximo del 1% de la carga indicada.

6. Preparación de la muestra

6.1 Forma y dimensiones de las probetas

6.1.1 Generalidades

6.1.1.1 La forma y las dimensiones de las probetas, dependen de la forma y dimensiones de los productos metálicos de los cuales se tomó la probeta y de las propiedades mecánicas que se van a determinar.

6.1.1.2 La probeta, se obtiene generalmente por maquinado de una muestra del producto, de un elemento estampado o de un elemento fundido. Sin embargo, los productos de sección transversal uniforme (perfiles, barras, alambres, etc.) y también los elementos fundidos (fundiciones de hierro y aleaciones no ferrosas) pueden ser sometidas a ensayo sin maquinado.

6.1.1.3 La sección transversal de las probetas puede ser circular, cuadrada, rectangular, anular o en casos especiales de alguna otra forma.

6.1.1.4 Las probetas cuya longitud calibrada inicial se relaciona con el área inicial de la sección transversal por la ecuación $L_0 = k S_0$, son llamadas probetas proporcionales. El valor adoptado para esta norma es $k = 5,65$. La longitud calibrada inicial no debe ser menor de 20 mm. Cuando el área de la sección transversal inicial de la probeta es demasiado pequeña es necesario convenir un valor del coeficiente k más alto (preferiblemente 11,3) o se puede usar una probeta no proporcional.

6.1.1.5 En el caso en que se usen probetas no proporcionales, la longitud calibrada inicial (L_0) se toma independientemente del área de la sección transversal inicial (S_0).

6.1.1.6 Las tolerancias dimensionales de las probetas deben estar de acuerdo con los anexos referenciados (ver numeral 6.2).

6.1.2 Probetas maquinadas.

6.1.2.1 Las probetas maquinadas deben tener una curva de transición entre las superficies de agarre de las mordazas y la longitud paralela si estas son de diferentes dimensiones. Las dimensiones de este radio de transición pueden ser importantes y se recomienda que se definan en la especificación del material, si no están especificadas en el anexo indicado (ver numeral 6.2).

6.1.2.2 Las superficies de agarre pueden ser de cualquier forma, siempre y cuando se adapten a las mordazas de la máquina de tracción.

6.1.2.3 El eje de la probeta deberá coincidir con o ser paralelo al eje de aplicación de la fuerza.

6.1.2.4 La longitud paralela (L_c) o en el caso en donde la probeta no tiene curva de transición, la longitud libre entre las mordazas siempre debe ser mayor que la longitud inicial calibrada. (L_0).

6.1.3 Probetas no maquinadas.

6.1.3.1 Si la probeta es de una longitud no maquinada del producto o una barra de ensayo sin maquinar, la longitud libre entre las mordazas debe ser suficiente para que

las marcas calibradas queden a una distancia razonable de las mordazas (ver anexo A y D).

6.1.3.2 Las probetas de ensayo fundidas, incorporarán un radio de transición entre las superficies de agarre y la longitud paralela. Las dimensiones de este radio de transición son importantes y se recomienda que se definan en la norma del producto. Las superficies de agarre pueden tener cualquier forma siempre y cuando se adapten a las mordazas de la máquina de tracción. La longitud paralela (L_c) siempre debe ser mayor que la longitud calibrada inicial (L_o)

6.2 Tipos de probetas. Los principales tipos de probetas de ensayo están definidos en los anexos

6.3 Preparación de probetas para ensayo. Las probetas de ensayo se deben tomar y preparar de acuerdo con los requerimientos de las normas para los diferentes materiales que se indica en la Norma ISO - INEN 377.

6.4 Determinación del área de la sección transversal inicial (S_o). El área de la sección transversal inicial se calcula a partir de las medidas de las dimensiones apropiadas. La precisión de estos cálculos depende de la naturaleza y del tipo de la probeta.

6.5 Marcado de la longitud calibrada inicial (L_o)

6.5.1 Cada extremo de la longitud calibrada inicial se debe marcar por medio de marcas finas o rayaduras, pero no por medio de indotaciones que puedan producir fracturas prematuras.

6.5.2 Para probetas proporcionales, el valor calculado de la longitud calibrada inicial puede aproximarse al múltiplo más cercano de 5 mm, cuidando que la diferencia entre la longitud calibrada inicial calculada y la marcada sea menor del 10% de L_0 . La longitud calibrada inicial se debe marcar con una precisión de + 1%. El anexo F indica un nomograma para determinar la longitud calibrada inicial correspondiente a una probeta de sección transversal inicial rectangular.

6.5.3 Si la longitud paralela (L_c) es mucho mayor que la longitud calibrada inicial, como por ejemplo en probetas no maquinadas, se pueden marcar una serie de longitudes calibradas, algunas de ellas se pueden extender hasta las mordazas.

6.5.4 En algunos casos, puede ser útil marcar sobre la superficie total de la probeta, en una línea paralela al eje longitudinal.

7. Procedimiento

7.1 Velocidad de la máquina. A menos que se especifique lo contrario, en la norma del producto, la velocidad de la máquina debe ajustarse a los siguientes requerimientos que dependen de la naturaleza del material.

7.1.1 Límite de fluencia y esfuerzo de prueba

7.1.1.1 Límite de fluencia superior (ReH)- Dentro del campo elástico y hasta el límite de fluencia superior, la relación de separación de los cabezales de la máquina debe mantenerse constante hasta donde sea posible, dentro de los límites correspondientes a la relación de esfuerzos

7.1.1.2 Límite de fluencia inferior (ReL) a) Si se va a determinar solamente el límite de fluencia inferior, la relación de aplicación del esfuerzo durante la fluencia de la longitud paralela de la probeta de ensayo debe estar entre 0,00025/s y 0,0025/s. La relación de esfuerzos se debe mantener constante, hasta donde sea posible. Si esta velocidad no se puede regular directamente, se debe fijar por regulación de la relación de esfuerzos justamente antes de que la fluencia empiece, los controles de la máquina no se deben ajustar posteriormente hasta completar la fluencia. b) En ningún caso, la relación de aplicación de esfuerzos en el campo elástico debe exceder las relaciones de esfuerzo máximas dadas en la tabla

3. 7.1.1.3 Límites de fluencia superior e inferior (ReH y ReL) - Si los dos límites de fluencia son determinados durante el mismo ensayo, las condiciones para determinar el límite inferior deben cumplir con (ver numeral 7.1.1.2.)

7.1.1.4 Esfuerzo de prueba (extensión no proporcional) y esfuerzo de prueba (extensión total) (Rp y Rt). La relación de aplicación de esfuerzos debe estar entre los límites dados en la tabla 3. En el campo plástico y hasta la resistencia de prueba (extensión no proporcional o extensión total) la relación de aplicación de los esfuerzos no debe exceder de 0,0025/s.

7.1.1.5 Relación de separación. Si la máquina de tracción no es capaz de medir o controlar la relación de esfuerzos, una velocidad de separación de las mordazas equivalente a la relación de aplicación de esfuerzos dada en la tabla 3, debe ser usada hasta completar la fluencia.

7.1.2 Resistencia a la tracción (Rm)

7.1.2.1 En el rango plástico.- La relación de aplicación de esfuerzos en la longitud paralela no debe exceder de 0,008/s.

7.1.2.2 En el rango elástico.- Si el ensayo no incluye la determinación del esfuerzo de fluencia (o esfuerzo de prueba) la velocidad de la máquina puede alcanzar el máximo permitido en el rango plástico.

7.2 Método de agarre

7.2.1 Las probetas de ensayo se deben adaptar por medios apropiados tales como cuñas, mordazas roscadas, etc.

7.2.2 Cada adaptación debe ser fabricada de tal manera que asegure que las probetas de ensayo estén agarradas de tal manera, que la fuerza se aplique tan axialmente como sea posible. Esto es de particular importancia cuando se ensayan materiales frágiles o cuando se vayan a determinar esfuerzos de prueba (elongación no proporcional) o esfuerzos de prueba (elongación total) o límite de fluencia.

7.3 Determinación del porcentaje de elongación después de la rotura (A)

7.3.1 El porcentaje de elongación después de la rotura debe ser determinado de acuerdo con la definición dada en el numeral 3.1.4.3.

7.3.2 Para este propósito, los dos pedazos rotos de la probeta se deben encajar cuidadosamente de tal manera que sus ejes permanezcan en una línea recta.

7.3.3 Se deben tomar precauciones especiales para asegurar un contacto apropiado entre las partes rotas de la probeta de ensayo, cuando se vaya a medir la longitud calibrada

final. Esto es particularmente importante en el caso de probetas de ensayo de sección transversal pequeña y probetas de ensayo que tengan valores de elongación bajos.

7.3.4 La elongación después de la rotura (Lu-Lo) se debe determinar a un valor lo más próximo a 0,25 mm utilizando un aparato de medida con una resolución de 0,1 mm, y los valores de los porcentajes de elongación después de la rotura se deben redondear o aproximar al 0,5%. Si el porcentaje de elongación mínimo especificado es menor del 5%, se recomienda tomar precauciones especiales para determinarlo (ver anexo E).

7.3.5 Esta medición, es en principio válida solamente si la distancia entre la rotura y la marca más cercana no es menor que una tercera parte de la longitud calibrada inicial (Lo). Sin embargo, la medida es válida, sin importar la posición de la rotura, si el porcentaje de elongación después de la rotura es igual o mayor que el valor especificado.

7.3.6 Para máquinas con capacidad de medir el alargamiento a la rotura usando un extensómetro, no es necesario marcar las longitudes calibradas. La elongación es medida como el alargamiento total a la rotura, y por consiguiente es necesario deducir la extensión elástica con el fin de obtener el porcentaje de elongación después de la rotura.

7.3.7 En principio, esta medición es válida solamente si la rotura ocurre dentro de la longitud calibrada (Le) La medición es válida en cuanto a la posición de la sección transversal de la rotura si el porcentaje de elongación después de la rotura es igual o mayor al valor especificado (ver nota 8).

7.3.8 Si la elongación es medida sobre una longitud fija dada, puede ser convertida a una longitud calibrada proporcional usando fórmulas de conversión o tablas acordadas antes de empezar el ensayo (por ejemplo ISO 2566-1, ISO 2566-2 y UNE 7-264-72).

7.3.9 Las comparaciones de porcentajes de elongación son posibles cuando la longitud calibrada del extensómetro, el perfil y el área de la sección transversal son las mismas, o cuando el coeficiente de proporcionalidad (k) es el mismo.

7.3.10 Con el objeto de evitar el rechazo de probetas de ensayo, en las cuales puede ocurrir la rotura por fuera de los límites especificados en el numeral 3.1.4.3, se puede usar el método basado en la subdivisión de L_0 en N partes iguales, tal como se describe el Anexo G.

7.4 Determinación del porcentaje de elongación total a fuerza máxima (A_{gt})

7.4.1 Este método consiste en determinar el diagrama fuerza – extensión obtenida con un extensómetro, la extensión a la fuerza máxima

7.4.2 Algunos materiales exhiben una meseta plana a la fuerza máxima. Cuando esto ocurre el porcentaje total de elongación a la fuerza máxima es tomada del punto medio de la meseta plana

7.4.3 La longitud calibrada del extensómetro debe ser registrada en el reporte de ensayo.

7.4.5 Si el ensayo de tracción es realizado en una máquina de ensayo controlada por computadora que tiene un sistema de adquisición de datos, la elongación es directamente determinada a la fuerza máxima.

7.4.6 Para información, un método manual se describe en el Anexo H.

7.5 Determinación del esfuerzo de prueba, extensión no proporcional (R_p)

7.5.1 El esfuerzo de prueba (extensión no proporcional) es determinado a partir del diagrama fuerza/extensión, trazando una línea paralela a la parte recta de la curva a una distancia equivalente descrita al porcentaje no proporcional prescrito, por ejemplo 0,2%. El punto en el cual esta línea intersecta a la curva da la fuerza correspondiente a la resistencia de prueba deseada (extensión no proporcional). Esta última se obtiene dividiendo la fuerza para el área de la sección transversal inicial de la probeta de ensayo

7.5.4 Cuando el esfuerzo de prueba presumido ha sido excedido, la fuerza se reduce a un valor igual o cercano al 10% de la fuerza obtenida. La fuerza se incrementa de nuevo hasta exceder el valor obtenido originalmente. Para determinar el esfuerzo de prueba deseado, se traza una línea a través del lazo de histéresis. Se traza una línea paralela a esta línea, a una distancia de la curva original, medida a lo largo de la abscisa, igual al porcentaje no proporcional prescrito. La intersección de esta línea paralela y la curva de fuerza/extensión dan el esfuerzo correspondiente a la resistencia de prueba. Este último se obtiene dividiendo esta fuerza por el área de la sección transversal inicial de la probeta (S_0) (ver figura 6). La corrección del origen de la curva puede ser realizada por varios métodos, el siguiente método es utilizado generalmente: dibujar una línea paralela a la línea definida por el lazo de histéresis que cruza la parte elástica ascendente del diagrama, cuya pendiente es la más cercana al lazo. El punto al cual esta línea intercepta a la abscisa da el origen corregido de la curva.

7.5.5 La propiedad puede ser obtenida sin dibujar la curva fuerza/extensión, mediante el uso de dispositivos automáticos (microprocesador, etc.)

7.6 Determinación del esfuerzo de prueba, extensión total (R_t)

7.6.1 El esfuerzo de prueba (extensión total) se determina con ayuda del diagrama de esfuerzo/extensión trazando una línea paralela al eje de la ordenada (eje de esfuerzos) y a una distancia desde su equivalente al porcentaje de extensión total prescrito. El punto en que la línea que intersecta a la curva da la fuerza correspondiente al esfuerzo de prueba deseado. Este último se obtiene dividiendo esta fuerza para el área de la sección transversal inicial de la probeta (S_0)

7.6.2 La propiedad puede ser obtenida sin dibujar la curva fuerza/extensión, mediante el uso de dispositivos automáticos (microprocesador, etc.)

7.7 Método de Verificación del esfuerzo fijado permanente (R_r).

7.7.1 La probeta es sometida a cargas durante 10 s a 12 s correspondientes al esfuerzo especificado y entonces se confirma, después de quitar la carga, la elongación o extensión fijada permanente no es más que el porcentaje especificado para la longitud calibrada inicial.

7.8 Determinación del porcentaje de reducción de área (Z)

7.8.1 La reducción del porcentaje de área se determinará de acuerdo con la definición dada en el numeral 3.1.7.

7.8.2 Los dos pedazos rotos de la probeta son encajados correctamente para que sus ejes queden alineados. La sección mínima del área transversal después de la rotura (S_u) se medirá a una exactitud de $\pm 2\%$ (vea anexos A y D). La diferencia entre el área (S_u) y el área transversal de la sección inicial (S_o) expresada en porcentaje del área inicial, indica reducción del porcentaje de área.

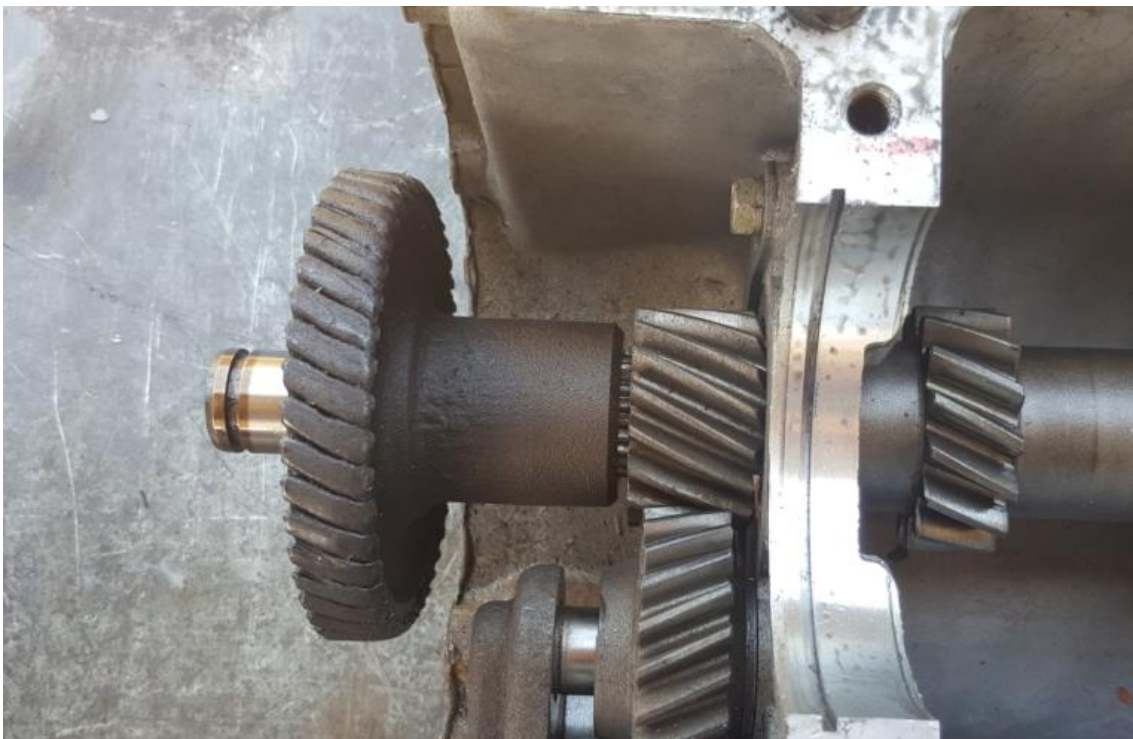
Caja de cambios Chevrolet vitara







Desgaste de piñones de la caja de vitara





Certificado de calidad BOHLER

Certificado ES98/0405

El sistema de gestión de

BÖHLER
División de BÖHLER UDDEHOLM Ibérica, S.A.U.

C/ Guifré, Nº 686
08918 Badalona (Barcelona)

ha sido evaluado y certificado en cuanto al cumplimiento de los requisitos de

ISO 9001:2008

Para las siguientes actividades

Comercialización de aceros especiales.

en/desde los siguientes emplazamientos

Central: C/ Guifré, Nº 686 - 08918 Badalona (Barcelona)
Delegación: Pol. Ind. Torrelarragoiti, Bº S. Martín de Arteaga, nº 132
48170 Zamudio (Vizcaya)

Este certificado es válido desde
19 de abril de 2015 hasta 19 de abril de 2018.
Edición 8. Certificado con SGS desde abril de 1998.

Autorizado por



Dirección de Certificación

SGS ICS Ibérica, S.A. (Unipersonal) Systems & Services Certification
C/Trespedernu, 29. 28042 Madrid, España.
t 34 91 313 8115 f 34 91 313 8102 www.sgs.com



Ejecución de ensayos en laboratorio normado







