



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**TEMA:**

“ELABORACIÓN DE UN MÓDULO DIDACTICO PARA LA ENSEÑANZA DE UN MOTOR ELÉCTRICO MG1 Y LOS FRENOS REGENERATIVOS, DEL VEHÍCULO TOYOTA PRIUS”.

Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingenieros en la especialidad de Mantenimiento Automotriz.

**AUTORES:**

CHAUCA VÁSQUEZ MIGUEL ALEJANDRO

ENRÍQUEZ GARÓFALO EDISON EDUARDO

**DIRECTOR:**

ING. FAUSTO TAPIA

Ibarra-2012

## **ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR**

Luego de haber sido designado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Educación, Ciencia y Tecnología de la Universidad Técnica del Norte de la ciudad de Ibarra, he aceptado con satisfacción participar como director de la tesis del siguiente tema **“ELABORACIÓN DE UN MÓDULO DIDACTICO PARA LA ENSEÑANZA DE UN MOTOR ELÉCTRICO MG1 Y LOS FRENOS REGENERATIVOS, DEL VEHÍCULO TOYOTA PRIUS”**. Trabajo realizado por los señores egresados: **CHAUCA VÁSQUEZ MIGUEL ALEJANDRO- ENRÍQUEZ GARÓFALO EDISON EDUARDO**, previo a la obtención del Título de Ingenieros en la especialidad de Mantenimiento Automotriz.

A ser testigo presencial, y corresponsable directo del desarrollo del presente trabajo de investigación, que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sustentado públicamente ante el tribunal que sea designado oportunamente.

Esto es lo que puedo certificar por ser justo y legal.

**ING. FAUSTO TAPIA**  
**DIRECTOR DE TESIS**

## **DEDICATORIA**

Es nuestro deseo como sencillo gesto de agradecimiento, dedicar este humilde Trabajo de grado, en primera instancia a nuestros progenitores, quienes permanentemente nos apoyaron con espíritu alentador y nos han sabido formar con buenos hábitos y valores, lo cual nos ayudado a salir adelante guiándonos siempre por el mejor camino.

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestra gratitud, principalmente está dirigida a todas aquellas personas que, de alguna forma son parte de nuestra culminación y nos han permitido llegar al final nuestra carrera.

## ÍNDICE

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN	v
SUMMARY	vi
ÍNDICE GENERAL	vi
CAPITULO I	1
1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del Problema	2
1.3 Formulación del problema	3
1.4 Delimitación	3
1.4.1 Unidad de observación	3
1.4.2 Espacial	3
1.4.3 Temporal	3
1.5 OBJETIVOS	4
1.6 Justificación	5
CAPÍTULO II	6
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Fundamentación teórica	6
2.1.1 Historia del freno	6
2.1.2 Freno del automóvil	15
2.1.3 Frenos hidráulicos	17
2.1.3.1 Principios hidráulicos	20

2.1.3.2 Componentes del sistema de frenos	
hidráulicos _____	21
a. Cilindro maestro _____	21
b. Válvula dosificadora _____	22
c. Booster (reforzador de frenos por vacío) _____	23
d. Hidrovac _____	24
e. Cilindro de rueda _____	25
f. Mangueras y líneas de conexión _____	25
2.1.4 Frenos de disco _____	26
2.1.4.1 Principales características de los	
frenos de disco _____	27
2.1.4.2 Mecanismo y componentes _____	27
a Mordazas (Calipers) o pinzas _____	28
b Pistones y cilindros _____	29
c Pastillas de freno _____	29
2.1.4.3 Daños en los discos de freno _____	30
a Alabeado _____	30
b Rotura _____	31
c Rayado _____	31
d Cristalización _____	31
2.1.4.4 Mantenimiento Del Freno De Disco _____	32
2.1.5 Frenos de tambor _____	33
2.1.5.1 Fading _____	36
2.1.5.2 Ventajas y desventajas del freno de	
tambor _____	37
2.1.5.3 Rayaduras del tambor _____	37
2.1.6 Líquido de frenos _____	38
2.1.6.1 Función del líquido de frenos _____	38



4.2.2 Materiales _____	55
4.3. Presupuesto _____	55
<b>CAPITULO V _____</b>	<b>56</b>
<b>5. PROPUESTA ALTERNATIVA _____</b>	<b>56</b>
5.1. Título de la propuesta _____	56
5.2. Justificación e Importancia _____	56
5.3. Fundamentación tecnológica _____	57
5.4. Objetivos _____	58
5.4.1 Objetivo General _____	58
5.4.2 Objetivos Específicos _____	58
5.5. Ubicación sectorial y física _____	59
5.6. DESARROLLO DE LA PROPUESTA _____	59
5.6.1 Introducción al vehículo Toyota Prius _____	59
5.6.2 Motor eléctrico del vehículo Toyota Prius _____	60
5.6.2.1 El generador (MG1) _____	62
5.6.2.2 Características del Generador MG1 _____	64
5.6.2.3 MG1 como arranque _____	65
5.6.3 FRENOS REGENERATIVOS _____	65
5.6.3.1 Historia del freno regenerativo _____	65
5.6.3.2 El sistema de frenos en el Toyota Prius _____	66
5.6.3.3 Freno regenerativo del Toyota Prius _____	68
5.6.3.4 Funcionamiento del freno regenerativo _____	71
5.6.3.5 ¿Cómo se aplica el freno regenerativo del Prius? _____	72
5.6.3.6 Posición “B” en la palanca del Toyota Prius _____	74
5.6.3.7 Freno hidráulico del Prius _____	75

5.6.3.8 El propulsor (Booster) del freno hidráulico	77
5.6.3.9 El freno Actuador	79
5.6.3.10 El sensor del pedal del freno	79
5.6.4 CONDICIONES DE TRABAJO DEL TOYOTA PRIUS	81
a Vehículo detenido con carga suficiente	81
b Vehículo detenido arranca motor de combustión interna	82
c Vehículo detenido cargando batería	82
d Movimiento eléctrico modo EV	83
e Vehículo en movimiento. Arranca motor de combustión interna	84
f Vehículo en movimiento, cargando baterías baja carga	86
g Vehículo en Movimiento. Media carga o media potencia	87
h Vehículo en movimiento. Aceleración fuerte	88
i Freno Regenerativo	89
j Reversa	92
CAPITULO VI	95
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	95
6.1 Conclusiones	95
6.2 Recomendaciones	96
BIBLIOGRAFIA	97
ANEXOS	99

## RESUMEN

Las nuevas tecnologías de los vehículos están encaminadas a disminuir la contaminación ambiental, entre las tecnologías más innovadoras tenemos los vehículos híbridos que combinan energía química (mezcla aire-combustible) y energía eléctrica; en esta categoría se encuentra el vehículo Toyota Prius que en el Ecuador tiene gran acogida ya que es un vehículo de bajo costo en comparación con los demás vehículos que usan el mismo sistema; el Toyota Prius al ser un vehículo con tecnología nueva en el Ecuador está limitado, debido a que existe poca información sobre cómo trabaja la parte eléctrica. En el sistema eléctrico se encuentra el motor generador MG1 y los frenos regenerativos, los cuales se encargan de cargar la batería para luego enviar energía al motor generador MG2, el cual se encarga de mover el vehículo. Este trabajo nos ayudó a comprender de mejor manera el funcionamiento del motor eléctrico MG1 que es el que carga la batería de alto voltaje y arranca el motor de combustión interna. De igual manera conseguimos comprender el funcionamiento de los frenos regenerativos del vehículo Toyota Prius que no tienen ninguna relación con el motor MG1 ya que la función de frenada regenerativa lo hace el motor eléctrico MG2, el frenado regenerativo se realiza con el fin de aprovechar la energía cinética del vehículo convirtiéndola en energía eléctrica que se almacena en la batería de alto voltaje. El frenado regenerativo no tiene la fuerza suficiente para detener el vehículo, por esta razón también cuenta con un freno hidráulico. Elaboramos una guía didáctica en la cual se explica el funcionamiento del MG1 y los frenos regenerativos, como también las condiciones de trabajo del vehículo, esta guía servirá para los estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la Universidad Técnica del Norte.

## SUMMARY

The new technologies of the vehicles are guided to diminish the environmental contamination, among the most innovative technologies we have the hybrid vehicles that combine chemical energy (it mixes air-fuel) and electric power; in this category he/she is the vehicle Toyota Prius that has great welcome since in the Ecuador it is a vehicle of low cost in comparison with the other vehicles that use the same system; the Toyota Prius to the being a vehicle with new technology in the Ecuador is limited, because little information exists on how the electric part works. In the electric system he/she is the generating motor MG1 and the regenerative controls, which take charge of loading the battery stop then to send energy to the generating motor MG2, which takes charge of moving the vehicle. This work helped us to understand in a better way the operation of the electric motor MG1 that is the one that loads the battery of high voltage and it pulls up the motor of internal combustion. In a same way we are able since to understand the operation of the regenerative controls of the vehicle Toyota Prius that don't have any relationship with the motor MG1 the function of having braked regenerative he/she makes it the electric motor MG2, the one braked regenerative he/she is carried out with the purpose of taking advantage of the kinetic energy of the vehicle transforming it into electric power that is stored in the battery of high voltage. The one braked regenerative he/she doesn't have the enough force to stop the vehicle, for this reason also bill with a hydraulic control. We elaborate a didactic guide in which is explained the operation of the MG1 and the regenerative controls, as well as the conditions of work of the vehicle, this guide it will be good for the students of the Career of Engineering in Self-driven Maintenance of the Technical University of the North.

## **CAPITULO I**

### **1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Antecedentes:**

Debido a los problemas que siguen teniendo los vehículos eléctricos, escasa energía específica que actualmente se obtiene de las baterías y su limitación en cuanto a velocidad y autonomía, son los automóviles híbridos los que ofrecen una solución de compromiso más satisfactoria. Además pueden aprovecharse de los desarrollos en el campo de los motores de combustión interna que aún tienen margen de mejora.

El fabricante Toyota está desarrollando una serie de alternativas a los vehículos convencionales que consumen combustibles fósiles, desarrollando nuevas tecnologías que van desde los vehículos híbridos actuales hasta los que son impulsados por hidrogeno.

El vehículo Toyota Prius ingresó al Ecuador en el año 2007 siendo muy llamativo por ser el primer vehículo híbrido que ingresó al país ofreciendo una tecnología diferente y llamativa para todos, ya que este vehículo recorre grandes distancias con un bajo consumo de combustible y llegando a un nivel de emisiones de cero.

En la actualidad en el Ecuador no se encuentra la suficiente información y la herramienta necesaria para realizar un mantenimiento en este tipo de

vehículos, es por eso que se realizó un módulo de aprendizaje del motor eléctrico MG1 y los frenos regenerativos del vehículo Toyota Prius.

El manual sirve de guía práctica para los estudiantes, así como para los catedráticos de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la Universidad Técnica del Norte, de la ciudad de Ibarra.

## **1.2. Planteamiento del problema.**

En toda carrera universitaria referente a la mecánica automotriz, uno de los aspectos más importantes es la enseñanza sobre el mantenimiento de los equipos, maquinarias e instalaciones, ya que un adecuado plan de mantenimiento aumenta la vida útil de éstos reduciendo la necesidad de los repuestos y minimizando el costo anual del material usado, como se sabe muchas de las maquinarias utilizadas en el país son traídas del extranjero al igual que muchos materiales y algunas piezas de repuestos.

Debido a la escasa información existente sobre los vehículos híbridos se dificulta realizar un mantenimiento ya que la tecnología de estos vehículos es de última generación que solo el fabricante cuenta con los datos y manuales de estos vehículos.

Con el crecimiento de los vehículos híbridos en el parque automotriz se hace necesario que los técnicos de mecánica automotriz se capaciten en este tipo de tecnologías.

En las instalaciones del Taller de Mecánica Automotriz de la Universidad Técnica del Norte existe material didáctico poco actual en referencia a la tecnología reinante para el desarrollo de los conocimientos teórico prácticos de los estudiantes. Por esta razón los estudiantes de la carrera carecen del

conocimiento de la tecnología del motor eléctrico MG1 y los frenos regenerativos del vehículo Toyota.

### **1.3. Formulación del problema.**

¿Cómo comprender el funcionamiento del motor eléctrico MG1 y los Frenos Regenerativos en un vehículo híbrido, los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento automotriz de la escuela de Educación Técnica de la facultad de Educación, Ciencia y Tecnología de la Universidad Técnica del Norte de la Ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura?

### **1.4 Delimitación.**

#### **1.4.1 Unidad de observación:**

Se realizó en la Universidad Técnica del Norte en la Facultad de Educación, Ciencia y Tecnología, Escuela de Educación Técnica, en la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz.

#### **1.4.2 Espacial:**

Talleres de Mantenimiento Automotriz de la Universidad Técnica del Norte, Ciudad de Ibarra, Provincia de Imbabura - Ecuador.

#### **1.4.3 Temporal:**

El proyecto se desarrolló durante el periodo comprendido del mes de abril del 2011 al mes de julio del 2011, dónde se puso en consideración al consejo directivo para su previa aceptación y defensa ante el jurado.

## **1.5objetivos**

### **Objetivo General:**

Elaborar un Módulo didáctico para la enseñanza de un motor eléctrico MG1 y los frenos regenerativos, del vehículo Toyota Prius.

### **Objetivos Específicos:**

- Investigar las condiciones de funcionamiento del motor eléctrico MG1 y los frenos regenerativos.
- Realizar un análisis de las condiciones de trabajo e indicar el momento de la regeneración que se muestra en la consola principal del vehículo Toyota Prius.
- Diseñar un manual de explicación y funcionamiento del Motor eléctrico MG1 y los frenos regenerativos del vehículo Toyota Prius.
- Facilitar un vehículo Toyota Priusal taller de mantenimiento automotriz de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la escuela de Educación Técnica de la Universidad Técnica del Norte, el cual consta de un motor eléctrico MG1 y frenos regenerativos.

## 1.6. Justificación

El motivo principal por la cual se realizó esta investigación para mejorar el conocimiento de los estudiantes de la especialidad de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz aplicando el Proyecto de la Propuesta de la elaboración de un módulo didáctico para la enseñanza, del motor eléctrico MG1 y los frenos regenerativos del vehículo Toyota Prius, implementando el material didáctico del taller de la UTN.

Con el desarrollo de este proyecto, se dio solución a los problemas ocasionados por la falta de material didáctico y la falta de conocimiento de los estudiantes de la carrera sobre este tipo de mecanismos existentes en la actualidad.

Por tal razón esta investigación benefició a toda la comunidad educativa como son las autoridades de la Universidad, personal docente y administrativo y fundamentalmente a los estudiantes de la carrera de Mantenimiento Automotriz, lo que permitió que todos conozcan y lleven a la práctica la utilización y funcionamiento del motor eléctrico MG1 y los frenos regenerativos del vehículo Toyota Prius.

Para realizar este proyecto final se procedió a la adquisición de un vehículo Toyota Prius con las siguientes características técnicas: 1.8 litros, DOHC de aluminio, 16 válvulas con Regulación Variable de Válvulas con Inteligencia (VVT-i), 98 hp a 5200 rpm (73 kW a 5200 rpm); 105 lb.-pies a 4000 rpm (142 N•m a 4000 rpm) Transmisión Variable Continua Controlada Electrónicamente (ECVT) y se le realizó adecuaciones para presentarlo como un modelo didáctico.

## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Fundamentación teórica**

##### **2.1.1 Historia del freno**

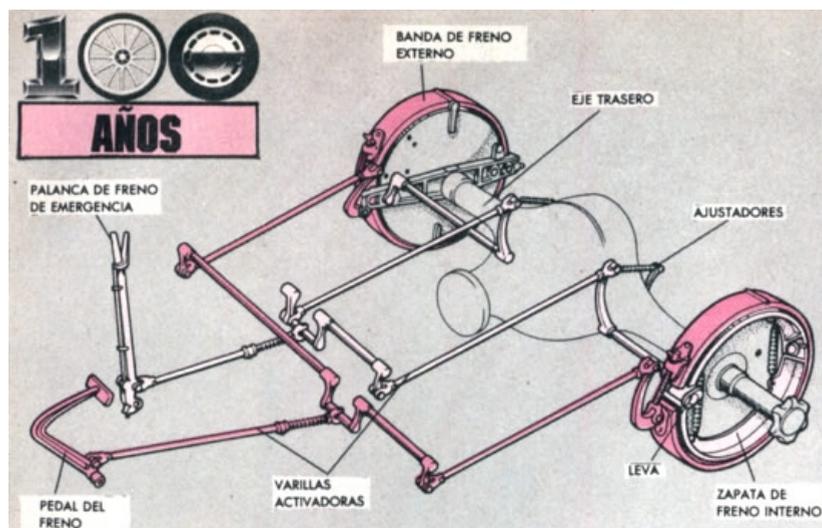
En el año 1902, en un camino sin pavimentar de la ciudad de Nueva York (lo que es hoy Riverside Drive), tuvo lugar una importante prueba sobre el sistema de frenos. Ransom E. Olds se decidió a comparar un nuevo sistema de frenos con el de tambora interna de un automóvil Victoria y con el freno de un coche tirado por cuatro caballos. Su vehículo, Oldsmobile, tenía un sistema de freno de una sola banda de acero inoxidable flexible, envuelta alrededor de una tambora en el eje trasero. Al aplicarse el pedal de los frenos, la banda se contraía y sujetaba la tambora.

Olds iba a participar con su auto en el concurso Blue Ribbon, una carrera de 160 km (100 millas) que tendría lugar en el mes de agosto siguiente, y quería estar seguro de que su sistema de frenos externos podrá competir favorablemente con el diseño de tambora interna y con el freno aplicado sobre la rueda de los coches tirados por caballos -éste consistía en una almohadilla que se aplicaba a la rueda de caucho macizo con una palanca larga-. Aunque este freno desgastaba con rapidez la capa de rodamiento de caucho sólido, se usaba mucho en los coches tirados por caballos y en muchos de los primeros automóviles.

Desde una velocidad de 22.5 kph (14 mph), considerada como rápida en aquel entonces, el Oldsmobile se detuvo a una distancia de 6.5 m (21.5 pies), el Victoria a una distancia de 11.27 m (37 pies) y los caballos, que no llegaron a correr a 22.5 kph; pero carecían de un freno de motor que los ayudase, se detuvieron a una distancia de 23.6 m (77.5 pies).

El Oldsmobile logro ganar dos de las nueve cintas azules otorgadas durante esa competencia. El sistema de frenos del automóvil causó una impresión tan favorable entre los otros fabricantes que, para el año de 1903, la mayoría de ellos adoptó su uso. En el año de 1904 casi todos los fabricantes de automóviles estaban construyendo vehículos con un freno externo en cada rueda trasera.

**Fig. 1** Oldsmobile



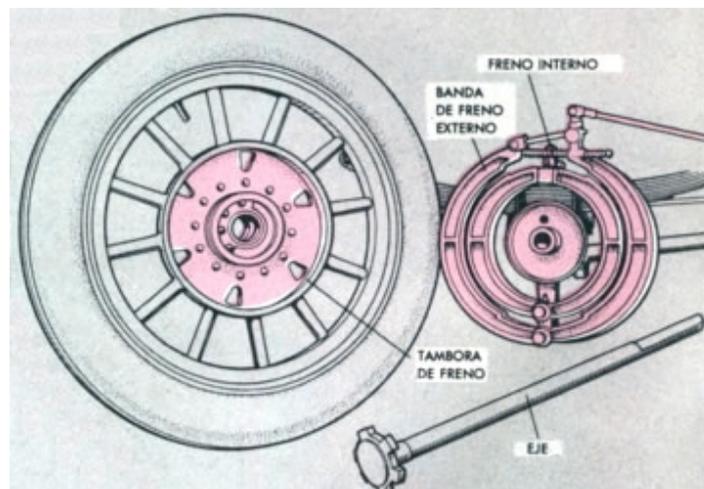
El Cadillac Ocho de 1915 empleaba zapatas de expansión internas y bandas de contracción externas, que actuaban sobre una misma tambora. Este sistema se empleaba en las ruedas traseras

Fuente: [www.mimecanicapopular.com](http://www.mimecanicapopular.com)

Casi a la vez, el freno externo dio pruebas de tener graves problemas al ser sometido a un uso diario. En las colinas; por ejemplo, el freno se desenvolvía y se echaba a perder después de unos cuantos segundos. Un conductor que tuviese la mala suerte de quedarse varado en mitad de una pendiente, se verá obligado a dejar que su vehículo rodase hacia atrás.

Por esta razón, las calzas o cuñas constituían artículos muy importantes que debían llevar consigo todos los vehículos, era común ver a un pasajero apresurándose a salir del interior de un automóvil con calzas de madera en las manos para así inmovilizar las ruedas.

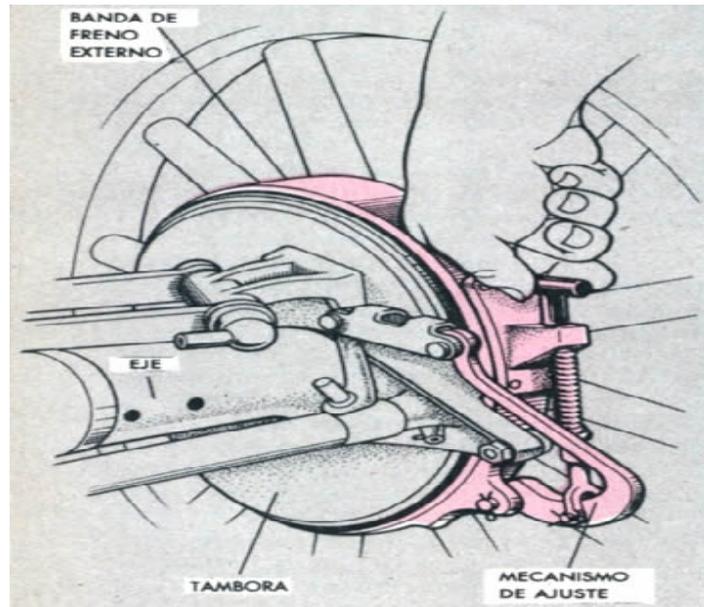
**Fig.2** Cuñas



En este diseño del año 1908 los forros no se empleaban materiales débiles, pues tanto las tamboras como las zapatas se hacían de metal

Fuente: [www.mimecanicapopular.com](http://www.mimecanicapopular.com)

**Fig. 3 Bandas**



Con unos torniquetes se ajustaban los frenos externos y los frenos internos se calibraban acortando unas varillas o también unos cables.

Fuente: [www.mimecanicapopular.com](http://www.mimecanicapopular.com)

El freno también tenía gran desventaja. El mismo carecía de protección contra la tierra, por lo que sus bandas y tamboras no tardaban en desgastarse. Era normal una reparación de los frenos cada 322 a 485 km (200 a 300 millas).

El desarrollo del freno interno eliminó los problemas relacionados con el freno externo. Mientras las zapatas de los frenos permanecieran bajo presión, quedaban aplicadas contra las tamboras para impedir que el auto rodara hacia atrás en pendientes. Y, como los componentes de los frenos se encontraban dentro de las tamboras, protegidas de la tierra, los conductores

podían efectuar recorridos de más de 1,600 km (1,000 millas) entre un reacondicionamiento y otro de los frenos.

El freno de tambora, como se le conoce ahora, se impuso en los Estados Unidos. En Europa, particularmente en Gran Bretaña, tuvo que compartir el mercado con los frenos de discos. Estos se convirtieron casi en equipo de norma en los autos europeos durante la década de 1950, aproximadamente 25 años antes de que fueran adoptados por los fabricantes norteamericanos, en el año 1973.

Esto resulta irónico, debido a que el freno de disco de tipo de puntos fue un invento norteamericano. En 1898, Elmer Ambrose Sperry, de Cleveland, diseñó un auto eléctrico con frenos de discos en las ruedas delanteras.

Creó un disco grande como parte integrante de la maza de cada rueda. Empleó electroimanes para presionar discos más pequeños (forrados con un material de fricción) contra unos puntos en el disco giratorio, para conseguir que las ruedas se detuvieran. Unos resortes hacían que los discos de puntos se retrajeran al interrumpirse la corriente.

Mientras tanto, en Gran Bretaña, se expidió una patente en 1902 a F.W. Lanchester para un sistema de frenos de disco de tipo de puntos no eléctricos, el que funcionaba de acuerdo con un principio muy similar al que tenemos hoy. El problema mayor que encontró Lanchester fue el relacionado con los ruidos. El contacto de metal con metal entre los forros de cobre y el disco de metal producía un intenso chirrido que resultaba sumamente molesto para todo el mundo.

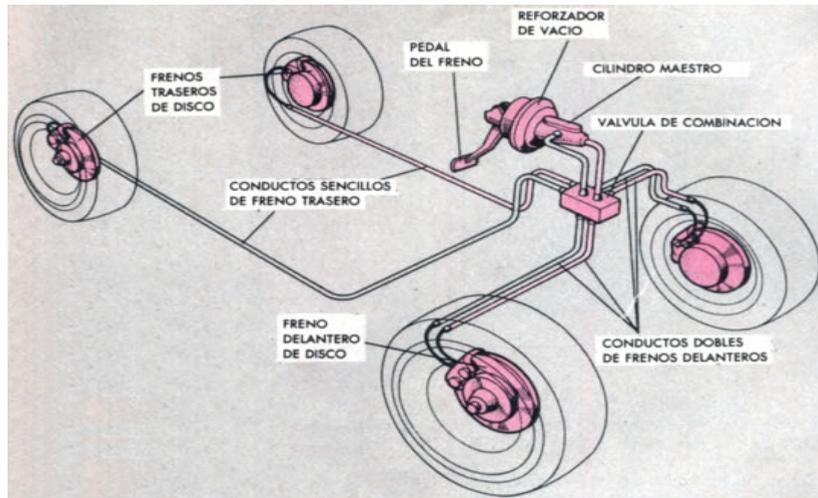
Este problema se solucionó en 1907, cuando a Herbert Froot, otro inglés, se le ocurrió la idea de forrar las almohadillas con asbesto. El nuevo material fue adoptado rápidamente por los fabricantes de automóviles para usarlo tanto en los frenos de discos como en los de tambora.

Los forros de asbesto también tenían una duración mucho mayor que la de otros materiales de fricción. Había aparecido el freno de los 16,000 km (10,000 millas).

Al mejorarse los caminos y al comenzar los autos a correr a altas velocidades, los fabricantes reconocieron la necesidad de contar con una fuerza de enfrenamiento aún mayor. Una solución para este problema se hizo aparente durante la Carrera Elgin Road Race de 1915. Un auto Duesenberg pudo alcanzar una velocidad de 128 kph (80 mph) en las rectas, para luego desacelerar y poder dar vueltas por curvas cerradas. El secreto de esta extraordinaria fuerza de enfrenamiento del auto Duesenberg radicaba simplemente en el uso de un freno interno en cada rueda delantera, así como en cada rueda trasera.

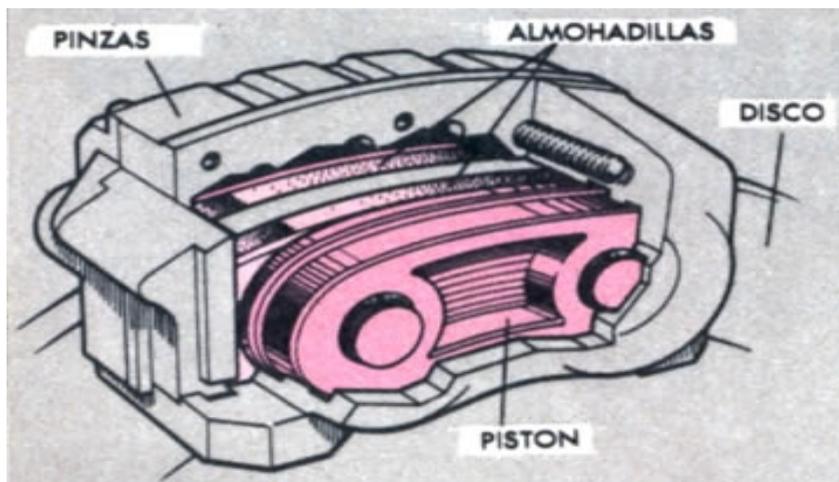
Los sistemas hidráulicos modernos se dividen entre la parte trasera y la parte delantera. Si se produce una filtración en un circuito, el otro todavía puede detener el auto. En el sistema Volvo (se muestra aquí) se emplean dos conductos para los frenos delanteros, a fin de que los tras frenos funcionen todo el tiempo. El Hudson de 1936 usó el primer sistema doble: frenos hidráulicos con auxiliar mecánico

**Fig. 4 Freno interno**



Fuente: [www.mimecanicapopular.com](http://www.mimecanicapopular.com)

**Fig. 5 Pistón de la mordaza del freno de disco**



Los discos para frenos de autos de carrera Airhart usaban unos pistones

Fuente: [www.mimecanicapopular.com](http://www.mimecanicapopular.com)

En el año 1918, un joven inventor, Malcolm Lougheed (quien posteriormente cambió la escritura de su nombre por la de Lockheed), aplicó fuerza hidráulica al sistema de frenos. Empleó cilindros y tubos para transmitir la presión de un líquido contra las zapatas de los frenos, a fin de empujar éstas contra las tamboras. En 1921 apareció el primer auto de pasajeros equipado con frenos hidráulicos en las cuatro ruedas: el Duesenberg Modelo A.

Pero el sistema hidráulico no fue adoptado de inmediato por todos los fabricantes de automóviles. Diez años después de aparecer el Duesenberg Modelo A, en 1931, sólo los modelos Chrysler, Dodge, Desoto, Plymouth, Auburn, Franklin, Reo y Granhamtenfan usaban frenos hidráulicos. Todos los otros vehículos todavía tenían frenos mecánicos activados por cables. De hecho, no fue hasta 1939 que la Ford finalmente los adoptó, convirtiéndose en el último fabricante de importancia en emplear frenos hidráulicos.

El sistema básico de frenos que utilizamos hoy ya era cosa común en 1921, cuando también comenzó a usarse en un refinamiento que muchos consideran como algo contemporáneo: los frenos motrices.

Los frenos motrices, técnicamente, datan del año de 1903, cuando un auto llamado Tincher empleó frenos de aire. Pero el primer automóvil en equiparse con un reforzador motriz activado por el vacío, similar a los que tenemos en la actualidad, fue el Pierce-Arrow de 1928. Empleaba el vacío del múltiple de admisión para reducir el esfuerzo físico requerido para aplicar los frenos. Hasta la fecha, los reforzadores de vacío tienen un diseño similar.

El primer automóvil que salió con frenos de ajuste automático fue el Cole de 1925. El prototipo de los sistemas actuales apareció en el Studebaker de

1946. El mecanismo, creado por la Wagner Electric Co., consistía en una cuña de ajuste que era regulada para mover un pasador y una palanca contra el muelle: esto forzaba la cuña de ajuste contra las zapatas de los frenos, las cuales se expandían para mantener los forros separados de las tambores una cierta distancia, la cual se determinaba de antemano.

En cuanto a las unidades anticierre (contra patinazos) que se están usando en los Estados Unidos, se trata de algo ya conocido desde hace bastante tiempo. El primer sistema de frenos contra patinazos de resultados prácticos, llamados Maxaret, fue desarrollado en 1958 por los Laboratorios Road Research de Gran Bretaña y se aplicaron por primera vez al sedán deportivo Jensen FF en 1966.

Tres años después, en 1969, se equipó un Lincoln Continental Mark III con una unidad antitrabas Auto-Linear desarrollada por la Kelsey-Hayes. Unos sensores en las ruedas traseras transmitían señales a una computadora que funcionaba con transistores y que se hallaba colocada detrás de la guantera. La computadora controlaba una válvula activada por el vacío en el conducto trasero de los frenos, para modular la presión transmitida a los frenos traseros cuando los sensores le indicaban a la computadora que los frenos se estaban trabando.

Los altos costos y algunos problemas técnicos no permitieron comercializar esta unidad. Pero en la actualidad existen versiones mejoradas que impiden que las cuatro ruedas de un vehículo patinen, las que se han instalado en modelos Lincoln, Mercedes y algunos otros automóviles que se venden en todo el mundo.

### **2.1.2 Freno del automóvil**

Un freno es un dispositivo utilizado para detener o disminuir el movimiento de algún cuerpo, generalmente, un eje, árbol o tambor

Un auto es un móvil que se desplaza bajo control del conductor. Es acelerado con la fuerza (torque) y potencia del motor y desacelerado con la resistencia del mismo, pero sobre todo con la aplicación de los frenos, el sistema primordial de seguridad. Un auto pesa entre unos 800 y 2500 Kg. según su tamaño y equipamientos, estando en marcha no se puede parar inmediatamente cuando el motor se desconecta del tren de fuerza, debido a la inercia, la cual varía con la velocidad y para controlarla, disminuirla o anularla, se utilizan los frenos instalados en cada una de las cuatro ruedas.

Los frenos deben responder lo más exactamente posible a la solicitud del conductor. La principal función de un sistema de frenos es la de disminuir o anular progresivamente la velocidad del vehículo, o mantenerlo inmobilizado cuando está detenido deben ser al mismo tiempo sensibles y graduables para modular la velocidad, y asegurar la detención completa y la inmobilización total del vehículo. En conjunto las exigencias de los frenos son:

- Seguridad de funcionamiento 100%
- Alto confort de frenado
- Alta resistencia térmica y mecánica
- Resistencia a la corrosión

Los frenos trabajan por rozamiento entre una parte móvil solidaria a (fijado a) las ruedas y otra parte fija solidaria a la estructura del auto. Al aplicarse los frenos, la parte fija se aprieta a la parte móvil y por fricción se consigue desacelerar el auto. Esta fricción emite calor y absorbe la energía de la inercia (a 120 Km/h un auto de 1.200 Kg aplica una potencia de frenado de más de 200 HP, lo que disipará calor hasta en una temperatura de 800°C). Para que los frenos sean más eficaces, las superficies en rozamiento deben ser muy planas para lograr un máximo contacto

El sistema de freno principal, o freno de servicio, permite controlar el movimiento del vehículo, llegando a detenerlo si fuera preciso de una forma segura, rápida y eficaz, en cualquier condición de velocidad y carga en las que rueda. Para inmovilizar el vehículo, se utiliza el freno de estacionamiento (conocido también como freno de mano), que puede ser utilizado también como freno de emergencia en caso de fallo del sistema principal. Debe cumplir los requisitos de inmovilizar al vehículo en pendiente, incluso en ausencia del conductor.

Un freno es eficaz, cuando al activarlo se obtiene la detención del vehículo en un tiempo y distancia mínimos. No deben de bloquearse las ruedas para evitar el deslizamiento sobre el pavimento.

La estabilidad de frenada es buena cuando el vehículo no se desvía de su trayectoria. Una frenada es progresiva, cuando el esfuerzo realizado por el conductor es proporcional a la acción de frenado, un frenado brusco ocasiona derramamiento.

En los automóviles actualmente se trabajan dos tipos principales de sistemas de frenos: Hidráulicos y de Aire. Anteriormente se utilizaban los frenos mecánicos, sistema que hoy ya está obsoleto.

### 2.1.3 Frenos hidráulicos

Los frenos hidráulicos están divididos en dos tipos de sistemas fundamentales: los sistemas hidráulicos, propiamente dichos y los basados en materiales de fricción.

Las pastillas ó materiales de fricción, suelen ser piezas metálicas o de cerámica capaces de soportar altas temperaturas. Estas piezas son las encargadas de crear fricción contra una superficie fija (que pueden ser tambores ó discos), logrando así el frenado del vehículo.

En función de las exigencias y tipo de vehículo se emplean sistemas con distintas fuerzas de transmisión. En vehículos de turismo se emplean casi siempre sistemas de frenos hidráulicos (“frenos de pedal”) y frenos de estacionamiento (“frenos de mano”).

Este sistema se basa en que los líquidos son prácticamente incompresibles y además de acuerdo con el Principio de Pascal, la presión ejercida sobre un punto cualquiera de una masa líquida se transmite íntegramente en todas direcciones. Al ejercer una fuerza con el pie en un émbolo pequeño el fluido la transmite y, según la relación entre las secciones de los émbolos, la amplifica. También cambia la dirección y el sentido la fuerza aplicada

Los frenos hidráulicos utilizan un fluido para transmitir la acción de frenado. El sistema requiere de:

- Dispositivo de actuación: medio que permite al conductor generar y controlar la fuerza de frenado deseada.

- Dispositivo de transmisión: transmite la fuerza de frenado del conductor a los frenos de rueda. Para reducir a un mínimo los riesgos de que falle este dispositivo de seguridad, el sistema de frenos de servicio se divide en dos circuitos independientes. De esta manera cuando falla uno de los circuitos de freno, se mantiene la efectividad del segundo
- Disposición diagonal: cada circuito frena una rueda delantera y la rueda trasera diagonalmente opuesta. Esta división se emplea principalmente en vehículos de tracción delantera
- Disposición paralela: con cada circuito se frena un eje. El diseño de este tipo de división es lo más sencillo. Este se emplea preferentemente en vehículos con tracción trasera.
- Frenos de rueda: son los que ejercen la acción de frenado al hacer fricción con la rueda y retardan el movimiento de las ruedas del vehículo, logrando reducir la velocidad o frenar el vehículo hasta que se detenga completamente.

El freno hidráulico está constituido por un cuerpo de bomba principal que lleva el pistón unido al pedal de freno. Su cilindro de mando está sumergido en un líquido especial (a base de aceite o de alcohol y aceite o de glicerina), que contiene un depósito al efecto. Del cilindro sale una tubería que se ramifica a cada una de las ruedas.

En los platos del freno de cada rueda hay unos cuerpos de bomba de embolo doble, unidos a cada uno de los extremos libres de las zapatas.

Las partes más importantes son pues: depósito de líquido, bomba de émbolos y cilindro de mando.

Su funcionamiento consiste en que al accionar el pedal del freno, el embolo de la bomba principal comprime el líquido y la presión ejercida se transmite al existente en las conducciones y por él, a los cilindros de los frenos separando sus émbolos que, al ir unidos a las zapatas, producen su separación ejerciéndose fuerza sobre el tambor del freno.

Al dejar de pisar el pedal del freno cesa la presión del líquido y zapatas, recuperándose la situación inicial.

Las principales características de este sistema es la uniformidad de presión o fuerza que se ejerce en todas las ruedas, incluso con posibles deficiencias por desgaste de alguna zapata, pues su embolo tendrá más recorrido haciendo que el contacto zapata-tambor sea el mismo en ambas zapatas.

El sistema de frenos hidráulicos tiene la ventaja de que su acción sobre las cuatro ruedas es perfectamente equilibrada, pero también tiene la desventaja de que si pierde líquido frena mal o nada.

Si se observa debilidad en el freno hidráulico, puede suceder que la causa sea generalmente por la presencia de aire en las canalizaciones por donde tiene que pasar el líquido de frenos.

La acción de extraer el aire de las canalizaciones recibe el nombre de purgado de frenos.

Si a pesar de todo se nota debilidad o desigualdad en la acción de los frenos, hay que purgar (sangrar) las canalizaciones por separado en cada

uno de los frenos, hasta que él líquido salga sin burbujas, debiendo tener en cuenta que el juego entre el pedal de los frenos y el piso del vehículo no sea alterado.

### **2.1.3.1 Principios hidráulicos**

En virtud de que la mayoría de los frenos son accionados hidráulicamente, es conveniente que repasemos brevemente los principios hidráulicos que los hacen funcionar.

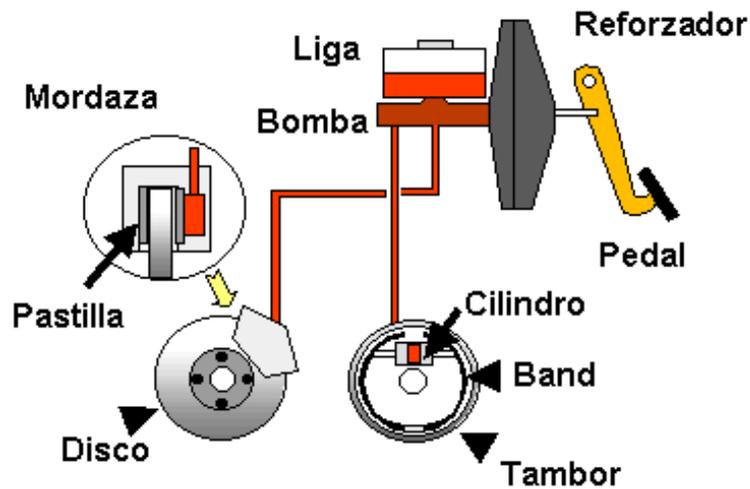
Puesto que los líquidos no son compresibles, la presión sobre ellos los forzarán a pasar, a través de un tubo, al interior de unas cámaras o cilindros, donde harán que unos pistones entren en movimiento dentro de un cilindro a presión de 100 libras por pulgada cuadrada (7,032 Kg/cm<sup>2</sup>).

El líquido es obligado a correr a través de tubos o conductos hacia otros tres cilindros. La fuerza que el cilindro aplica a los pistones de los tres cilindros es proporcional al tamaño de los pistones. Cuando el pistón posee un área de 1 pulgada cuadrada habrá una fuerza de 100 libras sobre el mismo, o sea, 100 libras por pulgada cuadrada (7,032 Kg/cm<sup>2</sup>).

Si el pistón tiene un área de 0,5 pulgadas cuadradas, la fuerza sobre el mismo será de 50 libras (100 x 0,5), o sea, 3,516 Kg/cm<sup>2</sup>. Si el pistón tiene un área de 2 pulgadas cuadradas, la fuerza sobre el mismo será de 200 libras (100 X 2 pulgadas cuadradas), es decir, 14,06 Kg/cm<sup>2</sup>.

### 2.1.3.2 Componentes del sistema de frenos hidráulicos

Fig. 7 Componentes



Fuente: [www.rincondelvago.com/sistemas-de-frenos-hidraulicos-en-automoviles-livianos.html](http://www.rincondelvago.com/sistemas-de-frenos-hidraulicos-en-automoviles-livianos.html)

- Bomba de frenos o Cilindro maestro
- Válvula dosificadora
- Booster (reforzador de frenos por vacío)
- Caliper o Mordaza
- Cilindro de rueda
- Mangueras y líneas de conducción

#### a. Cilindro maestro

La bomba de frenos o cilindro maestro es la encargada de proporcionar la debida presión al líquido, enviándolo a los cilindros de las ruedas. Genera la presión hidráulica en el circuito de freno y controla el proceso de frenado. Recibe la presión de pedal de freno a través del auxilio del amplificador de

fuerza de frenado y presiona el líquido de freno hasta los cilindros de las ruedas.

Es una estructura sólida, que lleva incorporado un depósito que le sirve para almacenar fluido (líquido de frenos). En la parte interna tiene diseñado un espacio que le sirve para deslizar dos pistones, estos pistones sellan los contornos con hules y su movimiento obedece al empuje que se le da al pedal de freno, y al resorte que lo impulsa para regresarlo.

El movimiento, que hacen los pistones, dentro de la estructura del cilindro maestro, genera fuerza hidráulica. Esta fuerza es conducida por medio de tuberías y mangueras, hacia los cilindros de las ruedas del vehículo.

#### **b. Válvula dosificadora**

Forma parte del dispositivo de transmisión y permite dividir las líneas de transmisión del fluido en dos circuitos independientes para lograr la disposición diagonal. Los vehículos con tracción delantera, traen esta válvula.

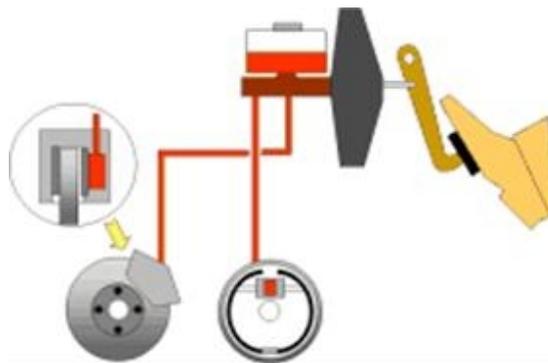
El cilindro maestro tiene dos circuitos, y tiene dos líneas de salida. Una línea lógicamente llevaría la fuerza del fluido hacia las ruedas traseras, y la otra lo haría, hacia las ruedas delanteras. La válvula dosificadora, recibe la fuerza de las dos líneas y la deriva en dos circuitos, de tal manera, que un circuito, activa los frenos en forma diagonal una rueda de adelante y una de atrás, y el otro circuito activa las otras dos ruedas. La idea es que al frenar, la acción no desestabilice el vehículo, acentuando el frenado en cualquier rueda. Algunos modelos de cilindro maestro, traen esta función incorporada, mostrando 4 líneas de salida

### c. Booster (reforzador de frenos por vacío)

La función del booster, o reforzador de frenos, es minimizar la fuerza requerida, para presionar el pedal, y obtener respuesta de frenado. Es un amplificador de fuerza de frenado que aprovecha la depresión generada en la cámara de combustión para incrementar la fuerza del pie del conductor del vehículo. Puede amplificar la fuerza del pedal de freno hasta 5 veces.

Existen básicamente dos tipos de reforzadores: los que aprovechan el vacío del motor (conocidos como hidrovac) y los que utilizan el hidráulico de la dirección (conocidos como hidromax)

**Fig. 6** Sistema de frenos



Fuente: [www.monografias.com](http://www.monografias.com)

El primer amplificador que se encuentra es el pedal y dependiendo de su mayor o menor longitud amplifica la fuerza. El segundo elemento amplificador es el servofreno, el cual ayudado por el motor crea una diferencia de presiones, vacío en un lado y presión atmosférica al otro; al accionar el freno colabora con el esfuerzo del conductor. Entre mayor sea el diámetro mayor será la amplificación. Como tercera ayuda está el sistema hidráulico

comprendido entre el cilindro maestro (Bomba) y los cilindros receptores (De rueda), a mayor diferencia entre las áreas de los pistones del cilindro maestro y de los pistones del cilindro de rueda, mayor amplificación se obtendrá.

Entre más grande sea el diámetro de los cilindros en las ruedas y más pequeño el de la bomba, la amplificación de la fuerza de frenado es mayor. Al llegar al final del sistema encontramos que las zapatas son otro amplificador que actúan como una palanca mecánica y su efecto es directamente proporcional a la longitud, entre el punto de apoyo (anclaje) y el punto en que se aplica la fuerza (del pistón). El elemento que se encuentra en movimiento es la campana en conjunto con la rueda y sobre aquella actuarán las zapatas para detener el movimiento (Freno de tambor). A mayor diámetro de campana mayor potencia. En el freno de disco, el elemento que gira es el rotor (Disco) y contra él se apoyarán las pastillas para inmovilizarlo.

#### **d. Hidrovac**

En algunos motores, las depresiones generadas en la cámara de combustión son insuficientes y se instala una bomba de vacío cuya función es generar el vacío que requiere el amplificador de frenado.

Es una estructura cerrada, dentro se encuentra diseñado un espacio, que es separado en dos ambientes por un diafragma de hule. Cuando el motor esta encendido, se activa el vacío, este se conecta y mantiene presión de vacío en ambos lados del diafragma, al pisar el pedal, se mueve la varilla de operación que abre las válvulas de la presión atmosférica, y cierra las válvulas de vacío. El aire entra a presión atmosférica normal [1 Kg/cm<sup>2</sup>] a la cámara de vacío constante, en volumen proporcional a la apertura de las válvulas, y empuja el diafragma para aumentar la presión contra la varilla de operación, al soltar el pedal, el resorte de retorno regresa el diafragma, con

lo cual se abre la válvula de vacío y se cierra la válvula de presión atmosférica.

Debido a que el vacío que hace funcionar al booster proviene del motor en funcionamiento; si este se apagara en plena marcha, el pedal se pondrá bastante duro porque el booster dejó de funcionar pero el sistema de frenos sigue funcionando aun sin asistencia del booster. Lo que sucederá es que se requiere aplicar mayor fuerza al pedal de freno.

#### **e. Cilindro de rueda**

Esta parte se encuentra ubicada en la estructura, o plato de la rueda de atrás, tiene la función de recibir la fuerza hidráulica que viene del cilindro maestro, y como respuesta genera presión mecánica. Esta fuerza presiona las balatas o zapatas hacia los tambores creando una fricción que obligará al vehículo a reducir la velocidad hasta frenarlo.

#### **f. Mangueras y líneas de conexión**

Son las encargadas de trasladar el fluido desde el cilindro maestro, hacia las ruedas. Lo recomendable sería que toda la conexión fuese a través de líneas o tuberías de metal. Pero el uso de mangueras se debe a que facilitan la conexión en partes móviles como en las partes de las ruedas delanteras (conexión de caliper).

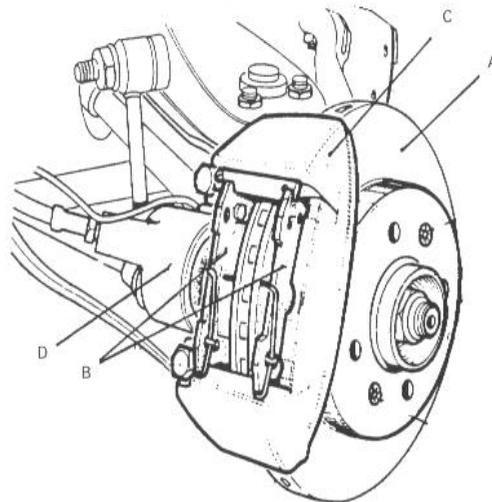
Una manguera demasiado usada, expande la fuerza hidráulica dentro de ella, dando como consecuencia defectos de frenado.

#### 2.1.4 Frenos de disco

Consisten en un disco metálico sujeto a la rueda, en cada una de sus caras están las pastillas, que son planas y, puestas en funcionamiento, aferran el disco con una acción de pinzas. La presión hidráulica ejercida desde el cilindro maestro causa que un pistón presione las pastillas por ambos lados del rotor, esto crea suficiente fricción entre ambas piezas para producir un descenso de la velocidad o la detención total del vehículo.

En los frenos de discos, el disco puede ser frenado por medio de unas plaquetas (B), que son accionadas por un émbolo (D) y pinza de freno (C), que se aplican lateralmente contra él deteniendo su giro. Suelen ir convenientemente protegidos y refrigerados, para evitar un calentamiento excesivo de los mismos.

**Fig. 7** Freno de disco



Fuente: [www.rincondelvago.com/sistemas-de-frenos-hidraulicos-en-automoviles-livianos.html](http://www.rincondelvago.com/sistemas-de-frenos-hidraulicos-en-automoviles-livianos.html)

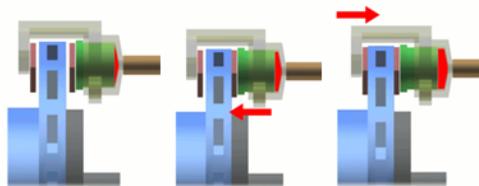
Los frenos de disco pueden ser de tres categorías: flotantes (la tuerca que sostiene las pastillas flota sobre cuatro sostenes de caucho, oscilando cada vez que se aplican los frenos), fijos (está bien sujeta por cuatro pistones, dos de cada lado del disco) o deslizantes (está suspendida por sostenes de caucho y se desliza al entrar en actividad). En la práctica, sus resultados son análogos. Además, para eliminar más rápido el calor resultante de la presión de las pastillas sobre las ruedas -en condiciones extremas de frenado se puede alcanzar los 260 grados de temperatura-, los discos pueden tener espacios huecos entre sus caras (se los llama ventilados).

#### 2.1.4.1 Principales características de los frenos de disco:

- a. Se calientan menos que los de tambor, puesto que el disco va montado al aire estando mejor refrigerado.
- b. Logran una frenada mucho más potente.
- c. Carece de resortes separadores de las zapatas y aunque se rocen un poco no es perjudicial.
- d. A manera que se calienta el disco mejora la frenada (cuando se pisa el pedal durante mucho rato).

#### 2.1.4.2 Mecanismo y componentes

**Fig. 8** Sistema de frenado de un sólo pistón.



Fuente: [www.todomecanica.com](http://www.todomecanica.com)

El líquido de frenos circula por el circuito hidráulico hasta presionar el pistón y empujar la pastilla contra el disco (azul). La presión contra el disco hace que la pastilla se aleje del pistón, empujando la otra pastilla contra el disco. El rozamiento entre las pastillas y el disco frena la rueda.

#### **a. Mordazas (Calipers) o pinzas**

Es la parte que se encuentra instalada en el rotor de freno y tiene la función de recibir la fuerza hidráulica, que viene del cilindro maestro, como respuesta, mueve el pistón que tiene instalado dentro del, para presionar las pastillas contra el rotor, cumpliéndose de esta forma la acción de frenado. En la mayoría de vehículos, los rotores de freno se usan para los frenos de las ruedas delanteras, algunos vehículos usan rotores en las cuatro ruedas.

La mordaza es el soporte de las pastillas y los pistones de freno. Los pistones están generalmente hechos de Hierro dulce y luego son recubiertos por un cromado. Hay dos tipos de mordazas: flotantes o fijas. Las fijas no se mueven, en relación al disco de freno, y utilizan uno o más pares de pistones. De este modo, al accionarse, presionan las pastillas a ambos lados del disco. En general son más complejas y caras que las mordazas flotantes. Las mordazas flotantes, también denominadas "mordazas deslizantes", se mueven en relación al disco; un pistón a uno de los lados empuja la pastilla hasta que esta hace contacto con la superficie del disco, haciendo que la mordaza y con ella la pastilla de freno interior se desplacen. De este modo la presión es aplicada a ambos lados del disco y se logra la acción de frenado.

Las mordazas flotantes pueden fallar debido al enclavamiento de la mordaza. Esto puede ocurrir por suciedad o corrosión, cuando el vehículo no es utilizado por tiempos prolongados. Si esto sucede, la pastilla de freno de la mordaza hará fricción con el disco aún cuando el freno no esté siendo

utilizado, ocasionando un desgaste acelerado de la pastilla y una reducción en el rendimiento del combustible, junto con una pérdida de la capacidad de frenado debida al recalentamiento del respectivo conjunto de frenado (tambor-balata o disco-pastilla) provocando además desequilibrio en el frenado, ya que la rueda con freno recalentado frenará menos que su contraparte.

### **b. Pistones y cilindros**

Los pistones cuentan con una fijación que va alrededor y sellos que impiden el escape de la presión ejercida por el líquido de frenos, a través del cual son accionados. La mordaza lleva un conducto por el cual entra el líquido de frenos y eso hace que la mordaza empuje la pastilla contra el disco y, a la vez, que se corra la mordaza para frenar con ambas y se logre uniformizar el frenado y el desgaste.

### **c. Pastillas de freno**

Las pastillas van colocadas dentro de la mordaza dotada de un pistón como mínimo, que transforma la presión en fuerza. Las pastillas están diseñadas para producir una alta fricción con el disco. Deben ser reemplazadas regularmente, y muchas están equipadas con un sensor que alerta al conductor cuando es necesario hacerlo. Algunas tienen una pieza de metal que provoca que suene un chirrido cuando están a punto de gastarse, mientras que otras llevan un material que cierra un circuito eléctrico que hace que se ilumine un testigo en el cuadro del conductor.

La potencia de frenado la determina la estabilidad del factor de fricción de las pastillas. El factor de fricción tiende a disminuir con el aumento de

temperatura y velocidad. Al bajar el factor de fricción se prolonga la distancia de frenado.

Hasta hace poco tiempo las pastillas contenían asbesto, que ha sido prohibido por resultar carcinógeno. Por lo tanto, al trabajar con vehículos antiguos se debe tener en cuenta que no se debe inhalar el polvo que pueda estar depositado en las inmediaciones de los elementos de frenada. Actualmente las pastillas están libres al 100% de este material, ya que fue catalogado como carcinógeno.

#### **2.1.4.3 Daños en los discos de freno**

Los discos pueden sufrir diferentes daños: alabeado, rayado, rotura y cristalización.

##### **a. Alabeado**

El alabeado se produce por un sobrecalentamiento de la superficie de frenado que provoca una deformación en el disco. Esto provoca vibraciones en la frenada y una disminución en la potencia de frenado. El alabeado puede ser prevenido con una conducción menos exigente con los frenos, aprovechando el freno motor con un uso inteligente de la caja de cambios para reducir la carga del freno de servicio. Pisar el freno continuamente provoca una gran cantidad de calor, por lo que debe evitarse. Para verificar se mide con micrómetro (el espesor) y con un comparador de dial o carátula (para medir la deformación).

### **b. Rotura**

La rotura está en todos los tipos de discos, en los que pueden aparecer grietas entre los agujeros (para los ventilados y súper ventilados), y grietas en la superficie de fricción que tiene el disco.

### **c. Rayado**

Es producido cuando las pastillas de freno no están bien instaladas o son de material más duro que el material proveniente de los discos, esto al frenar provoca un rayado en el cual hace que el disco, en la superficie de fricción se deforme. La solución para este problema es el rectificado de ambos discos, pero a veces es a causa de la mal instalación de ese sistema

### **d. Cristalización**

El disco se cristaliza cuando, al momento de frenar, el material de fricción del disco con las pastillas generan una mayor temperatura (por ejemplo, al frenar desembragado en la bajada), y a su vez generan que la resina que contiene el material de fricción se haga líquida y suba a la superficie formando una capa que evita el rozamiento y la abrasión entre ambos objetos, provocando que el disco o la pastilla se deterioren, quedando la pastilla con un brillo en la superficie y con textura ultra dura y el disco en cambio da un color azulado. Para este daño hay que reemplazar el disco o la pastilla de freno por uno nuevo. Sin embargo esta peligrosa práctica puede dejar al vehículo sin frenos, ya que puede causar el "desvanecimiento" de estos, es decir la pérdida momentánea de gran parte o la totalidad de la capacidad de frenado en tanto los frenos no se enfríen. Este percance puede sucederle a quien ignore la teoría del frenaje, la que podría resumirse así: "para poder cumplir su cometido los sistemas de freno tienen que ejecutar

dos funciones, la primera es convertir la energía cinética, es decir la que posee todo vehículo en movimiento, en otra forma de energía que pueda ser sacada del móvil, causando la reducción de la velocidad o la detención en caso necesario, en la mayoría de los casos la energía cinética es convertida en calor por medio del roce entre zapatas y tambores o entre discos y pastillas. La segunda función es la de disipar el calor producido por el roce antes mencionado en el medio ambiente, por lo tanto puede decirse que la capacidad de los frenos está limitada por la cantidad de calor que puedan disipar al medio ambiente, también es necesario saber que con cada frenada se reduce momentáneamente la capacidad de frenado, razón por la cual los frenos deben usarse lo estrictamente necesario y nunca para ir "aguantando" o refrenando un vehículo en el descenso de una larga o empinada cuesta, cuestión que podría resultar fatal, no sólo para el conductor y sus acompañantes, sino que también para muchas otras personas. La "cristalización" de zapatas y pastillas es una evidencia concluyente de que los frenos fueron abusados y por lo tanto recalentados.

#### **2.1.4.4 Mantenimiento Del Freno De Disco**

Como el freno de disco tiene un ajuste automático no puede reconocerse el desgaste de las guarniciones por el mayor recorrido del pedal, sino por el descenso del nivel del líquido de frenos. En cada inspección es necesario revisar el nivel del líquido. Las guarniciones hay que renovarlas cuando su espesor sea menor de dos milímetros o se hayan desgastado irregularmente, debiendo realizarse siempre en ambas monturas del eje, para evitar comportamiento irregular en el frenado. Hay que proceder a la evacuación del aire cuando las circunstancias lo exijan.

Para tener un adecuado mantenimiento en frenos de disco se requiere de:

- Realizar periódicamente la revisión de las balatas para comprobar que no estén muy desgastadas
- Revisar que se cuente con la cantidad adecuada de líquido de frenos.
- Comprobar que los discos se encuentren en buen estado.
- Mantener las tuberías del líquido de frenos libres de aire.

### **2.1.5 Frenos de tambor**

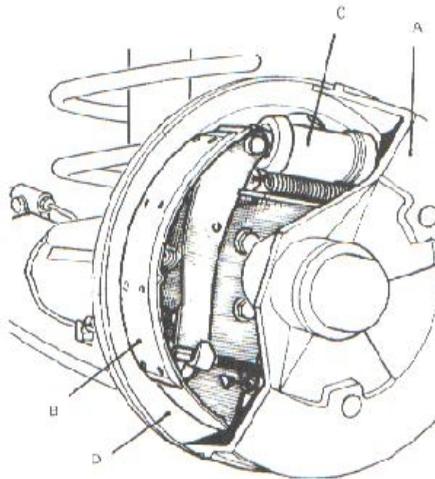
Es un tipo de freno en el que la fricción se causa por un par de zapatas o pastillas que presionan contra la superficie interior de un tambor giratorio, el cual está conectado al eje o la rueda.

Constan de un tambor de acero o de hierro sujeto a la rueda de forma tal que gira simultáneamente, en su interior, junto al semieje, están las dos pastillas, separadas en su parte inferior por un tornillo de ajuste, y en su parte superior por un cilindro de rueda. La presión hidráulica ejercida desde el cilindro maestro, causa que el cilindro de rueda presione las pastillas contra las paredes interiores del tambor, produciendo el descenso de velocidad correspondiente.

En el interior de un freno de tambor van alojadas las zapatas (B), provistas de forros de un material muy resistente al calor y que pueden ser aplicadas contra la periferia interna del tambor por la acción del bombín (C), produciéndose en este caso el frotamiento de ambas partes.

Como las zapatas van montadas en el plato (D), sujeto al chasis por el sistema de suspensión y que no gira, es el tambor el que queda frenado en su giro por el frotamiento con las zapatas.

**Fig. 9** Corte de un Tambor



Fuente: [www.rincondelvago.com/sistemas-de-frenos-hidraulicos-en-automoviles-livianos.html](http://www.rincondelvago.com/sistemas-de-frenos-hidraulicos-en-automoviles-livianos.html)

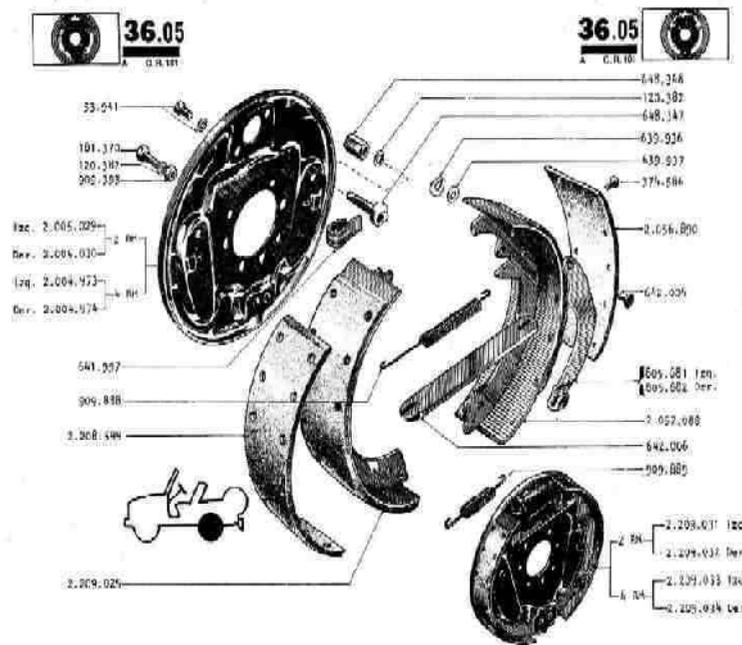
**Fig. 10** Tambor



Fuente: [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

El Desgaste (perdida de superficie de un material por acción mecánica) que se produce en las frenadas debido al rozamiento de las zapata contra el tambor, hace que aquellas queden cada vez más separadas de éste en posición de reposo, lo que supone un mayor recorrido muerto en la acción de frenado y el envío de mayor cantidad de líquido desde la bomba. Para corregir esto se debe de realizar un reglaje periódico de los frenos, que consiste en aproximar las zapatas al tambor lo máximo posible, pero sin que llegue a producirse el rozamiento entre ambos. Para realizar esta función se colocan en este tipo de freno unas excéntricas que limitan el recorrido tope de las zapatas hacia su posición de reposo. Mediante ellas se aproximan las zapatas al tambor cuanto sea necesario. La eficiencia de frenado depende de la calidad y condiciones del tambor.

**Fig. 11** Componentes del freno de tambor



Fuente: [www.rincondelvago.com/frenos.html](http://www.rincondelvago.com/frenos.html)

### **2.1.5.1 Fading**

Fading (Del verbo inglés fade: desmejorar, marchitar) : Expresión que se utiliza cuando los frenos de un vehículo pierden efectividad debido al sobrecalentamiento de los elementos que están en contacto (discos o tambores y pastillas), que pueden llegar a alcanzar temperaturas incluso superiores a los 500 grados centígrados.

El calentamiento excesivo de los frenos disminuye la adherencia del material empleado en los forros de las zapatas, al mismo tiempo que dilata el tambor, que queda más separado de ellas, por eso aparece el fenómeno llamado "fading". Una vez que se enfrían, los frenos vuelven a funcionar normalmente. Este fenómeno aparece también cuando el líquido de frenos es de mala calidad y se vaporiza parcialmente en los bombines.

Antiguamente los autos tenían solo tambores, pero estos al acumular calor pierden efectividad, aún cuando algunos tambores tienen aletas de refrigeración para enfriarse más velozmente. Existen discos sólidos y ventilados, estos últimos por su complejidad de fabricación, son más costosos, pero mantienen más baja la temperatura durante la frenada y son más eficientes. Debido a la distribución de peso y su geometría, un auto debe frenar más adelante que atrás, Es por eso que al frente se encuentran los frenos de mayor efectividad y robustez. Los arreglos más comunes son los autos con frenos de discos adelante y tambor atrás. Los más costosos son los que utilizan discos en las cuatro ruedas. La mayoría de estos usan discos ventilados adelante y macizos atrás.

### **2.1.5.2 Ventajas y desventajas del freno de tambor**

Las zapatas eran un elemento que había que ajustar regularmente hasta que en los años 50's se introdujo un sistema de auto adaptación que hacía innecesario el ajuste manual. En los años 60 y 70 se empezaron a dejar de fabricar coches con frenos de tambor en el eje delantero. En su lugar se fue introduciendo el freno de disco al igual que en las motos y actualmente todos los vehículos los incorporan al menos en el eje delantero. Esto es debido a que los frenos de tambor con zapatas internas tienen poca capacidad de disipar el calor generado por la fricción, lo que hace que se sobrecalienten fácilmente. En esos casos el tambor se deforma lo que hace necesario presionar con más fuerza para obtener una frenada aceptable.

Los frenos de tambor presentan la ventaja de proteger el sistema contra proyecciones de agua, barro, etc., haciéndoles más idóneos para condiciones climatológicas de nieve o lluvia en caminos o carreteras secundarias.

Actualmente los frenos de tambor se siguen utilizando en los vehículos de gama baja, sobre todo en las ruedas traseras, debido a su menor coste sobre los frenos de disco. En los vehículos de gran tonelaje, con sistemas de frenado por aire a presión, como los camiones, siguen empleándose por la gran superficie de intercambio de energía por fricción que presentan, mucho mayor que la de una pastilla de disco.

### **2.1.5.3 Rayaduras del tambor**

Cuando la zapata se desgasta, los remaches que la fijan rozan el tambor, rayándolo, debido, generalmente, a que el operador del vehículo no tomó las acciones preventivas y periódicas necesarias.

### **2.1.6 Líquido de frenos**

Es un líquido hidráulico que hace posible la transmisión de la fuerza ejercida sobre el pedal de freno a los cilindros de freno en las ruedas de automóviles, motocicletas, camionetas y algunas bicicletas avanzadas.

#### **2.1.6.1 Función Del Líquido De Frenos**

La función del líquido de frenos es transmitir la presión de la frenada desde el pedal hasta las balatas. Para que se pueda reconocer un buen líquido de frenos se debe de tomar en cuenta que el líquido debe de ser:

- a.** Incompresible (Que no se comprima en lo más mínimo)
- b.** No debe de ocasionar fricción con la tubería del sistema de frenos.
- c.** No debe ocasionar corrosión, para mantener en el mejor estado posible la tubería. Dado que el líquido de frenos está en contacto permanente con los componentes del circuito (caucho, Cobre, Acero, etc.), deberá poseer propiedades anticorrosivas que impidan la interacción química entre ellos, que supondría el deterioro de los componentes. Nunca se debe de mezclar un líquido mineral con otro sintético.
- d.** Debe de tener un elevado punto de ebullición (en general oscila entre 230° y 240° C para un líquido nuevo)
- e.** Debe de tener fluidez aun a bajas temperaturas.

Cuando se acciona el pedal de freno, se comprime el líquido que se dirige hasta los cilindros de rueda accionando las zapatas y pastillas de freno. Una de las características del líquido de freno es que él no se comprime, por lo tanto él comprime los accionadores de los frenos en las ruedas (pastillas y zapatas).

El líquido de freno es hidrocópico, es decir absorbe agua, por lo tanto su vida útil es limitada, si el contenido de agua supera el 3%, la temperatura de ebullición desciende de 80° a 90° C, lo que implica la sustitución del líquido y además no debe utilizarse uno nuevo que se haya mantenido durante un tiempo prolongado en contacto con el aire. Eso indica que cuando hay mucha absorción de agua por el líquido, se pierden sus propiedades de compresibilidad, dificultando el proceso de frenado.

Los líquidos de frenos sufren una ligera degradación durante los primeros meses de utilización, debido a su poder de absorción de la humedad; pero transcurrido un cierto tiempo se llega a la estabilización de la tasa de humedad, de manera que no es necesario el cambio del líquido. Sin embargo, cuando se realizan intervenciones en el circuito de frenos, como el cambio de un cilindro receptor, en las cuales se rompe la hermeticidad del circuito, es imprescindible realizar el cambio total del líquido de frenos. Los fabricantes recomiendan el cambio cada 80.000 Km. o dos años.

#### **2.1.6.2 Composición**

El líquido de frenos se compone normalmente de derivados de poliglicol. En casos extraordinarios (ej. coches antiguos, ejército) se usan líquidos de silicio y aceites minerales. El punto de ebullición del líquido de frenos ha de ser elevado ya que las aplicaciones de frenos producen mucho calor (además la formación de burbujas puede dañar el freno, y la temperatura de congelación ha de ser también muy baja, para que no se hiele con el frío. Los líquidos de frenos convencionales tienen, según el *Department of Transportation, DOT* (del inglés Departamento de Transportes) temperaturas de ebullición de 205 °C (DOT 3), 230 °C (DOT 4) o 260 °C (DOT 5.1). Como

puede observarse, cuanto mayor es el índice DOT mayor es la temperatura de ebullición. Debido a que el líquido de frenos es higroscópico, es decir, atrae y absorbe humedad (ej. del aire) se corre el peligro de que pequeñas cantidades de agua puedan llevar consigo una disminución considerable de la temperatura de ebullición (este fenómeno se denomina “desvanecimiento gradual de los frenos”). El hecho de que el líquido de frenos sea higroscópico tiene un motivo: impedir la formación de gotas de agua (se diluyen), que puedan provocar corrosión local y que pueda helarse a bajas temperaturas. Debido a su propiedad higroscópica se ha de cerrar la tapa del recipiente lo antes posible.

#### **2.1.6.3 Puntos a tener en cuenta del líquido de frenos**

Debido al incremento con el tiempo del porcentaje de agua en el líquido de frenos, se recomienda reemplazar cada 2 años y a mucho tardar cada 4 años. Porcentajes de agua superiores al 3% pueden dañar los frenos, ya que podrían formarse burbujas de vapor, las cuales, a diferencia de los líquidos, son comprimibles. Además el agua contribuye a la corrosión de los conductos del líquido de frenos y puede agravar el desgaste de los pistones de freno.

El líquido de frenos es tóxico si se ingiere e irrita los ojos y la piel al contacto (RS 22 y 36). Por ello ha de utilizarse guantes y gafas protectoras para su manipulación.

Además el líquido de frenos puede atacar la pintura y componentes de plástico. Por ello ha de eliminarse lo antes posible en caso de derrame.

El líquido de frenos usado ha de depositarse en un contenedor de residuos especiales.

#### **2.1.6.4 Mezcla de diferentes líquidos de frenos**

No se recomienda la mezcla de los líquidos de frenos DOT 3 y DOT 4 ya que DOT 4 es más agresivo. No todas las juntas de gomas de un sistema DOT-3 son adecuadas para un DOT 4. El riesgo es un fallo del sistema de frenos. Por regla general ha de usarse siempre el líquido de frenos diseñado para cada sistema de frenos, el cual se especifica en la tapa del recipiente, o bien, es especificado por el fabricante del automóvil.

El líquido de frenos DOT 5.1 (a base de glicol) fue de hecho diseñado para ser usado junto con líquidos de frenos del tipo DOT 3 y DOT 4 y contiene a su vez especificaciones de DOT 5.

Los líquidos de frenos DOT 5 (a base de silicio) no se pueden mezclar con líquidos de ningún otro tipo.

#### **2.1.6.5 Agua en el líquido**

En situaciones donde se exigen “frenadas” de emergencia, (incluso hay casos en que el disco de freno se pone al “rojo vivo”) es normal que el líquido de freno se caliente mucho, cuanto más se calienta el líquido mayor es la posibilidad de producir burbujas de vapor que se transformarán en agua. También, si el líquido de freno es de baja calidad, el punto de ebullición es bajo y rápidamente se produce agua.

#### **2.1.7 Sistema antibloqueo de frenos**

Pertenece al grupo de los sistemas auxiliares que contribuyen a que los vehículos sean más seguros y fáciles de controlar, independientemente de las condiciones de las autopistas.

Cuando se aplican los frenos tan fuertemente que bloquean las ruedas, los cauchos patinan sobre el camino. En esa situación, con las ruedas bloqueadas, se pierde el control del vehículo, que por efecto de la inercia se desliza en línea recta sin responder a la dirección aunque se mueva el volante. Para evitar este inconveniente hay dos caminos. Uno es aplicar la presión justa sobre el pedal de freno para impedir el bloqueo, aunque esta maniobra exige ejercitación y entrenamiento para desarrollar la sensibilidad en el pie. La otra solución la aportó la industria del automóvil con el sistema antibloqueo de frenos (ABS), el cual consta de un complejo dispositivo de sensores y bombas electrónicas mantienen a las ruedas en movimiento, aún en situaciones de pánico o frenadas violentas.

El sistema ABS que evita que los cauchos se deslicen, permitiendo mantener el control del vehículo aun en una situación extrema, aunque el ABS mejora la frenada en todos los terrenos, hay que tener en cuenta que con pisos resbaladizos, las distancias de frenado también son mayores.

Este tipo de frenos se utilizan en algunos autos que poseen frenos de disco en los cuatro cauchos, llevan un sensor en cada rueda, que compara permanentemente la velocidad de giro (régimen) de cada rueda con la velocidad de giro de las restantes. Dicho régimen puede ser diferente en cada rueda porque en curvas, terrenos deslizantes o en frenadas cada rueda tiene diferentes velocidades y/o superficies. Los cuatro sensores están comunicados con una computadora; y si se reduce repentinamente el régimen de una sola rueda, la computadora da aviso del riesgo de bloqueo, lo que ocasiona que se reduzca de inmediato la presión hidráulica en el tubo de freno de esa rueda, para aumentar a continuación otra vez hasta el límite de bloqueo. Este ciclo se desarrolla varias veces por segundo, sujeto a vigilancia y regulación electrónicas durante toda la operación de frenado.

Resultado: el vehículo sigue estable al frenar indistintamente del agarre o patinaje que ofrezca el pavimento; no necesariamente se acorta el recorrido de frenado.

**Fig. 12** Frenada a fondo sin ABS.



Fuente: [www.rincondelvago.com/freno](http://www.rincondelvago.com/freno)

### **2.1.8 Freno de mano**

La función del freno de mano es la de que un vehículo estacionado no se ponga en movimiento por sí solo, recibiendo el nombre de freno de estacionamiento, aun cuando se puede utilizar como freno de emergencia si es necesario durante la marcha del vehículo.

Es una palanca que se encuentra al alcance del conductor; la palanca va unida por unos cables a la leva de freno. Al accionar la palanca las levas ejercen presión sobre las balatas de las llantas traseras ocasionando un frenado que en caso de darse con el vehículo andando suele ser muy brusco.

## **2.2. Fundamentación tecnológica**

TOYOTA S.A. Toyota es una empresa multinacional japonesa. Toyota pasó a ser en el año 2007 primer fabricante mundial de automóviles adelantando a General Motors, y se especuló que en el año 2008 habría una producción y ventas aproximadas de 9,8 millones de vehículos junto con ventas crecientes. Es una de las "tres grandes" japonesas desafiando a los fabricantes de automóviles estadounidenses que incluye Nissan Motors y Honda Motor con gran éxito. Produce automóviles, camiones, autobuses y robots y es la quinta empresa más grande del mundo. La sede de la empresa se encuentra en Toyota, Aichi, y Bunky , Tokio Japón con fábricas y oficinas alrededor del mundo.

La empresa fue fundada en 1933 por Kiichiro Toyota. Desde entonces, Toyota se ha convertido en una de las empresas japonesas más rentables y con más éxito y una de las corporaciones líderes en la industria del automóvil presentando el primer aparcado automático en la industria disponible comercialmente (Advanced Parking GuidanceSystem), una caja de cambios automática de ocho velocidades, guía de tráfico en tiempo real con reasignación de ruta dinámica y un control climático de cuatro zonas con tecnología de infrarrojos en sus modelos de la división Lexus. Es también una de las pocas empresas de automóviles que ha producido extensamente y promocionado automóviles basados en una tecnología de combustible híbrida como en el modelo Prius, Toyota e incluso en la división de automóviles de lujo Lexus. Toyota invierte una gran cantidad de recursos en investigaciones de vehículos de combustión más limpia como el Toyota Prius, basados en tecnología como el HybridSynergy Drive, aunque los costos añadidos de la tecnología híbrida no suponen ningún ahorro de costos durante muchos años.

El Prius utiliza un sistema de transmisión automática y continuamente variable que se conoce con el nombre de **E-CTV**. La idea de estas transmisiones es que no existen marchas discretas, sino que más bien una gran cantidad de posiciones que varían continuamente. La palanca de selección está sobre el tablero y tiene cuatro posiciones **D, R, N y B**. Esta palanca de selección no es como la estándar de las cajas automáticas sino que es un “**Joystick**” (**Palanca de posición momentánea**), en el cual se marca la posición y luego la palanca debe retornarse a su lugar original. Eso es suficiente para pasar la marcha. Las letras representan lo habitual en un automático: **Drive, Neutro, Reversa**.

La posición B es un modo en el que el sistema coloca una carga al motor eléctrico ofrece mayor resistencia al avance para facilitar los descensos y frenadas, esto es seguridad y control a costa de eficiencia energética. La transición de potencia según requerido en el Prius es muy suave, y no se sienten saltos en Directa.

No existe una posición **Parking** en el joystick y lo anterior se debe a que para estacionar se utiliza un botón especial con la letra P, ubicado en el panel. El freno “**de mano**” tampoco es tal, y corresponde a un pedal que se debe presionar una vez tanto para iniciar un trayecto como para terminarlo. Este pedal, se encuentra a la izquierda del freno. Joystick de manejo de la transmisión automática, cómodo, bien ubicado y fácil de utilizar.

No es complicado adaptarse a las nuevas medidas de desempeño y modos de manejo impuestos por ser un vehículo híbrido. La transición entre manejar un automóvil común y corriente y un Prius no requiere de ningún esfuerzo, y lo anterior es muy bueno ya que es atractivo para conductores que no necesariamente tienen un conocimiento profundo de tecnología híbrida o mecánica.

### 2.3 Posicionamiento teórico personal.

**Según Toyota.com: El Toyota Prius es un vehículo híbrido que combina dos tipos de energía, es decir dos tipos de motores una de combustión interna y dos motores eléctricos los cuales realizan distintas funciones.**

Los motores eléctricos son generados los cuales se encargan de recargar la batería de vehículo, esta función de recargar la batería específicamente se encarga el motor que Toyota lo ha denominado motor eléctrico MG1, **pero esta no es la única función que realiza ya que este motor MG1 también hace la función de motor de arranque para encender el motor térmico en el momento que el sistema lo requiera como puede ser en el momento que el vehículo se encuentre en una cuesta o cuando el nivel de carga de las baterías es bajo.**

El motor eléctrico MG1 es un generador que se realiza la función de transformar el trabajo del motor térmico en energía eléctrica la cual es almacenada en la batería para un uso futuro, este es de corriente alterna sincrónica y puede girar como máximo al doble de régimen de giro del motor térmico, el MG1 se encuentra entre el motor térmico y el motor eléctrico MG2.

**Ahora si la función principal del motor MG1 es cargar la batería de alto voltaje no es el único que realiza esta función ya que también lo realiza el freno regenerativo.**

Los frenos regenerativos es un sistema que se basa en el principio de que un motor eléctrico puede ser utilizado como generador, es decir que el motor eléctrico MG2 de tracción es reconectado como generador durante el frenado

y las terminales de alimentación se convierten en suministradoras de energía la cual se conduce hacia una carga eléctrica, es esta carga, la que provee el efecto de frenado.

Los frenos son electro hidráulico ya que en el momento que el conductor pisa el pedal manda una señal de presión hidráulica a una centralita, esta centralita calcula cómo reducir la velocidad del vehículo, utilizando tanto los frenos hidráulicos como la retención que puede generar el motor eléctrico.

## 2.4 Glosario de términos

- **Centralita**, Una centralita electrónica, también conocida como Unidad de Control Electrónico (traducción del inglés, Electronic Control Unit o ECU) es un dispositivo electrónico normalmente conectado a una serie de sensores que le proporcionan información y actuadores que ejecutan sus comandos.
- **Condensadores**, Es un elemento intercambiador térmico, en cual se pretende que cierto fluido que lo recorre, cambie a fase líquida desde su fase gaseosa mediante el intercambio de calor (cesión de calor al exterior, que se pierde sin posibilidad de aprovechamiento) con otro medio.
- **Electroimanes**, Un electroimán es un tipo de imán en el que el campo magnético se produce mediante el flujo de una corriente eléctrica, desapareciendo en cuanto cesa dicha corriente. Es producido mediante el contacto de dos metales; uno en estado neutro y otro hecho por cables e inducido en electricidad.

- **Electromotriz**, Se define como el trabajo que el generador realiza para pasar por su interior la unidad de carga positiva del polo negativo al positivo, dividido por el valor en Culombios de dicha carga.
- **Energía cinética**, La energía cinética de un cuerpo es una energía que surge en el fenómeno del movimiento. Está definida como el trabajo necesario para acelerar un cuerpo de una masa dada desde el reposo hasta la velocidad que posee.
- **Freno dinámico**, Se trata de un dispositivo de frenado electrodinámico aplicado en el eje de un motor específico y especialmente proyectado para este tipo de uso.
- **Freno hidráulico**, El Freno hidráulico es el que aprovecha la acción multiplicadora del esfuerzo ejercido sobre un líquido oleoso incompresible.
- **Freno regenerativo** es un dispositivo que permite reducir la velocidad de un vehículo transformando parte de su energía cinética en energía eléctrica. Esta energía eléctrica es almacenada para un uso futuro.
- **Generador**, es todo dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrico entre dos de sus puntos, llamados polos, terminales o bornes.
- **Híbrido**, Un vehículo híbrido es un vehículo de propulsión alternativa que combina un motor movido por energía eléctrica proveniente de baterías y un motor de combustión interna.

- **Inducido**, En el contexto de las máquinas eléctricas, inducido es la parte de la máquina rotativa donde se produce la transformación de energía mecánica en eléctrica mediante inducción electromagnética.
- **Inductor**, Un inductor o bobina es un componente pasivo de un circuito eléctrico que, debido al fenómeno de la autoinducción, almacena energía en forma de campo magnético.
- **Magnético**, Espacio donde puede existir un flujo magnético de inducción. No tiene por qué estar ocupado por materiales magnéticos. En las máquinas es el camino recorrido por las líneas de flujo magnético de un motor eléctrico.
- **MG1**, Motor Generador 1.
- **MG2**, Motor Generador 2.
- **Motor síncrono**, Los motores síncronos son un tipo de motor eléctrico de corriente alterna. Su velocidad de giro es constante y depende de la frecuencia de la tensión de la red eléctrica a la que esté conectado y por el número de pares de polos del motor.
- **Planetarios**, es un sistema de engranajes (o *tren de engranajes*) consistente en uno o más engranajes externos o *satélites* que rotan sobre un engranaje central o *planeta*.

- **Prototipo**, Un modelo a tamaño real que guarda la apariencia, color, rotulación, legibilidad y/o aspectos estéticos de una señal para apreciarla antes de hacer una producción masiva.
- **Ralentizar**, Hacer más lento un proceso o una actividad, lentificar: la apatía de los oficinistas ralentizaba el trabajo.
- **Síncrono**, término asociable a distintos dispositivos y procesos. En sistemas multiprocesador representa la sincronización o accionamiento simultaneo de varios componentes como la memoria principal y la CPU.
- **Tren epicycloidal**, Es un juego de engranajes.
- **Trifásica**, La tensión trifásica, es esencialmente un sistema de tres tensiones alternas, acopladas, (se producen simultáneamente las 3 en un generador), y desfasadas  $120^\circ$  entre sí (o sea un tercio del Periodo).

## 2.5 Matriz categorial

DEFINICIÓN	CATEGORÍA	DIMENSIONES	INDICADORES
Dispositivo utilizado para detener o disminuir el movimiento de algún cuerpo, generalmente, un eje, árbol o tambor	FRENO	Líquido de freno Reservorio Cañerías Mordazas Pastillas Disco Tambor Zapatillas	Trasmite fuerza Almacena líquido. Distribuyen el líquido. Sujeta las pastillas. Fricción con el disco. Detiene la rueda. Detiene la rueda. Fricción al tambor.
Sistema auxiliar que contribuyen a que los vehículos sean más seguros y fáciles de controlar en una frenada brusca.	FRENO ABS	Sensores Actuadores	Dan señal a la ECU Responden a la señal de la ECU

## CAPITULO III

### 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

#### 3.1 Tipo de investigación

El trabajo de grado que se realizo se basa en una investigación de tipo **documental bibliográfica**, siendo principalmente de tipo **documental** ya que la información recopilada para la realización de este trabajo se la obtuvo de libros, manuales de vehículos, revistas y sobre todo de internet debido a que en el trabajo se necesitó información actualizada.

**De campo** debido a que se realizo prácticas de trabajo en el vehículo Toyota Prius para obtener la información.

#### 3.2 Métodos

Los métodos que se pretendieron condicionar a la presente propuesta fueron los siguientes:

##### 3.2.1 Inductivo

Este método en la investigación permitió considerar los argumentos específicos para en base a ello alcanzar el conocimiento general tanto en el proceso de aprendizaje como en la práctica.

### **3.2.2 Deductivo**

El método fue aplicado en todas las consecuencias que se encontraron durante el desarrollo del estudio del motor eléctrico MG1 y los frenos regenerativos del Toyota Prius.

### **3.2.3 Científico**

Este método fue utilizado en todas las etapas de la investigación para luego llegar a un conocimiento amplio de este tipo de mecanismos.

### **3.2.4 Analítico**

Este método nos permitió conocer más del objeto de estudio, con lo cual se pudo; comprender mejor el comportamiento y funcionamiento del sistema de regeneración del vehículo Toyota Prius.

## CAPITULO IV

### 4. MARCO ADMINISTRATIVO.

#### 4.1 Cronograma de actividades

N° ACTIVIDAD	ABR. 2011				MAY. 2011				JUN. 2011				JUL. 2011				AGO. 2011				SEP. 2011				OCT. 2011				NOV. 2011				DIC. 2011				ENE. 2012			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1 Búsqueda del Problema	■	■																																						
2 Planteamiento del problema		■	■																																					
3 Árbol de Problemas			■	■	■	■																																		
4 Marco Teórico							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																								
5 Búsqueda de Información							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																								
6 Metodología de la Investigación															■	■	■	■	■	■																				
7 Marco Administrativo																■	■	■	■	■																				
8 Propuesta																	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
9 Elaboración del módulo																																								
10 Informe Final																																								

#### 4.2. Recursos.

##### 4.2.1 Recursos Humanos.

El presente trabajo Investigativo será elaborado por.

- Chauca Vásquez Miguel Alejandro.
- Enríquez Garófalo Edison Eduardo.
- Director de tesis: Ing. Fausto Tapia.

#### 4.2.2 Materiales

- Materiales de oficina: Computadora, impresora, hojas, lápices.
- Material de taller: Un vehículo Toyota prius, herramientas.
- Colaboración de la Universidad Técnica del Norte ya que proporcionaron el préstamo de textos sobre este tema.

#### 4.3. Presupuesto.

##### Rubro de Gastos

<b>CANTIDAD</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	Resma de Papel Bond	5.00	5.00
200	Copias	0.02	4.00
100	Horas de Internet	0.60	60.00
1	Vehículo (Motor MG1 y frenos regenerativos)	5000.00	5000.00
1	Tutoría técnica	300.00	300.00
500	Impresiones	0.10	50.00
2	Compra de Manual Toyota	50.00	100.00
	<b>Subtotal</b>		5429.00
	<b>10% Imprevistos</b>		542.90
	<b>TOTAL</b>		<b>5971.90</b>

## **CAPITULO V**

### **5. PROPUESTA ALTERNATIVA**

#### **5.1. Título de la propuesta**

MÓDULO DIDACTICO PARA LA ENSEÑANZA DE UN MOTOR ELÉCTRICO MG1 Y LOS FRENOS REGENERATIVOS, DEL VEHÍCULO TOYOTA PRIUS.

#### **5.2. Justificación e Importancia.**

El motivo principal por la cual se realizo esta investigación es para mejorar el conocimiento de los estudiantes de la especialidad de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz aplicando el Proyecto de la Propuesta de la elaboración de un módulo didáctico para la enseñanza, del motor eléctrico MG1 y los frenos regenerativos del vehículo Toyota Prius, implementando el material didáctico del taller de la UTN.

Con el desarrollo de este proyecto, se dio solución a los problemas ocasionados por la falta de material didáctico y la falta de conocimiento de los estudiantes de la carrera sobre este tipo de mecanismos existentes en la actualidad.

Por tal razón esta investigación benefició a toda la comunidad educativa como son las autoridades de la Universidad, personal docente y administrativo y fundamentalmente a los estudiantes de la carrera de

Mantenimiento Automotriz, lo que permitió que todos conozcan y lleven a la práctica la utilización y funcionamiento del motor eléctrico MG1 y los frenos regenerativos del vehículo Toyota Prius.

### **5.3. Fundamentación tecnológica.**

Toyota es una empresa multinacional japonesa. Toyota pasó a ser en el año 2007 el primer fabricante mundial de automóviles adelantando a General Motors. Es una de las "tres grandes" japonesas desafiando a los fabricantes de automóviles estadounidenses que incluye Nissan Motors y Honda Motor con gran éxito. Produce automóviles, camiones, autobuses y robots y es la quinta empresa más grande del mundo.

Toyota se ha convertido en una de las empresas japonesas más rentables y con más éxito y una de las corporaciones líderes en la industria del automóvil presentando el primer aparcado automático en la industria disponible comercialmente (Advanced Parking GuidanceSystem), una caja de cambios automática de ocho velocidades, guía de tráfico en tiempo real con reasignación de ruta dinámica y un control climático de cuatro zonas con tecnología de infrarrojos en sus modelos de la división Lexus. Es también una de las pocas empresas de automóviles que ha producido extensamente y promocionado automóviles basados en una tecnología de combustible híbrida como es el modelo Prius, Toyota e incluso en la división de automóviles de lujo Lexus.

Toyota invierte una gran cantidad de recursos en investigaciones de vehículos de combustión más limpia como el Toyota Prius, basados en tecnología como el HybridSynergy Drive, aunque los costes añadidos de la

tecnología híbrida no suponen ningún ahorro de costes durante muchos años.

Debido a las fuertes sumas de dinero que invierten en las investigaciones, es que son celosos y egoístas con la información que obtienen. Pero eso nos ha impulsado a desarrollar este modulo didáctico para la enseñanza del motor eléctrico MG1 y los frenos regenerativos del vehículo Toyota Prius.

#### **5.4. Objetivos:**

##### **5.4.1 Objetivo General**

“ELABORAR UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA DE UN MOTOR ELÉCTRICO MG1 Y LOS FRENOS REGENERATIVOS DEL VEHÍCULO TOYOTA PRIUS”.

##### **5.4.2 Objetivos Específicos**

Investigar sobre el motor eléctrico MG1 y los frenos regenerativos del vehículo Toyota Prius

Implementar un motor eléctrico MG1 y los frenos regenerativos del vehículo Toyota Prius en el taller de la carrera de Ingeniería En Mantenimiento Automotriz.

Elaborar un módulo didáctico del motor eléctrico MG1 y los frenos regenerativos del vehículo Toyota Prius.

## **5.5. Ubicación sectorial y física**

La investigación se realizó en la ciudad de Ibarra con ingenieros, estudiantes y mecánicos de la carrera, aplicando en el vehículo Toyota Prius, la parte investigada fue el motor eléctrico MG1 y los frenos regenerativos.

## **5.6. DESARROLLO DE LA PROPUESTA.**

### **MÓDULO DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA DE UN MOTOR ELÉCTRICO MG1 Y EL FRENADO REGENERATIVO DEL VEHÍCULO TOYOTA PRIUS**

#### **5.6.1 Introducción al vehículo Toyota Prius**

El Toyota Prius es un vehículo híbrido, es decir, es un vehículo que combina dos tipos de energías, como es la energía térmica que es producida por el motor de combustión interna, el cual es un motor de ciclo atkinson y la energía eléctrica que acciona un motor eléctrico el cual ha sido denominado por Toyota como MG2, este motor recibe la alimentación eléctrica de una batería de alto voltaje que genera 200 voltios o más, pero estos 200 voltios pasan por un inversor que eleva la corriente a más de 500 voltios para que trabaje MG2.

En el vehículo Toyota Prius para que la batería de alto voltaje no se descargue, este vehículo consta con otro motor eléctrico el cual ha sido denominado por Toyota como MG1 ya que es el encargado de cargar la batería de alto voltaje conjuntamente con el motor de combustión interna,

este motor es el que realiza la función de arranque para el motor térmico cuando la batería de alto voltaje esta con un nivel bajo de energía o cuando el vehículo necesita mayor potencia.

El vehículo Toyota Prius trata de aprovechar toda la energía es por esto que esta implementado un freno regenerativo que aprovecha el frenado del vehículo para cargar la batería de alto voltaje y no se desperdicie esa fuerza de frenado en los componentes del freno hidráulico como ocurre en los vehículos normales.

#### **5.6.2 Motor eléctrico del vehículo Toyota Prius**

El motor eléctrico está formado por dos motores-generadores eléctricos, denominados MG1 y MG2. El MG1 es un motor-generador eléctrico síncrono de corriente alterna trifásica. Su tensión de alimentación es de 500 V. Puede funcionar como motor de arranque del motor de gasolina o como generador, recargando la batería HV y excitando al motor generador MG2. **Este motor MG1 es, además, el regulador de todo el sistema híbrido.**

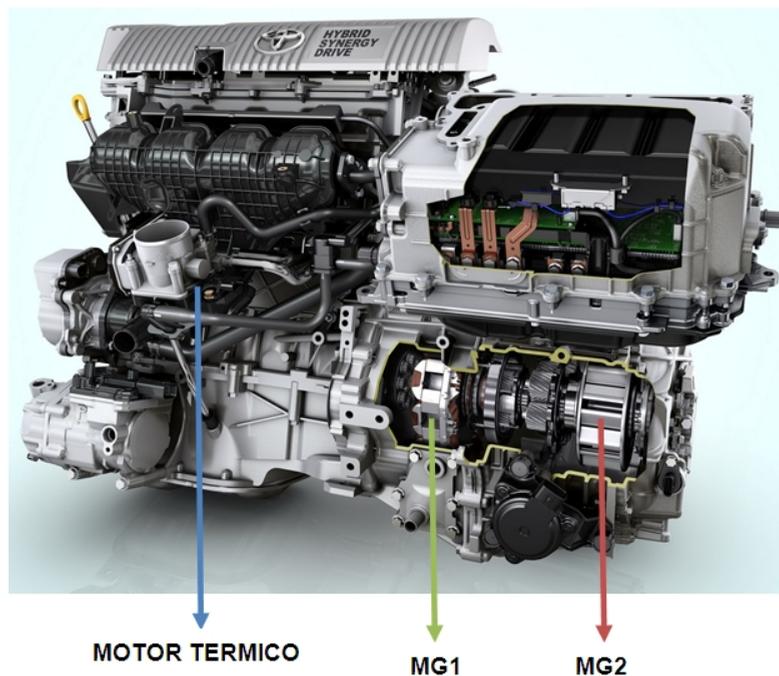
El motor-generador eléctrico MG2, de corriente alterna trifásica, con 500 V de tensión nominal, es el encargado de mover físicamente al vehículo. Puede actuar como motor, moviendo las ruedas delanteras, y como generador, alimentando a la batería HV cuando se lleva a cabo el frenado regenerativo. Es capaz de desplazar eléctricamente el vehículo hasta casi los 50 km/h.

Una vez que el Prius está en movimiento y se produce una aceleración, la ECU de control ordena arrancar el motor térmico. Para ello, la batería HV excita el motor eléctrico MG1, que pone en marcha el motor térmico. Desde ese momento, la energía generada por el motor térmico se emplea en ayudar

a MG2 a mover las ruedas y en mover a MG1, que pasa a funcionar como generador, con lo que la batería HV no se descarga al no alimentar a nada. Cuando se necesita una aceleración importante, aportan energía al sistema todos los componentes posibles: batería HV, motor eléctrico MG2 y motor térmico.

Cuando se levanta el pie del acelerador o se desacelera, se paran los motores que en ese momento estén funcionando, de modo que las ruedas delanteras impulsan al motor eléctrico MG2, que pasa a funcionar como generador y produce energía eléctrica para cargar la batería HV. Esta función se denomina “freno regenerativo”.

**Fig. 1 Motores en el Sistema Híbrido**



Fuente: [www.taringa.net/posts/autos-motos/3961801/Toyota-Prius---El-Primer-Hibrido-en-Argentina.html](http://www.taringa.net/posts/autos-motos/3961801/Toyota-Prius---El-Primer-Hibrido-en-Argentina.html)

**Fig. 2** Motores MG1 y MG2 de cadena y engranajes



Fuente: [www.udg.edu/LinkClick.aspx.com](http://www.udg.edu/LinkClick.aspx.com)

### 5.6.2.1 El generador (MG1)

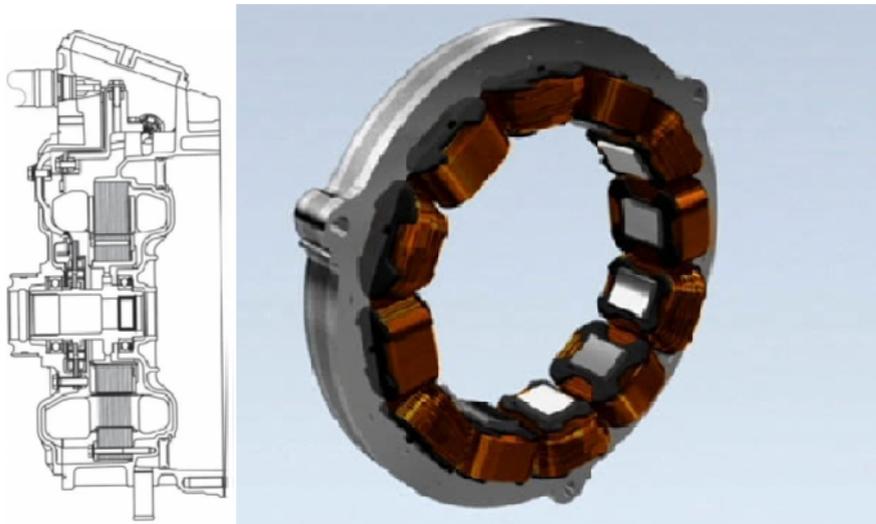
Sirve para recargar la batería y proporcionar energía electrónica adicional bajo aceleración fuerte. MG1 no se despliega en el monitor híbrido, pero siempre está en operación.

El generador es el elemento que transforma en electricidad el trabajo del motor térmico; también funciona como motor de arranque del motor térmico. Es de corriente alterna síncrono y —como máximo— gira al doble de régimen que el motor térmico.

El Generador está conectado al eje central del set de engranes (sol), y el motor de gasolina está conectado a la jaula en donde están montados los planetarios, la rotación del aro dentado [ring gear] depende de los tres

componentes, lo cual significa que todos tienen que trabajar juntos siempre, para controlar la velocidad de salida.

**Figura 3** Generador real-vista en sección

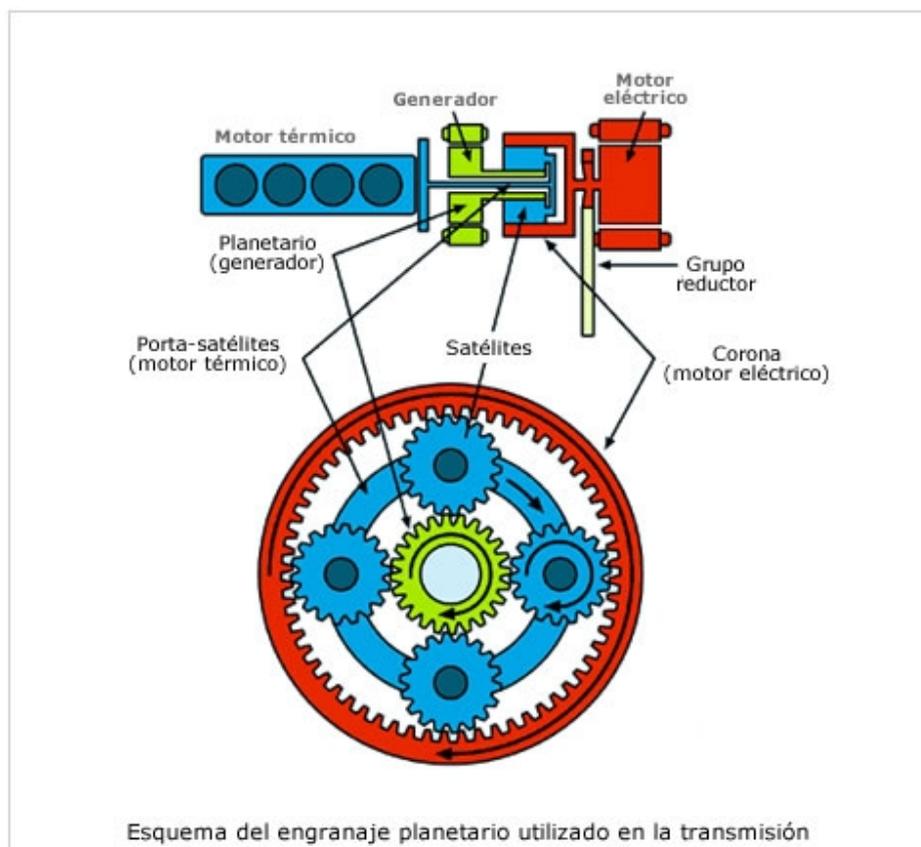


Fuente: [www.udq.edu/LinkClick.aspx.com](http://www.udq.edu/LinkClick.aspx.com)

El motor eléctrico lo fabrica Toyota. Es un motor síncrono de imanes permanentes de neodimio. Funciona a 500 V y puede dar 50 kW entre 1.200 y 1.540 rpm. Su par máximo es 400 Nm hasta 1.200 rpm. Pesa 104 kg y —según Toyota— no hay otro motor eléctrico en el mundo (en ningún sector de la industria) que dé más potencia con menos tamaño y peso que éste.

Dado el desarrollo de transmisión que tiene el coche y su velocidad máxima (170 km/h), el régimen máximo del motor eléctrico es unas 6.150 rpm.

**Fig. 4 Esquema de la Transmisión del Toyota Prius**



**Fuente: CISE ELECTRONIC Curso UTN Ibarra 2011**

MG1 está conectado al engranaje central denominado sol (engranaje de color verde), mientras que el motor térmico está conectado al porta satélites (engranaje de color azul). Al girar el porta satélites obliga al sol a girar el doble del régimen del motor térmico.

#### **5.6.2.2 Características del Generador MG1**

- Mayor disposición de generar carga a la batería híbrida.
- Actúa como motor de arranque del motor de combustión.

- Proporciona relación de transmisión continuamente variable.
- Refrigeración líquida.

### **5.6.2.3 MG1 como arranque.**

El vehículo Toyota Prius carece de un motor de arranque tradicional para el motor térmico, el que realiza la función de encender el motor térmico es el motor eléctrico MG1, cuando MG2 está en movimiento, el vehículo de igual manera, este motor está conectado a la corona, ahora para encender el motor térmico MG1 empieza a generar corriente por lo que el sol se opone al giro y hace que el porta satélites que está conectado al motor térmico gire y así se enciende el mismo.

En cambio cuando el vehículo está detenido y la batería esta en el nivel más bajo de descarga, MG1 es excitado por la corriente de la batería y es así como da arranque al motor térmico

### **NOTA**

El motor MG1 no tiene ninguna relación con el freno regenerativo ya que la función de freno regenerativo lo realiza el motor MG2.

## **5.6.3 FRENOS REGENERATIVOS**

### **5.6.3.1 Historia del freno regenerativo**

El freno regenerativo fue desarrollado en 1967 para el vehículo Amitron de American Motors Corporation (AMC) y Gulton Industries.

El Amritron funcionaba en su totalidad por baterías que eran recargadas por frenado regenerativo, lo que incrementaba el rendimiento del automóvil.

El frenado tradicional se basa en la fricción, y en algunos vehículos funciona junto con el frenado regenerativo ya que se reduce de manera efectiva la velocidad a niveles bajos.

Algunos vehículos que utilizan el frenado regenerativo son el Toyota Prius, BMW VisionEfficient Dynamics y Honda Insight, entre otros.

### **5.6.3.2 El sistema de frenos en el Toyota Prius**

El sistema de freno del vehículo híbrido incluye frenos hidráulicos y un único sistema de frenado regenerador que usa la velocidad adquirida del vehículo para recargar la batería de alto voltaje. En cuanto el pedal del acelerador se suelte, la ECU de la batería de alto voltaje comienza el frenado regenerador. MG2 da las vueltas con las ruedas y es usado como un generador para recargar la batería de alto voltaje. Durante esta fase de frenar, los frenos hidráulicos no se usan. Cuando se requiere una desaceleración más rápida, los frenos hidráulicos se activan para proporcionar poder de detención adicional.

Para aumentar la eficacia de energía el sistema usa el freno regenerador siempre que sea posible. Cuando se selecciona la posición B en la palanca de cambio aumentará al máximo la eficacia regeneradora y será útil para controlar las velocidades en bajada. Aproximadamente en el modo de B, se recuperan 30% de energía.

Si el sistema de frenado regenerador o hidráulico falla, el sistema restante todavía trabajará. Sin embargo, el pedal del freno será más duro apretar y la

distancia de detención será más larga. En esta situación, el sistema del freno nos advierte con una luz en el tablero del híbrido.

**Figura 5.** Elementos del frenado regenerativo



Fuente: [www.mecanicavirtual.com/vehiculoshibridos](http://www.mecanicavirtual.com/vehiculoshibridos)

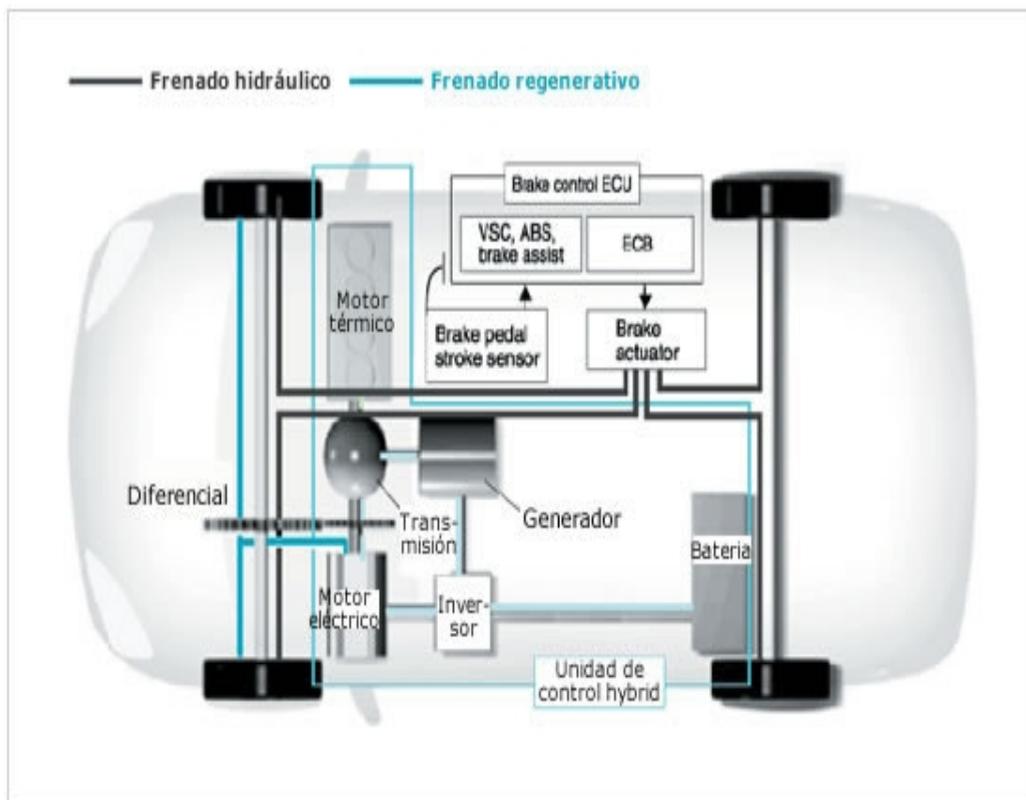
#### **NOTA**

La batería aceptará la carga a una proporción instantánea de 20 a 21 KWH. Mucha de la energía frenando a altas velocidades y frenando más difícilmente a las más bajo velocidades puede recuperarse. Cuando la batería se carga completamente la energía que está en exceso se gasta como calor en los frenos. En este momento no hay ninguna manera de que el chófer sepa el límite de recuperación de energía regeneradora.

### 5.6.3.3 Freno regenerativo del Toyota Prius

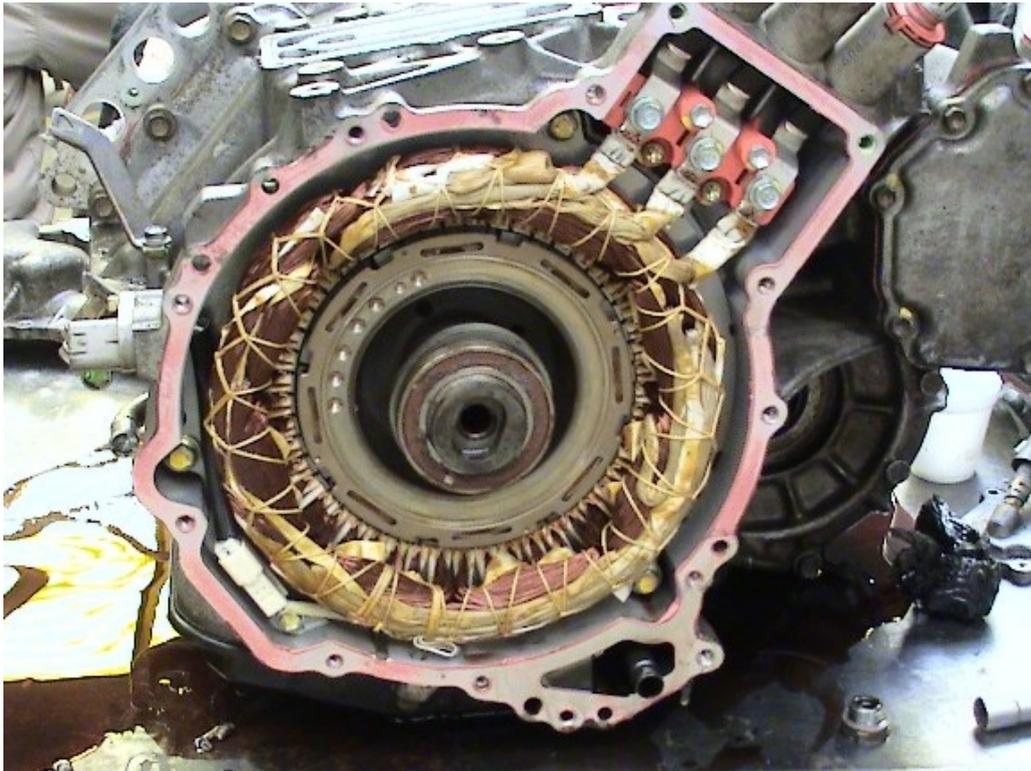
El sistema de frenado regenerativo funciona cuando queremos disminuir la velocidad del vehículo, utilizando el motor eléctrico MG2 como freno o bien pisando el pedal de freno. En esta situación MG2 funciona como un generador, convirtiendo la energía cinética del vehículo en energía eléctrica, la cual se usa para cargar las baterías. Este sistema es particularmente efectivo en recobrar energía cuando se circula por ciudad, donde se producen aceleraciones y deceleraciones frecuentes.

**Fig. 6.** Elementos del freno regenerativo



Fuente: [www3.espe.edu.ec:8700/bitstream/21000/2868/1/T-ESPEL-0759.pdf](http://www3.espe.edu.ec:8700/bitstream/21000/2868/1/T-ESPEL-0759.pdf)

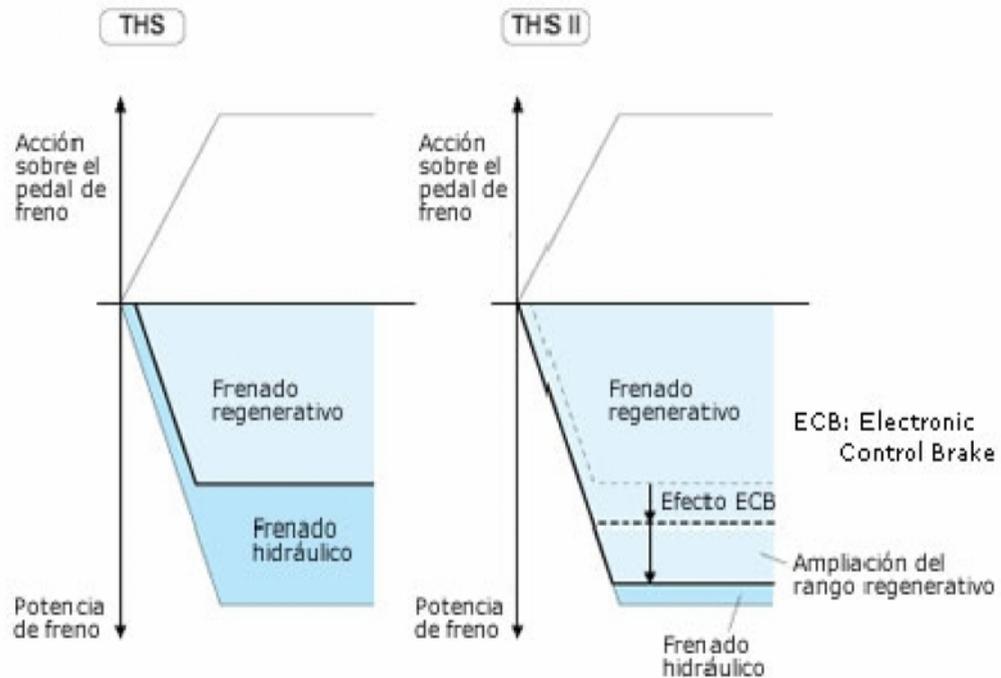
**Fig. 7** Motor eléctrico MG2



**Fuente:** CISE ELECTRONIC Curso UTN Ibarra 2011

Cuando se pisa el pedal de freno, el sistema controla la coordinación entre el freno hidráulico del ECB (Electronic Control Braking) y el freno regenerativo y preferentemente usa el freno regenerativo, por consiguiente recobrando energía aun en las velocidades inferiores del vehículo. Con este sistema se consigue una regeneración de energía muy eficiente. En la grafica inferior se ve como se ha mejorado el sistema de frenado regenerativo en el THS II con respecto a la versión inicial (THS).

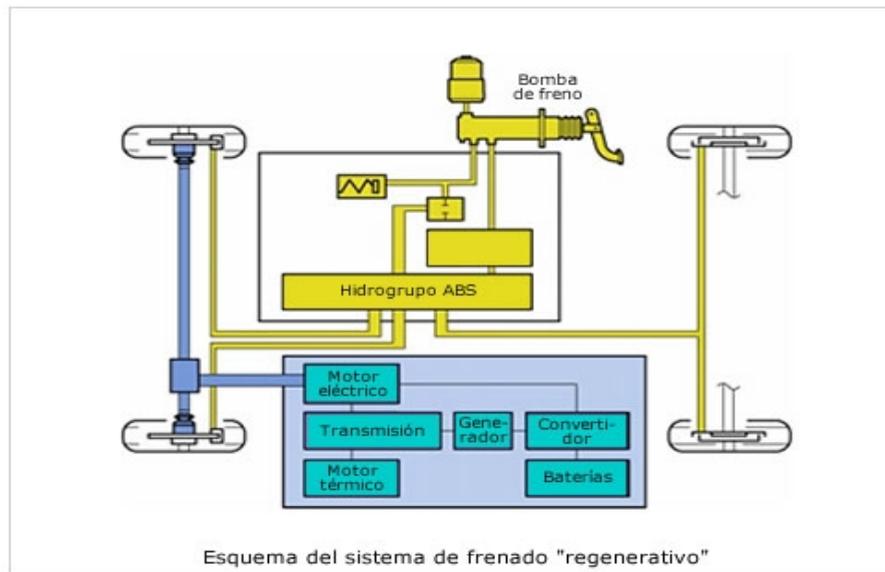
**Fig. 8.** Comparación del freno regenerativo



Fuente: [www3.espe.edu.ec:8700/bitstream/21000/2868/1/T-EPEL-0759.pdf](http://www3.espe.edu.ec:8700/bitstream/21000/2868/1/T-EPEL-0759.pdf)

Las pérdidas por rozamiento en la transmisión son mínimas ya que el movimiento de las ruedas se transmite a través del diferencial y los engranajes intermedios al motor eléctrico MG2 que se convierte en este caso en generador. El sistema de frenado regenerativo consigue recuperar un 65% de la energía eléctrica que carga las baterías.

**Fig. 9.** Esquema del frenado regenerativo.



Fuente: CISE ELECTRONIC Curso UTN Ibarra 2011

#### 5.6.3.4 Funcionamiento del freno regenerativo

El encargado de hacer de freno regenerativo es el motor eléctrico MG2, que cuando una fuerza lo hace girar, actúa como un generador oponiendo resistencia a la generación de electricidad.

- a. Un motor eléctrico es un bobinado de cable enrollado dentro del campo magnético de un imán. En el Prius es al revés, imanes dentro de un bobinado de cables, pero para los efectos es igual. Lo que genera el campo magnético es el inductor, y el bobinado es el inducido. El inductor puede ser por imanes permanentes o por electroimanes, en este último caso el campo magnético puede ser variable.

- b. Según la ley de Faraday, cuando un conductor (los cables del bobinado) que se mueve corta líneas de flujo de un imán, se produce una fuerza electromotriz en el conductor.
- c. Es necesario un circuito cerrado para que la fuerza electromotriz genere una corriente inducida en el conductor. Esta corriente inducida es la que se usa para cargar la batería. Si el motor está con los bornes al aire sin circuito cerrado, ni frena ni regenera.
- d. Según la ley de Lenz, una corriente inducida en el conductor, creará un campo magnético que se opondrá al campo magnético que la produce. Esta es la fuerza que hace que el motor eléctrico se retenga.
- e. En un motor dado se puede aumentar la fuerza electromotriz, aumentando la velocidad de giro, o aumentando el campo magnético. Se puede aumentar el campo magnético si en vez de un imán permanente el motor tiene un electroimán. El motor del Prius es de imanes permanentes con lo que esta última característica no se da.

#### **5.6.3.5 ¿Cómo se aplica el freno regenerativo del Prius?**

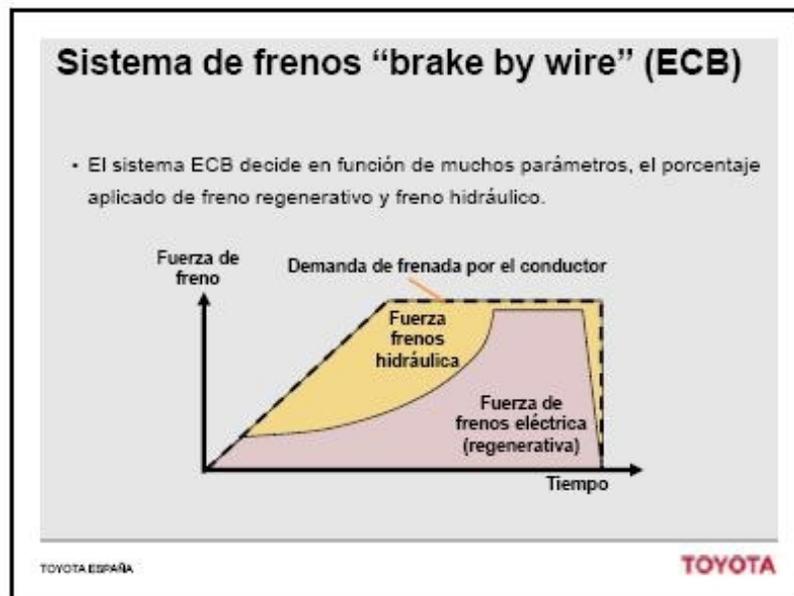
Según la fig. 10, vemos que cuanto más fuerza apliquemos al freno, más entraran los frenos hidráulicos perdiendo la energía cinética en calor. En cambio si aplicamos poca fuerza al freno, se usará más la retención eléctrica. Se hace la frenada más larga pero esta frenada irá regenerando. Para aprovechar el freno regenerativo, es mejor anticiparse a las frenadas e ir decelerando pisando un poco el freno para que el sistema ECB aplique más porcentaje al freno regenerativo y menos al freno hidráulico.

En ella dice que es MG2 (motor generador grande del Prius) es el que frena y regenera. Al pisar el freno se intensifica la generación de electricidad, aumentando también la fuerza de frenada. O sea:

Cuando el coche está en marcha y se suelta el acelerador, el coche sigue por propia inercia y MG2 regenera electricidad y retiene un poco. Si se pisa un poco el freno, entra la frenada regenerativa reteniendo y regenerando más MG2.

El problema es: ¿cómo puede aumentar el motor la regeneración y la frenada siendo de imanes permanentes? Tampoco se puede aumentar la rotación del motor eléctrico para que regenere más, puesto que el Prius no tiene marchas y el motor eléctrico está enganchado directamente a las ruedas.

**Fig. 10.** Sistema de freno regenerativo e hidráulico



Fuente: [www.mitoyotaprius.mforos.com](http://www.mitoyotaprius.mforos.com)

### 5.6.3.6 Posición “B” en la palanca del Toyota Prius

Cuando se selecciona la posición “B” con la palanca del Toyota Prius, el freno regenerativo se vuelve más efectivo ya que la regeneración de electricidad aumenta hasta un 30% por lo que aumenta la potencia de frenado, esta opción nos ayuda en pendientes muy pronunciadas o de gran distancia ya que se usa menos los frenos hidráulicos y por ende evitaremos que las pastillas se cristalicen.

En esta posición es evidente que el freno regenerativo se vuelve más potente ya que en la pantalla del híbrido se puede observar que la velocidad del vehículo empieza a disminuir poco a poco y la batería de alta tención recupera energía en menos tiempo.

**Fig. 11** Palanca selectora del Toyota Prius



Fuente: ChaucaMiguel\_EnríquezEdison/Ibarra/2011

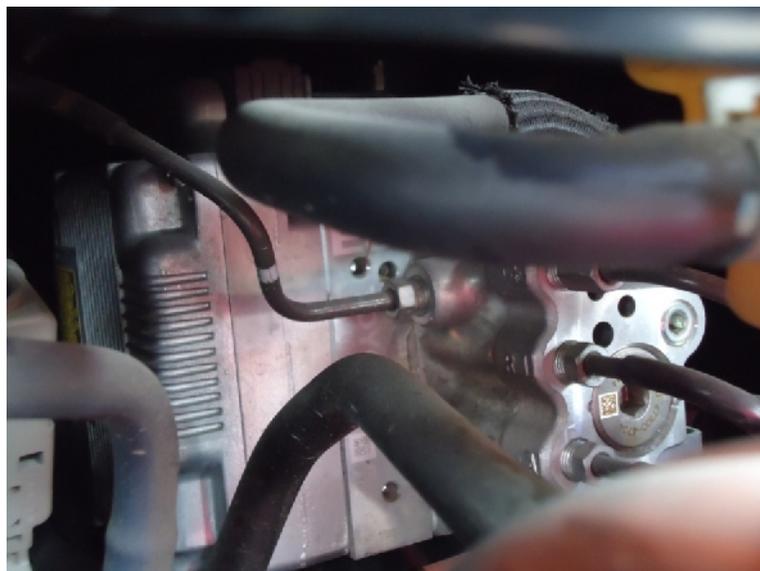
Pero como el freno regenerativo carece de la potencia necesaria para detener el vehículo ante situaciones extremas como cuando haya peligro de colisión o se atraviese algún obstáculo el Toyota Prius tiene un freno hidráulico el cual da la potencia de frenado requerida ante situaciones extremas.

#### **5.6.3.7 Freno hidráulico del Prius.**

El freno hidráulico trabaja conjuntamente con el freno regenerativo, este freno a medida que se pisa el pedal del freno comienza a trabajar pero también el freno regenerativo se vuelve más fuerte por que envía mas carga a la batería de alto voltaje, pero si se pisa mas fuerte el pedal del freno a mas que se regenera más energía los frenos hidráulicos ejercen mayor presión sobre los discos, es decir que si se pisa bruscamente el pedal del freno la regeneración de energía eléctrica es poca ya que ante esta situación actúa con mayor potencia el freno hidráulico por lo que el vehículo se detiene más rápido y para que haya regeneración se necesita de que el vehículo este en movimiento.

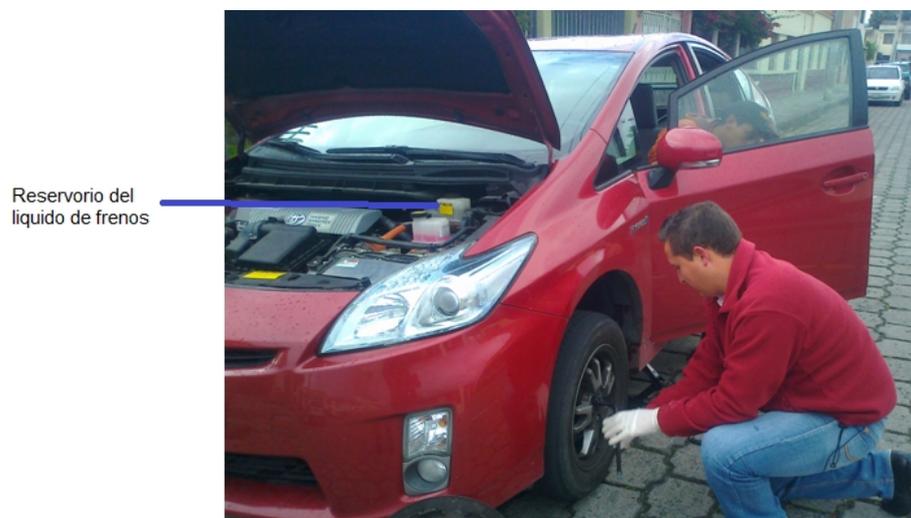
El freno hidráulico es un freno como el de cualquier vehículo con la única diferencia que en el Toyota Prius trabaja conjuntamente con el freno regenerativo. El Toyota Prius está equipado con un freno hidráulico con ABS (sistema anti bloqueante) con freno de disco a las cuatro ruedas por lo que este vehículo es muy seguro con lo que se refiere a sistema de frenos.

**Fig. 12** Modulo de control del ABS



Fuente: ChaucaMiguel\_EnríquezEdison/Ibarra/2011

**Fig. 13.** Ubicación del Reservorio del Líquido de frenos



Fuente: ChaucaMiguel\_EnríquezEdison/Ibarra/2011

**Fig. 14.** Disco y mordaza de freno

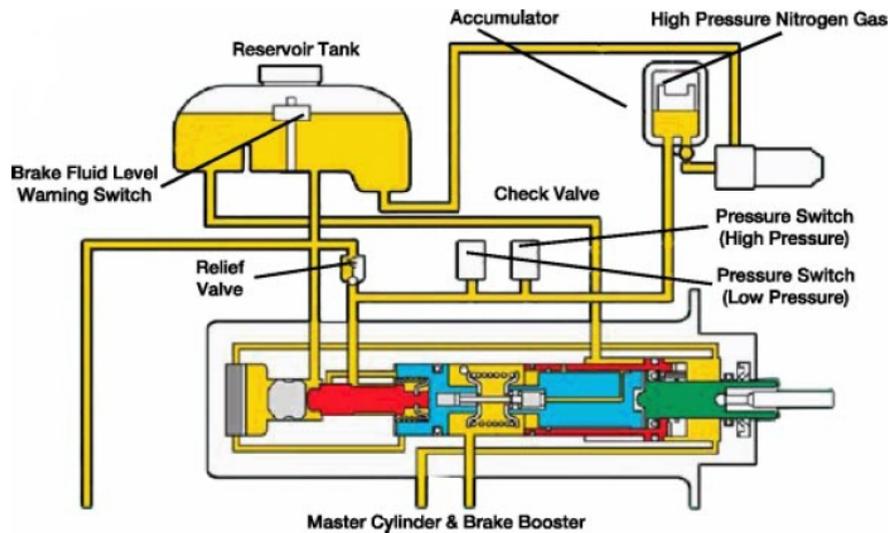


**Fuente:** ChaucaMiguel\_EnríquezEdison/Ibarra/2011

#### **5.6.3.8 El propulsor (Booster) del freno hidráulico**

El Prius aplica directamente la fuerza hidráulica del cilindro maestro a los frenos delanteros. Para los frenos traseros, usa un propulsor del freno hidráulico, una bomba saca el fluido del freno del tanque de depósito y acumula fuerza en él bajo presión alta. El acumulador guarda el fluido de alta presión hasta que se necesite.

**Fig. 15** Elementos del Frenos Hidráulico



Fuente: CISE ELECTRONIC Curso UTN Ibarra 2011

Para hacer el sistema más seguro, dos interruptores de presión supervisan la presión hidráulica que viene del acumulador:

- El Interruptor de presión PH - activa la bomba de mandos.
- El Interruptor de presión PL - genera una advertencia cuando la presión del sistema es demasiado baja.

Si una de las presiones cambia el funcionamiento de la bomba se vuelve defectuoso por lo que opera continuamente, y creará presión excesiva en el sistema. Si eso pasa, una válvula de alivio desvía el fluido del freno al tanque del depósito, liberando así la presión en exceso.

### **5.6.3.9 El freno Actuador**

El propulsor del freno convencional se ha reemplazado por una fuente de poder hidráulica que se controla por medio de la ECU.

La fuente de poder hidráulica usa los siguientes componentes, una bomba, motor de la bomba, acumulador, válvula de alivio, y un sensor de presión de acumulador.

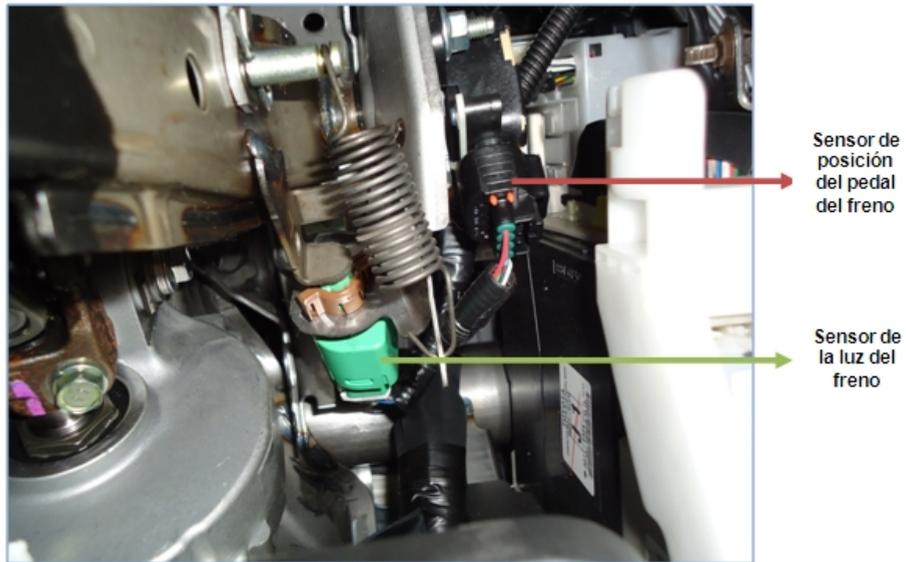
El mando del freno actuador incluye:

- a. 2 Cilindros maestros con válvulas solenoide.
- b. 4 válvulas de presión
- c. 4 válvulas de reducción de presión
- d. 2 Cilindros maestros con sensor de presión
- e. 4 sensores de presión en los cilindros de las ruedas

### **5.6.3.10 El sensor del pedal del freno**

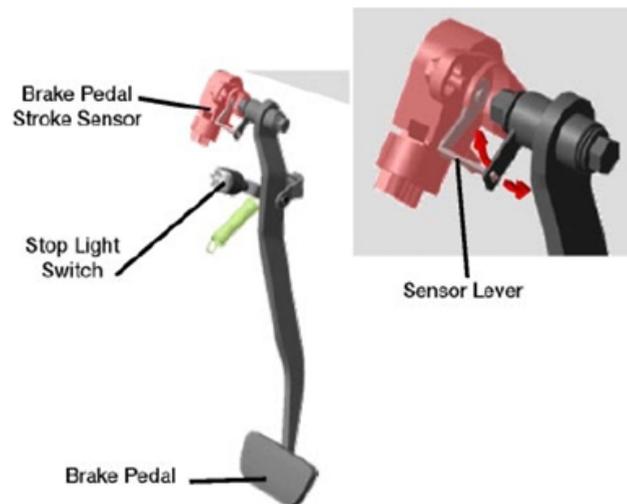
El Prius usa un freno electrónicamente controlado (ECB). Para determinar la cantidad de fuerza del freno solicitada, el sensor del pedal del freno de pie usa una resistencia variable del tipo de contactos, que sirve para descubrir la cantidad de fuerza que ejerza el chofer sobre el pedal de freno, y entonces transmite esa información al mando del cilindro de la ECU.

**Fig. 16** Sensores en el pedal del freno en el Toyota Prius



Fuente: ChaucaMiguel\_EnrriquezEdison/Ibarra/2011

**Fig. 17** Sensor del pedal de freno



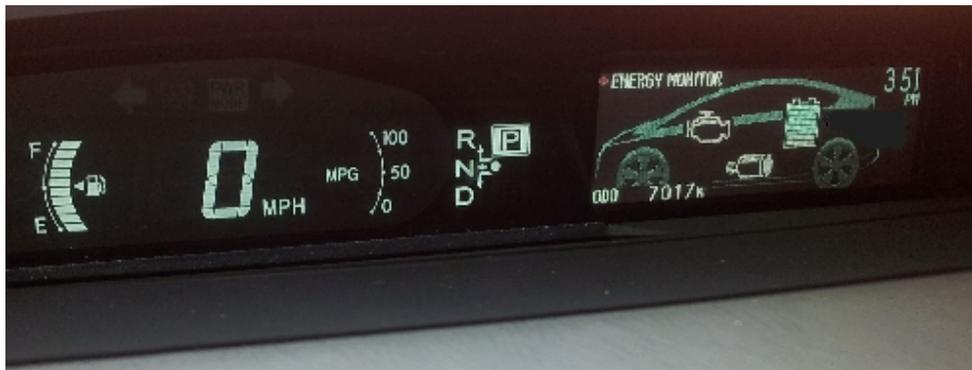
Fuente: CISE ELECTRONIC Curso UTN Ibarra 2011

#### 5.6.4 CONDICIONES DE TRABAJO DEL TOYOTA PRIUS.

##### a. Vehículo detenido con carga suficiente

Cuando el vehículo está detenido y con carga de batería suficiente los motores MG1, MG2, y el motor de combustión están detenidos por lo que hay un ahorro de combustible y no se genera contaminación ambiental, esto no ocurre en un vehículo normal.

**Fig. 18** Toyota Prius detenido con carga Completa



Fuente: ChaucaMiguel\_EnríquezEdison/Ibarra/2011

En esta imagen se puede observar que el vehículo se encuentra en parking con la batería totalmente cargada y todos sus motores apagados, ya que aquí no hay flujo de energía.

##### b. Vehículo detenido arranca motor de combustión interna

En esta condición de trabajo el motor eléctrico MG1 actúa como el motor de arranque del motor de combustión interna, esto sucede cuando la carga de la batería de alta tensión es baja y necesita recargarse, esto también puede suceder cuando el motor de combustión interna está muy frío y necesita calentarse para poder operar correctamente y no ser forzado.

**Fig. 19.** Toyota Prius con batería baja



Fuente: ChaucaMiguel\_EnríquezEdison/Ibarra/2011

### **c. Vehículo detenido cargando batería**

En esta condición el motor de combustión interna está prendido, MG1 actúa como un generador y es el encargado de cargar la batería de alto voltaje, MG1 gira al doble de revoluciones que el motor térmico.

Esta condición se puede observar en la pantalla del vehículo como se muestra en la figura siguiente.

**Fig. 20.** Toyota Prius cargando batería



**Fuente:** ChaucaMiguel\_EnrriquezEdison/Ibarra/2011

En esta figura podemos observar que el vehículo está totalmente detenido, el motor térmico está encendido y por ende enviando energía mecánica (flecha naranja) al motor eléctrico MG1, el cual está actuando como un generador, este se encarga de convertir la energía mecánica en energía eléctrica (flecha blanca) que es acumulada en la batería de alto voltaje.

#### **d. Movimiento eléctrico modo EV**

En esta condición el motor de combustión interna está apagado, lo mismo ocurre con el motor MG1 y el que mueve el vehículo es el motor eléctrico MG2, este modo trabaja cuando hay suficiente carga de la batería de alta

tención y al vehículo no se le exige mucha fuerza, es decir moverse a una velocidad de 1 a 50 kilómetros por hora y no estar subiendo pendientes muy pronunciadas. Esta condición se puede observar en la figura siguiente.

**Fig. 21.** Toyota Prius en Movimiento eléctrico



Fuente: ChaucaMiguel\_EnríquezEdison/Ibarra/2011

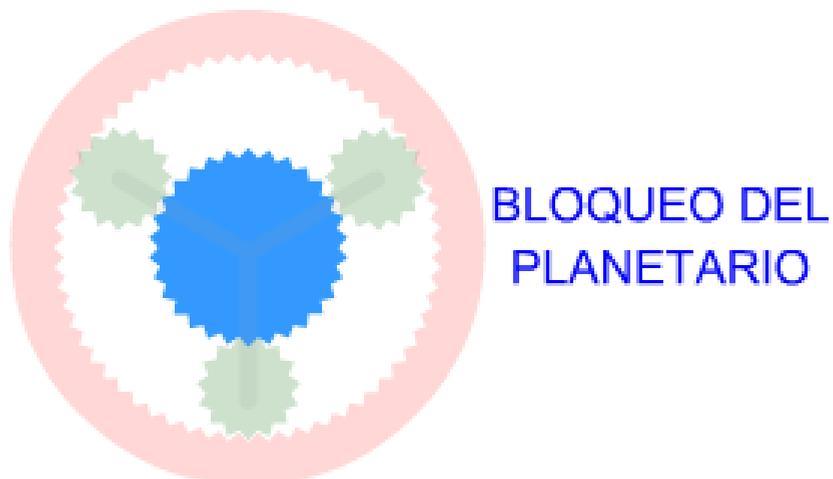
#### **e. Vehículo en movimiento. Arranca motor de combustión interna**

El vehículo está siendo movido por el motor eléctrico MG2, el vehículo necesita fuerza por lo que el motor de combustión interna debe ser encendido, en esta etapa el motor eléctrico MG1 es el que se encarga de arrancar el motor de combustión interna, aquí sucede lo siguiente:

Como el motor MG2 está conectado a la corona del tren epicycloidal esta estará en movimiento como lo estarán los satélites y el planetario o sol, ahora para que el motor de combustión interna (que está conectado al porta satélites) arranque debe ser frenado el sol el cual está conectado al motor MG1.

MG1 al actuar como un generador frena un poco al planetario por lo que el porta satélites es obligado a girar y por ende el motor de combustión interna es encendido.

**Fig. 22.** Bloqueo del planetario (sol)



**Fuente:** CISE ELECTRONIC Curso UTN Ibarra 2011

Esta condición se puede observar en la pantalla del vehículo como se muestra en la figura siguiente

**Fig. 23.** Toyota Prius encendido motor térmico



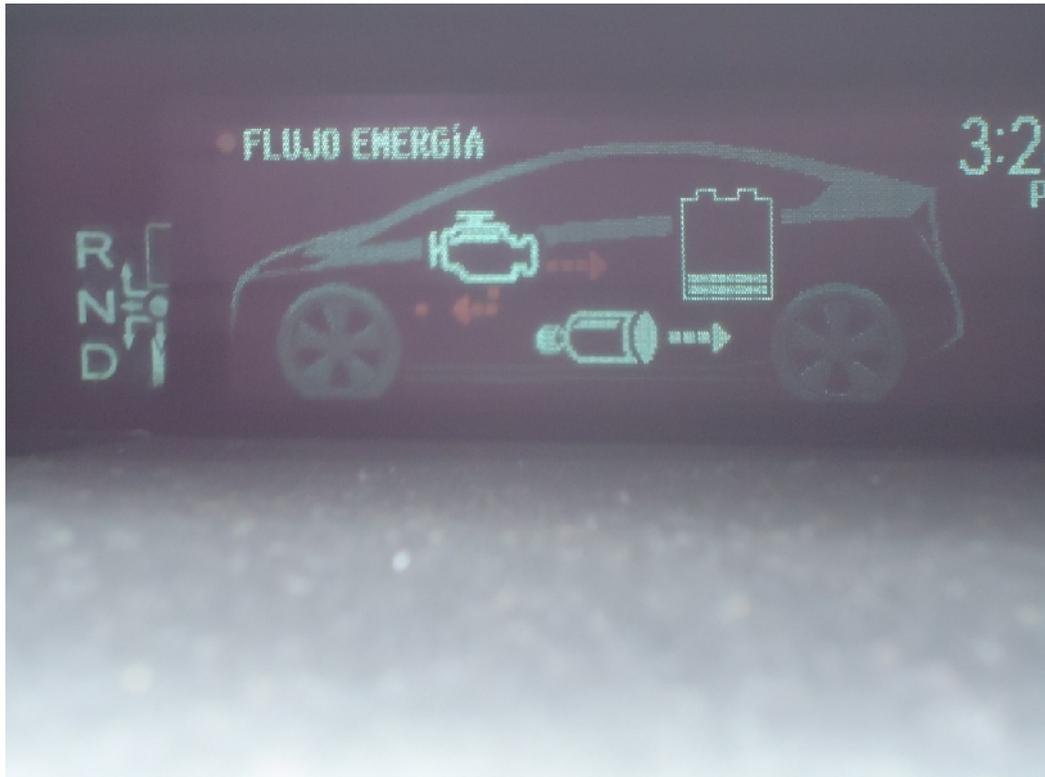
**Fuente:** ChaucaMiguel\_EnríquezEdison/Ibarra/2011

En esta imagen se puede observar que el motor térmico ha sido encendido y parte de la energía producida se va a las ruedas del vehículo y la energía restante producida por el motor térmico se va hacia el motor eléctrico MG1 (MG1 no se muestra en el monitor pero siempre se encuentra en operación).

**f. Vehículo en movimiento, cargando baterías baja carga**

En esta condición el motor térmico es el que empuja el vehículo y a la vez hace funcionar al motor MG1 el cual genera energía eléctrica para recargar la batería, MG2 es desconectado por lo tanto no hay consumo de energía eléctrica, esta condición se puede observar en la siguiente figura.

**Fig. 24.** Motor térmico moviendo el vehículo y cargando la batería



Fuente: ChaucaMiguel\_EnríquezEdison/Ibarra/2011

**g. Vehículo en Movimiento. Media carga o media potencia**

El motor MG2 y el motor de combustión interna cooperan para arrastrar el vehículo, mientras que MG1 genera electricidad para recargar la batería, esta condición se puede observar a una velocidad de 30 a 70 kilómetros por hora.

**Fig. 25.** Toyota Prius A media potencia



Fuente: ChaucaMiguel\_EnríquezEdison/Ibarra/2011

#### **h. Vehículo en Movimiento. Aceleración fuerte**

Esta condición se hace evidente cuando se quiere rebasar un vehículo o está trabajando a la máxima potencia.

Cuando se le exige al sistema dar su máxima potencia, la estrategia del sistema es hacer funcionar el motor térmico, el motor MG2 y enviar toda la fuerza a las ruedas del vehículo, pero como aún no se consigue la máxima potencia MG1 también es activado como motor es decir que en vez de cargar la batería consume la energía de la misma y así se consigue la máxima potencia del vehículo.

**Fig. 26.** Toyota Prius a máxima potencia



**Fuente:** ChaucaMiguel\_EnríquezEdison/Ibarra/2011

En esta imagen podemos observar que toda la energía es enviada a las ruedas tanto la del motor térmico como la energía de los dos motores eléctricos MG1 y MG2 ya que se puede observar que la energía de la batería es enviada a los motores eléctricos y no hay regeneración de carga, esta condición opera hasta que la batería de alta tensión se descargue al nivel mínimo, al suceder esto MG1 vuelve ser un generador y por ende empezará a recargar la batería de alta tensión.

#### **i. Freno Regenerativo**

El freno regenerativo empieza desde el momento en que el conductor suelta el acelerador, el motor térmico se apaga automáticamente, en esta condición MG2 se comporta como un generador, es decir que MG2 es el que

hace la función de freno regenerador, mientras que MG1 empieza a operar como motor, este consume energía insignificante comparada con la energía producida por MG2.

MG1 actúa como motor con el fin de aprovechar toda la energía producida por el movimiento cinético del vehículo.

La condición de freno regenerativo la podemos ver en la siguiente imagen.

**Fig. 27.** Toyota Prius en freno regenerativo (posición **D**)



Fuente: ChaucaMiguel\_EnríquezEdison/Ibarra/2011

En esta imagen podemos observar que la energía cinética de las ruedas es enviada al motor MG2 el cual se encarga de convertir esa energía en energía eléctrica, la cual es enviada a la batería.

El freno regenerativo tiene otra fase que es la posición B de la palanca de mando, la cual se utiliza en pendientes pronunciadas, en esta selección el freno regenerativo es más fuerte y ocurre lo mismo que ha sido explicado anteriormente.

**Fig. 28.** Toyota Prius en freno regenerativo (posición **B**)



Fuente: ChaucaMiguel\_EnríquezEdison/Ibarra/2011

j. Reversa

**Fig. 29.** Toyota Prius en reversa



**Fuente:** ChaucaMiguel\_EnríquezEdison/Ibarra/2011

En la imagen podemos observar que el que da el movimiento para la reversa es el motor eléctrico MG2 ya que este motor tiene la capacidad de dar el giro hacia los dos sentidos de las manecillas del reloj, mientras que el motor térmico carece de esta capacidad ya que para realizar la reversa necesita de una caja de cambios, por lo tanto el motor térmico en la condición de reversa es solamente utilizado para hacer funcionar MG1 y hacer cargar la batería de alta tensión y así hacer trabajar a MG2.

Este tipo de trabajo no ocurría en los modelos anteriores de los vehículos Toyota Prius ya que estos al agotarse la batería se detenían automáticamente.

**Tabla 1. Condiciones de Trabajo**

	<b>Condición</b>	<b>MCI</b>	<b>MG1</b>	<b>MG2</b>
<b>a</b>	Vehículo detenido con carga suficiente	A	A	A
<b>b</b>	Vehículo detenido arranca MCI	A	M	A
<b>c</b>	Vehículo detenido cargando batería	M	G	A
<b>d</b>	Movimiento Eléctrico EV	A	A	M
<b>e</b>	Vehículo en movimiento arranca MCI	A	M	M
<b>f</b>	Vehículo en movimiento cargando baterías baja carga	M	G	A
<b>g</b>	Vehículo en movimiento media carga	M	G	M
<b>h</b>	Vehículo en movimiento aceleración fuerte	M	M	M
<b>i</b>	Freno regenerativo	A	M	G
<b>j</b>	Reversa (cargando batería)	M	G	Minv.

## **Nomenclatura de la Tabla N 1**

**A** = Apagado

**G** = Generador

**M** = Motor

**Min** = Motor inverso.

## CAPITULO VI

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 CONCLUSIONES

- Se concluye que el freno regenerativo no tiene la fuerza necesaria para detener el vehículo, para ello el vehículo tiene un freno hidráulico que detiene realmente al vehículo los cuales trabajan de forma solidaria brindando un mejor desempeño, así como mayor seguridad para sus ocupantes.
- Para que pueda trabajar el freno regenerativo se necesita de un motor eléctrico, este funciona como un generador transformando la energía cinética del vehículo en energía eléctrica que se almacena en la batería de alto voltaje para un futuro uso.
- Se concluye que la posición “B” en la palanca selectora del vehículo, ayuda aumentar la eficiencia del freno regenerativo hasta en un 30% mas, sin la necesidad de pisar el pedal del freno.
- El módulo didáctico tendría un mejor desempeño si fuera inter activo para que el estudiante pueda participar de una mejor manera en el aprendizaje.

## **6.2 RECOMENDACIONES**

- Se recomienda chequear el nivel del agua ya que los motores eléctricos al trabajar se calientan, y estos son enfriados por medio del agua que circula por la carcasa que protege a los motores.
- Se debe revisar el nivel del líquido de freno ya que si el freno hidráulico falla puede causar problemas al momento de frenar.
- Se recomienda anticiparse a una parada para que el freno regenerativo actúe de mejor manera, ya que para que haya regeneración se necesita de que el vehículo este en movimiento.
- Se recomienda adquirir mayor información sobre el vehículo Toyota Prius debido a que es un vehículo con tecnología de punta y existen muchos mecanismos innovadores que deben ser tema de estudios para seguir avanzando con los conocimientos de la nueva tecnología.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. MANUAL DE LA TOYOTA, “Embrague, Transeje Y Transmision”, Toyota Motor Corporation
2. MANUAL DE LA TOYOTA, “Trans eje Y Transmisiones Automáticas”, Toyota Motor Corporation.
3. MANUAL TECNICO DE SERVICIO, Toyota 2010

## **LINKOGRAFIA**

4. <http://es.wikipedia.org/wiki/Freno>
5. <http://www.todomecanica.com/sistemas-de-frenos-fundamentos.html>
6. [www.mimecanicapopular.com](http://www.mimecanicapopular.com)
7. <http://www.prodigyweb.net.mx/amejia/Frenos.htm>
8. [http://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADquido\\_de\\_frenos](http://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADquido_de_frenos)
9. <http://www.monografias.com/trabajos72/sistema-frenos-hidraulicos/sistema-frenos-hidraulicos.shtml>
10. <http://www.monografias.com/trabajos72/sistema-frenos-hidraulicos/sistema-frenos-hidraulicos2.shtml>
11. <http://html.rincondelvago.com/sistemas-de-frenos-hidraulicos-en-automoviles-livianos.html>

**12.** [www.moronisport.com/con13.php](http://www.moronisport.com/con13.php)

**13.** <http://www.howstuffworks.com/anti-lock-brake5.htm>

**14.** [www.iespana.es/mecanicavirtual](http://www.iespana.es/mecanicavirtual)

**15.** [www.automecanico.com](http://www.automecanico.com)

**16.** [www.autoxuga.com](http://www.autoxuga.com)

**17.** [www.monografias.com/trabajos16/frenos-abs/frenos-abs.shtml](http://www.monografias.com/trabajos16/frenos-abs/frenos-abs.shtml)

**18.** [www.e-auto.com.mx/manual\\_detalle.php?manual\\_id=178](http://www.e-auto.com.mx/manual_detalle.php?manual_id=178)

# **ANEXOS**

## Anexo 1



## Anexo 2



**Anexo 3**



**Anexo 4**



**Anexo 5**

