

Universidad Internacional del Ecuador



Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

Tesis de grado para la obtención del Título de Ingeniera en Mecánica Automotriz

**Estudio de los materiales existentes en una Transmisión Automática mediante
Norma INEN 0109.**

María Cristina Riofrío Riofrío.

Álvaro Vasconez

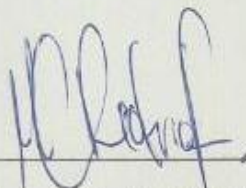
Director: Ing. Miguel Granja.

Quito, diciembre 2016

CERTIFICACIÓN

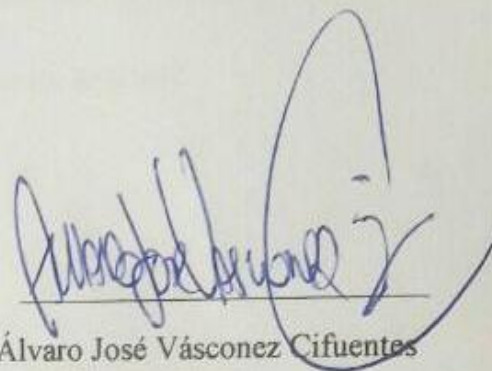
Nosotros, MARÍA CRISTINA RIOFRÍO RIOFRÍO y ÁLVARO JOSÉ VÁSCONEZ CIFUENTES, declaramos bajo juramento , que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedemos nuestros 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 Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.



Maria C. Riofrío Riofrío

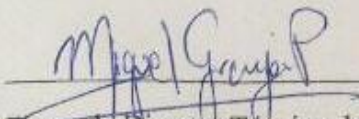
C.I: 172024947



Álvaro José Vásconez Cifuentes

C.I: 1714021316

Yo, Miguel Granja, certifico que conozco a los autores del presente trabajo siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



Firma de Director Técnico de Trabajo de Grado

Ing. Miguel Granja

DEDICATORIA

Es indispensable expresar mi profundo agradecimiento a quienes han liderado mi formación profesional al hoy sentirme orgullosa a más de ser una ingeniera, el ser un humano al servicio de la sociedad. Mis más sinceros agradecimientos a todo el cuerpo de docente de la Universidad Internacional del Ecuador; los que se han instituido como emisarios excelentes de los conocimientos adquiridos. No podía pasar por alto el reconocimiento al esfuerzo humano y familiar de quienes han constituido la inspiración hacia el camino del éxito. Por ello y mucho más inscribo mi gratitud.

MARÍA CRISTINA RIOFRÍO RIOFRÍO

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Universidad Internacional del Ecuador (UIDE), en especial a la Escuela de Ingeniería en Mecánica Automotriz, por brindarme la oportunidad de obtener una profesión y ser persona útil para la sociedad.

Agradezco a toda mi familia sobre todo a mi padre, que me han apoyado de una u otra manera para culminar con éxito una etapa más en mi vida.

MARÍA CRISTINA RIOFRÍO RIOFRÍO.

Tabla de contenido

CERTIFICACIÓN.	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
Tabla de contenido	V
Índice de Tablas	VIII
Índice de Gráficos	IX
RESUMEN.....	XI
Abstrac	XII
CAPITULO I.....	1
1.1 Introducción	1
1.2 Dinámica del vehículo	3
1.3 Tipos de cajas automáticas.....	3
1.3.1 Robotizada.....	3
1.3.2 Doble embrague.	4
1.3.4 Variación continua.	4
1.4 Funcionamiento.....	4
1.4.1 Convertidor de par.....	6
1.4.2 Engranaje planetario.....	12
1.5 Curvas características de la transmisión automática	17
1.5.1 Curva convencional de acoplamiento	17
1.5.2 Curva característica deportiva y curva característica económica.....	18

1.5.3 Curvas características adaptivas.....	19
CAPITULO II	23
2.1 Tipos de Materiales	23
2.2 Normalización y ensayos	26
2.2.1 Ensayos de tracción.....	26
2.3 Ensayos destructivos.....	33
2.4 Ensayo INEN 0109	35
Características de la máquina.....	35
CAPITULO III.....	38
3.1 NTE INEN 0109:	38
Ensayo de tracción para materiales metálicos a temperatura ambiente.	38
Características de la máquina.....	38
Preparación de la muestra	39
Informe de resultados	40
Análisis de la gráfica esfuerzo-deformación.....	40
Elaboración de las probetas.....	42
Medición de las áreas	42
Definición del área externa de la probeta.....	43
Definición de la zona de longitud calibrada.....	43
Longitud de referencia	44
Elaboración de los ensayos.	45
3.2 Pruebas destructivas.....	46

Pruebas destructivas del hierro fundido	50
Pruebas destructivas del Aluminio.....	51
CAPITULO IV	54
4.1 Pruebas y Mediciones	54
4.1.1 Tabla Comparativa.	54
4.2 Resultados.....	70
Bronces.....	71
□ Bronce al aluminio	71
□ Bronce Dulce (ASTM B455).....	73
□ Bronce Fosfórico (SAE 640)	74
CAPITULO V	78
5.1 Conclusiones.....	78
5.2 Recomendaciones	79
BIBLIOGRAFÍA.....	80
ANEXOS.....	84

Índice de Tablas

Tabla 1. 1 Relación de transmisión	16
Tabla 3. 1 Resultados del Bronce	46
Tabla 3. 2 Resultados del Acero	49
Tabla 3. 3 Resultados del Hierro	51
Tabla 3. 4 Resultados del Aluminio	53
Tabla 4. 1 Resultados Obtenidos del Bronce.....	54
Tabla 4. 2 Alecciones de Bronce	55
Tabla 4. 3 Resultados Comparativos del Acero	58
Tabla 4. 4 Composición Química del Acero A36	60
Tabla 4. 5 Datos de propiedades del acero ASTM A36	60
Tabla 4. 6 Resultados Comparativos del Hierro.....	62
Tabla 4. 7 Composición química de los hierros nodulares ensayados (% en peso)	63
Tabla 4. 8 Propiedades Físicas del Hierro	64
Tabla 4. 9 Resultados Comparativos del Aluminio.....	67
Tabla 4. 10 Tipos de Aluminio según su aleación.....	67
Tabla 4. 11 Propiedades Físicas del aluminio	68
Tabla 4. 12 Propiedades Físicas BA-10 Cinta Amarilla I	72
Tabla 4. 13 Composición Química.....	74
Tabla 4. 14 Propiedades Químicas	75
Tabla 4. 15 Comparativa de Propiedades Mecánicas.....	76

Índice de Gráficos

Figura 1. 1 Esquema y funcionamiento de un embrague hidráulico	6
Figura 1. 2 Convertidor de par	7
Figura 1. 3 Despiece del convertidor de par.....	8
Figura 1. 4 Esquema y sección de un convertidor de par.....	9
Figura 1. 5 Funcionamiento del convertidor de par	10
Figura 1. 6 Funcionamiento interno del convertidor de par	11
Figura 1. 7 Convertidor de par	12
Figura 1. 8 Engranaje epicicloidal.....	13
Figura 1. 9 Esquema y sección de un engranaje epicicloidal	14
Figura 1. 10 Funcionamiento del engranaje epicicloidal.....	15
Figura 1. 11 Mecanismo con dos engranajes epicicloidales	17
Figura 1. 12 Curva convencional de acoplamiento	18
Figura 1. 13 Curva característica deportiva y curva característica económica	19
Figura 1. 14 Estados de acoplamiento.....	21
Figura 1. 15 Estados de acoplamiento.....	22
Figura 2. 1 Sincronizado.....	23
Figura 2. 2 Conjunto de engranajes	24
Figura 2. 3 Chavetas y seguros.....	25
Figura 2. 4 Carcasa de Transmisión Automática.....	26
Figura 2. 5 Deformación de las Probetas.....	28
Figura 2. 6 Ensayo Normalizado de tracción.	28
Figura 2. 7 : Alargamiento de las probetas durante el ensayo.....	29
Figura 2. 8 : grafico esfuerzo-deformación.	30
Figura 2. 9 : Material frágil y material dúctil.	31
Figura 2. 10 : Fractura Dúctil.	32
Figura 2. 11 : Fractura Frágil.....	33
Figura 2. 12 : Ensayos destructivos.	34

Figura 3. 1 : grafico esfuerzo-deformación.....	40
Figura 3. 2 Medición de áreas.	42
Figura 3. 3 Darle la forma adecuada.....	43
Figura 3. 4 : Pieza de estudio lista.	44
Figura 3. 5 Limar la Superficie que está de más.	44
Figura 3. 6 Elaboración del Diagrama vs Deformación Unitaria de la pieza de estudio.	48
Figura 4. 1 Tipos de Bronces en el mercado.	56
Figura 4. 2 Resultados Comparativos del Bronce	57
Figura 4. 3 Carga Aplicada vs deformación unitaria del bronce	58
Figura 4. 4 Resultado Comparativo del Acero	61
Figura 4. 5 Diagrama esfuerzo vs deformación unitaria del acero	61
Figura 4. 6 Grafito.	63
Figura 4. 7 Resultados Comparativos del Hierro	65
Figura 4. 8 Diagrama Carga aplicada vs Deformación Unitaria del Hierro.	66
Figura 4. 9 Grafico Comparativo del Aluminio.	69
Figura 4. 10 Grafico Carga Aplicada vs Deformación Unitaria.....	69
Figura 4. 11 Tratado de los materiales.	71
Figura 4. 12 Bronce al Aluminio	73
Figura 4. 13 Bronce Dulce.....	74
Figura 4. 14 Bronce Fosfórico	75
Figura 4. 15 Especificaciones de Acero Microaleado ADELCA.....	76

RESUMEN

Este trabajo investigativo tiene como propósito el conocer los materiales y las aleación que tiene una transmisión automática para ver si fuese posible su construcción dentro del país; para esto se realizaron ensayos destructivos de acuerdo a normativa INEN 0109 en la cual menciona realizar ensayos destructivos a temperatura ambiente estos consiste en seleccionar diferentes partes de la transmisión automática y darle una forma adecuada para utilizarla como probeta de acuerdo a medidas establecidas según la norma en la cual se va a verificar con diferentes piezas el punto de ruptura y así verificar la resistencia, investigar los materiales que contengas estos datos lomas similares para saber con qué tipo de material se construyó; gracias a esto y por medio de los resultados obtenidos se observó que la mayoría de materiales y aleaciones con los que se fabrica no se encuentran en el país y no existe una producción ni una industrialización de estos por lo que en este momento sería imposible la construcción de una transmisión automática y de muchas otras piezas aquí en el Ecuador; además de que si se lograra la construcción sería demasiado costoso y no estaría al alcance de una persona para adquirir este elemento debido a que casi tendría el costo de una vehículo.

Palabras claves: Transmisión automática, norma INEN 0109, ensayos destructivos, aleaciones, materiales, resistencia.

Abstrac

This investigative work has as purpose to know materials and alloys that has an automatic transmission to see if it was possible to manufacture within the country; for this, destruction tests were carried out according to the rules INEN 0109 in which it mentions to carry out destructive tests at room temperature this is to select several parts of the automatic transmission and give it a suitable shape to use as a test piece according to measures established by the norm in which the point of rupture is verified with different pieces and thus determine its resistance to investigate the materials containing this data, as similar as possible to know what type of material was constructed, thanks to this and through the results obtained, it was observed that most of the materials and alloys with which they are made are not in The country and there is no production or industrialization of these materials so it would be impossible to manufacture an automatic transmission and many other parts in Ecuador; In addition if it would be achieved the construction would be too expensive and would not be within reach a person to acquire that element because it would almost have the cost of a vehicle.

CAPITULO I

1.1 Introducción

La transmisión automática es un sistema que logra cambiar la relación de cambio automáticamente mientras el vehículo se mueve, librando al conductor la tarea de cambiar de marcha manualmente. En una caja de cambios automática no encontramos embrague, en vez de esto tiene un convertidor de par hidráulico que permite transmitir la fuerza del motor a la caja de cambios, al diferencial y por último a las ruedas.

La principal diferencia que se encuentra en una caja de cambios manual y automática es que se utilizan engranajes especiales conocidos como eplicicloidaes o también engranajes planetarios, este consta de tres elementos: un piñón central denominado planetario o sol, una corona exterior y tres piñones denominados satélites que giran entre los dos nombrados anteriormente.

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

Esta investigación tiene como principal propósito el estudiar las propiedades mecánicas de los materiales con los que se encuentra construida una caja de cambios automática para verificar su posible fabricación a nivel nacional la cual se va a determinar con las normas 0109, la misma que se encarga de determinan la tracción y definir las propiedades mecánicas que se puede determinar a temperatura ambiente.

Esta tesis presenta los siguientes capítulos:

En el capítulo I se determinará la dinámica del vehículo, algunos tipos de cajas automáticas que por medio de la tecnología que todos los días avanza se van descubriendo nuevos tipos, pero el principio es el mismo, el funcionamiento que tiene, cómo va desarrollando cada velocidad y determinar cuándo debe realizar el cambio de marcha y algunas curvas características para determinar si existe mayor desgaste en algunas piezas de la caja de cambios.

En el capítulo II se estudian los materiales con que se realizan cada uno de los elementos que se van a estudiar. Investigamos la normalización y las pruebas que se deben realizar por medio de la normativa 0109 de la INEN y las diferentes características que deben tener dentro de nuestro país para la posible construcción de la misma.

En el capítulo III mediante ensayos destructivos determinaremos los diferentes materiales que encontramos en una caja de cambios automática. Se realizarán pruebas a los diferentes elementos mecánicos como son:

- Piñones
- Selectores
- Planetarios
- Chavetas y seguros

En el capítulo IV, gracias al ensayo que se lo realizará de forma normalizada siguiendo parámetros establecidos por INEN, podremos determinar cuál de ellos presenta mayor desgaste y menor vida útil; y posteriormente se realizará un análisis con el fin de determinar una posible producción de elementos, tomando en cuenta los materiales similares existentes en el mercado nacional y por último conclusiones y recomendaciones.

1.2 Dinámica del vehículo

La dinámica de los vehículos es aquella que se encarga de estudiar el comportamiento dinámico de los vehículos automotrices; esta es una parte de la ingeniería basada en la mecánica, pero también puede involucrar otras áreas como son: química, física del estado sólido, mecánica de fluidos, ingeniería eléctrica, comunicación, psicología, teoría de control, etc.

Es el estudio del movimiento del automóvil y de las fuerzas que lo determinan. El vehículo es un cuerpo sujeto a las leyes de la mecánica, pero su configuración es tal que determina un comportamiento característico y peculiar.

El movimiento de un vehículo está determinado por las reacciones es decir fuerzas que se aplican del exterior.

Éstas son de 2 tipos, el contacto con el aire y con el contacto con el suelo; por esto se habla de fuerzas aerodinámicas y de fuerzas de adherencia rueda-terreno. Cada una de estas fuerzas consta de varias componentes; por ejemplo, para la fuerza de adherencia se pueden distinguir la componente longitudinal y la transversal del automóvil.

1.3 Tipos de cajas automáticas

1.3.1 Robotizada.

Derivación de la caja mecánica, en este caso el trabajo del embrague y de las relaciones se realiza electrónicamente. Carece de pedal de embrague y la palanca de cambios no tiene relación mecánica con la caja.

1.3.2 Doble embrague.

Esta caja de cambios cuenta con dos embragues, cada uno se encuentra vinculado con un árbol. El primer embrague es utilizado para las relaciones impares, es decir: -1ª, 3ª y 5ª- y el segundo embrague para los pares, es decir: -2ª, 4ª, 6ª y marcha atrás. Consta de diversos sensores, estos se encuentran ubicados en cada árbol, permiten saber cuál es la velocidad, al tiempo que relevan el régimen de rotación del árbol.

1.3.4 Variación continua.

Esta caja existe desde que existe el automóvil, y funciona según el mismo principio de variación del ciclomotor, con dos discos unidos entre ellos por una correa metálica.

1.4 Funcionamiento

Cuando el motor gira, el aceite contenido en la carcasa es impulsado por la bomba, proyectándose por su periferia hacia la turbina, en cuyos alabes incide paralelamente al eje. Dicho aceite es arrastrado por la propia rotación de la bomba o rotor conductor, formándose así un torbellino teórico.

La energía cinética del aceite que choca contra los alabes de la turbina, produce en ella una fuerza que tiende a hacerla girar.

Cuando el motor gira a ralentí, la energía cinética del aceite es pequeña y la fuerza transmitida a la turbina es insuficiente para vencer el par resistente. En estas condiciones, hay un resbalamiento total entre bomba y turbina con lo que la turbina permanece inmóvil. El aceite resbala por los alabes de la turbina y es devuelto desde el

centro de ésta al centro de la bomba, en donde es impulsado nuevamente a la periferia para seguir el ciclo.

A medida que aumentan las revoluciones del motor, el torbellino de aceite se va haciendo más consistente, incidiendo con más fuerza sobre los alabes de la turbina. Esta acción vence al par resistente y hace girar la turbina, mientras se verifica un resbalamiento de aceite entre bomba y turbina que supone el acoplamiento progresivo del embrague.

Cuando el motor gira rápidamente desarrollando su par máximo, el aceite es impulsado con gran fuerza en la turbina y ésta es arrastrada a gran velocidad sin que exista apenas resbalamiento entre ambas (éste suele ser de un 2% aproximadamente con par de transmisión máximo).

El par motor se transmite íntegro a la transmisión de embrague, cualquiera que sea el par resistente y, de esta forma, aunque se acelere rápidamente desde ralentí, el movimiento del vehículo se produce progresivamente, existiendo un resbalamiento que disminuye a medida que la fuerza cinética va venciendo al par resistente.

Al subir una pendiente, la velocidad del vehículo disminuye por aumentar el par resistente, pero el motor continúa desarrollando su par máximo a costa de un mayor resbalamiento, con lo que se puede mantener más tiempo la directa sin peligro de que el motor se cale.

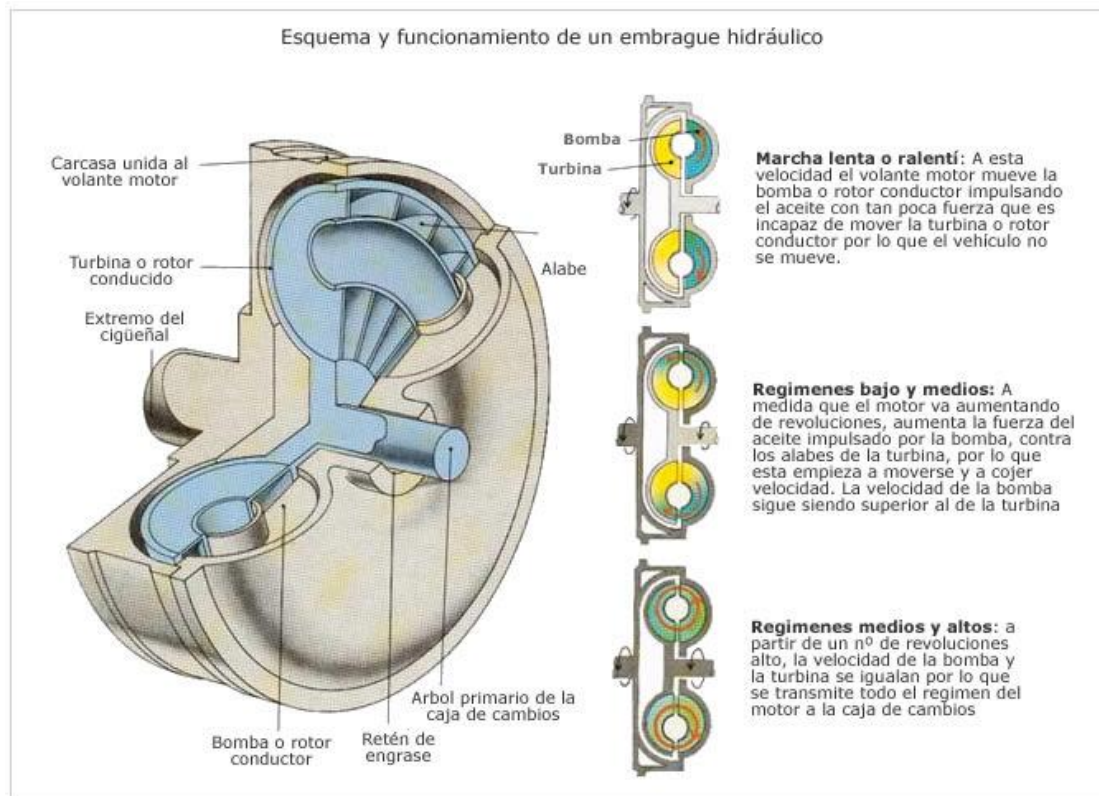


Figura 1. 1 Esquema y funcionamiento de un embrague hidráulico

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

1.4.1 Convertidor de par

El convertidor de par tiene un funcionamiento que se asemeja al de un embrague hidráulico, pero posee una diferencia fundamental, y es que el convertidor es capaz de aumentar por sí sólo el par del motor y transmitirlo. En la figura inferior vemos el principio de funcionamiento tanto del embrague hidráulico y del convertidor. En a tenemos una rueda con unas cazoletas como si se tratara una rueda de noria de las utilizadas para sacar agua de los pozos. Hacemos incidir un chorro de aceite a presión sobre la cazoleta, esta es empujada moviendo la rueda. Vemos que la fuerza de empuje no es grande ya que con un dedo de la mano paramos la rueda. En b hemos añadido una

placa deflectora entre el chorro de aceite y la cazoleta: Ahora el chorro de aceite empuja la cazoleta, pero en vez de perderse rebota en la placa deflector que lo dirige otra vez contra la cazoleta por lo que se refuerza el empuje del chorro contra la cazoleta. Vemos ahora que el empuje del chorro sobre la cazoleta es mayor y necesitamos más fuerza en la mano para evitar que gire la rueda.

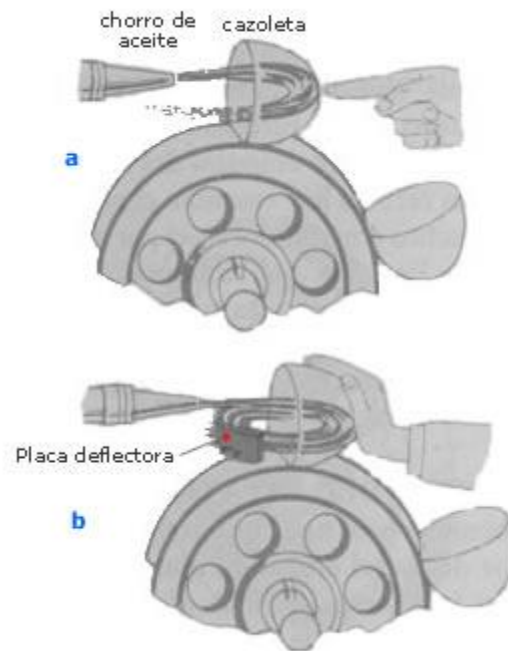


Figura 1. 2 Convertidor de par

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

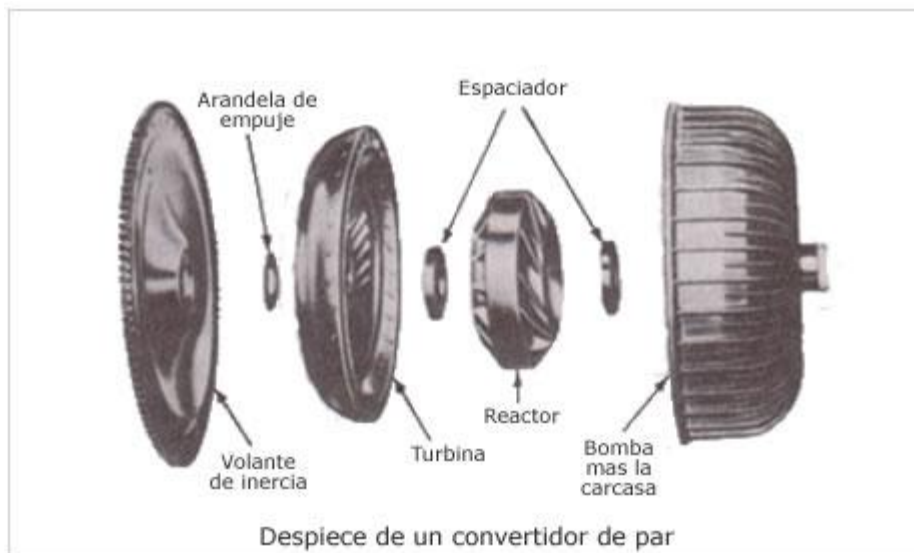


Figura 1. 3 Despiece del convertidor de par

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

En la figura inferior se muestra un esquema de los componentes del convertidor hidráulico. Además de la bomba y de la turbina característica de un embrague hidráulico, el convertidor de par dispone de un elemento intermedio denominado reactor. La rueda de la bomba está accionada directamente por el motor mientras que la turbina acciona el eje primario de la caja de velocidades. El reactor tiene un funcionamiento de rueda libre y está apoyado en un árbol hueco unido a la carcasa de la caja de cambios.

Tanto la bomba como la turbina y el reactor tienen alabes curvados que se encargan de conducir el aceite de forma adecuada.

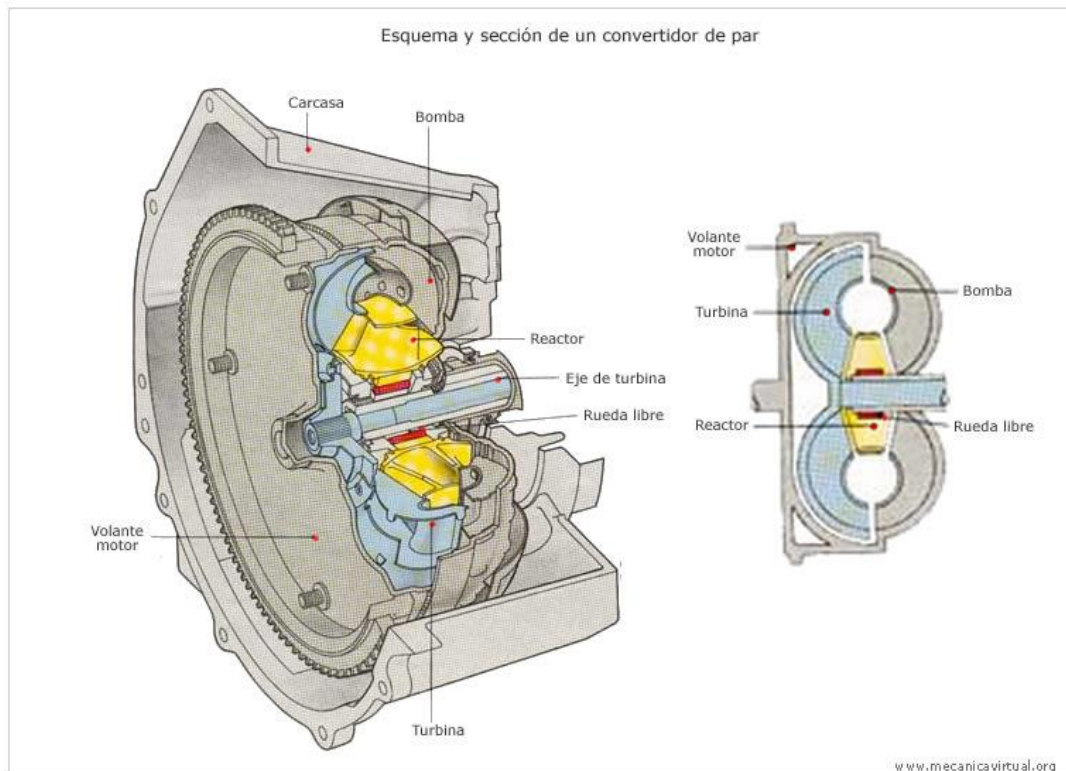


Figura 1. 4 Esquema y sección de un convertidor de par

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

Al girar la bomba accionada directamente por el movimiento del cigüeñal, el aceite se impulsa desde la rueda de bomba hasta la rueda turbina. A la salida de ésta el aceite tropieza con los alabes del reactor que tienen una curvatura opuesta a los de las ruedas de bomba y turbina. Esta corriente de aceite empuja al reactor en un giro de sentido contrario al de la bomba y la turbina. Como el reactor no puede realizar ese giro ya que está retenido por la rueda libre, el aceite se frena y el empuje se transmite a través del aceite sobre la bomba. De esta forma mientras exista diferencia de velocidad de giro entre la bomba y la turbina el momento de giro (par) será mayor en la turbina que en la bomba. El par cedido por la turbina será pues la suma del transmitido por la bomba a través del aceite y del par adicional que se produce por reacción desde el reactor sobre la bomba y que a su vez es transmitido de nuevo sobre la turbina. Cuanto

mayor sea la diferencia de giro entre turbina y bomba mayor será la diferencia de par entre la entrada y la salida del convertidor, llegando a ser a la salida hasta tres veces superior.

Conforme disminuye la diferencia de velocidad va disminuyendo la desviación de la corriente de aceite y por lo tanto el empuje adicional sobre la turbina con lo que la relación de par entre salida y entrada va disminuyendo progresivamente.

Cuando las velocidades de giro de turbina e impulsor se igualan, el reactor gira incluso en su mismo sentido sin producirse ningún empuje adicional de forma que la transmisión de par no se ve aumentada comportándose el convertidor como un embrague hidráulico convencional. A esta situación se le llama "punto de embrague"

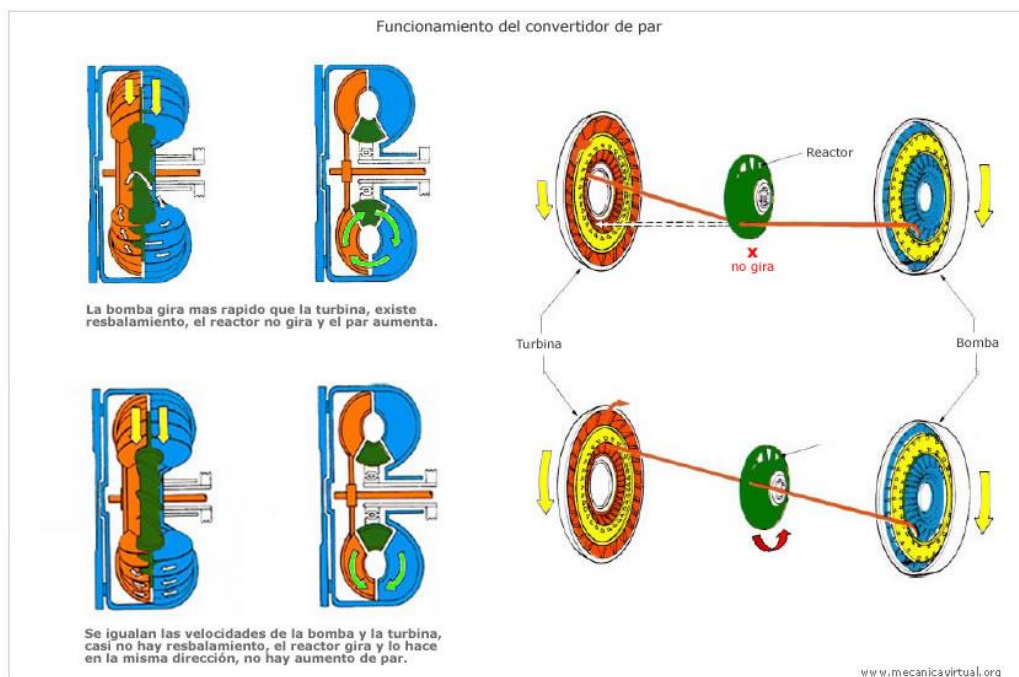


Figura 1. 5 Funcionamiento del convertidor de par

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

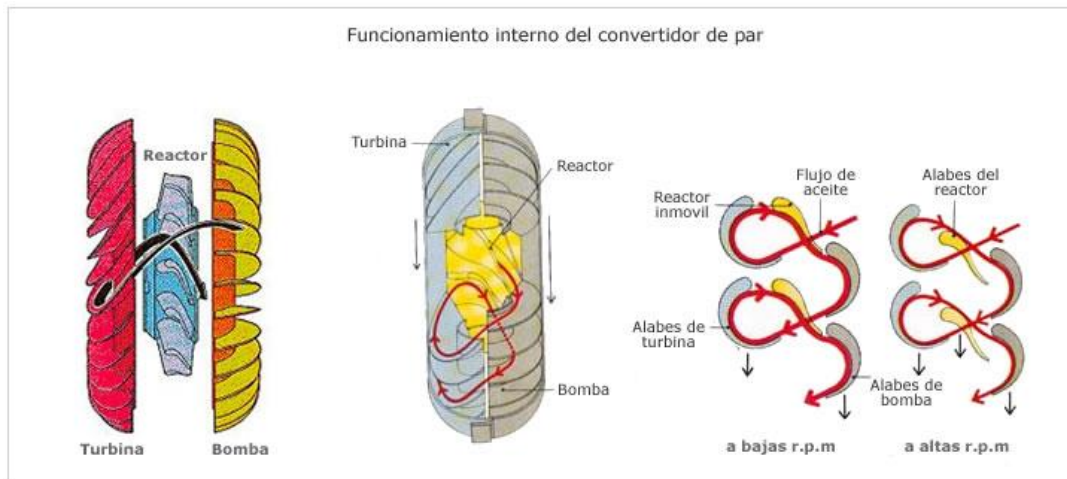


Figura 1. 6 Funcionamiento interno del convertidor de par

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

La ventaja fundamental del convertidor hidráulico de par sobre el embrague hidráulico es que el primero permite, en situaciones donde se necesita mayor tracción como subida de pendientes o arranques, el movimiento del reactor con lo que el par transmitido se ve aumentado respecto al proporcionado por el motor en caso de necesidad. Además, el convertidor hidráulico amortigua a través del aceite cualquier vibración del motor antes de que pase a cualquier parte de la transmisión.

A pesar de ser el convertidor hidráulico un transformador de par, no es posible su utilización de forma directa sobre un vehículo ya que en determinadas circunstancias de bajos regímenes de giro tendría un rendimiento muy bajo. Además, no podría aumentar el par más del triple. Todo esto obliga a equipar a los vehículos, además de con un convertidor, con un mecanismo de engranajes planetarios que permitan un cambio casi progresivo de par.



Figura 1. 7 Convertidor de par

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

1.4.2 Engranaje planetario

También llamado "engranaje epicicloidal", son utilizados por las cajas de cambio automáticas. Estos engranajes están accionados mediante sistemas de mando normalmente hidráulicos o electrónicos que accionan frenos y embragues que controlan los movimientos de los distintos elementos de los engranajes.

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

En el interior (centro), el planeta gira en torno de un eje central. Los satélites engranan en el dentado del piñón central. Además, los satélites pueden

girar tanto en torno de su propio eje como también en un circuito alrededor del piñón central.

Los satélites se alojan con sus ejes en el portasatélites

El portasatélites inicia el movimiento rotatorio de los satélites alrededor del piñón central; con ello, lógicamente, también en torno del eje central.

La corona engrana con su dentado interior en los satélites y encierra todo el tren epicycloidal. El eje central es también centro de giro para la corona.

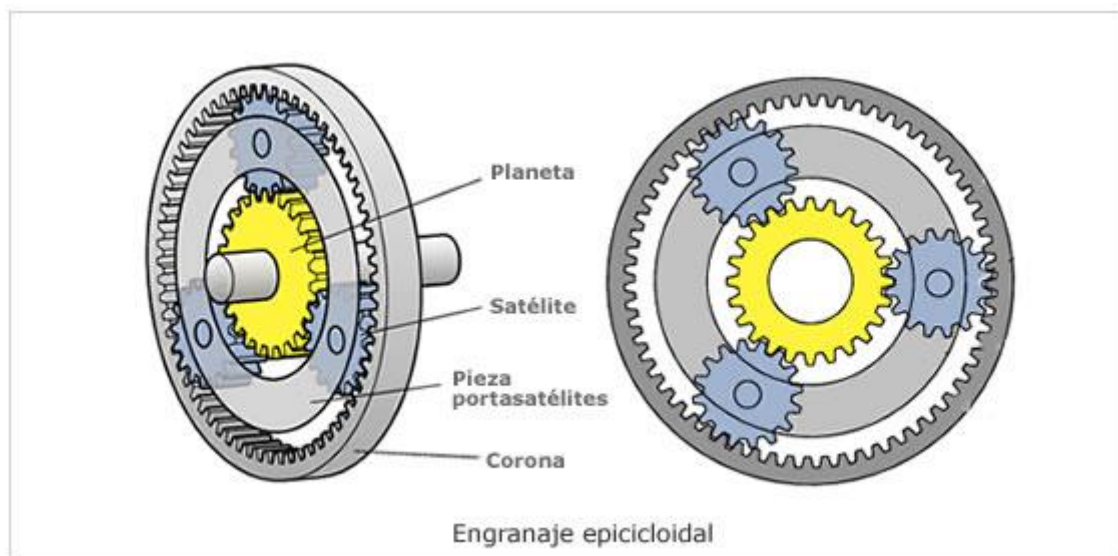


Figura 1. 8 Engranaje epicicloidial

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

Estos tres componentes (planeta, satélites y corona) del tren epicycloidal pueden moverse libremente sin transmitir movimiento alguno, pero si se bloquea uno de los componentes, los restantes pueden girar, transmitiéndose el movimiento con la relación de transmisión resultante según la relación existente entre sus piñones. Si se bloquean

dos de los componentes, el conjunto queda bloqueado, moviéndose todo el sistema a la velocidad de rotación recibida por el motor.

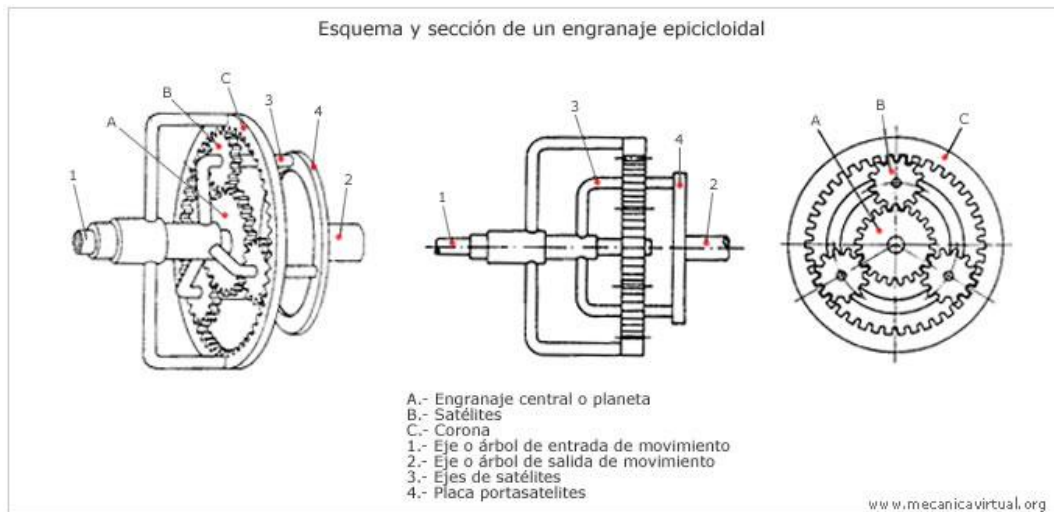


Figura 1. 9 Esquema y sección de un engranaje epicicloidal

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

Las relaciones que se pueden obtener en un tren epicicloidal dependen de si ante una entrada o giro de uno de sus elementos existe otro que haga de reacción. En función de la elección del elemento que hace de entrada o que hace de reacción se obtienen cuatro relaciones distintas que se pueden identificar con tres posibles marchas y una marcha invertida. El funcionamiento de un tren epicicloidal es el siguiente:

- 1ª relación: si el movimiento entra por el planetario y se frena la corona, los satélites se ven arrastrados por su engrane con el planetario rodando por el interior de la corona fija. Esto produce el movimiento del portasatélites. El resultado es una desmultiplicación del giro de forma que el portasatélites se mueve de forma mucho más lenta que el planetario o entrada.

- 2ª relación: si el movimiento entra por la corona y se frena el planetario, los satélites se ven arrastrados rodando sobre el planetario por el movimiento de la corona. El efecto es el movimiento del portasatélites con una desmultiplicación menor que en el caso anterior.
- 3ª relación: si el movimiento entra por el planetario y, la corona o el portasatélites se hace solidario en su movimiento al planetario mediante un embrague entonces todo el conjunto gira simultáneamente produciéndose una transmisión directa girando todo el conjunto a la misma velocidad que el motor.
- 4ª relación: si el movimiento entra por el planetario y se frena el portasatélites, se provoca el giro de los planetarios sobre su propio eje y a su vez estos producen el movimiento de la corona en sentido contrario, invirtiéndose el sentido de giro y produciéndose una desmultiplicación grande.

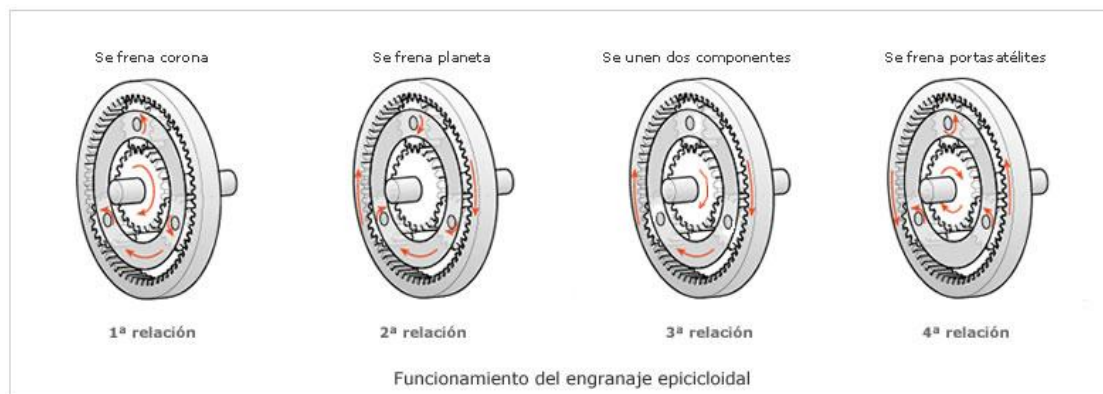


Figura 1. 10 Funcionamiento del engranaje epicicloidal

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

Tabla 1. 1 Relación de transmisión

Relación	Corona	Planeta	Portasatélites	Desmultiplicación
1ª	Fija	Salida de fuerza	Impulsión	Grande
2ª	Salida de fuerza	Fijo	Impulsión	Menor
3ª	Fija	Fijo	Salida de fuerza	Sin desmultiplicación
4ª	Impulsión	Salida de fuerza	Fijo	Inversión de giro

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

Invirtiendo la entrada y la salida en las relaciones de desmultiplicación se obtendrían relaciones de multiplicación.

Estas relaciones se podrían identificar con las típicas marchas de un cambio manual, sin embargo, se necesitarían para ello distintos árboles motrices por lo que en la aplicación de un tren epicicloidal a un automóvil las posibilidades se reducen a dos marchas hacia delante y una hacia atrás. La entrada del par motor se realizaría por el planetario y la salida por el portasatélites o la corona. La primera relación descrita y la tercera serían la 1ª marcha y la directa respectivamente y la cuarta relación sería la marcha atrás.

Para poder combinar tres o más velocidades se usan habitualmente combinaciones de engranajes epicicloidales. Las cajas de cambio automáticas utilizan combinaciones de dos o tres trenes epicicloidales que proporcionan tres o cuatro relaciones hacia adelante y una hacia atrás. Como ejemplo tenemos la figura inferior.

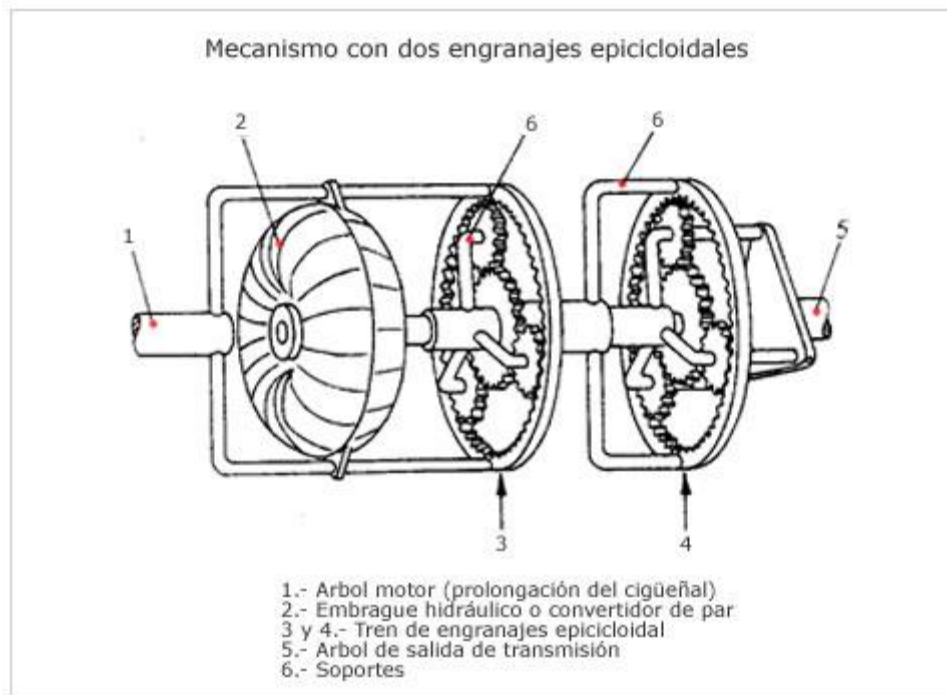


Figura 1. 11 Mecanismo con dos engranajes epicicloidales

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

1.5 Curvas características de la transmisión automática

1.5.1 Curva convencional de acoplamiento

El acoplamiento entre dos marchas lo efectúa el mando electrónico del cambio en base a una "curva de acoplamiento". Esta tiene en cuenta la velocidad de marcha y la posición del pedal acelerador.

Para acoplar una marcha superior es válida otra curva característica que para acoplar una marcha inferior.

En función de la velocidad de marcha y de la posición del pedal acelerador, para cambio de marcha hay memorizada en la "unidad de control de cambio" una curva característica de acoplamiento. Esta selección del punto de acoplamiento es

relativamente rígida, pues las marchas se acoplan siempre en los mismos puntos según la posición del pedal acelerador y de la velocidad de marcha.

En el diagrama inferior sólo se representa el acoplamiento 3ª - 4ª marcha.

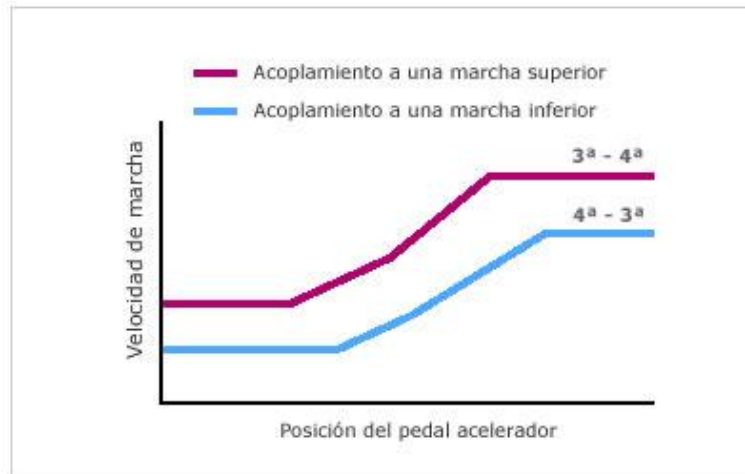


Figura 1. 12 Curva convencional de acoplamiento

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

1.5.2 Curva característica deportiva y curva característica económica

En los primeros tiempos del mando electrónico del cambio, sólo se programaban curvas características fijas de acoplamiento. En el posterior desarrollo del mando electrónico del cambio ya se podía elegir entre dos programas:

- uno deportivo y
- uno económico

La conmutación del programa la efectuaba el conductor mediante un conmutador aparte dispuesto en la palanca selectora. Un posterior perfeccionamiento automatizaba la conmutación. Esta tenía lugar teniendo en cuenta la velocidad de accionamiento en el pedal acelerador.

A pesar de la mejora seguía tratándose, como anteriormente, de una decisión absoluta: "ECO" o "SPORT" sin tener en cuenta más factores.



Figura 1. 13 Curva característica deportiva y curva característica económica

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

1.5.3 Curvas características adaptativas

Los modernos mandos electrónicos del cambio determinan un desplazamiento de la curva característica de cambio a partir de un gran número de informaciones que describen permanentemente la situación momentánea de funcionamiento y marcha.

Esta curva característica de acoplamiento adaptada individualmente y no rígida se utiliza en la unidad de control para la decisión del acoplamiento de marchas.

El programa de acoplamiento en función de la resistencia al avance reconoce las resistencias al avance, tales como recorridos por pendientes cuesta arriba y cuesta abajo, servicio con remolque y viento contrario.

En base a la velocidad de marcha, posición de la válvula de mariposa, número de revoluciones del motor y aceleración del vehículo, la unidad de control calcula la resistencia al avance y fija según esos datos los puntos de acoplamiento.

La determinación del punto de acoplamiento en función del conductor y marcha se efectúa según el principio de la "fuzzy logic" (lógica borrosa).

Mediante la velocidad de pedal acelerador (accionado rápida o lentamente), el conductor consigue un factor deportivo que se determina mediante la "fuzzy logic".

Con ayuda del factor deportivo tiene lugar una determinación flexible del punto de acoplamiento entre una concepción del mismo orientada al consumo o a la potencia.

De este modo, entre la curva característica de acoplamiento "ECO" y la "SPORT" son posibles muchos puntos de acoplamiento. Así se consigue una reacción mucho más sensible a los requerimientos de marcha individuales.

¿Que es "fuzzy logic"?

Este concepto nos lo encontramos ya en muchos aparatos de uso cotidiano como las lavadoras, aspiradoras, videocámaras o máquinas de afeitar eléctricas.

La palabra fuzzy proviene del idioma inglés y significa aproximadamente "borrosidad aplicada sistemáticamente". Mediante la "fuzzy logic" se eliminan los clásicos estados de acoplamiento fijos entre marcha y marcha.

1.5.3.1 Funcionamiento clásico

Con el siguiente ejemplo se quiere mostrar el funcionamiento lógico de un ordenador donde la unidad básica de información es el 0 y 1, es decir encendido o apagado.

Un ordenador se puede utilizar para distinguir entre muy caliente y frío. Para ello hay que comunicarle un valor límite fijo (en el ejemplo, 80°C). En base a los estados de acoplamiento, el ordenador puede decidir ahora entre muy caliente y frío. Sin embargo, esta distribución fija no le permite al ordenador ningún margen de tolerancia en la dosificación de cantidades.

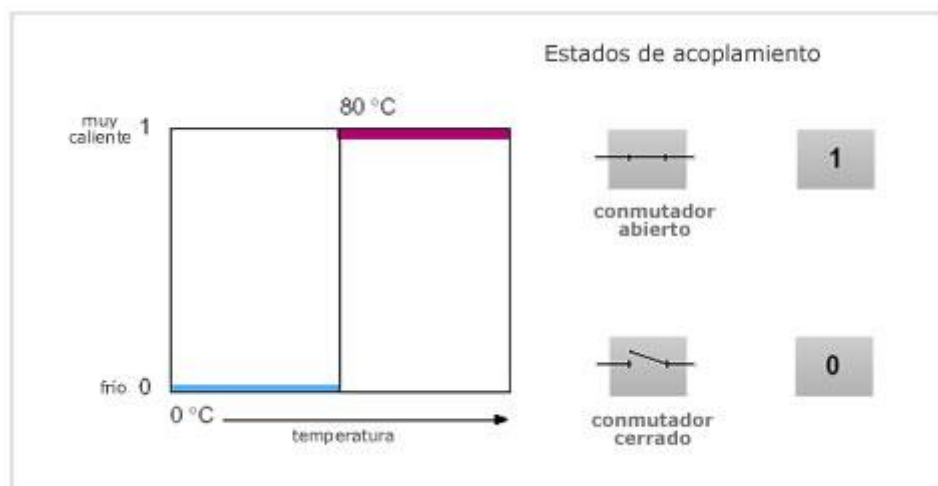


Figura 1. 14 Estados de acoplamiento

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

1.5.3.2 Funcionamiento adaptado

Sin embargo, además de los enunciados valores absolutos "muy caliente" y "frío" se han de tomar a menudo decisiones que se encuentran entre estos enunciados.

La "fuzzy logic" tiene en cuenta una flexibilidad que no trabaja con dos valores, sino con muchos valores intermedios entre el los limites.

De este modo pueden resultar infinitos valores intermedios como "casi frío", "fresco", "tibio" o "demasiado caliente". El límite superior "muy caliente" y el límite inferior "frío", así como todos los valores intermedios están asignados a temperaturas exactas.



Figura 1. 15 Estados de acoplamiento

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

CAPITULO II

2.1 Tipos de Materiales

Los siguientes materiales serán utilizados para los ensayos de destrucción y el estudio de los mismos:

Bronce:

Bronce es toda aleación metálica de cobre y estaño este también puede incluir otros metales. El bronce entre sus aplicaciones se destaca en el uso en partes mecánicas resistentes al roce y a la corrosión, es por esto que el bronce se utiliza en los sincronizados de la caja automática.



Figura 2. 1 Sincronizado

Fuente: http://www.widman.biz/images_boletin/131-synch.jpg

Acero:

Es una mezcla de hierro con una cantidad de carbono. Si la aleación posee demasiado carbono se producen fundiciones más frágiles y no es posible forjarlas sino que deben ser moldeadas.

De acuerdo a la transmisión automática los planetarios son construidos con Acero ASTM A36 este es común debido a su bajo costo; se utiliza en la mayoría de las industrias, es un acero suave; otra de sus importantes características es que ofrece una excelente resistencia y fuerza para ser un acero bajo en carbono aunque puede ser propenso a oxidarse con facilidad.



Figura 2. 2 Conjunto de engranajes

Fuente: sc01.alicdn.com/kf/HTB1KAJpMFXXXXcDXpXXq6xXFXXXK/Custom-made-best-quality-stainless-steel-helical.jpg

Hierro

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 carbono y silicio, además de manganeso, fósforo y azufre. Una característica distintiva del hierro gris es que el carbono se encuentra en general como grafito. El grafito es el que da el color gris a las superficies de ruptura de las piezas elaboradas con este material.

Una de las principales aplicaciones del hierro en una caja automática son chavetas, seguros y los pernos debido al tratamiento que sufre el material logran tener

una gran resistencia a romperse es por esta razón que se realiza de hierro gris o hierro fundido.



Figura 2. 3 Chavetas y seguros

Figura: <http://www.pirofast.com/images/arandelas.jpg>

Aluminio

Es un metal no ferromagnético. Es el tercer elemento más común encontrado en la corteza terrestre. Este metal es buen conductor de la electricidad y del calor, se mecaniza con facilidad y es muy barato. Es el más utilizado después del acero.

Es considerado un material blando y maleable. Todo ello le hace adecuado para la fabricación de cables eléctricos y láminas delgadas, pero no como elemento estructural. Si es necesario mejorar estas propiedades puede alearse con otros metales, con esto puede lograr tratamientos de fundición y forja, así también como la extrusión del material. Al aluminio también se le puede utilizar para soldadura. Como principal aplicación de una transmisión automática esta la carcasa.



2010 Tremec TR6060 OM10
Six Speed RWD Manual Transmission

Figura 2. 4 Carcasa de Transmisión Automática

Figura: http://1.bp.blogspot.com/-1600/chevrolet_camaro1.jpg

2.2 Normalización y ensayos

El estudio estructural de los metales para análisis de propiedades físicas, mecánicas de un tipo de metal se lo denomina metalografía.

Se realizan ensayos a los metales con diversas finalidades ya que pueden ser utilizados para recopilar distintos tipos de datos dependiendo el metal o distintas aleaciones; ya sea analizando distintas características de un elemento tanto estructuralmente como es el límite de grano que es la unión y el número de cristales metal analizado molecularmente.

Las características de un metal vienen dadas por su composición química tomando en cuenta los distintos metales que pueden poseer y sus aleaciones o algún tipo de tratamiento que ha recibido el material.

2.2.1 Ensayos de tracción

Tracción es el esfuerzo que logra separar a las partículas de las que está formada alguna pieza mediante la aplicación de una carga progresiva, llamadas fuerzas de tracción.

El objetivo de realizar un ensayo de tracción es determinar los aspectos básicos e importantes de la resistencia y alargamiento de materiales, que pueden servir para el control de calidad del mismo, las especificaciones de materiales y el cálculo de piezas sometidas a esfuerzos.

El ensayo de tracción es uno de los más utilizados gracias a la gran información que se puede obtener después de este, determinando así gran variedad de propiedades mecánicas específicas de materiales metálicos, tales como, la zona elástica en la cual el material aun después de dejar de aplicar la fuerza, vuelve a tomar su forma original, la zona plástica en la que la deformación ya no es reversible y el material se mantiene con una deformación permanente y así también se obtiene el límite de fluencia y puntos de rotura del material ensayado.

En los ensayos de tracción se puede utilizar una variedad de probetas, pueden ser redondas, cuadradas o rectangulares y en el caso de ensayar láminas se utiliza probetas planas.

Los resultados del ensayo de tracción son aplicables para todo tipo de probeta, cumpliendo las normas establecidas antes de realizarlo, siempre y cuando se logre transformar la fuerza en esfuerzo y las distancias iniciales de la probeta en deformación mediante las siguientes formulas.

$$\text{Esfuerzo} = \sigma = \frac{F}{A_o}$$

$$\text{Deformación} = \varepsilon = \frac{L-L_o}{L_o}$$

Donde A_o es el área de la sección transversal de la probeta que es medida antes de realizar el ensayo. L_o es la longitud inicial de la probeta antes de que se le aplique la

fuerza, y L es la longitud final de la probeta, después de aplicar la fuerza F al finalizar el ensayo.

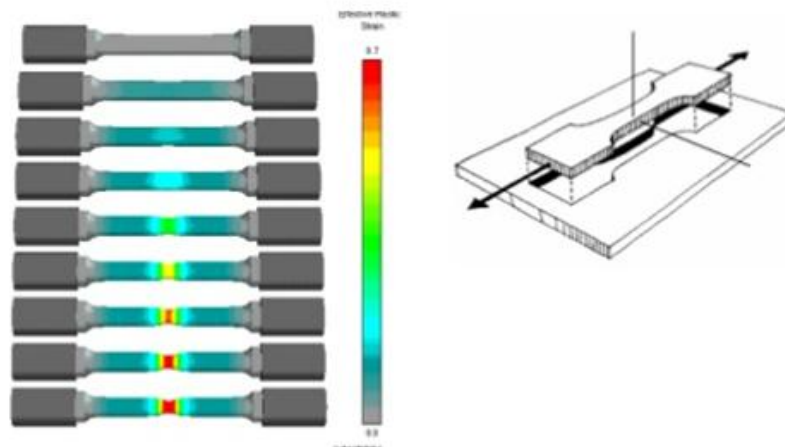


Figura 2. 5 Deformación de las Probetas.

Fuente: <https://sites.google.com/site/tecnorlopez33/tema1-ensayos-y-tratamientos/03->

Ensayo-de-traccion

El ensayo consiste en someter a la probeta calibrada a un esfuerzo axial que irá aumentando de manera progresiva hasta llegar a la rotura de la misma, y a su vez se registrara los valores de la fuerza y la deformación que serán útiles para realizar la gráfica y analizar ciertas propiedades. Para realizar las mediciones primero se marcan dos puntos de referencia en la probeta en la mitad de ella, denominada longitud calibrada, midiendo la distancia entre ellos para posteriormente medir las deformaciones que se dieron después del ensayo.

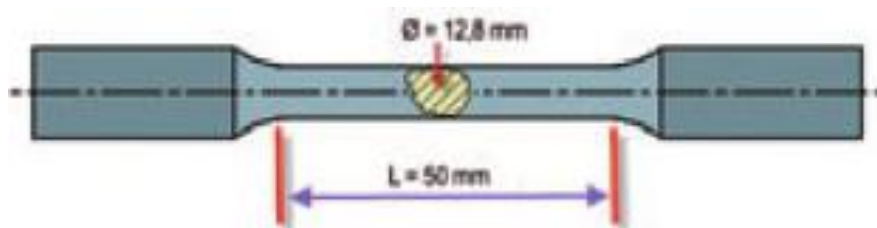


Figura 2. 6 Ensayo Normalizado de tracción.

Fuente: Estructuras del vehículo 2da edición Agueda

El resultado de este ensayo se obtiene una gráfica donde se aprecia el alargamiento sufrido de la probeta, tal y como se observa en la siguiente figura.

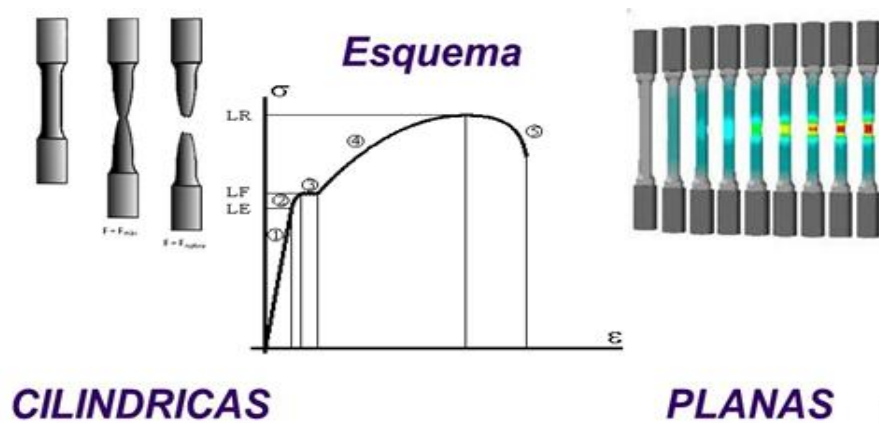


Figura 2. 7 : Alargamiento de las probetas durante el ensayo.

Fuente: <https://sites.google.com/site/tecnorlopez33/tema1-ensayos-y-tratamientos/03->

Ensayo-de-traccion

El resultado que se obtiene en la gráfica no depende de la forma de la probeta, sino del tipo de material que se ensaye. El diagrama de esfuerzos es fundamental para la determinación de las propiedades del material, en el cual se diferencian 4 zonas esenciales, la zona de deformaciones elásticas, de fluencia, de deformaciones plásticas y la zona de estricción antes de la rotura.

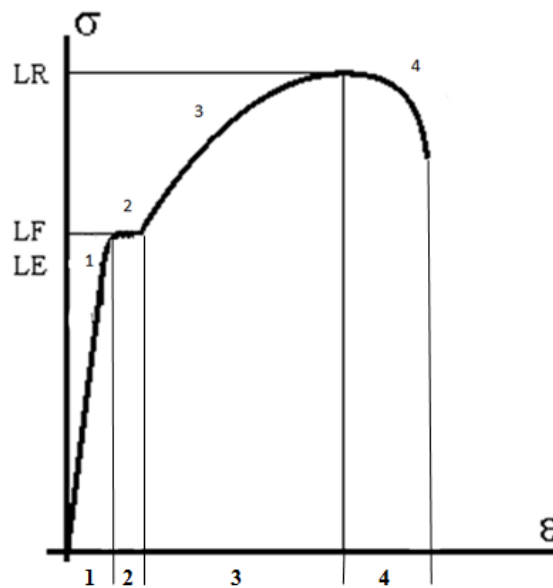


Figura 2. 8 : grafico esfuerzo-deformación.

Fuente: <https://sites.google.com/site/tecnorlopez33/tema1-ensayos-y-tratamientos/03-Ensayo-de-traccion>

Deformaciones elásticas (1)

En esta zona (1) la fuerza aplicada se distribuye a lo largo de la probeta, pero no es suficiente para deformarla permanentemente, es decir que es una fuerza de pequeña magnitud que, al momento de retirarla, dejarla de aplicar, la probeta vuelve a su forma original sin ningún problema.

La tensión máxima que resiste esta zona se llama límite elástico y es el valor máximo que soporta el material antes de empezar con las deformaciones permanentes o plásticas.

Fluencia (2)

Esta zona se llama de fluencia (2) en el que el material cede sin necesidad de que aumente la carga aplicada, dando inicio a las deformaciones plásticas en la probeta ensayada.

Deformaciones Plásticas (3)

En esta zona (3) el material al dejar de aplicar la carga, recupera solo parcialmente su forma, quedando con una deformación permanente. Si se sigue aplicando la fuerza llega a una tensión máxima denominada tensión de rotura, que es la carga máxima soportada por la probeta antes de romperse.

Estricción (4)

En esta zona, cuando llega al punto máximo de tensión que soporta el material, se genera una reducción de área en la longitud calibrada de la probeta, considerando prácticamente rota a la probeta, aunque a simple vista no se la puede ver. Esa estricción del material es la responsable de que se genere la curvatura en la gráfica.

Hay que tomar en cuenta que los materiales frágiles no sufren estricciones o deformaciones plásticas significativas, simplemente se rompen de forma brusca.

A partir del ensayo de tracción se puede determinar si el material presenta o no la capacidad para deformarse plásticamente, como se puede observar en la figura.

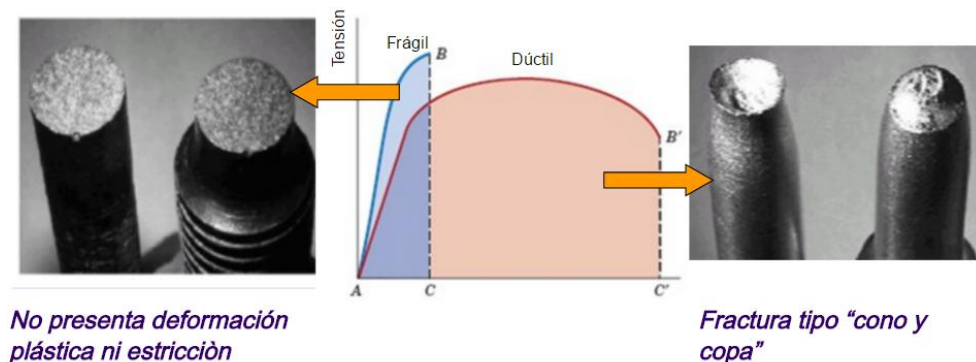


Figura 2. 9 : Material frágil y material dúctil.

Fuente: <http://slideplayer.es/slide/159196/#>

En la figura se ve la comparación de dos tipos de materiales sometidos al ensayo de tracción, en la probeta de la izquierda se ve que es un material más frágil, ya que, al

momento de aplicar la carga, no sufre deformaciones plásticas significativas ni tampoco una estricción del área, simplemente se ve la rotura por lo que la gráfica es diferente al material de la derecha. En el caso de la otra probeta, se ve que es un material dúctil, que sufre deformaciones plásticas muy significativas antes de llegar a la rotura de la probeta, se puede ver una estricción bastante notable en el área calibrada.

En el caso de las probetas planas, para reconocer si son frágiles o dúctiles a simple vista, se observa lo siguiente.



Figura 2. 10 : Fractura Dúctil.

Fuente: <http://slideplayer.es/slide/27739/>

En esta figura se observa la fractura de un material dúctil, en el cual presenta una parte plana con un ángulo de 45° con la dirección del esfuerzo justo en el lado del corte. Presenta un aspecto fibroso o en forma de copa y notablemente la estricción del material, lo que significa que sufrió deformaciones significativas en la zona plástica antes de llegar a romperse. En probetas planas delgadas, toda la superficie de fractura puede ser un labio de corte.

En probetas de un material frágil, como se indica en la siguiente figura.

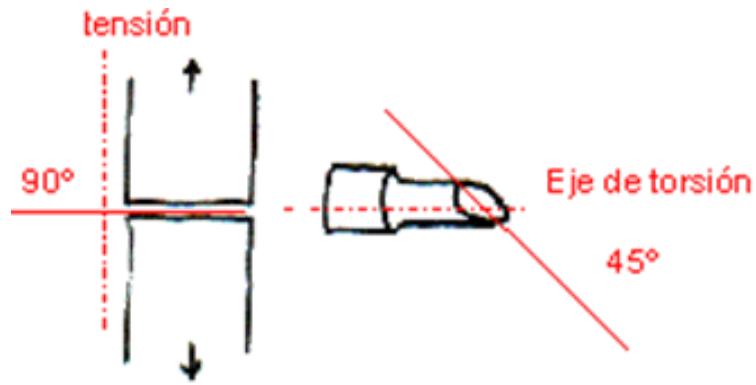


Figura 2. 11 : Fractura Frágil.

Fuente: <http://slideplayer.es/slide/27739/>

La fractura en este tipo de material frágil no presenta una deformación plástica significativa, es totalmente imperceptible, no presenta ningún tipo de estricción y la superficie de fractura forma ángulos concretos con las direcciones de tensiones máximas.

2.3 Ensayos destructivos

Los ensayos destructivos se definen como aquellos ensayos que se realizan a un material mediante el uso de herramientas o máquinas las cuales producen una alteración irreversible de su composición química, mecánica o de su geometría dimensional.

Los ensayos destructivos tienen cuatro objetivos principales:

- Obtener las características y propiedades del material.
- Realizar ensayos comparativos.
- Comprobar las condiciones de aplicación.
- Simular las condiciones de envejecimiento durante su vida útil, con objeto de predecir su comportamiento.

Es aconsejable o necesario, según sean los requerimientos, realizar una serie de probetas al mismo tiempo que se realiza la aplicación de los diferentes materiales, con objeto de comprobar las condiciones ambientales, la preparación superficial y el conjunto de productos. El número y frecuencia de realización de estos ensayos destructivos viene determinado por el grado de seguridad o peligrosidad que conlleva la utilización de los diferentes materiales para las aplicaciones en la que se los ocupa.

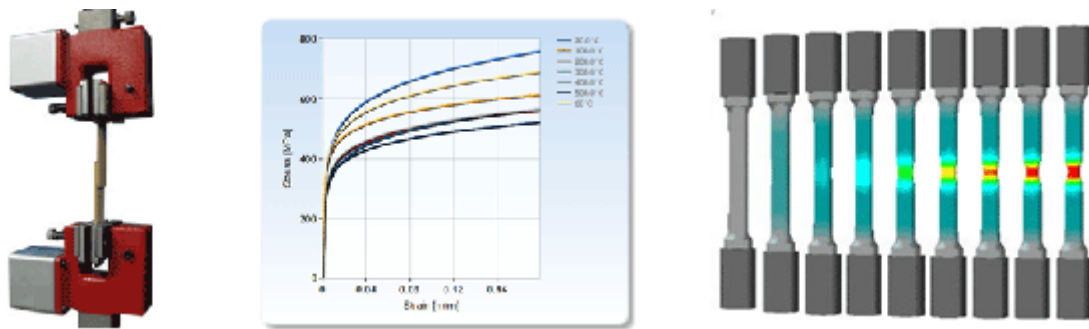


Figura 2. 12 : Ensayos destructivos.

Fuente: <http://www.losadhesivos.com/ensayos-destructivos.html>

Durante la definición y realización de las probetas que se utilizaran en los ensayos destructivos, hay que tener en cuenta:

- El material de las probetas ha de ser el mismo que el de los materiales reales.
- Los espesores de las probetas deben ser lo más parecido al espesor de los materiales.
- El espesor del material ha de ser el mismo que el espesor de la unión.
- La preparación superficial ha de ser la misma, tanto en condiciones como en medios y productos utilizados, en las probetas y en los sustratos.
- Se ha de aplicar el mismo sistema de los materiales tanto en las probetas como en los sustratos que se procederán a probar.

Una vez se ha realizado las probetas, se procede a su ensayo destructivo donde se comprueba principalmente los siguientes parámetros:

- Tipo de fractura.
- Propiedades mecánicas.
- Defectos internos de la unión – burbujas de aire, poros, deslaminaciones, curado incompleto del adhesivo.

2.4 Ensayo INEN 0109

Ensayo de tracción para materiales metálicos a temperatura ambiente.

Esta norma detalla los procesos que se llevan a cabo para realizar los ensayos de tracción de diferentes tipos de materiales metálicos, sometiendo una probeta normalizada a una fuerza axial constante, que va acorde a sus dimensiones, hasta que llega a romperse determinando así las diferentes propiedades mecánicas del material ensayado. El ensayo es realizado a temperatura ambiente comprendida entre 10°C y 35°C, caso contrario se deberá especificar a la temperatura que se lo realizara debido a que las propiedades mecánicas al momento de ensayar pueden variar. Esta norma se aplica para los ensayos de diferentes tipos de probetas cilíndricas o planas normalizadas, según sean los requerimientos o motivos del ensayo.

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 deben ser 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 maquina sobre la probeta.

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 puede ser 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 de en forma de láminas, 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 deben ser 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.

Preparación de probetas planas

Se puede realizar ensayos con probetas planas con espesores muy pequeños de 0.1 a 0.5mm. Generalmente los extremos de las probetas planas son más anchos que las de su sección paralela, esto se obtiene después de realizar un maquinado en ella con la ayuda de limas para darle forma a su sección paralela. Igual que en el otro tipo de probetas, la forma y las dimensiones dependerán del producto de donde se extraiga la probeta.

Para obtener el acabado final de estas probetas, se realiza con herramientas que no afecten sus propiedades mecánicas de las mismas, es decir, no son herramientas que generen altas temperaturas para darle la forma adecuada. De igual manera, cuando se va a extraer probetas con un espesor muy pequeño, se recomienda extraerlas ensambladas buscando la manera de no alterar sus propiedades.

Método de agarre.

Todo tipo de probeta, sin importar su forma, se debe adaptar de forma correcta a las cuñas o mordazas de la máquina de ensayos de tracción, esto depende del maquinado que se les dé o de la forma que esta tenga. Es importante el agarre ya que al momento de aplicar la carga axial soportaran de la mejor manera posible sin llegar a soltarse, caso contrario los resultados pueden variar al determinar la fluencia o la elongación del material.

La exactitud de los resultados dependerá del agarre y de varios factores más como el tipo de maquina en el que se ensaya, el diseño de las probetas, su longitud, y los valores que se ingresen en la máquina.

CAPITULO III

3.1 NTE INEN 0109:

Ensayo de tracción para materiales metálicos a temperatura ambiente.

Esta norma detalla los procesos que se llevan a cabo para realizar los ensayos de tracción de diferentes tipos de materiales metálicos, sometiendo a una probeta normalizada a una fuerza axial constante, que va acorde a sus dimensiones, hasta que llega a romperse determinando así las diferentes propiedades mecánicas del material ensayado. El ensayo es realizado a temperatura ambiente comprendida entre 10°C y 35°C, caso contrario se deberá especificar a la temperatura que se lo realizara debido a que las propiedades mecánicas al momento de ensayar pueden variar. Esta norma se aplica para los ensayos de diferentes tipos de probetas cilíndricas o planas normalizadas, según sean los requerimientos o motivos del ensayo.

Características de la máquina.

La máquina en la cual se realizan los ensayos será de alta precisión cumpliendo con características específicas que son:

- Consta mecanismos de sujeción que ayudaran 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 deben ser 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 maquina sobre la probeta.

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 puede ser redondo, cuadrado, rectangular y en casos particulares serán planas, en fin, la forma y dimensiones de la probeta dependerá mucho de las piezas de donde se extraigan las probetas y de las propiedades que se van a determinar mediante el ensayo.

Normalmente las probetas de forma de láminas, 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 deben ser 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.

Preparación de probetas redondas

Para obtener el acabado final de estas probetas, se realiza con herramientas que no afecten sus propiedades mecánicas de las mismas, es decir, no son herramientas que generen altas temperaturas para darle la forma adecuada. De igual manera, cuando se va a extraer probetas con un espesor muy pequeño, se recomienda extraerlas ensambladas buscando la manera de no alterar sus propiedades.

Método de agarre.

Todo tipo de probeta, sin importar su forma, se debe adaptar de forma correcta a las cuñas o mordazas de la máquina de ensayos de tracción, esto depende del maquinado que se les dé o de la forma que esta tenga. Es importante el agarre ya que al momento de aplicar la carga axial soportaran de la mejor manera posible sin llegar a

soltarse, caso contrario los resultados pueden variar al determinar la fluencia o la elongación del material.

La exactitud de los resultados dependerá del agarre y de varios factores más como el tipo de maquina en el que se ensaya, el diseño de las probeta, su longitud, y los valores que se ingresen en la maquina

Informe de resultados

El informe de resultados debe obtener 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.

Análisis de la gráfica esfuerzo-deformación.

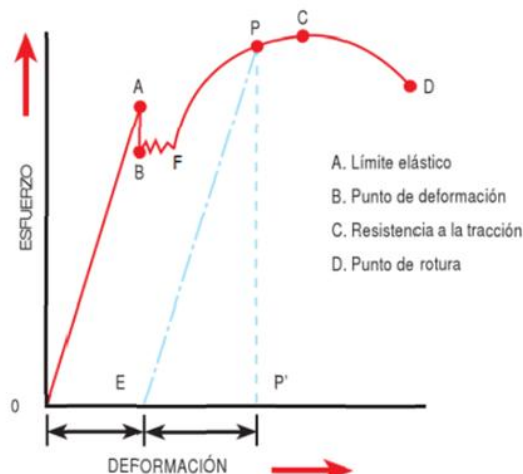


Figura 3. 1 : grafico esfuerzo-deformación.

Fuente: Estructuras del vehículo 2ª edición- AGUEDA

En la gráfica esfuerzo-deformación, antes de llegar al punto A, que representa al límite elástico, se observa una recta lo que significa que si la fuerza aplicado es inferior y no sobrepasa al límite elástico, el material vuelve a recuperar su forma inicial después de aplicar la fuerza, eso quiere decir que el material se comporta de forma elástica. Si de lo contrario, se sigue aplicando 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 se deje aplicar 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 sobrepaso el limite 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 alargándose de forma plástica en la zona P y aunque disminuya la tensión, el material se alargara 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 afectada. Después de este punto llega la rotura física total del material en el punto D y el decaimiento de la fuerza.

Elaboración de las probetas

La elaboración de las probetas fue realizada bajo la norma ASTM A370 en las cuales se especifican valores con diferentes dimensiones. De la cual se seleccionó la más apta para este tipo de trabajo debido a que las secciones del elemento de practica se encontraba reducidas, por lo que se optó por seleccionar las medidas de 100mm x10mm.

Se extrajo una probeta de prueba la que fue utilizada para realizar el ensayo y verificar que no exista ningún tipo de fallo al momento de realizar el estiramiento de la probeta, ya que debido a que la probeta de forma circular podía existía la posibilidad que se resbale de la maquina durante el ensayo y alteraría de manera significativa los resultados. En el caso de fallar la probeta de prueba se procede a extraer otra probeta con diferentes dimensiones, pero cumpliendo con las medidas dadas por la norma.

Se realizó la prueba sin ningún problema obteniendo resultado que se esperaban de las probetas.

Medición de las áreas



Figura 3. 2 Medición de áreas.

Fuente: Ma. Cristina Riofrío, Álvaro Váscones.

Definición del área externa de la probeta

Al extraer la probeta se lo realizo con unas medidas mayores para evitar cortes erróneos en la probeta se tenía que definir el área de la misma que son 100mmx10mm. Por lo que se marcaron puntos de referencia dibujando del área necesita en la pieza extraída.

Sosteniéndole con la entenalla y ayuda de una lima plana de grano grueso se procedió a limar de manera uniforme, las secciones laterales de la probeta teniendo cuidado de no deformar los bordes y realizarlo de una manera plana.



Figura 3. 3 Darle la forma adecuada.

Fuente: Ma. Cristina Riofrio, Álvaro Vascones.

Definición de la zona de longitud calibrada

Antes de realizar cualquier trabajo de desbaste en la probeta hay que tener en cuenta las medidas que tiene la zona calibrada de la probeta ya que tienen medidas específicas en este caso la sección debía tener un medida de 6,25 mm con un margen de error de 0.05mm.

Para tener referencial al momento de limar se dividir la probeta en sus secciones medias para usarlas como referencia para establecer a partir de la línea media 1,62mm a cada lado, estas mediciones se las realizaban con ayuda del calibrador de vernier o pie de rey.

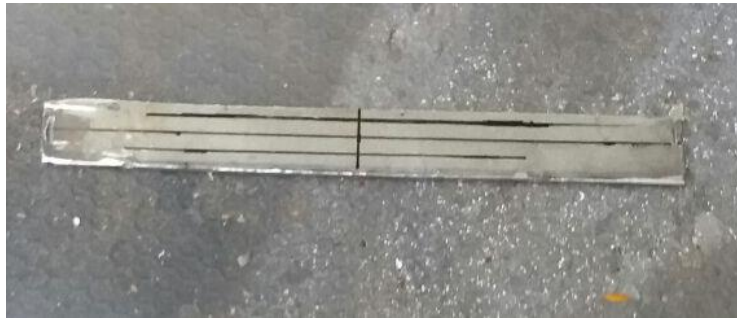


Figura 3. 4 : Pieza de estudio lista.

Fuente: Ma. Cristina Riofrío, Álvaro Vascones.

Una vez ya establecida la zona calibrada se procede a limar las superficies con ayuda de unas limas planas, redondas y curvas. Hay que realizar mediante el calibrador de vernier constantemente por que el área calibrada tiene que ser precisa ya que tiene un margen de error pequeño y la zona más importante de la probeta.



Figura 3. 5 Limar la Superficie que está de más.

Fuente: Ma. Cristina Riofrío, Álvaro Vascones.

Longitud de referencia

Esta se mide desde el centro hacia sus extremo y debe medir en total 25 mm con un margen de 0.08 mm. Esta longitud de referencia es utilizada para medir el porcentaje

de elongación d cada probeta después de realizar su ensayo en el laboratorio y es utilizado como un dato final de resultados.

Elaboración de los ensayos.

Los ensayos de tracción fueron realizados en la universidad politécnica nacional del Ecuador.

Para la elaboración de los ensayos se debe realizar una serie de procesos previamente antes de poner las probetas en la máquina del laboratorio.

- Ser realiza la identificación de las probetas y establecer un orden de ensayos en cada una de ellas; se verifica que las medidas de cada una de ellas se encuentren con las medidas preestablecidas y que estén dentro de los límites permisibles.
- Se mide el diámetro de cada una de las probetas
- Se verifica la longitud de referencia
- Se realizan las anotaciones necesarias
- Se realiza la preparación de la máquina que consta de ubicar las mordazas para probetas planas según las mediadas de la probeta
- Se realiza el enceramiento o calibración del equipamiento
- Al momento de ubicar la probeta en las mordazas de sujeción el borde de las mordazas se ubica o coincide con marcas de la longitud de referencia
- Se da inicio a la prueba de tracción
- Durante la prueba se documenta en video lo carga y esfuerzo a la que está sometida la prueba además de tener un respaldo de la prueba que se está realizando
- Se tabulan los resultados para realizar un informe

3.2 Pruebas destructivas

Pruebas destructivas del Bronce.

Esfuerzo normal de tracción

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{2273.11}{17.35} = 131.02 \text{ Mpa}$$

Deformación Unitaria

$$\delta = \frac{L_f - L_o}{L_o} = \frac{205 - 158}{158} = 0.30$$

$$\epsilon = \frac{\delta}{L_o} = \frac{0.30}{158} = 1.9 \times 10^{-3}$$

Deformación Unitaria Porcentual-

$$\epsilon \% = \frac{\delta}{L_o} * 100 = 2.4 \times 10^{-3} \times 100 = 0.25\%$$

Alargamiento porcentual en la rotura

$$A\% = 0.25\%$$

- 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.

Tabla 3. 1 Resultados del Bronce

Fuerza (F)	2273.11 N
------------	-----------

Área (A)	17.35mm^2
Longitud Inicial (Lo)	158mm
Longitud Final (Lf)	219mm
Esfuerzo normal de tracción.	131.02MPa
Deformación unitaria	2.5×10^{-3}
Deformación %	0.25%
Alargamiento %	0.25%

Pruebas destructivas del acero

Datos:

Diámetro (d) = 12.36 mm

Longitud inicial (Lo)=80.17mm

Fuerza (F): 231.71kgf

Longitud Final (Lf) = 98.80mm

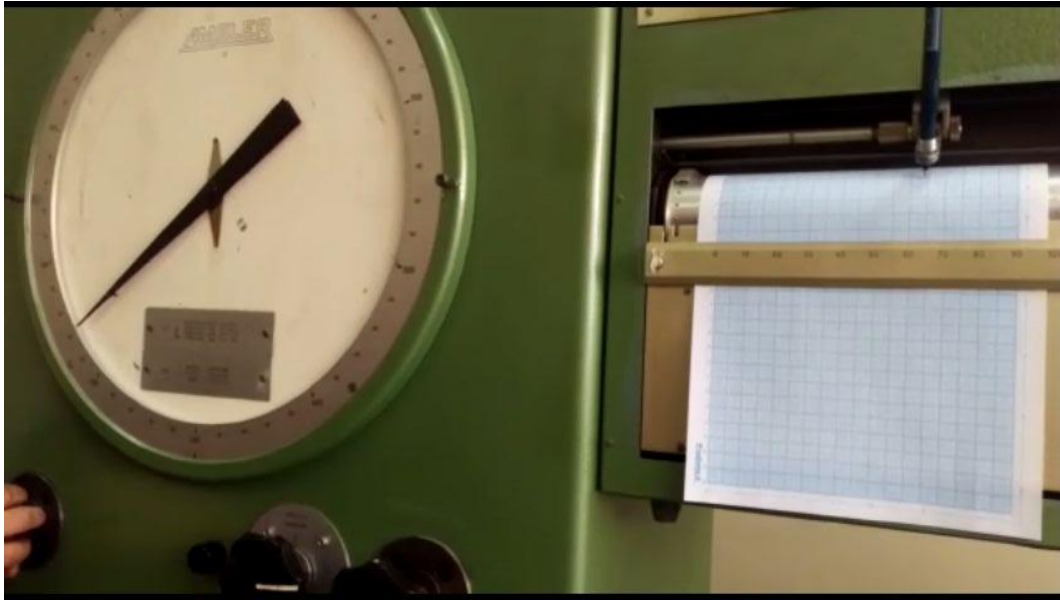


Figura 3. 6 Elaboración del Diagrama vs Deformación Unitaria de la pieza de estudio.

Fuente: Ma. Cristina Riofrio, Álvaro Vascones.

Diagrama esfuerzo vs deformación unitaria.

Esfuerzos de tracción.

- Esfuerzo normal de tracción

$$A = \frac{\pi d * 2}{4}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{63176.4}{119.98} = 526.56 \text{ MPa}$$

- Deformación unitaria

$$\delta = \frac{Lf - Lo}{Lo} = \frac{98.8 - 80.17}{80.17} = 0.23$$

$$\epsilon = \frac{\delta}{Lo} = \frac{0.23}{80.17} = 2.86 \times 10^{-3}$$

- Deformación unitaria porcentual

$$\epsilon = \frac{0.23}{80.17} * 100 = 0.28\%$$

- Alargamiento porcentual en la ruptura

$$A = 0.28\%$$

Tabla 3. 2 Resultados del Acero

Fuerza (F)	63176.4 N
Área (A)	119.98mm ²
Longitud Inicial (Lo)	80.17mm
Longitud Final (Lf)	98.8mm
Esfuerzo normal de tracción.	526.56MPa
Deformación unitaria	2.86x10 ⁻³
Deformación %	0.28%
Alargamiento %	0.28%

Pruebas destructivas del hierro fundido

Esfuerzos de tracción.

- Esfuerzo normal de tracción

$$A = \frac{\pi d * 2}{4}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{62371.98}{125.48} = 497,07 MPa$$

- Deformación unitaria

$$\delta = \frac{Lf - Lo}{Lo} = \frac{66.78 - 50}{50} = 0.33$$

$$\epsilon = \frac{\delta}{Lo} = \frac{0.33}{50} = 2.86 \times 10^{-3}$$

- Deformación unitaria porcentual

$$\epsilon = \frac{0.33}{80.17} * 100 = 0.28\%$$

- Alargamiento porcentual en la ruptura

$$A = 0.28\%$$

Tabla 3. 3 Resultados del Hierro

Fuerza (F)	62371.98 N
Área (A)	125.48mm ²
Longitud Inicial (Lo)	50mm
Longitud Final (Lf)	66.78mm
Esfuerzo normal de tracción.	497.07MPa
Deformación unitaria	2.86x10 ⁻³
Deformación %	0.28%
Alargamiento %	0.28%

Pruebas destructivas del Aluminio

Esfuerzos de tracción.

- Esfuerzo normal de tracción

$$A = \frac{\pi d * 2}{4}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{14881.77}{125.48} = 108.6MPa$$

- Deformación unitaria

$$\delta = \frac{Lf - Lo}{Lo} = \frac{74.78 - 50.19}{50.19} = 0.49$$

$$\epsilon = \frac{\delta}{Lo} = \frac{0.49}{50.19} = 9.8 \times 10^{-3}$$

- Deformación unitaria porcentual

$$\epsilon = \frac{0.49}{50.19} * 100 = 0.98\%$$

- Alargamiento porcentual en la ruptura

$$A = 0.98\%$$

$\delta m = Deformacion\ unitaria$

$$\delta = \frac{F * Lo}{E * A}$$

$$\epsilon = \frac{F * Lo}{\delta m * A} = \frac{1517 * 50.19 * (9.81)}{4.92 * \frac{\pi}{4} * 9.20^2} = 2283.71 Mpa$$

Tensión

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{1517}{\frac{\pi}{4} * 9.20^2} = 22.82 Mpa$$

Tabla 3. 4 Resultados del Aluminio

Fuerza (F)	14881.77 N
Área (A)	125.48mm ²
Longitud Inicial (Lo)	20.19mm
Longitud Final (Lf)	0mm
Esfuerzo normal de tracción.	118.6MPa
Deformación unitaria	-x10 ⁻³
Deformación %	0.17%
Alargamiento %	0.17%

CAPITULO IV

4.1 Pruebas y Mediciones

4.1.1 Tabla Comparativa.

- **Bronce**

Tabla 4. 1 Resultados Obtenidos del Bronce

Fuerza (F)	2273.11 N
Área (A)	17.35mm ²
Longitud Inicial (Lo)	158mm
Longitud Final (Lf)	200mm
Esfuerzo normal de tracción.	131.02MPa
Deformación unitaria	1.7x10 ⁻³
Deformación %	0.17%
Alargamiento %	0.17%

Bronce S.A.E - 660 ASTM B - 144 (3B)

Es una aleación muy generalizada en el uso industrial, que rinde magníficos resultados para trabajos semipesados y condiciones normales de lubricación. Un Bronce fino, compacto y uniforme de buenas características antifricción y resistente al desgaste bajo presiones fuertes con velocidad media. Poco desgaste en condiciones normales de lubricación recomendado especialmente para pequeños engranes partes de bomba,

prensaestopas, asientos de válvulas, arandelas de empuje, sincronizados de transmisiones, respaldos de chumaceras y bielas; bujes casquillos, cojinetes y chumaceras de maquinaria en general.

Tabla 4. 2 Alecciones de Bronce

ALEACION	Min %	Max %
COBRE	81.0	85.00
ESTAÑO	6.25	7.50
PLOMO	6.00	8.00
ZINC	2.00	4.00
NIQUEL	-	0.50
HIERRO	-	0.20
ANTIMONIO	-	0.35
FOSFORO	-	0.15

Fuente: <http://www.automotriz.net/tecnica/cojinetes.html>

Bronce 0-2	
Resistencia a la tensión	2000 Kg/cm ²
Alargamiento en 5.08 cm	18%
Dureza Brinell	50-60
Conductividad	16.4%
Densidad	8.7 gr/cm ³
Bronce 0-2	
Resistencia a la tensión	2000 Kg/cm ²
Alargamiento en 5.08 cm	18%
Dureza Brinell	50-60
Conductividad	16.4%
Densidad	8.7 gr/cm ³
Bronce 0-3	
Resistencia a la tensión	2460 Kg/cm ²
Alargamiento en 5.08 cm	12%
Dureza Brinell	65-75
Conductividad	12%
Densidad	8.93
Bronce 0-4	
Resistencia a la tensión	4000 Kg/cm ²
Alargamiento en 5.08 cm	20%
Dureza Brinell	75-85

Figura 4. 1 Tipos de Bronces en el mercado.

Fuente: Resistencia de materiales, Robert Mott, 5ta edición.

En la siguiente figura se puede observar que de acuerdo a los resultados obtenidos y haciendo la comparación con el porcentaje de alargamiento se ha concluido que el material de bronce es el S.A.E – 660 ASTM B -144 (3B) por lo cual se realizaran los estudios des mismo para verificar si existe este en el mercado este material o uno similar para la posible fabricación de diferentes elementos de la transmisión automática en el país.

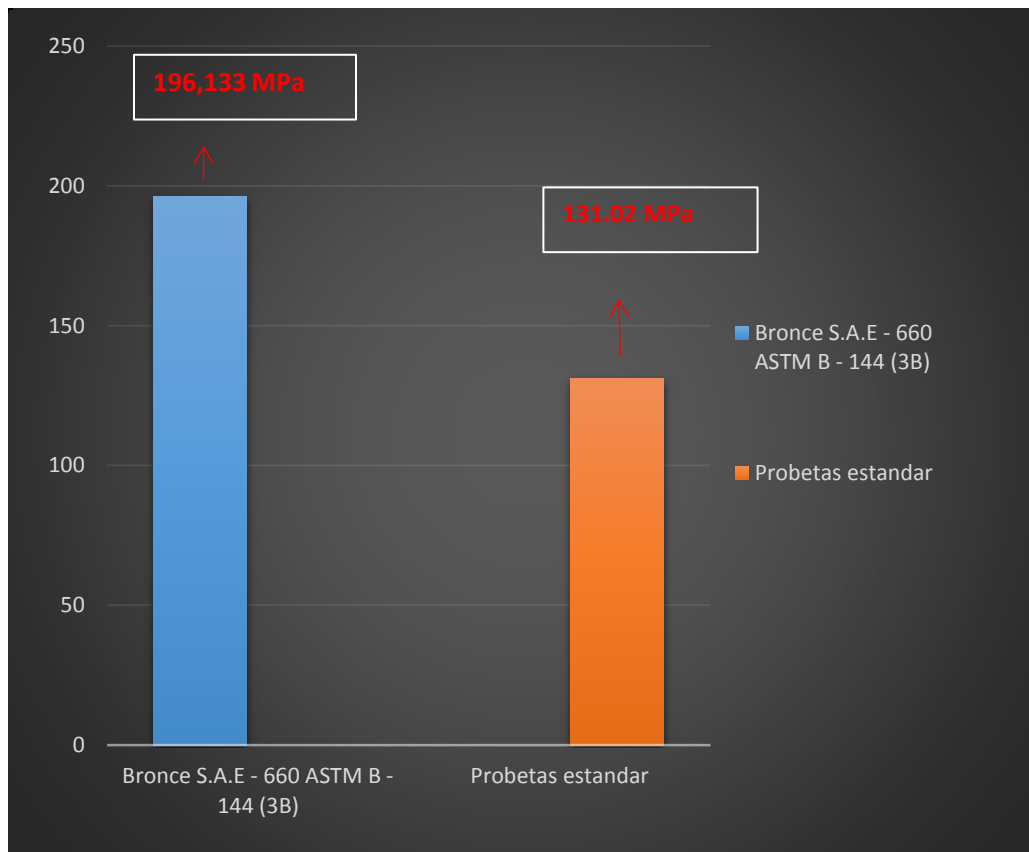


Figura 4. 2 Resultados Comparativos del Bronce

En la siguiente figura podemos visualizar la curva de la carga aplicada vs deformación del material porcentualmente y verificar hasta donde puede estirarse y sea normal o sea que este regrese a su estado natural, la deformación del mismo y por último la ruptura del material de acuerdo a la carga que se aplique al mismo esto quiere decir a la fuerza a la que está sometida la probeta hasta llegar a la ruptura de esta.

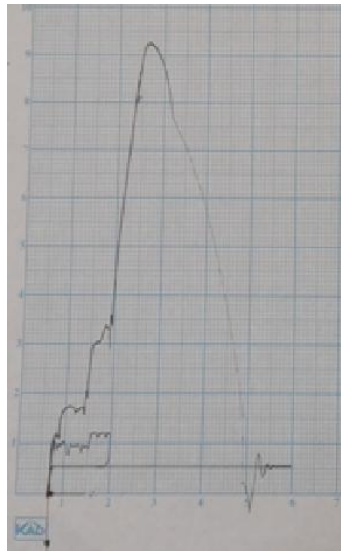


Figura 4. 3 Carga Aplicada vs deformación unitaria del bronce

- **Acero**

Tabla 4. 3 Resultados Comparativos del Acero

Fuerza (F)	63176.4 N
Área (A)	119.98mm ²
Longitud Inicial (Lo)	80.17mm
Longitud Final (Lf)	98.8mm
Esfuerzo normal de tracción.	526.56MPa
Deformación unitaria	2.86x10 ⁻³
Deformación %	0.28%
Alargamiento %	0.28%

Acero ASTM A36

El acero ASTM A36 es un material que por sus características y propiedades se ha convertido en el más usado por la industria ecuatoriana; este material es el resultado de la composición de elementos químicos, siendo el más importante el hierro y el de menos presencia el carbón, el cual, no supera el 1,2% en peso de la composición, por lo general, alcanza porcentajes entre el 0,2% y el 0,3%, lo que facilita el proceso de moldeo de este acero. Las características de composición son las que clasifican a los materiales en función de los elementos que dominan en cantidad, en función de la facilidad de realizar algunos tratamientos térmicos y de su uso. El acero es muy utilizado en la construcción de maquinaria, herramientas, edificios y obras públicas; por la variedad que presenta y sobre todo por la disponibilidad en el mercado. Una ventaja muy importante de este material es que tienen un comportamiento lineal y elástico hasta la fluencia, lo que hace que sea predecible en las estructuras, y por lo tanto el más usado en la industria. Al existir una gran variedad de aceros por las características de la composición y de las aleaciones, se ha impuesto ciertas Normas que los regulan, estas son impuestas por cada país, cada fabricante de acero, y también por los consumidores de este material. Las normas reguladoras del acero, más conocidas a nivel internacional, son las clasificaciones de AISI, ASTM, DIN o ISO. Estas normas, indican la cantidad mínima o máxima de cada componente y las propiedades mecánicas que tienen el acero resultante. Por ejemplo, en el sistema que usa el AISI, para aceros con bajo contenido de aleación, AISI XXXX, los dos primeros números indican el contenido 10 de aleación y los dos últimos indican el contenido nominal de carbono en fracciones de 0,01%. A los aceros también se los clasifica por el tratamiento térmico que se les realizó, este es un proceso de calentamiento y enfriamiento a temperaturas y condiciones determinadas, al que se someten los metales con el fin de mejorar sus propiedades mecánicas,

especialmente la dureza, la resistencia y la tenacidad. Este proceso no cambia la composición química, pero si los constituyentes estructurales. Los tratamientos térmicos básicos son: el Temple, Revenido, Recocido y Normalizado.

A continuación, se detalla la composición química del acero al que se hace referencia, en la tabla 4.4 se muestra los valores que se utiliza en el presente proyecto, datos que fueron facilitados por la empresa IPAC:

Tabla 4. 4 Composición Química del Acero A36

Elemento	C	Cu	Fe	Mn	P	S
%	0,25	0,02	99	0.8-1.2	Máx 0,04	Max 0,05

Fuente: IPAC

En la siguiente tabla se recopiló los datos de las propiedades más importantes del acero ASTM A36, en la elaboración de este proyecto se hace referencia a estos valores:

Tabla 4. 5 Datos de propiedades del acero ASTM A36

PROPIEDAD	VALOR	UNIDADES
Densidad	7850	Kg/m ³
Límite de fluencia	32-36 (250-280)	Ksi (MPa)
Resistencia a la tensión	58 – 80(400-550)	Ksi(MPa)
Modulo de elasticidad	29 000	Ksi
% de elongación mínimo	20 (8")	%
Punto de fusión	1538	°C

Fuente 1 Ciencia de materiales, Selección y Diseño”, de Pat L. Mangonon

En la siguiente figura podemos observar que el acero ASTM A36 es el que se utilizó para la fabricación de los diferentes elementos de la transmisión automática debido a que se encuentra dentro del rango gracias a las pruebas destructivas realizadas anteriormente.

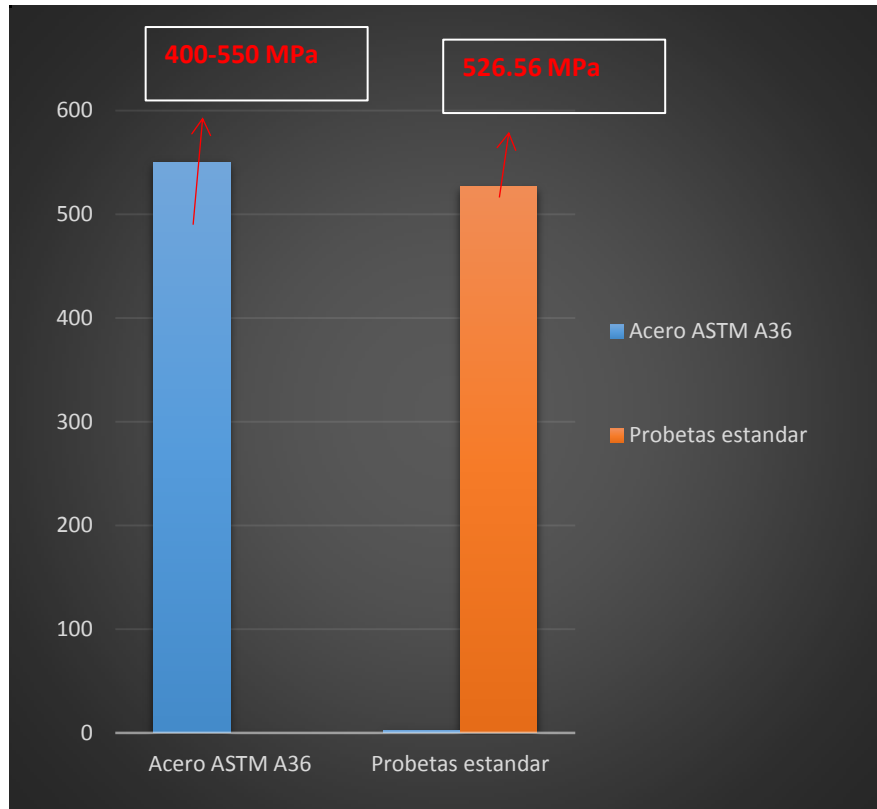


Figura 4. 4 Resultado Comparativo del Acero

Diagrama esfuerzo vs deformación unitaria.

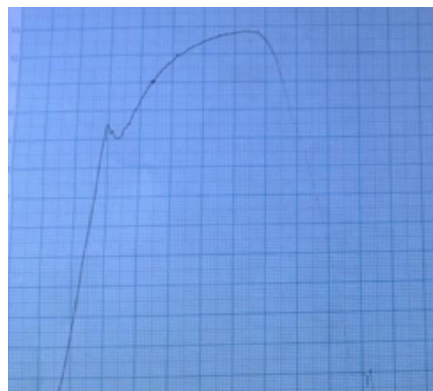


Figura 4. 5 Diagrama esfuerzo vs deformación unitaria del acero

- **Hierro**

Tabla 4. 6 Resultados Comparativos del Hierro

Fuerza (F)	62371.98 N
Área (A)	125.48mm ²
Longitud Inicial (Lo)	50mm
Longitud Final (Lf)	66.78mm
Esfuerzo normal de tracción.	497.07MPa
Deformación unitaria	2.86x10 ⁻³
Deformación %	0.28%
Alargamiento %	0.28%

Hierro ASTM A602 Fundición de hierro industria automotriz.

Los Hierros Nodulares se convirtieron en una realidad industrial y fueron producto de un tratamiento realizado en la fusión del Hierro Gris, lo que causó que el grafito que estaba presente en forma de hojuelas se transformaran en forma de esferas o Nódulos. La forma Nodular del grafito redujo el efecto de agrietamiento cuando el material es sometido a cargas cíclicas, y por lo tanto, aumentó la resistencia a la fatiga, debido a que las esferas actúan como restadores de grietas.

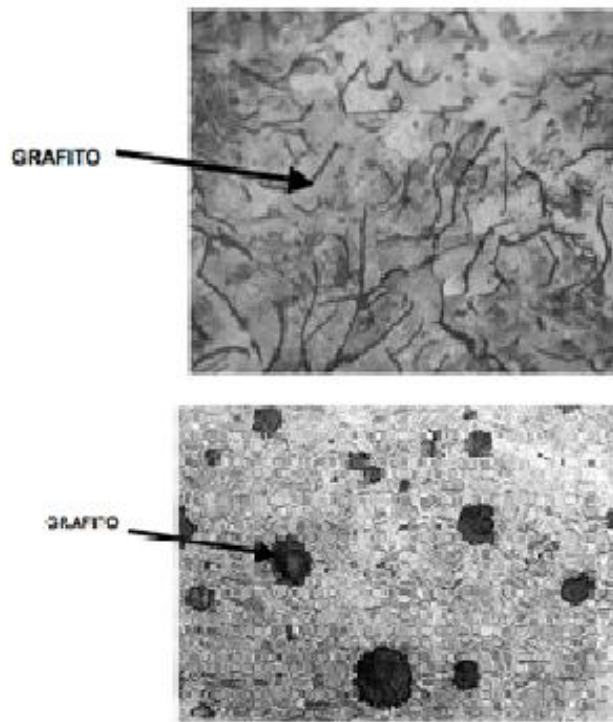


Figura 4. 6 Grafito.

Fuente: Resistencia de Materiales, Mott.

La composición química y la nomenclatura utilizada de los Hierros Nodulares estudiados en los ensayos, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4. 7 Composición química de los hierros nodulares ensayados (% en peso)

	Nomenclatura						
	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Nominal	1Ni-0.25Mo-0.6Cu	1Ni-0.23Mo	0.16Mo-0.6Ni	0.9Ni-0.6Cu	1Cu-0.26Mo	0.4Cu-0.3Mo	Hierro sin alear
C	3.66	3.88	4.11	3.88	3.69	3.74	3.72
Si	2.23	2.38	2.37	2.54	2.50	2.46	2.34
Mn	0.26	0.32	0.28	0.026	0.26	0.24	0.22
S	0.015	0.014	0.107	0.015	0.0099	0.0066	0.007
P	0.024	0.024	0.022	0.022	0.021	0.21	0.020
Mg	0.047	0.045	0.030	0.062	0.037	0.049	0.041
Cu	0.66	0.10	0.14	0.64	1.0	0.41	0.09
Mo	0.253	0.237	0.167	0.044	0.261	0.315	0.045
Ni	1.01	1.02	0.634	0.884	0.048	0.039	0.037
Cr	0.052	0.041	0.055	0.044	0.043	0.032	0.032
Sn	0.008	0.007	0.010	0.007	0.007	0.007	0.007
Ti	0.003	0.003	0.008	0.008	0.006	0.006	0.006
Al	0.012	0.013	0.011	0.012	0.012	0.012	0.013

Fuente: Resistencia de Materiales, Moot, %ta edición.

Tabla 4. 8 Propiedades Físicas del Hierro

	Ferrítico	Ferrítico-Perlítico	Perlítico	Martensítico (Con Austenita Retenida)	Martensita Templada	Austemperizado	Austemperizado	Austenítico
Grado ASTM	60-40-18	80-55-06	100-70-03	DQ&T	-	1050-700-7	1600-1300	-
Dureza (HB)	143-187	-	-	-	-	302-363	444-555	-
Esfuerzo de cedencia (MPa)	276	379	483	-	-	700	1300	-
Deformación (%)	18	6	3	-	-	7	-	-
Resistencia a la Tensión (MPa)	414	552	690	600	793	1050	1600	310

Fuente: Resistencia de Materiales, Mott, 5ta edición.

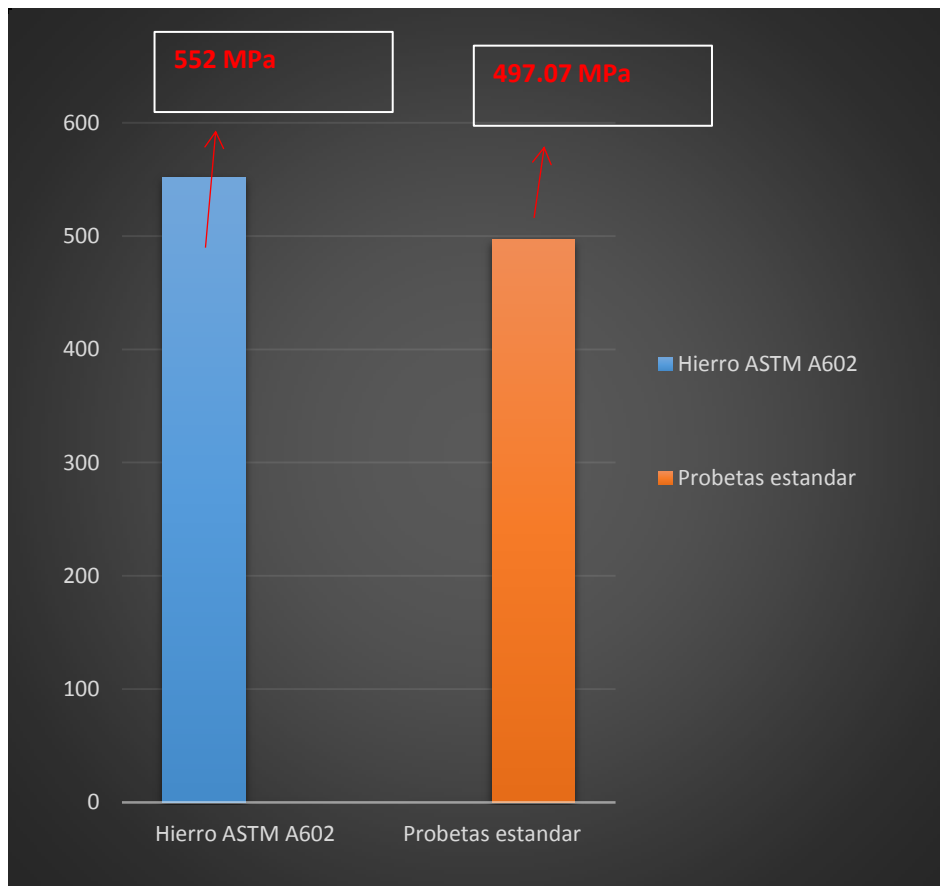


Figura 4. 7 Resultados Comparativos del Hierro

En la siguiente imagen observamos el diagrama carga aplicada vs deformación del hierro ASTM A602 que es el que se utilizó para el ensayo desarrollado.

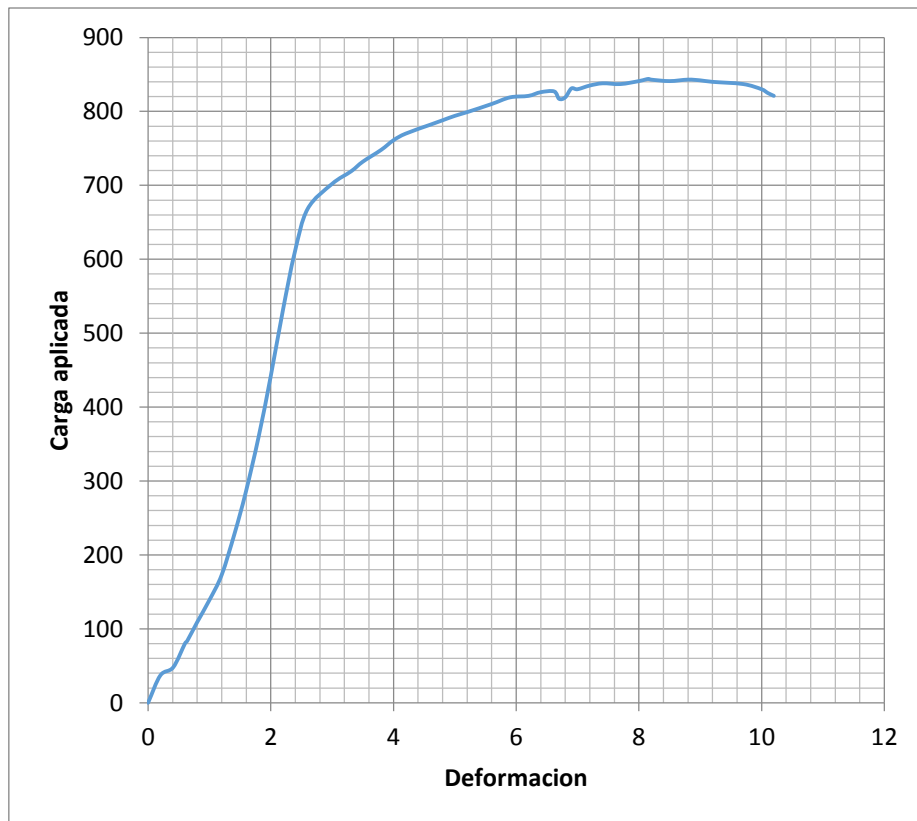


Figura 4. 8 Diagrama Carga aplicada vs Deformación Unitaria del Hierro.

- **Aluminio**

Tabla 4. 9 Resultados Comparativos del Aluminio

Fuerza (F)	14881.77 N
Área (A)	125.48mm ²
Longitud Inicial (Lo)	20.19mm
Longitud Final (Lf)	0mm
Esfuerzo normal de tracción.	108.6MPa
Deformación unitaria	-x10 ⁻³
Deformación %	0.17%
Alargamiento %	0.17%

Aluminio aleación serie 3000

Aleación binaria de aluminio – silicio y magnesio, muy utilizable en la fabricación de piezas para la industria automotriz y de aviación; tiene aplicaciones estructurales en los casos que se requiera peso ligero combinado con resistencia. Posee excelente resistencia a la corrosión inter-cristalina, pero presenta problema en corrosión por picadura, es recomendable la utilización de productos con tratamiento térmico.

Tabla 4. 10 Tipos de Aluminio según su aleación.

Serie:	Principal aleante:	Resistencia a tracción aproximada (MPa)	Resistencia a tracción aproximada con tratamiento térmico (MPa)	Características:
Serie 1000	99% aluminio puro	90	-	Alta resistencia a la corrosión. No tóxico. Excelente acabado. Excelente maleabilidad. Alta conductividad eléctrica y térmica.
Serie 2000	Cobre	185	442	Alta resistencia mecánica. Alta resistencia a la corrosión. Buena maquinabilidad.
Serie 3000	Manganeso	110	-	Buena resistencia mecánica. Alta resistencia a la corrosión. Buena maleabilidad.
Serie 4000	Silicio	-	380	Alta resistencia al calor.
Serie 5000	Magnesio	200	-	Buena resistencia mecánica. Alta resistencia a la corrosión, especialmente al agua de mar. Muy buena soldabilidad.
Serie 6000	Silicio y Magnesio	110	250	Buena resistencia mecánica. Buena resistencia a la corrosión. Buena maquinabilidad. Buena soldabilidad.
Serie 7000	Zinc	220	510	Alta resistencia mecánica. Buena maquinabilidad.

Tabla 4. 11 Propiedades Físicas del aluminio

Aleación y temple	Resistencia última, s_u		Resistencia a la cedencia		Porcentaje de alargamiento	Resistencia a cortante, s_{us}	
	ksi	MPa	ksi	MPa		ksi	MPa
1100-H12	16	110	15	103	25	10	69
1100-H18	24	165	22	152	15	13	90
2014-0	27	186	14	97	18	18	124
2014-T4	62	427	42	290	20	38	262
2014-T6	70	483	60	414	13	42	290
3003-0	16	110	6	41	40	11	76
3003-H12	19	131	18	124	20	12	83
3003-H18	29	200	27	186	10	16	110
5154-0	35	241	17	117	27	22	152
5154-H32	39	269	30	207	15	22	152
5154-H38	48	331	39	269	10	28	193
6061-0	18	124	8	55	30	12	83
6061-T4	35	241	21	145	25	24	165
6061-T6	45	310	40	276	17	30	207
7075-0	33	228	15	103	16	22	152
7075-T6	83	572	73	503	11	48	331
Aleaciones fundidas							
(moldeo de fundición permanente)							
204.0-T4	48	331	29	200	8	—	—
356.0-T6	33	228	22	152	3	—	—

Fuente: Resistencia de Materiales, Mott, 5ta Edición.

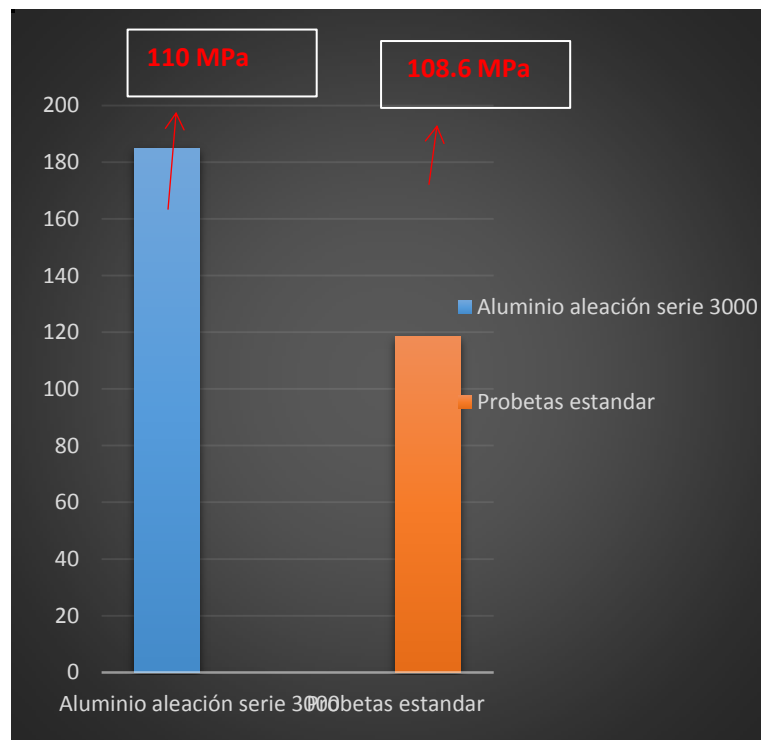


Figura 4. 9 Grafico Comparativo del Aluminio.

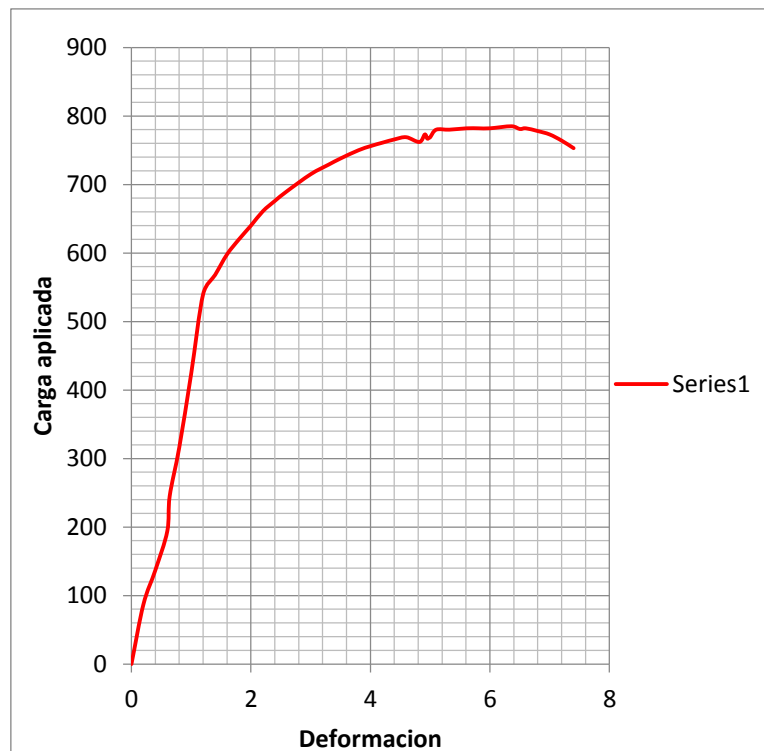


Figura 4. 10 Grafico Carga Aplicada vs Deformación Unitaria.

4.2 Resultados

Existen muchos recursos de minerales en Ecuador, como plata, cinc, cobre, plomo, uranio, caolín, azufre y piedra caliza.

Entre las empresas más grandes y con mayor número de materiales y aleaciones existentes en el Ecuador encontramos a NOVACEROS, ADELCA, ACEROS INDUSTRIALES HBG de donde se adquirida información de los diferentes materiales que disponemos dentro del país para la elaboración de diferentes piezas donde se realizaron los estudios; gracias a sus catálogos de materiales y aleaciones vamos a verificar si es posible la construcción de una transmisión automática dentro del país de acuerdo a los materiales existentes en el mercado.

De acuerdo a la siguiente imagen podemos observar que no se realiza el tratamiento de los diferentes materiales aquí sino que se trae la materia prima se la prepara se realizan cortes de acuerdo a lo que se necesita y se pone a la venta el elemento ya elaborado.

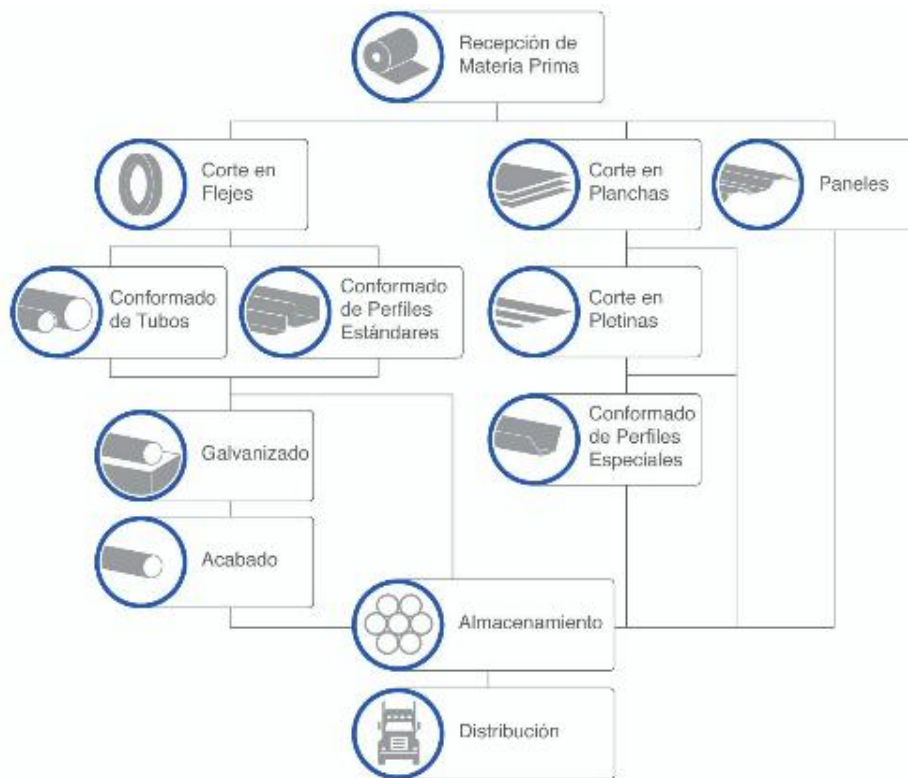


Figura 4. 11 Tratado de los materiales.

Fuente: ESIS catálogo general IBCA

Bronces.

- **Bronce al aluminio**

Propiedades y aplicaciones

Barras de Bronce al aluminio, tenaz, de elevada resistencia a la corrosión a temperaturas elevadas; resistente al ácido sulfúrico diluido, soluciones salinas y ácidos orgánicos.

Material forjable.

El bronce al aluminio se utiliza en piezas de aparatos y equipos de las industrias químicas y semejantes. Husillos de válvulas, ejes para mecanismos agitadores y piezas

de forja, guías, engranajes, etc. Destilerías de vinagre, fabricación de tintes y de colorantes, factoría de pulpa y papel, establecimientos azucareros, etc.

Se suministra en barras.

Tabla 4. 12 Propiedades Físicas BA-10 Cinta Amarilla I

CALIDAD	COMPOSICIÓN	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Kg/mm²	ALARGAMIENTO %	DUREZA- BRINELL Kg/mm²	COEFICIENTE DE DILATACIÓN POR C (21-204 C %)
BA-10 Cinta Amarilla I	Cu. 91% Al. 9%	53-66	10-20	120-150	16,2X10 ⁻⁶
CONDUCTIBILIDAD ELÉCTRICA IACS A 20 C %	CONDUCTIBILIDAD TÉRMICA A 20 C % Cal/cmxxs C	MÓDULO DE ELASTICIDAD (Kg/mm²)	ELASTICIDAD (Kg/mm²)	CONTRACCIÓN LINEAL %	PESO ESPECÍFICO a 20C
12-13	0,14-0,17	10.500 13.700	-	1,80-2,60	7,52

Fuente: ESIS/catalogo-general-IBCA



Figura 4. 12 Bronce al Aluminio

Fuente: acerosindustrialeshgb.com/fotos/img400_pic2578_producto.jpg_8711.jpg

- **Bronce Dulce (ASTM B455)**

Aleación de cobre, de buena ductilidad y fácil de trabajar en maquinado por la adición de plomo. Por su alto contenido de zinc, se lo puede utilizar en forma general, en procesos de doblado, maquinado y estampado en caliente.

Accesorios para secadores eléctricos, bisagras, accesorios para cerraduras, puertas de duchas, pasamanos, marcos, juntas de dilatación. Mordazas de prensa, tuercas, válvulas, tornillos. Grifos, uniones, fijadores, racores

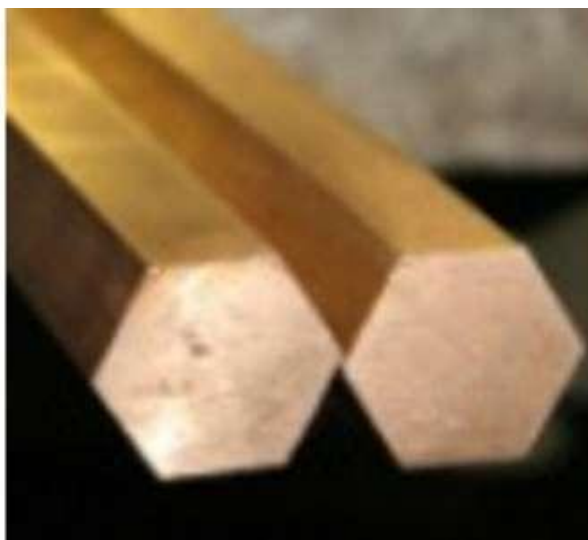


Figura 4. 13 Bronce Dulce

Fuente:http://www.acerosindustrialeshgb.com/fotos/img400_pic2578_producto.jpg_8711.jpg

- **Bronce Fosfórico (SAE 640)**

Bronce fosfórico al Níquel. Posee una gran dureza y elevada resistencia por su grano fino con excelentes anticorrosivos. Recomendado para soportar grandes esfuerzos, impactos y temperaturas. Usos: Bujes de bielas, cajas de cambio, pasadores de pistón, balancines. Engranajes, coronas, piñones y rodets. Impulsores de bombas centrífugas para agua con materiales de suspensión. Descansos y guías de laminadoras, prensas excéntricas y grúas.

Tabla 4. 13 Composición Química.

Cu	Sn	Pb	Ni
85,00 - 88,00	10,00 - 12,00	1,00 - 1,50	0,8 - 1,5

Tabla 4. 14 Propiedades Químicas

Propiedades mecánicas	
Resistencia a la tracción	28 (kgf/mm2)
Alargamiento	10%
Dureza (HB)	80
Punto de fusión	900 °C
Resistencia a la corrosión	Excelente
Resistencia al desgaste	Excelente
Calidad antifricción	Buena
Desempeño en altas temp.	Buena
Presión	Alta
Lubricación	Forzada
Velocidad	Media

Fuente: ESIS/catalogo-general-IBCA



Figura 4. 14 Bronce Fosfórico

Fuente:http://www.acerosindustrialeshgb.com/fotos/img400_pic2578_producto.jpg_87

11.jpg

Especificaciones del acero que se encuentra en NOVACEROS

ESPECIFICACIONES DE ACERO MICROALEADO				
NORMA DE PRODUCTO		NORMA NTE INEN 2167/ASTM.A - 706		
PROPIEDADES MECÁNICAS		VALORES		UNIDADES
GRADO DEL ACERO		60 [42]		klb/plg ² (kgf/mm ²)
Limite de Fluencia (Fy)	Min	420 [4200]		MPa (kgf/cm ²)
	Max	540 [5400]		MPa (kgf/cm ²)
Resistencia a la Tracción (Fu)	Min	550 [5500]		MPa (kgf/cm ²)
Alargamiento mínimo en Le=200 mm	Según diámetro	d ≤20	14	%
		22 ≤ d ≤ 36	12	
		d >40	10	
SOLDABILIDAD		No Requiere Precolentamiento según AWS D1.4		
(F _t / F _y ≥ 1.25)		La resistencia a tracción real debe ser igual o mayor a 1.25 veces el limite de fluencia real registrado en el ensayo de la probeta.		

Figura 4. 15 Especificaciones de Acero Microaleado ADELCA

Fuente: Catalogo de Materiales ADELCA

Especificaciones del acero que se encuentra en ADELCA

Tabla 4. 15 Comparativa de Propiedades Mecánicas.

PROPIEDADES MECÁNICAS	ASTM A36		INEN 2215 grado E185	
	Kgf / mm ²	MPa	Kgf / mm ²	MPa
Límite de Fluencia mínimo	25	250	19	185
Resistencia a la tracción mínima	40	400	30	300
Resistencia a la tracción máxima	56	550	55	540
Alargamiento (%) mínimo con probeta $Lo = 5,65 \cdot \sqrt{Ao} = 26\%$	21%		18%	

Fuente: Catalogo de Materiales ADELCA

Se clasificará los resultados de las probetas estándar para continuar su análisis. Se procede a sacar los resultados de los materiales con los que es construida cada una de las partes de la transmisión automática y se busca si hay la existencia de estos materiales para la construcción de la misma.

CAPITULO V

5.1 Conclusiones

- Por medio de los ensayos destructivos realizados se logró identificar el punto de ruptura de los elementos con los que se realizó las pruebas gracias a esto identificamos el material con el que estaba contruidos y por ende los materiales de común uso para la construcción de la transmisión para proceder a la búsqueda de aleación similares que nos ayuden con la elaboración de las diferentes piezas.
- De acuerdo a la investigación realizada pude concluir que en el Ecuador no existe una fuente de minerales ni empresas que se encarguen de la producción de materiales ni de sus aleación por lo que en este momento sería imposible la construcción completa de una transmisión automática; los materiales que encontramos son de baja calidad y muchos de ellos traídos del extranjero para la producción de diferentes piezas son similares a los que se utiliza para la construcción de una transmisión, pero no son completamente iguales para realizar su posible fabricación.
- Finalmente, logramos entender que la producción de una transmisión automática sería demasiado costosa; de lo que esta es construida más o menos en unos \$2000 a \$3000 dólares aquí por la falta de materiales y mano de obra tendría un costo de alrededor de \$8000 a \$9000 dólares de acuerdo a las especificaciones que esta requiera, por lo que sería demasiado costoso la producción de esta dentro de Ecuador.
- Es significativo tomar en cuenta la importancia de los ensayos INEN 0109 porque por este medio pudimos llegar a hacer las pruebas destructivas conocer acerca de ellas; cuál es su funcionamiento, como se debe realizar cada prueba, cual es la correcta utilización de la maquinaria y verificar lo importante que es la resistencia que debe tener un material antes de romperse o la fuerza a la que puede ser sometido antes de sufrir una

deformación que no sea normal; que esta pueda regresar a su estado natural recordando que estas pruebas se las realiza a temperatura ambiente.

5.2 Recomendaciones

- Sería importante que como país logremos desarrollar la industria automotriz y conocer todos los elementos que en lo posible se puedan fabricar aquí y lograr que sean más económicos que lo importado para así crecer como país y como industria automotriz.
- Ver la posibilidad de traer más materiales ya que en las fuentes mineras no lo encontramos para poder tener mayores variaciones de metales y aleación para la fabricación de diferentes elementos.
- Es importante tomar en cuenta el estudio realizado para otras posibles tesis que nos permitan desarrollarnos de mejor forma e ir creciendo, en aprendizaje y conocimiento, y en lo posible en un futuro tener la producción de diferentes elementos mecánicos, pero con los materiales adecuados para que estos resistan y permitan un mejor desempeño de las piezas.

BIBLIOGRAFÍA

- International Standard ISO 6892. Metallic materials -Tensile testing at ambient temperature, second edition 1998-03-01. International Organization for Standardization. Geneva. 1998.
- ALONSO, José (1999), Electromecánica de vehículos; Motores. 4ª edición. Paraninfo, Madrid.
- Analytical, Measuring principle, Conductividad térmica. 6ª Edición.
- CEM. CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGÍA. Procedimiento QU-002 para la calibración de analizadores de gases.
- CEM. CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGÍA. Procedimiento QU-011 para la calibración de opacímetros.
- CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA, MÉXICO, 2002.
- CREUS Antonio (1997) Instrumentación Industrial, 6ª Edición. Editorial Alfaomega., España.
- Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática. ALCOI.
- DYER, John (1973), Aplicaciones de espectroscopia de absorción en compuestos orgánicos. 1ª Edición. Editorial Prentice Hall International. Bogotá.
- Editorial: Paraninfo Autor: MANUEL OROVIO ASTUDILLO Páginas: 688 ISBN
- Lexikon der Metalltechnik. Handbuch für alle Gewerbetreibenden und Künstler auf metallurgischem Gebiet. Dirigido por J. Bersch. A. Editorial Hartlebens, Viena/Pest/Leipzig, sin año de publicación.
- Bronze – unverzichtbarer Werkstoff der Moderne. Instituto alemán del cobre (DKI), Düsseldorf 2003.

- T. L. Kienlin: Frühes Metall im nordalpinen Raum: Eine Untersuchung zu technologischen und kognitiven Aspekten früher Metallurgie anhand der Gefüge frühbronzezeitlicher Beile. En: Información arqueológica. 27, 2004, Pgs. 187–194.
- Fichas informativas i15 y i25 del Instituto alemán del cobre (DKI), Düsseldorf 2004.
- Guss aus Kupferlegierungen. Ernst Brunhuber, Schiele&Schön, Berlín 1986, ISBN 3-7949-0444-3.
- Millán Gómez, Simón (2006). Procedimientos de Mecanizado. Madrid: Paraninfo. ISBN 84-9732-428-5.
- Sandvik Coromant (2005). Guía Técnica de Mecanizado. AB Sandvik Coromant.
- Larburu Arrizabalaga, Nicolás (2004). Máquinas. Prontuario. Técnicas máquinas herramientas. Madrid: Thomson Editores. ISBN 84-283-1968-5.
- Varios autores (1984). Enciclopedia de Ciencia y Técnica. Salvat Editores. ISBN 84-345-4490-3.
- Luis Colasante (2006). L'étude des superficies de l'acier inoxydable austénitique AISI 304 après une déformation plastique et un procédé d'abrasion. Venezuela, Mérida: Universidad de Los Andes.
- Nueva Enciclopedia Larousse. 1984. ISBN 84-320-4260-9.
- (en inglés) John Gloag and Derek Bridgwater, A History of Cast Iron in Architecture, Allen and Unwin, London (1948)
- (en inglés) Peter R Lewis, Beautiful Railway Bridge of the Silvery Tay: Reinvestigating the Tay Bridge Disaster of 1879, Tempus (2004) ISBN 07524 3160 9
- (en inglés) Peter R Lewis, Disaster on the Dee: Robert Stephenson's Nemesis of 1847, Tempus (2007) ISBN 0-7524-4266-2

- (en inglés) George Laird, Richard Gundlach and Klaus Röhrig, Abrasion-Resistant Cast Iron Handbook, ASM International (2000) ISBN 0-87433-224-9
- Enciclopedia de Ciencia y Técnica. Salvat Editores. 1984. ISBN 84-345-4490-3.
- Guía Técnica de Mecanizado. AB Sandvik Coromant. 2005.
- Hufnagel, W. (1992). Manual del Aluminio. traducción: Coca, Pedro (2ª edición). Barcelona: Reverté. ISBN 84-291-6011-6.
- Larburu Arrizabalaga, Nicolás (2004). Máquinas. Prontuario. Técnicas máquinas herramientas. Madrid: Thomson Editores. ISBN 84-283-1968-5.
- Millán Gómez, Simón (2006). Procedimientos de Mecanizado. Madrid: Paraninfo. ISBN 84-9732-428-5.
- Smith, William F. (1998). Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales. Madrid: Mc Graw Hill. ISBN 84-481-1429-9.
- Norma ISO 286-2 ISO System of limits and fits. Part 2. Tables of Standard tolerance grades and limits deviation for holes and shafts.
- Norma ISO 377 Steel and steel products - Location and preparation of samples and test pieces for mechanical testing..
- Norma ISO 2566-1 Steel - Conversion of elongation values. Part 1. carbon and low alloy steel Second edition.
- Norma ISO 2566-2 Steel - Conversion of elongation values. Part 2. Austenitic steel First edition.
- Norma ISO 7500-1 Metallic materials – Verification of static uniaxial testing machines – Part 1, Tension/compression testing machines – Verification and calibration of the force – measuring system.
- Norma ISO 9513 Metallic materials – calibration of extensometer used in uniaxial testing

- http://web.archive.org/web/http://www.me.umn.edu/education/courses/me5286/vehicle_dyn/Vehicle%20Dynamics%20Lecture05.pdf
- <http://www.automotriz.net/tecnica/conocimientos-basicos-44.html>
- <http://www.tirerackspanol.com/tires/tiretech/techpage.jsp?techid=4>
- <https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/dinamica-del-vehiculo-definicion-significado/gmx-niv15-con193863.htm>
- <http://www.cajas-automaticas.com/cajas-automaticas-mecanica-informacion.html>

ANEXOS





INSTRUCTIVO

EQUIPO: MAQUINA DE ENSAYOS UNIVERSALES

CODIGO: MM - 29

MANUAL: MMM - 29

CARACTERISTICAS TECNICAS:

VOLTAJE: 220 [V]

FASES: 3

CICLOS: 60 [Hz]

PESO: 500 [Kg]

CAPACIDAD MAXIMA: COMPRESION: 200 [t]
TRACCION: 10 [t]

MARCA: AMSLER

MODELO: FM - 1033

REFRIGERANTE: N/A

TIPO DE MOTOR: P - 8

POTENCIA MOTOR: 2 [HP]

VELOCIDAD MAX MOTOR: 1700 [rpm]

COMBUSTIBLES: N/A

NORMAS PARA SU FUNCIONAMIENTO

- Preparación de la probeta según requerimientos del equipo.
- Control del nivel del aceite.
- Determinación de la clase de ensayo.
- Abrir las válvulas de M1 y cerrar las válvulas M2 para tracción y viceversa para compresión. Estas válvulas se encuentran atrás de la unidad de control.
- Coloque el resorte de acuerdo al ensayo y la escala en el dinamómetro. Coloque el dial de la escala escogida.
- Conecte a la fuente la alimentación eléctrica.
- Conecte la protección y encienda el equipo.
- Deje pasar 20 minutos de calentamiento.
- Coloque la probeta.
- Proceda al ensayo de acuerdo a los parámetros que se han establecido. Debe estar abierta la manilla de la izquierda y se va cerrando lentamente la manilla de la izquierda.
- Realice las lecturas del dinamómetro. Si el dial de la probeta.
- Apague el equipo y desconecte la alimentación eléctrica.

PRECAUCIONES

- La velocidad de ensayo debe ser lenta y continua o de acuerdo a las condiciones.
- Manténgase alejado de las columnas de ensayo.
- No sobrepasar el 90% de la capacidad máxima de la escala.

NOMBRE DE ENSAYOS

- Tracción en acero.
- Flexión de vigas de madera.
- Flexión de vigas de madera.
- Compresión de madera.
- Compresión sobre cilindros de hormigón.

TIEMPO DE DURACION

De acuerdo a las condiciones del ensayo.

PRESTACION DE SERVICIOS

- Flexión en maderas - RM1729F.
- Compresión en cilindros de hormigón - RM0929C.
- Compresión en bloques huecos de hormigón - RM1029C.
- Compresión en adoquines - RM0829C.
- Tracción de varillas de construcción de hasta 10 mm de diámetro - RM0329T.
- Dureza Brinell en hierro fundido - RM1329V.
- Doblado en acero - RM1829V.
- Tracción sobre acero estructural - RM0429T.
- Tracción en hierro fundido - RM0229T.
- Tracción en chapa de acero con espesor menor a 3 mm - RM0129T.









