



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

TEMA:

ANÁLISIS ELECTRÓNICO DEL SISTEMA DE FRENOS DEL TOYOTA PRIUS

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ.**

EDITADO POR:

JONATHAN ANDREW ALLEN LERTORA

GUAYAQUIL, AGOSTO DEL 2017

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO

Ing. Daniela Jerez

CERTIFICA

Que el trabajo de “**ANÁLISIS ELECTRÓNICO DEL SISTEMA DE FRENOS DEL TOYOTA PRIUS**” realizado por el estudiante: JONATHAN ANDREW ALLEN LERTORA ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple las normas estatutarias establecidas por la Universidad Internacional del Ecuador, en el Reglamento de Estudiantes.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, si recomiendo su publicación. El mencionado trabajo consta de (un) empastado que contiene toda la información de este trabajo. Autoriza el señor: JONATHAN ANDREW ALLEN LERTORA que lo entregue a biblioteca de la facultad, en calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, agosto del 2017



Ing. Daniela Jerez

Director de Proyecto

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN Y ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD

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

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



JONATHAN ANDREW ALLEN LERTORA
CI. 0912474079

DEDICATORIA

La presente tesis va dedicada a aquellas personas que me brindaron todo su apoyo en el proceso de mi carrera como en la realización de la tesis.

A mi abuela Sehgia que con todo su apoyo incondicional me apoyo en todo momento posible con un corazón altruista para continuar con mis estudios de tercer nivel.

A mis padres Anthony y Janet y hermanos porque creyeron en mí y me incitaron a salir adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega porque en gran parte gracias a ustedes, puedo ver alcanzada esta meta, ya que siempre estuvieron para mi hasta en los mementos más difíciles de la carrera, y por el orgullo que sienten de mi es lo que me impulso ir hasta el final.

A mi esposa Carolina por su apoyo y ánimo que me brinda día a día para alcanzar nuevas metas, tanto profesionales como personales y por ayudarme a ser mejor persona. En realidad, me das muchas fuerzas para conseguir el equilibrio que me permite dar el máximo de mí. Mis palabras sé que no bastan para decirte cuanto te agradezco y amo.

Y, por último, pero no menos importante a Jehová Dios por brindarme la oportunidad y la dicha de la vida, al brindarme los medios necesarios para formarme como profesional y siendo un apoyo incondicional para lograrlo ya que sin la vida que él me dio no lo hubiera podido lograr.

AGRADECIMIENTO

Esta investigación es el resultado de la dedicación y esfuerzo no solo del autor, sino también del trabajo desinteresado de otras personas, quienes de una manera u otra han contribuido con generosidad en su realización de la misma.

En Primer lugar, quiero agradecer a Jehová Dios por haberme permitido la realización de esta investigación la cual significa la concreción de una de mis metas personales y profesional.

Agradezco significativamente a mi tutora la Ing. Daniela Jerez por la asesoría constante y permanente que con su paciencia fue la guía y el camino para la culminación de la tesis.

A mi director académico el Ing. Edwin Puente quien encarecidamente me facilito los mecanismos que requería para la realización de mi investigación a su vez de los libros correspondientes del tema a considerar.

A la Universidad Internacional del Ecuador, específicamente a la especialización de Mecánica automotriz por haberme permitido culminar con éxito mi carrera y haberme impartido en sus aulas conocimientos científicos que permitirán realizar un excelente trabajo en el área de mecánica automotriz.

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN Y ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
PRESENTACIÓN.....	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO I PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN Y MARCO REFERENCIAL ..	1
1.1. Definición del problema	1
1.2. Objetivos de la investigación	1
1.2.1. Objetivo general.....	1
1.2.2. Objetivos específicos	1
1.3. Alcance	2
1.4. Justificación e importancia de la investigación	2
1.4.1 Justificación teórica	2
1.4.2 Justificación metodológica	2
1.4.3 Justificación práctica.....	2
1.5. Marco metodológico	3

1.5.1. Método de investigación	3
1.5.2. Tipo de investigación	3
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Freno en el vehículo	4
2.1.1. Reparto de frenado.....	4
2.1.2. Parámetros importantes de frenado.....	5
2.1.3. Distancia de frenado del vehículo	6
2.1.4. Factores que influyen en la distancia de frenado	6
2.2. Frenos de disco	8
2.2.1. Partes del freno de disco	9
2.2.1.1. Discos de freno	9
2.2.1.2. Pastillas de freno.....	10
2.2.1.3. Pinza de freno	11
2.3. Freno de tambor	12
2.3.1. Partes del freno de tambor	12
2.4. Sistema de antibloqueo de frenos “ABS”	13
2.4.1. Funcionamiento del sistema ABS	14
2.5. Frenos regenerativos.....	17
2.5.1. Sistema de recuperación de energía (KERS)	19
2.6. Estudio del automóvil PRIUS	20

CAPÍTULO III ANÁLISIS DE FRENOS REGENERATIVOS	23
3.1. Frenos regenerativos del Toyota PRIUS.....	23
3.2. Proceso de análisis con el escáner Gscan2.....	27
3.3. Análisis de la gráfica generada por el escáner Gscan2.....	32
3.4. Comparación entre graficas	35
CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	37
4.1. Conclusiones	37
4.2. Recomendaciones	38
BIBLIOGRAFÍA	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distancia de frenado	6
Figura 2. Freno de disco	9
Figura 3. A.Freno mazizo, B.freno ventilado	10
Figura 4. Pastilla de freno	11
Figura 5. Freno de tambor.....	13
Figura 6. Fase 1 del sistema de frenado ABS	14
Figura 7. Fase 2 del sistema de frenado ABS	15
Figura 8. Fase 3 del sistema de frenado ABS	16
Figura 9. Fase 4 del sistema de frenado ABS	17
Figura 10. Fase 4 del sistema de frenado ABS.....	19
Figura 11. Funcionamiento de sistema KERS.....	19
Figura 12. Prius	21
Figura 13. Diagrama de comunicación electrónico del Prius	26
Figura 14. Diagrama 2 de comunicación electrónico del Prius	27
Figura 15. Designación de la marca en escáner G-scan2	27
Figura 16. Interfaz de selección del vehículo	28
Figura 17.Elección del conector de 16 pin.....	28
Figura 18.Selección de chasis en el interfaz	29
Figura 19. Selección de opción ABS/ VSC	29
Figura 120.Uso del escáner G-scan2	30
Figura 21.Análisis de datos	30
Figura 22.Análisis de datos 2.....	31
Figura 23.Análisis de datos 3.....	31

Figura 24. Uso del escáner G-scan prueba 1	32
Figura 25. Uso del escáner G-scan prueba 2.....	33
Figura 26. Uso del Gscan2 prueba 3	34
Figura 27. Uso del Gscan2 prueba 4	34
Figura 28. Comparación de graficas de tipos de activación.....	36
Figura 29. Curvas entrelazadas para el análisis.....	36

PRESENTACIÓN

En este proyecto se da a conocer la nueva tecnología que trae el Toyota Prius, un vehículo híbrido gasolina-eléctrico, el cual es el motivo de la investigación y centrándose en su sistema de frenos regenerativos. Cabe indicar que a este sistema se le analizara electrónicamente y para ello se utilizara el scanner automotriz GSCAN2 el cual es el objetivo primordial de esta investigación.

Además, luego de obtener este análisis por medio de diferentes dispositivos lograremos demostrar cómo funciona y explicar el objetivo principal de este sistema y que tan versátil es en el Toyota Prius, también el manejo del mismo y como aprovechar al máximo este poder de regeneración eléctrica para la batería.

ABSTRACT

In this project will be announced the new technology that brings the Toyota Prius, a gasoline-electric hybrid vehicle, which is the reason for the research and focusing on its regenerative braking system. It should be pointed out that this system will be analyzed electronically and for this the automotive scanner GSCAN2 will be used, which is the main objective of this investigation.

In addition, after obtaining this analysis through different devices we will be able to demonstrate how it works and explain the main objective of this system and how versatile it is in the Toyota Prius, also the management of the same and how to make the most of this power of electric regeneration for the battery.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN Y MARCO REFERENCIAL

1.1. Definición del problema

El problema se centra en la tecnología que está evolucionando a medida que pasa el tiempo y más aún en nuestro ambiente automotriz por ello se busca analizar el funcionamiento de los sistemas ya sea electrónico o mecánico para así aprender más y poder mejorar y en este caso el análisis electrónico del sistema de frenos del Toyota Prius.

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo general

Analizar electrónicamente el sistema de freno regenerativo del Toyota Prius con el uso del dispositivo Gscan2.

1.2.2. Objetivos específicos

- Detallar los beneficios que conlleva analizar el sistema de frenos del Toyota Prius.
- Indicar la influencia del análisis electrónico del sistema de frenos del Toyota Prius.
- Detallar el proceso del análisis electrónico con el uso del Gscan2.

1.3. Alcance

Este proyecto se basa en el funcionamiento de los frenos regenerativos del Toyota Prius, analizándolo electrónicamente por medio del Gscan2.

1.4. Justificación e importancia de la investigación

1.4.1 Justificación teórica

La base teórica del trabajo se fundamenta en la investigación de temas relacionados al sistema de frenos, debido que muchos de los lectores del mismo desconocen de términos ligados a la mecánica automotriz y es con ellos que se debe trabajar para profundizar la investigación.

1.4.2 Justificación metodológica

La investigación se basa en un método mixto, cuantitativo y cualitativo a la vez ya que se basará en un estudio de datos obtenidos y tabulados de las pruebas que se realizan en el vehículo.

1.4.3 Justificación práctica

El análisis electrónico del sistema de frenos del Toyota Prius, nos ayuda a expandir nuestros conocimientos del área automotriz y abrir el campo de investigación para mejorar el sistema o diseñar sistemas mejorados.

1.5. Marco metodológico

1.5.1. Método de investigación

La investigación se basa en un método mixto, cuantitativo y cualitativo a la vez, ya que se basa en un estudio de datos obtenidos y tabulados de las pruebas que se realizan en el vehículo.

1.5.2. Tipo de investigación

En lo que se refiere al tipo de estudio que se desarrolla, se considera la aplicación de un tipo de investigación descriptiva y analítica, debido a que se pretende conocer cómo funciona el sistema de frenos regenerativos del Toyota Prius.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Freno en el vehículo

Los frenos de un vehículo tienen como misión detener la marcha de dicho vehículo a voluntad del conductor de forma eficaz y sin perder la estabilidad durante el proceso.

2.1.1. Reparto de frenado

El reparto de la frenada en un vehículo se selecciona en función de los pesos en cada uno de sus ejes. De esta forma, lo más común es que el eje delantero, al disponer de más peso debido al montaje del motor de combustión, posea una mayor capacidad de frenada. El porcentaje de frenado, por lo tanto, suele repartirse de la siguiente forma:

- El eje delantero, que suele soportar el peso del motor, dispondrá de entre un 60% y un 70% de la frenada.
- El eje posterior, que no suele soportar el peso del motor, dispondrá de un 30% a un 40% de la frenada.

- Existen compensadores y repartidores de frenada que, en función del peso que se acumule en el vehículo, distribuyen la frenada entre los dos ejes.

2.1.2. Parámetros importantes de frenado

Algunos parámetros importantes que hay que tener en cuenta al frenado son:

- *Fuerza de ejecución:* es la fuerza que el conductor aplica sobre el pedal de freno. Según la intensidad de esta fuerza se obtendrá una frenada mayor o menor.
- *Fuerza de frenado:* es la fuerza total que ejerce la pastilla sobre el disco de freno.
- *Fuerza de adherencia:* es la superficie de rozamiento del neumático con el suelo; a mayor superficie de contacto mayor poder de frenado. Un neumático en mal estado o una suspensión del vehículo deficiente pueden aumentar la distancia de frenado entre un 30 y un 40%.
- *Superficie de contacto:* es la superficie de rozamiento de la pastilla con el disco, o de la zapata con el tambor de freno; a mayor superficie de contacto mayor fuerza de frenado. En este parámetro influyen las dimensiones de los discos y tambores de freno, y de las pastillas y zapatas.

- *Coeficiente de fricción del disco y el tambor de freno con la pastilla y la zapata.* Cuanto mayor sea este coeficiente, mayor será la fuerza de frenado.

2.1.3. Distancia de frenado del vehículo

La distancia de frenado es la distancia que recorre el vehículo desde que el conductor acciona los frenos hasta que se detiene completamente.



Figura 1. Distancia de frenado

Fuente: Borja, J. C. (2009). *Sistema de Transmisión y Frenado*. Macmillan Iberia, S.A.

Editado por: Jonathan Allen

2.1.4. Factores que influyen en la distancia de frenado

- **Fuerza aplicada sobre el pedal de freno:** es la fuerza aplicada por el pie del conductor sobre el pedal de freno durante el frenado; a mayor fuerza de aplicación, mayor será la capacidad de frenado.

- *Adherencia de los neumáticos sobre el suelo:* es un elemento clave en la distancia de frenada. Unos neumáticos en mal estado pueden elevar la distancia de frenada entre un 15 y un 20%.
- *La velocidad inicial de frenada del vehículo:* a mayor velocidad inicial de frenada del vehículo es mayor la distancia que necesitará el mismo para detenerse. Por eso hay que tener en cuenta que la distancia de frenado no es directamente proporcional a la velocidad, es decir, si un vehículo que circulaba a 59 km/h ha necesitado 17 m para detenerse, a 119 km/h no se parará al doble de distancia, sino que esta será considerablemente mayor.
- *El estado de las suspensiones de un vehículo:* si el sistema de suspensión está en mal estado y no asegura que las ruedas queden fijas sobre el asfalto, esto implicara que la distancia de frenado puede llegar a incrementar hasta cerca de un 20%.
- *El peso del vehículo:* el aumento del peso es un factor que también hace que la distancia de frenado aumente.
- *Factores ambientales:* como el viento a favor, en contra o transversal sobre el vehículo, la lluvia, la nieve, la suciedad en la calzada esto produce que la adherencia de las ruedas al suelo disminuya.

2.2. Frenos de disco

Los frenos de disco son los frenos más utilizados en los vehículos actuales, siempre se montan este tipo de frenos en el eje delantero. Los frenos de disco presentan las siguientes ventajas con respecto a los frenos de tambor:

- Mayor poder de frenado, ya que la distancia de frenado es inferior con respecto a los frenos de tambor ya que tiene mayor área de contacto para producir el frenado del vehículo.
- Mayor estabilidad en las frenadas, porque es más versátil al momento de usarlo, tenemos más control del vehículo si se frena a raya.
- Menor pérdida de rendimiento del frenado con el aumento de la temperatura de sus componentes, ya que tiene un diseño el cual le permite disipar su temperatura.
- Mayor facilidad de montaje, lo que reduce los costes, porque su sistema es accesible para poder desmontarlo y montarlo, consta de pocas piezas.

2.2.1. Partes del freno de disco

El freno de disco está formado por un disco que se une al buje de la rueda o forma parte de él, girando con la rueda y constituyendo el elemento móvil de frenado. Sobre este disco, abarcando aproximadamente la quinta parte de la superficie del mismo, va montada una mordaza sujeta al puente o mangueta en cuyo interior se forman los cilindros por los que se desplazan los pistones. A estos pistones se unen las pastillas de freno de un material similar al de las zapatas utilizadas en los frenos de tambor.

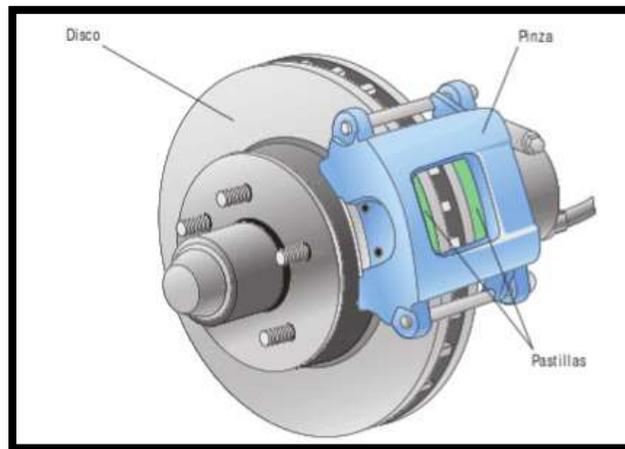


Figura 2. Freno de disco

Fuente: Borja, J. C. (2009). *Sistema de Transmision y Frenado*. Macmillan Iberia, S.A.

Editado por: Jonathan Allen

2.2.1.1. Discos de freno

Los discos de freno son uno de los elementos de fricción en la acción de frenado de los sistemas de freno de disco. Suelen estar fabricados con acero

aleado con cromo, ya que deben soportar elevadas temperaturas sin sufrir deformaciones. Existen dos tipos básicos de discos de freno:

- Los discos no ventilados, que son macizos.
- Los discos ventilados, que tienen orificios en su interior para disipar el calor.

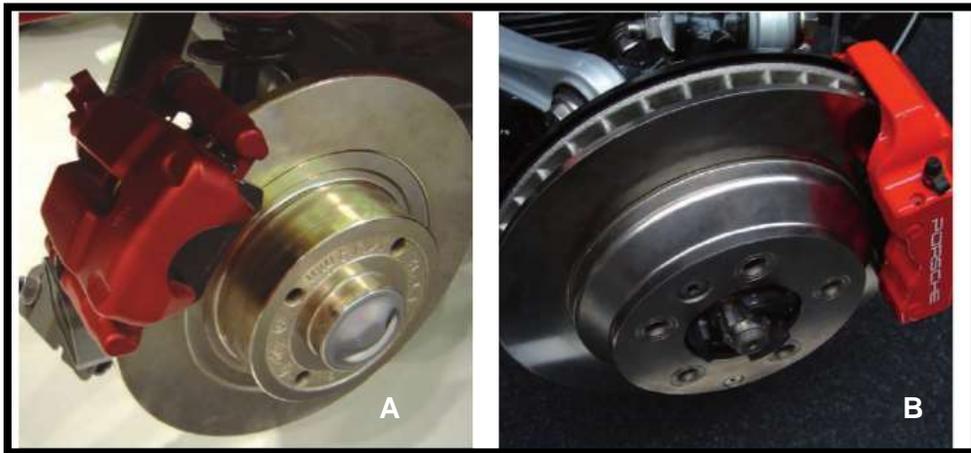


Figura 3. A.Freno macizo, B.freno ventilado

Fuente: Borja, J. C. (2009). *Sistema de Transmision y Frenado*. Macmillan Iberia, S.A.

Editado por: Jonathan Allen

2.2.1.2. Pastillas de freno

Las pastillas de freno son los otros elementos de fricción del sistema de frenos de disco. Son forros de fricción de una composición muy similar a la de los forros de un disco de embrague como las fibras, cargas minerales, componentes metálicos entre otros.

Poseen unas virutas de un componente metálico que tiene como misión proporcionar a la pastilla una mayor rigidez mecánica. Antiguamente, en la fabricación de las pastillas de freno se utilizaba amianto para proporcionarles mayor rigidez y mejor disipación de la temperatura. Sin embargo, al resultar altamente cancerígeno, este compuesto se ha dejado de utilizar.



Figura 4. Pastilla de freno

Fuente: Borja, J. C. (2009). *Sistema de Transmision y Frenado*. Macmillan Iberia, S.A.
Editado por: Jonathan Allen

2.2.1.3. Pinza de freno

Las pinzas son los elementos que accionan los frenos de disco, mediante unos pistones que empujan a las pastillas para que friccionen con el disco. Estas pinzas van directamente atornilladas al buje de la rueda.

2.3. Freno de tambor

Los frenos de tambor realizan el frenado gracias a la fricción que se produce entre dos elementos: las zapatas y el tambor. Dicha función se produce con la expansión de las zapatas por el accionamiento de un bombín hidráulico. Las principales ventajas de los frenos de tambor con respecto a los de disco son las siguientes:

- Mayor superficie de fricción de las zapatas de estos frenos que de las pastillas de los frenos de disco.
- El nivel de ruido es inferior gracias a la menor presión que ejercen las zapatas.
- No es necesario utilizar materiales tan duros como en los frenos de disco.

2.3.1. Partes del freno de tambor

- *Zapatas de freno*: son los elementos de fricción de estos frenos. Son piezas metálicas en forma de media luna recubiertas de forros prensados en hilos de latón sujetos con remaches como se puede ver en la figura anterior.

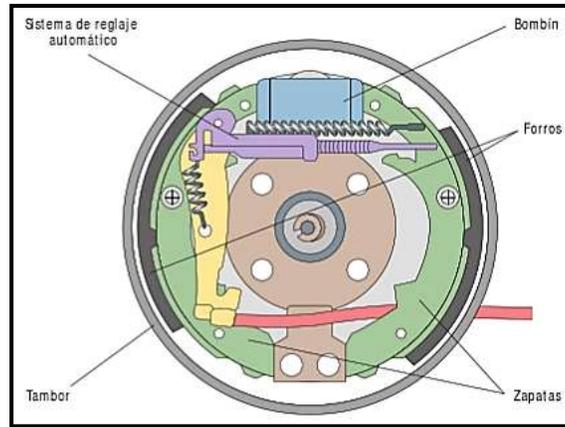


Figura 5. Freno de tambor

Fuente: Borja, J. C. (2009). *Sistema de Transmisión y Frenado*. Macmillan Iberia, S.A.

Editado por: Jonathan Allen

- *Tambor:* es el elemento contra el que friccionan las zapatas de freno para detener las ruedas. Está fabricado con acero con alto contenido en carbono, lo que le proporciona dureza y resistencia mecánica.
- *Bombín:* es el elemento que recibe la presión hidráulica de frenado para accionar las zapatas.
- *Sistema de regulación automática:* en los frenos de tambor se necesita un sistema específico que asegure que, pese al desgaste de las zapatas, estas se encuentran siempre a la distancia correcta del tambor.

2.4. Sistema de antibloqueo de frenos “ABS”

El sistema antibloqueo está integrado en el sistema de freno convencional manteniendo la independencia respecto del mismo, ya que actúa solamente en situaciones de peligro de bloqueo de las ruedas.

Debido a esto, se considera que el ABS es un sistema de seguridad activa, que son los sistemas que intervienen en la seguridad para minimizar los posibles accidentes.

2.4.1. Funcionamiento del sistema ABS

Fase 1: Sin acción de frenada

Durante esta fase de funcionamiento, el conductor no realiza ninguna acción de frenada sobre el vehículo, por lo tanto, la electroválvula de entrada se encuentra abierta y la electroválvula de salida permanecerá cerrada.

De esta forma, en caso de una frenada considerada normal, el sistema de frenos funcionaría con la bomba convencional.

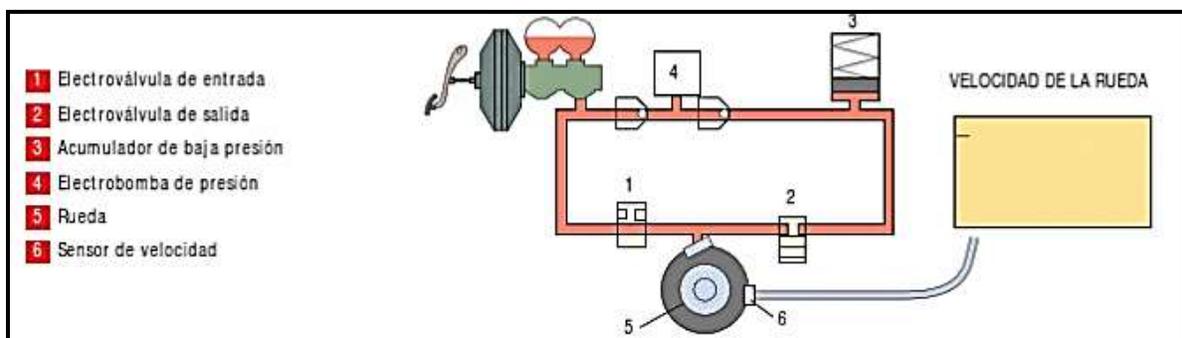


Figura 6. Fase 1 del sistema de frenado ABS

Fuente: Borja, J. C. (2009). *Sistema de Transmisión y Frenado*. Macmillan Iberia, S.A.

Editado por: Jonathan Allen

Fase 2: Frenada sin bloqueo de ruedas

Durante esta fase, para detener el vehículo el conductor ha pisado el pedal de freno, donde el sistema ABS dispone de un interruptor que informa a la unidad de control electrónica de la decisión de frenar el vehículo.

Gracias a los sensores de las ruedas, la unidad de control detecta la desaceleración provocada en las ruedas y, dado que estas no han llegado a bloquearse, no hace actuar al sistema antibloqueo.

De esta forma el vehículo frenará con el sistema de frenos convencional, ya que la electroválvula de entrada permanece abierta y la de salida cerrada.

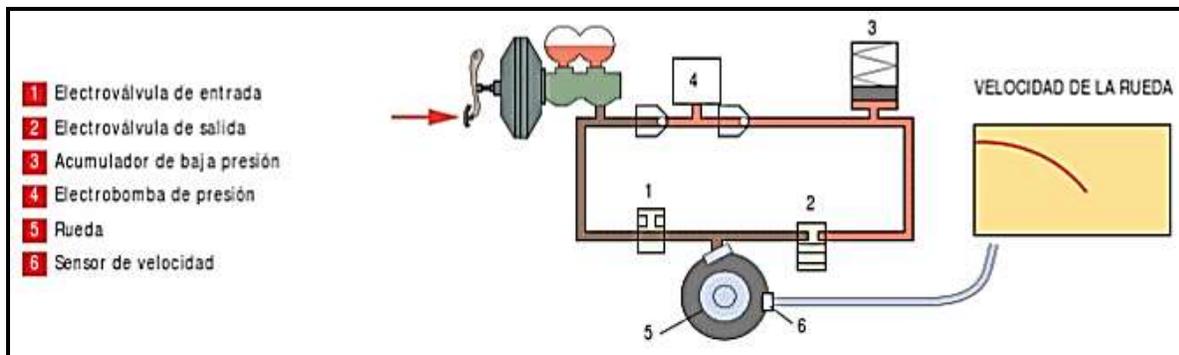


Figura 7. Fase 2 del sistema de frenado ABS

Fuente: Borja, J. C. (2009). *Sistema de Transmisión y Frenado*. Macmillan Iberia, S.A.

Editado por: Jonathan Allen

Fase 3: Bloqueo de ruedas

Si una rueda tiende a ser bloqueada por la acción de frenada, la presión de frenado no se debe mantener, ya que seguiría el bloqueo. Para disminuir la presión de frenado se cierra la electroválvula de entrada y se abre la de salida de la rueda afectada. De esta forma, el líquido a presión se libera hacia el acumulador, reduciéndose la frenada y desbloqueándose la rueda.

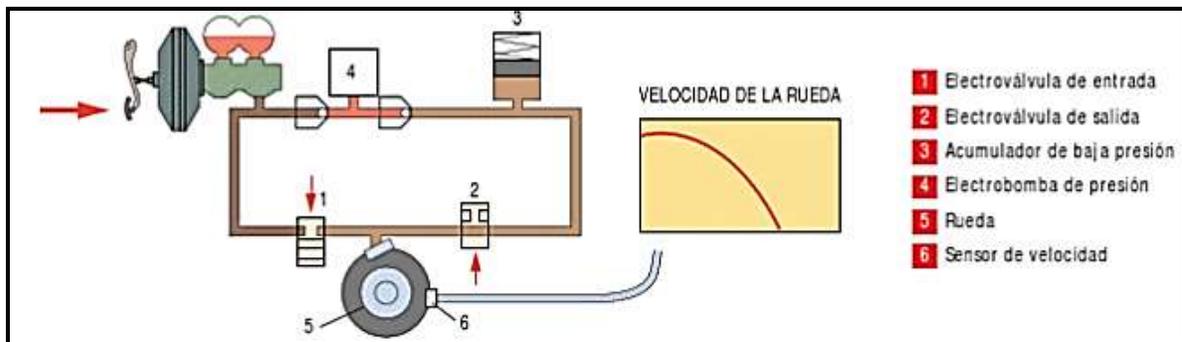


Figura 8. Fase 3 del sistema de frenado ABS

Fuente: Borja, J. C. (2009). *Sistema de Transmision y Frenado*. Macmillan Iberia, S.A.

Editado por: Jonathan Allen

Fase 4: Degradación de la presión

Al disminuir la presión, ha disminuido la frenada y la rueda ha dejado de estar bloqueada. Pero el conductor ha realizado una frenada brusca o de emergencia, lo que obliga a los frenos a seguir actuando con intensidad. Para volver a aumentar la presión, la unidad de control electrónica cierra la electroválvula de salida, abre la electroválvula de entrada y conecta la

electrobomba de presión, lo que produce un aumento de la presión hidráulica y un consiguiente aumento de la frenada en la rueda hasta el nivel inicial.

Este aumento de la frenada podría volver a provocar el bloqueo de la rueda, en cuyo caso se volvería a la tercera fase. Esta sucesión de las fases tercera y cuarta produce el golpeteo característico de los frenos ABS.

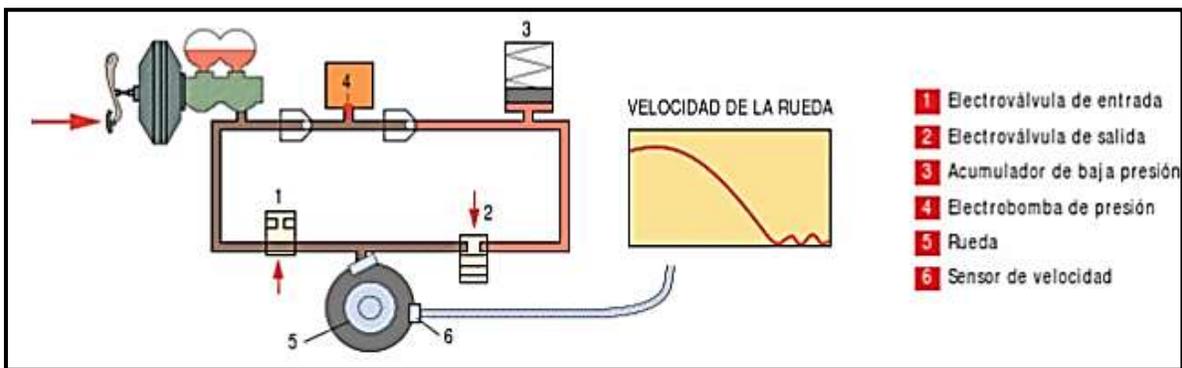


Figura 9. Fase 4 del sistema de frenado ABS

Fuente: Borja, J. C. (2009). *Sistema de Transmisión y Frenado*. Macmillan Iberia, S.A.

Editado por: Jonathan Allen

2.5. Frenos regenerativos

Los frenos regenerativos son un mecanismo de frenado para el vehículo que permite generar energía a partir de la energía cinética, por lo general energía eléctrica, para recargar las baterías. En todo caso el concepto abarca toda una modalidad de formas de almacenamiento, incluyendo la conversión de energía en

forma hidráulica o neumática, pero el ejemplo de más connotación en la actualidad es en carros eléctricos e híbridos.

La idea es recuperar parte de la energía involucrada en el frenado, cosa que en los frenos a fricción se libera en forma de calor. En el caso de los frenos regenerativos, es el mismo motor eléctrico que asiste en el frenado, haciendo durante este proceso de generador (un motor eléctrico es básicamente un generador, al que se le aplica corriente eléctrica en vez de generarla; piensa en el caso de un dínamo, muy similar en cuanto a funcionamiento básico con uno de estos motores).

Al estar generando electricidad, el flujo de corriente en la armadura es opuesto en comparación con lo que ocurre cuando el generador hace de motor, lo que ejerce un torque opuesto a la marcha.

El frenado regenerativo se utiliza en automóviles que están actualmente en el mercado, como el Volt de Chevrolet, el Prius de Toyota, y otros.

Es importante notar que el freno regenerativo no reemplaza por completo al freno convencional de fricción, dado que a bajas velocidades va perdiendo efectividad. Aparte, el sistema podría fallar lo que requiere de un respaldo.

También se puede dar el caso en una emergencia de requerir un frenado muy por sobre la capacidad del sistema, lo que sólo se puede lograr mediante el frenado convencional.



Figura 10. Fase 4 del sistema de frenado ABS

Fuente: Borja, J. C. (2009). *Sistema de Transmision y Frenado*. Macmillan Iberia, S.A.

Editado por: Jonathan Allen

2.5.1. Sistema de recuperación de energía (KERS)

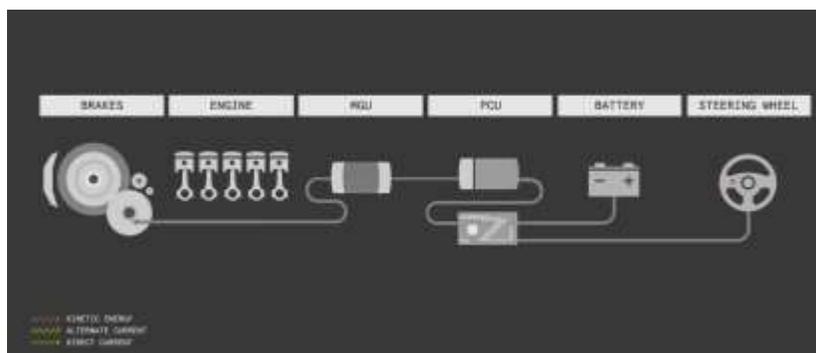


Figura 11. Funcionamiento de sistema KERS

Fuente: "Rodolfo Riva, Density Design Research Lab (2015).

[Kinetic_energy_recovery_system#/media/File:Kinetic_Energy_Recovery_System.gif](#)

Editado por: Jonathan Allen

Siglas para denominar al Kinetic Energy Recovery System, o lo que es lo mismo, el sistema de recuperación de energía cinética. La idea es tan sencilla como imaginarnos un dispositivo capaz de recuperar la energía cinética que se pierde en forma de calor en las frenadas, para acumularla de algún modo y transformarla cuando nos convenga (mediante un botón, por ejemplo) en energía mecánica que ayude en la aceleración del monoplaça.

Será una potencia «gratuita» medioambientalmente, eso sí, pero mientras no haya cambios de motorización, con KERS o sin KERS, los consumos y las emisiones será idénticos a los actuales.

De entrada, los 60 kw (unos 80 CV) adicionales que tendrán los pilotos en 2009 durante unos escasos 6,67 segundos pueden parecer poca cosa, pero pensemos que 2009 todavía no será un año en el que el KERS marque diferencias reales a nivel energético, ni mucho menos según el libro “Sistema de transmisión y frenado”.

2.6. Estudio del automóvil PRIUS

El Prius fue el primer vehículo híbrido fabricado en serie cuando apareció en Japón en 1997. Su ingreso en el año 2000 al mercado norteamericano fue un éxito que se ha consolidado con la presentación de la nueva generación que debutó como modelo 2004.

“Igualmente, Europa ha recibido con entusiasmo el nuevo modelo y la prensa especializada le otorgó el título de Automóvil del Año 2005, vendiéndose actualmente también en España. Según la normativa estadounidense, la primera generación del Prius es un automóvil compacto, mientras que la segunda generación es un automóvil mediano.”



Figura 12. Prius
Fuente: www.toyota.es
Editado por: Jonathan Allen

El diseño busca ser aerodinámico, prueba de ello es su bajísimo coeficiente de penetración del aire: 0,25. Para ello utiliza el estilo aerodinámico clásico denominado Kammback en honor al pionero de la aerodinámica Wunibald Kamm, consistente en una forma similar a la de una gota de agua truncada abruptamente cuando la altura se ha reducido hasta aproximadamente la mitad, que en teoría proporciona el mejor compromiso entre eficacia aerodinámica y volumen interior aunque condiciona el diseño por lo que su popularidad está muy sujeta a las modas. Algunos ejemplos clásicos de línea Kammtail son el Alfa Romeo Spider "coda trunca" -cola cortada- o el Citroën CX.

El Prius no es un automóvil eléctrico. La tercera versión de este modelo cuenta con un motor de gasolina de 1.8 litros de cilindrada (en las anteriores era de 1.5 litros) que trabaja coordinadamente con un motor eléctrico en una configuración denominada híbrida.

El motor eléctrico ayuda al de gasolina a encontrar condiciones ideales de funcionamiento y, bajo ciertas circunstancias y por determinados lapsos, puede mover independientemente al automóvil, el cual entonces se desplaza sin consumir combustible y reduciendo significativamente el ruido producido.

El motor eléctrico se alimenta de una serie de baterías que se recargan mientras el automóvil está en movimiento (lo que se conoce como Hybrid Synergy Drive) y por lo tanto no requiere una fuente externa, problema que sufren los vehículos eléctricos que tienen que ser "enchufados" periódicamente para recargarse.

Otra estrategia de ahorro de combustible es que el motor de gasolina se apaga en las constantes detenciones que se sufren en el tránsito urbano.

El Prius supera los problemas de poca autonomía, largo tiempo de recarga y escasas prestaciones de los vehículos eléctricos y se convierte en el automóvil con motor de combustión interna de más alto rendimiento y más bajas emisiones disponible en la actualidad, de acuerdo con la normativa de la Unión Europea.

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DE FRENOS REGENERATIVOS

3.1. Frenos regenerativos del Toyota PRIUS

La función del frenado regenerativo hace funcionar el motor generador (MG2) como un generador mientras el vehículo desacelera o frena, y almacena esta energía eléctrica en la batería HV (High Voltage – Alto Voltaje).

Utiliza la resistencia de la operación, al mismo tiempo que ejerce MG2 durante la generación de la electricidad, como una fuerza de frenado. En el sistema de control de los frenos del PRIUS se ha adjuntado el ECB (Electronically Controlled Brake) que significa Freno de control electrónico.

El sistema ECB es el encargado de calcular la fuerza de frenado que se necesita basándose en dos variables, la cantidad de esfuerzo que se produce en el pedal y la fuerza aplicada por el conductor. Entonces, este sistema ejerce una fuerza de frenado requerida que consiste en una fuerza de frenos regenerativos producida por el Motor Generador 2 (MG2) y una fuerza de frenado producida por el sistema de frenos hidráulicos.

En el PRIUS, se ha establecido un sistema de control de la tracción del motor. Este sistema minimiza el patinaje de las ruedas motrices y produce la fuerza de impulsión necesaria para las diferentes condiciones de la superficie de la carretera aplicando el control de los frenos hidráulicos a las ruedas que patinan.

En el PRIUS, el dispositivo que refuerza el freno convencional se ha abandonado, en cambio, ahora consta de las partes de entrada de frenos, alimentación, y de control de la presión hidráulica. Durante el frenado normal, la presión del líquido generada por el cilindro principal no acciona directamente las ruedas, sino que sirve como señal de la presión hidráulica. En vez de aquello, la presión de control actual se obtiene regulando la presión del líquido de la fuente de potencia hidráulica en el actuador del freno, que acciona los cilindros de las ruedas.

La ECU de control anti-patinaje mantiene la comunicación con la ECU de EPS y la ECU de la batería HV por medio de la CAN (Controller Area Network – Red de área del controlador). La ECU de control anti-patinaje se ha remplazado de una CPU de 16 bits a una CPU de 32 bits para incrementar así la velocidad de proceso de las señales.

Durante el frenado normal, las válvulas de solenoide de corte del cilindro principal se cierran y los circuitos de presión del líquido de los cilindros de las ruedas quedan independientes. Por consiguiente, la presión del líquido generada por el cilindro principal no causa directamente el accionamiento de los cilindros de las ruedas.

La ECU de control anti-patinaje calcula la fuerza de frenado que necesita el conductor de acuerdo a las señales obtenidas de los sensores de presión del módulo principal y sensor de posición del pedal de freno, entonces, la ECU de control anti patinaje calcula el valor de la fuerza de los frenos regenerativos partiendo de la fuerza requerida para el frenado y transmite el valor calculado a la ECU de HV.

La ECU de HV, al recibir el valor, genera una fuerza en los frenos regenerativo y a la vez, la ECU de HV transfiere el valor de la fuerza de los frenos regenerativos actual a la ECU de control anti-patinaje.

La ECU de control anti patinaje controla las válvulas de solenoide para hacer que el sistema de frenos hidráulicos genere un valor de fuerza de frenado.

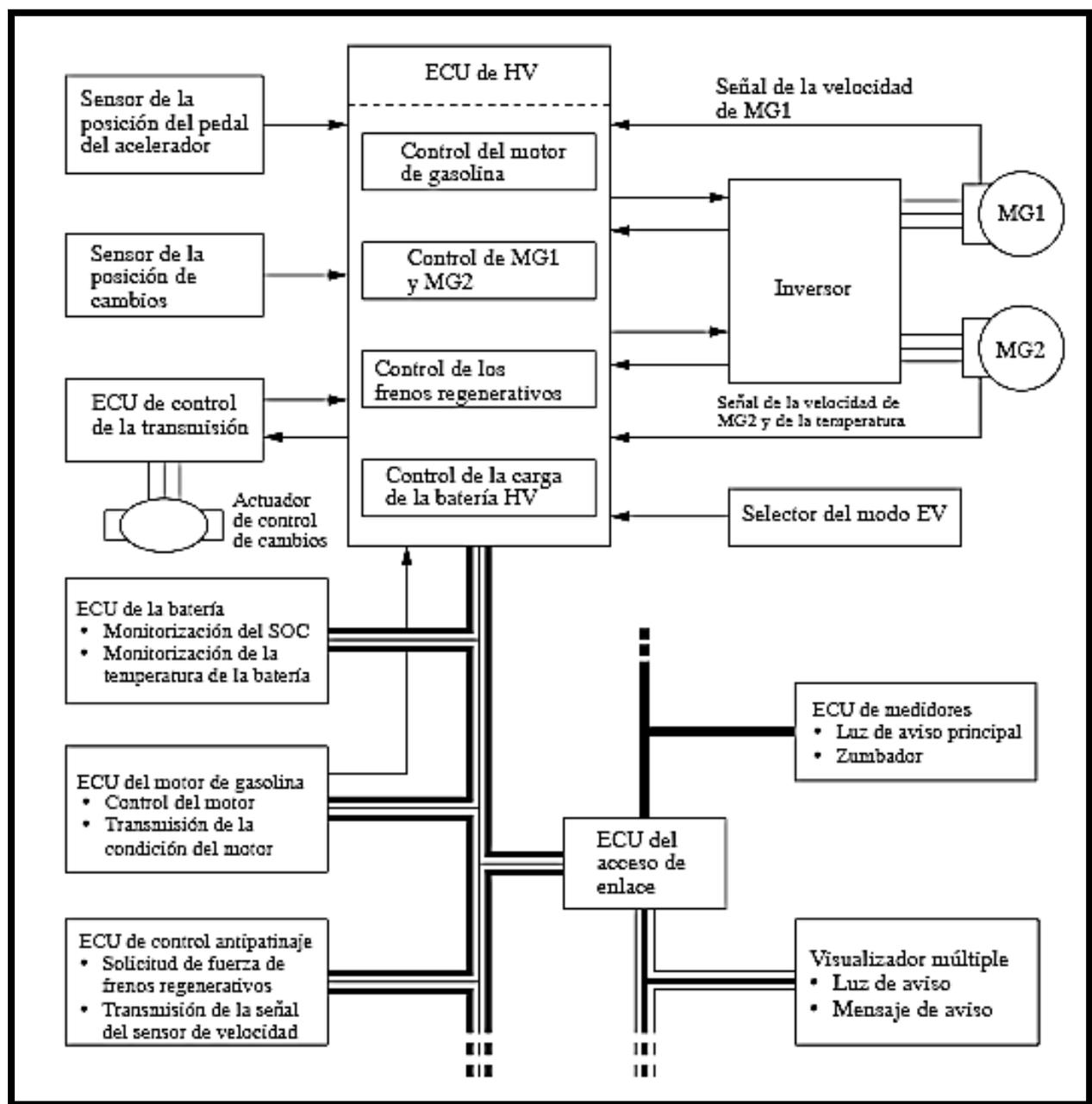


Figura 13. Diagrama de comunicación electrónica del Prius

Fuente: Manual Prius 2010

Editado por: Jonathan Allen

Este diagrama muestra como es la comunicación y la transferencia de datos que existe entre los dispositivos y la ecu de la batería HV.

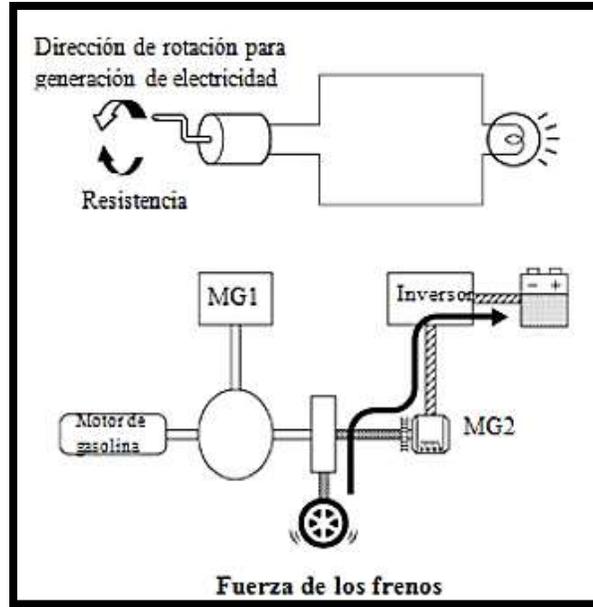


Figura 11. Diagrama 2 de comunicación electrónico del Prius
Fuente: Manual Prius 2010
Editado por: Jonathan Allen

3.2. Proceso de análisis con el escáner Gscan2

Conectamos el escáner al vehículo Toyota Prius, y comenzamos señalando la marca del vehículo la cual en este caso es Toyota.



Figura15. Designación de la marca en escáner G-scan2
Fuente: Escáner Gscan2
Editado por: Jonathan Allen

Elegimos la opción Internacional ya que la versión que tenemos es obviamente un modelo importado al sector latinoamericano.

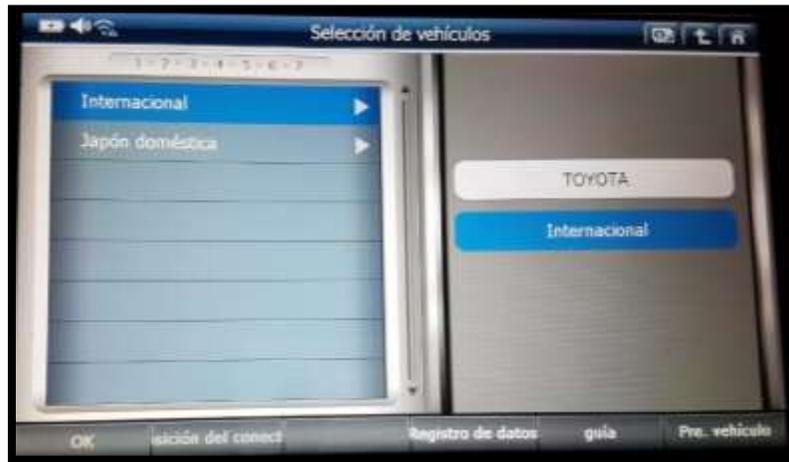


Figura 126. Interfaz de selección del vehículo
Fuente: Escáner Gscan2
Editado por: Jonathan Allen

Elegimos la opción de "CONECTOR 16PIN", porque el vehículo trae ese diseño de pin para realizar la prueba siendo este el más común en el medio.

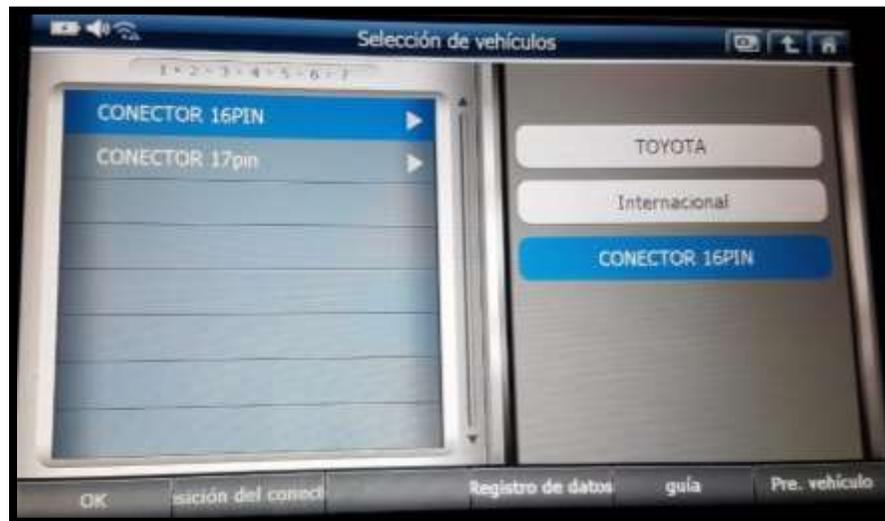


Figura 137. Elección del conector de 16 pin
Fuente: Escáner Gscan2
Editado por: Jonathan Allen

En la opción de “SISTEMA DE BÚSQUEDA”, encontramos 4 ítems: “Powertrain”, “Chassis”, “Cuerpo”, “Personaliza”, de los cuales elegimos “Chassis”

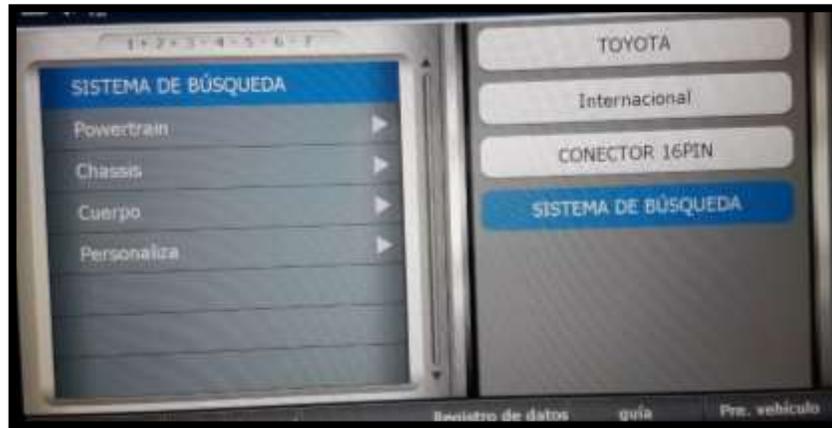


Figura 18. Selección de chasis en el interfaz
Fuente: Escáner Gscan2
Editado por: Jonathan Allen

Por último, elegimos la opción a la cual nos vamos a enfocar, que es el sistema de freno, esta sería “ABS/VSC”.



Figura 149. Selección de opción ABS/ VSC
Fuente: Escáner Gscan2
Editado por: Jonathan Allen

De la figura 19 a la 22 podemos observar un sin número de datos que nos arroja el escáner, donde se estipula en 11 paginas diferentes dispositivos que están funcionando en conjunto con el sistema de frenos del vehículo.

Artículo(P.1/11)			Artículo(P.2/11)		
Artículo	Valor	Unidad	Artículo	Valor	Unidad
FR velocidad rueda	0	km/h	Accelerator Opening Angle %	0.0	%
Velocidad rueda FL	0	km/h	Sensor ángulo dirección	348.0	°
RR velocidad rueda	0	km/h	Sensor de Tasa de Guiñada	0	°/s
RL velocidad rueda	0	km/h	Sensor de Tasa de Guiñada 2	0	°/s
Sensor carrera	1.04	V	Sensor de Presión de v/C Anomal	0.49	V
Sensor de Carrera 2	3.96	V	Cambiar Posición palanca de		P/N
Acumulador sensor presión	3.39	V	Reservoir Warning SW		OFF
Regulador sensor presión	0.49	V	Interruptor principal inactividad		ON
Desaceleración Sensor	-0.143	m/s ²	System Start		ON
Desaceleración sensor2	-0.286	m/s ²	Stop Light SW		OFF

Figura 20.Uso del escáner G-scan2
Fuente: Escáner Gscan2
Editado por: Jonathan Allen

Artículo(6/107)	Valor	Unidad
FR velocidad rueda	0	km/h
Velocidad rueda FL	0	km/h
RR velocidad rueda	0	km/h
RL velocidad rueda	0	km/h
Sensor carrera	1.59	V
Sensor de Carrera 2	3.41	V
Acumulador sensor presión	3.63	V
Regulador sensor presión	1.51	V
Desaceleración Sensor	-0.143	m/s ²
Desaceleración sensor2	-0.286	m/s ²

Figura 2115.Análisis de datos
Fuente: Escáner Gscan2
Editado por: Jonathan Allen

Artículo(20/107)	Valor	Unidad
Accelerator Opening Angle %	0.0	%
Sensor ángulo dirección	348.0	'
Sensor de Tasa de Guiñada	0	/s
Sensor de Tasa de Guiñada 2	0	/s
Sensor de Presión de W/C Anormal	1.53	V
Cambiar Posición palanca de	D/M	
Reservoir Warning SW	OFF	
Interruptor principal inactividad	ON	
System Start	ON	
Stop Light SW	ON	

Función Normal Gráfico Registro leccionar elemen

Figura 22. Análisis de datos 2
Fuente: Escáner Gscan2
Editado por: Jonathan Allen

Artículo(30/107)	Valor	Unidad
Interruptor de Freno de Estacionamiento	OFF	
De velocidad del vehículo	0	km/h
Stop light relay output	OFF	
EBS Relay	OFF	
Luz advertencia ABS	OFF	
Luz freno alerta	OFF	
Zumbador	OFF	
Deslice luz indicadora	OFF	
ECB Warning Light	OFF	
Solenoido de ABS(SFRH)	OFF	

Función Normal Gráfico Registro leccionar elemen

Figura 23. Análisis de datos 3
Fuente: Escáner Gscan2
Editado por: Jonathan Allen

3.3. Análisis de la gráfica generada por el escáner Gscan2

En la figura 24, apreciamos una onda rectangular, la cual se genera al pisar el pedal del freno de estacionamiento cuando este se encuentra en off, además se observa que desde la figura 23 a la 25 se genera una curva la cual se describe en cada neumático y al pisar el pedal de freno la energía calorífica generada por la fricción se convierte en voltaje la cual alimenta a la batería por medio del generador.

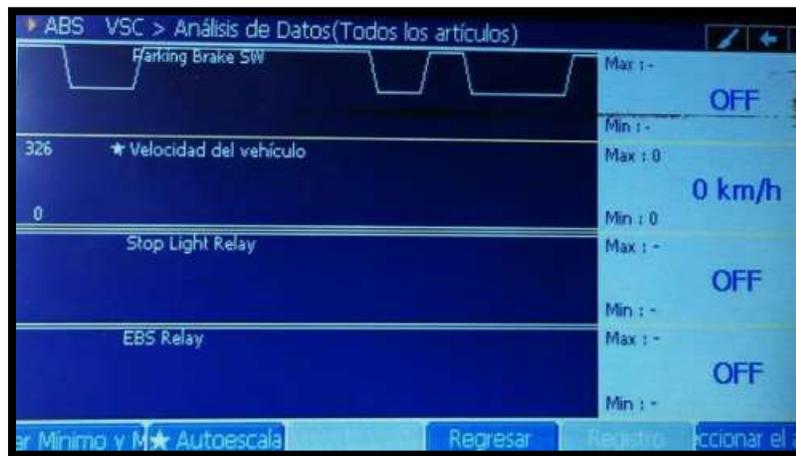


Figura 2416. Uso del escáner G-scan prueba 1

Fuente: Escáner Gscan2

Editado por: Jonathan Allen

En la figura 23 nos muestra una curva voltaje-tiempo en las cuatro ruedas, la cual se genera cuando pisamos el pedal de freno de manera suave y pausada, aquí observamos como la curva baja gradualmente indicando que el voltaje se

mantiene activo por mayor cantidad de tiempo respecto a los otros tipos de frenado, el voltaje máximo que se produce al frenar el vehículo es 10 voltios, siendo esta prueba la más óptima para que la batería cargue eficientemente su energía ya que a mayor tiempo de frenado se obtiene mayor energía de carga.

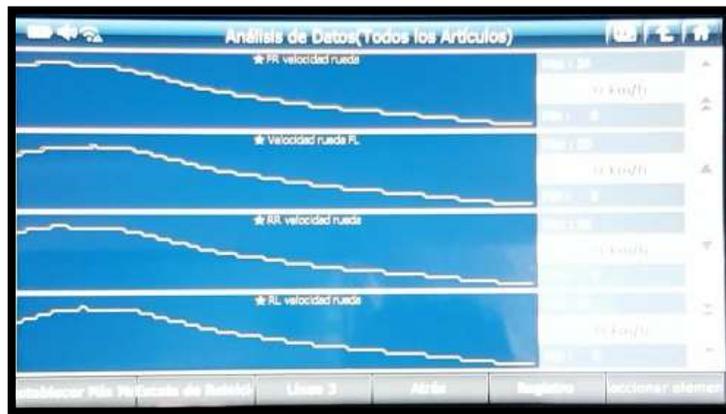


Figura 25. Uso del escáner G-scan prueba 2
Fuente: Escáner Gscan2
Editado por: Jonathan Allen

En la figura 24 lo que se procede a mostrar es un frenado intermitente lo que produce una gráfica que muestra una activación y desactivación de voltaje que es igual a la energía eléctrica suministrada a la batería demostrando así un frenado inadecuado e ineficiente para la recarga de la batería.

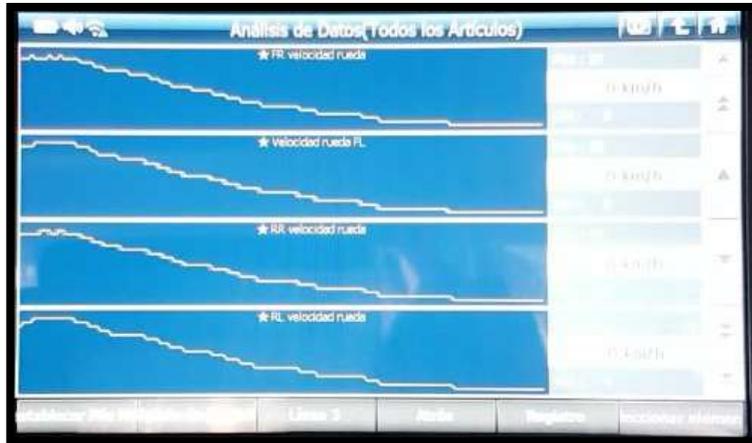


Figura 26. Uso del Gscan2 prueba 3
Fuente: Escáner Gscan2
Editado por: Jonathan Allen

En la figura 25 demostramos un frenado brusco lo que ocasiona un decrecimiento abrupto de la onda indicando un tiempo muy breve para que la batería se pueda recargar eficientemente, y por ende esto nos indica que tampoco sería un frenado ideal para la recarga de la misma.

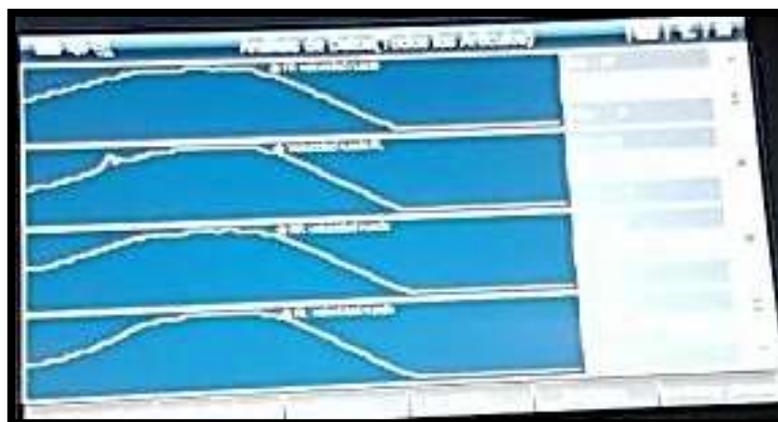


Figura 2717. Uso del Gscan2 prueba 4
Fuente: Escáner Gscan2
Editado por: Jonathan Allen

3.4. Comparación entre graficas

En la siguiente grafica se demostrará una comparación de los 3 tipos de activación de freno donde se muestra la generación de energía dependiendo del tipo de frenado.

Tabla 1. Comparación de gráficas

COMPARACIÓN DE GRÁFICAS	
	<p>Gráfica de activación de freno brusco:</p> <p>Aquí no hay energía de carga, ya que el tiempo de duración del voltaje que se genera es muy corto, no tiene tiempo de almacenar dicha energía la batería.</p>
	<p>Gráfica de activación de freno intermitente:</p> <p>Aquí se observa como a cada activación del freno, se genera una caída de voltaje pero esta no sirve para cargar la batería porque no es constantes</p>
	<p>Gráfica de activación de freno suave:</p> <p>Aquí se observa que hay mayor tiempo de regeneración de energía, ya que se demora más el vehículo en frenar y llegar a 0, por ende esta es la mejor forma de cargar la batería usando el freno regenerativo.</p>

Fuente: Escáner Gscan2

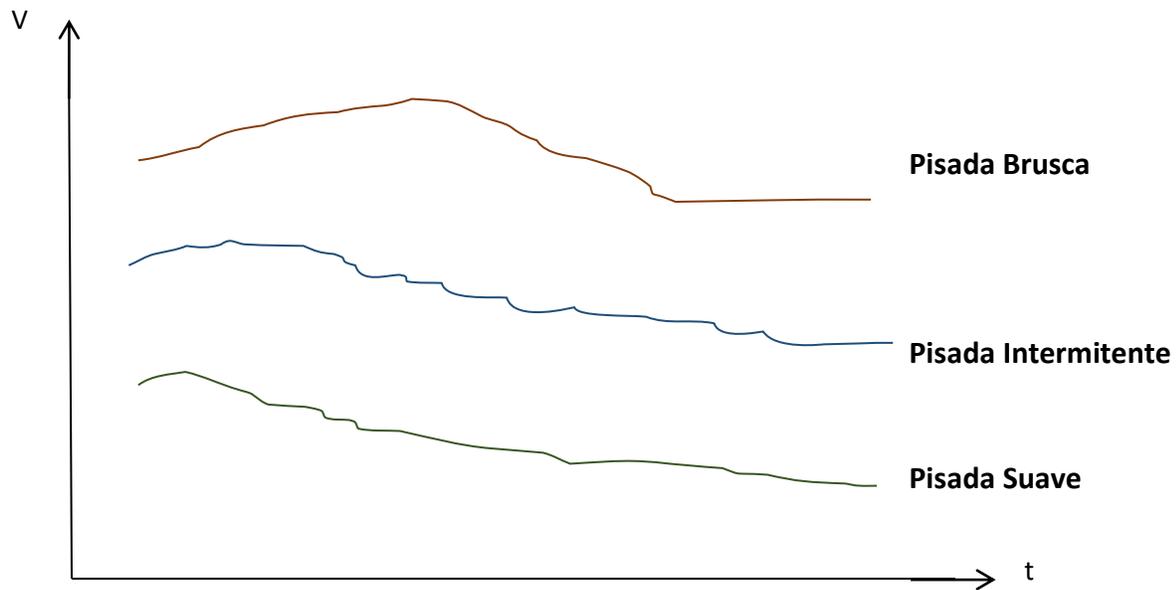


Figura 18. Comparación de graficas de tipos de activación
Diseñado por: Jonathan Allen

En las figuras 27 y 28 podemos observar y comparar más detalladamente como son las curvas respectivas de cada uno de las pruebas que ejecutamos, dándonos como resultado que el pisado suave es el más eficiente de todos porque nos permite absorber mayor energía eléctrica para cargar la batería del Prius.

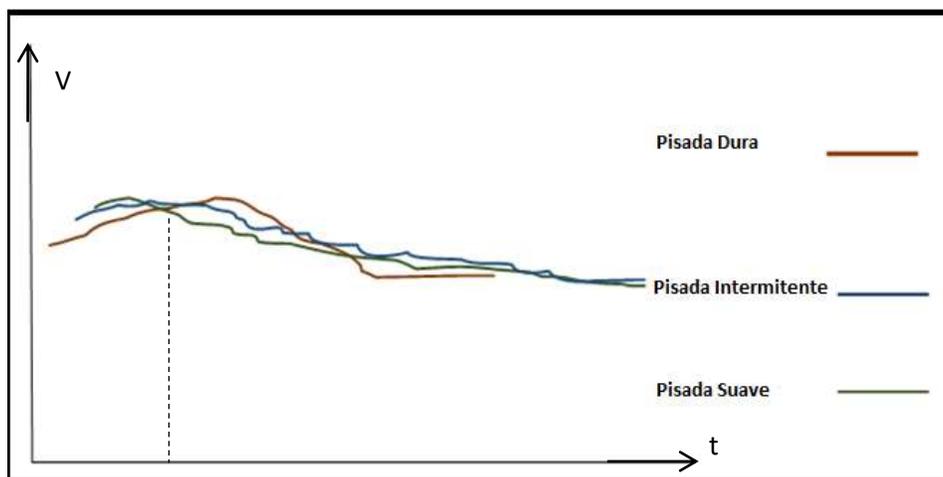


Figura 19. Curvas entrelazadas para el análisis
Fuente: Escáner Gscan2
Editado por: Jonathan Allen

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Al analizar tipos de frenados con la ayuda del scanner Gscan2, nos ayuda a conocer cómo funciona la frenada regenerativa y a entender que el Prius debe llevar de igual manera frenos convencionales ya que, en caso de que las baterías se encuentren al cien por cien de su capacidad, no se podría acumular más energía. También nos muestra que el frenado regenerativo no funciona a velocidades baja, porque las inducciones que se producen en el generador eléctrico son bajas y no ayudan a cargar correctamente el vehículo.
- El análisis electrónico de los frenos regenerativos nos indica su forma de trabajo, fallos, y entender cómo funciona el proceso de regeneración de energía eléctrica por medio de la desaceleración.
- El proceso que se sigue para realizar el análisis es sencillo, el cual comienza conectando el scanner, escogiendo la región del vehículo, marca, modelo para el cual se realizara el respectivo análisis, luego de esto se pone en marcha el vehículo y se hacen 3 pruebas donde son con frenado brusco, frenado suave y frenado paulatino.

4.2. Recomendaciones

- Dar mantenimiento al sistema de freno del prius ya que, aunque lleve frenos regenerativos, estos solo funcionarán para cargar la batería, por ende, si la batería ya está cargada no van a funcionar, entonces se necesita frenos convencionales para poder detener el vehículo.
- Al momento de utilizar el escáner, verificar el puerto OBDII este en buenas condiciones, sino se tomarán medidas erróneas y no se podrá realizar la investigación efectivamente porque no se mostrarán las gráficas correctas y será difícil la maniobrabilidad del escáner.
- Usar los frenos de manera lenta y no de golpe porque así no se aprovecha la energía calorífica producida por la fricción que es convertida en energía eléctrica.

BIBLIOGRAFÍA

Automoción, S. d. (2011). *El Vehículo Eléctrico. Desafíos tecnológicos, infraestructuras y oportunidades de negocio*. Libbooks.

Borja, J. C. (2009). *Sistema de Transmision y Frenado*. Macmillan Iberia, S.A.

Elías Castells, X. a. (2012). *El hidrógeno y las pilas de combustible*. . Madrid: Ediciones Díaz de Santos.

Francisco Javier Vidal, J. J. (2014). *Sistemas eléctricos y de seguridad y confortabilidad*. Editex.

Elías Castells, X. (2012). *Energía y transporte*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.

Jiménez Padilla, B. (2012). *Técnicas básicas de electricidad de vehículos*. IC Editorial.

Revista politecnica. (s.f.). Obtenido de

<http://www.revistapolitecnica.epn.edu.ec/images/revista/volumen37/tomo2/D>

[iseno_del_Sistema_de_Freno_Regenerativo_de_Automoviles_Hibridos.pdf](#)

Manual Toyota Prius 2010