



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

**“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS SISTEMAS DE DIRECCIÓN
HIDRÁULICA Y ELÉCTRICA PARA DETERMINAR EL CONSUMO
DE COMBUSTIBLE EN UN VEHÍCULO DE 1300 CC”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO
ELECTRICISTA**

Autor:

ROBERTO BALTAZAR CABEZAS AGUIRRE

Asesor:

MG. DECIDERIO ENRIQUE DÍAZ RUBIO

Línea de investigación:

MODELAMIENTO Y SIMULACION DE SISTEMAS ELECTROMECHANICOS

CHICLAYO-PERÚ

2018



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
ACTA DE SUSTENTACION

En la ciudad de Chiclayo, siendo las 11:00 horas del día 13 de diciembre de 2018, de acuerdo a los dispuesto por la resolución de dirección de investigación N°3025-2018-UCV-CH -2018-UCV-CH, de fecha 10 de diciembre de 2018, se procedió a dar inicio al acto protocolar de sustentación de la tesis titulada: **'ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS SISTEMAS DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA Y ELÉCTRICA PARA DETERMINAR EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN UN VEHÍCULO DE 1300 CC'** presentado por el(la) (los) bachiller CABEZAS AGUIRRE ROBERTO BALTAZAR, con la finalidad de obtener el título de Ingeniero mecánico electricista, ante el jurado evaluador conformado por los profesionales siguientes:

Presidente : Ing. Dávila Hurtado Fredy
Secretario : Ing. Celada Padilla James Skinner
Vocal : Ing. Rojas Coronel Ángel Marcelo

Concluida la sustentación y absueltas las preguntas efectuadas por los miembros del jurado se resuelve:

APROBAR POR MAYORIA

Siendo las 11:45 del mismo día, se dio por concluido el acto de sustentación, procediendo a la firma de los miembros del jurado evaluador en señal de conformidad.

Chiclayo, 13 de diciembre de 2018

Ing. Dávila Hurtado Fredy
Presidente

Ing. Celada Padilla James Skinner
Secretario

Ing. Rojas Coronel Ángel Marcelo
Vocal

DEDICATORIA

La presente Tesis está dedicada a:

Dios, ser infinito que permitió culminar con éxito la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

A mi padre: Vidal Prudencio Cabezas Barrientos, que, desde el cielo, me cuida y protege, guiándome por el camino correcto.

A mi Madre Emma, por su apoyo moral, para sobresalir profesionalmente.

A los docentes de la Universidad "César Vallejo", por contribuir con la culminación de la respectiva tesis.

A mis amigos y compañeros que de una y de otra manera han contribuido por el logro de mis objetivos.

Roberto

AGRADECIMIENTO

A Dios y a la Virgen por condescenderme haber alcanzado este momento tan especial para mi vida, por aquellos instantes buenos y malos que me ilustraron a valorar la vida día a día.

A la Universidad Cesar Vallejo por darme la oportunidad de alcanzar los conocimientos necesarios para poder desempeñarme profesionalmente en la vida.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo ROBERTO BALTAZAR CABEZAS AGUIRRE con DNI N° 44762972, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información de la Universidad Cesar Vallejo.

Chiclayo, 10 mayo del 2019.



ROBERTO BALTAZAR CABEZAS AGUIRRE

DNI N° 44762972

PRESENTACIÓN

Ante ustedes señores miembros del jurado la presente tesis que conlleva por título: “ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS SISTEMAS DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA Y ELÉCTRICA PARA DETERMINAR EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN UN VEHÍCULO DE 1300 CC”

Los diferentes sistemas en las unidades vehiculares, cada vez consumen menos combustibles, y ello se da porque la energía se utiliza sólo cuando se requiere y el consumo es específico en el momento adecuado, y durante el tiempo solicitado, y no un consumo de energía sin el uso apropiado y eficiente.

La evolución de los sistemas de dirección del vehículo, es desde la dirección mecánica, la dirección hidráulica y la dirección eléctrica, siendo éstas dos últimas las que se utilizan actualmente o la combinación de ambas; cada una con ventajas técnicas y de maniobrabilidad, sin embargo, los flujos y transformaciones de energía hacia el sistema de dirección, cada vez son más eficientes, que finalmente se ve reflejado en el consumo de combustible del vehículo.

El trabajo de averiguación, busca como finalidad de análisis la determinación de la relación de consumo de combustible, en un vehículo de 1300 cc, que es un vehículo destinado en gran porcentaje a transporte público, para lo cual se han realizado pruebas con algún grado de dificultad, existiendo una ventaja económica entre el uso del sistema de dirección eléctrica con respecto a la hidráulica, y que se refleja en una disminución del consumo de combustible entre 5 y 10% aproximadamente.

GENERALIDADES

Título

“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS SISTEMAS DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA Y ELÉCTRICA PARA DETERMINAR EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN UN VEHÍCULO DE 1300 CC”

Autor

Br. Cabezas Aguirre Roberto Baltazar

Asesor

Mg. Desiderio Enrique Díaz Rubio

Tipo de investigación

- Tipo de investigación: No Experimental
- Diseño de investigación: No Experimental

Línea de investigación

MODELAMIENTO Y SIMULACION DE SISTEMAS ELECTROMECHANICOS

Localidad:

Chiclayo, Perú

Duración de la investigación:

Fecha de inicio : 12 de marzo del 2018

Fecha de culminación : 13 de agosto del 2018

ÍNDICE

ACTA DE SUSTENTACION	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	V
PRESENTACIÓN.....	VI
GENERALIDADES.....	VII
ÍNDICE	VIII
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
I.INTRODUCCIÓN	12
1.1 Realidad problemática.....	12
1.2 Trabajos previos.....	18
1.3. Teorías relacionadas al Tema	20
1.3.1. Sistemas de Dirección	20
1.3.2. Cantidad de combustible inyectado	28
1.4 Formulación del Problema.....	31
¿Cómo determinar el consumo de combustible mediante el análisis comparativo entre los sistemas de dirección hidráulica y eléctrica para determinar el consumo de combustible en un vehículo de 1300 cc?.....	31
1.5 Justificación del Estudio	31
1.6 Hipótesis.....	32
1.7 Objetivos	32
1.7.1 Objetivo General.....	32
1.7.2 Objetivos Específicos.....	32
2. METODO.....	33
2.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	33
2.2 VARIABLES OPERACIONALIZACIÓN.....	33
2.2.1 IDENTIFICACION DE VARIABLES	33
2.2.2 Operacionalización de Variables.....	34
2.3 Población y Muestra	35
2.3.1 Población	35

2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.....	36
2.4.1. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	36
2.4.2 Técnica de recolección de datos.....	36
2.4.3 Instrumentos de recolección de datos.....	36
2.4.4 Validez y confiabilidad.....	37
2.5 Métodos de análisis de datos	37
2.6 Aspectos éticos	37
3. RESULTADOS.....	37
3.1. Identificar el funcionamiento de los sistemas de dirección hidráulica y eléctrica, para determinar los flujos de cada tipo de energía que entrega el motor de 1300 CC	37
3.2. Realizar mediciones de parámetros de funcionamiento de los vehículos de pruebas con dirección hidráulica y eléctrica, para establecer el consumo específico de combustible	50
3.3. Realizar un análisis comparativo en el aspecto técnico y económico entre los dos sistemas	56
IV. DISCUSION.....	71
V. CONCLUSIONES	72
VI. RECOMENDACIONES.....	73
VII. ANEXOS.....	74
ACTA DE ORIGINALIDAD DE TESIS.....	76
AUTORIZACION DE PUBLICACION DE TESIS.....	77
TURNITIM.....	78
AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	79

RESUMEN

La presente investigación denominada **ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS SISTEMAS DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA Y ELÉCTRICA PARA DETERMINAR EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN UN VEHÍCULO DE 1300 CC**, está enmarcada en la línea de investigación de Modelamiento y Simulación De Sistemas Electromecánicos, y tiene como objeto de estudio comparar los consumos de combustible en los dos sistemas de dirección, y de esa manera proponer que los sistemas de los vehículos usen la energía eléctrica como un tipo de energía más eficiente que de las otras formas.

El estudio se inicia describiendo el funcionamiento de los componentes de los sistemas de dirección hidráulica y eléctrica, con los flujos y conversión energética; realizando mediciones de los parámetros involucrados en el sistema con el consumo de combustible en 4 unidades vehiculares de pruebas. Se analiza cuantitativamente el consumo de combustible con un análisis comparativo que también involucre aspectos técnicos, económicos y de maniobrabilidad de las unidades objeto de estudio.

Los resultados de las pruebas, se comparan con los datos proporcionados por los fabricantes y se establece la razón de la diferencia entre ellos, debido básicamente a desgastes naturales en el conjunto móvil del motor.

Palabras Claves: Dirección Hidráulica, Dirección Eléctrica, Consumo de Combustible

ABSTRACT

The present research called COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN THE HYDRAULIC AND ELECTRICAL STEERING SYSTEMS TO DETERMINE THE FUEL CONSUMPTION IN A VEHICLE OF 1300 CC, is framed in the research line of Modeling and Simulation of Electromechanical Systems, and has as object of study to compare the fuel consumption in the two steering systems, and thus propose that vehicle systems use electric power as a more efficient type of energy than the other forms.

The study begins by describing the operation of the components of the hydraulic and electric steering systems, with the flows and energy conversion; making measurements of the parameters involved in the system with fuel consumption in 4 test vehicle units. The fuel consumption is analyzed quantitatively with a comparative analysis that also involves technical, economic and maneuverability aspects of the units under study.

The results of the tests are compared with the data provided by the manufacturers and the reason for the difference between them is established, basically due to natural wear in the mobile assembly of the engine.

Keywords: Hydraulic Steering, Power Steering, Fuel Consumption

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática:

A nivel internacional.

“Los vehículos en Europa con Dirección con asistencia Hidráulica, no tienen la aceptación en comparación a los sistemas con dirección eléctrica, y lo asocian a dos factores, el del confort en la conducción y el consumo de combustible” Ventura, 2017, p.4.

Los vehículos que operan internamente en el territorio de la Unión Europea no solo deben de cumplir con las normas Euros en cuanto a niveles de contaminación, sino también en lo referente a comodidad, seguridad y consumo de combustible. Los sistemas del vehículo y específicamente el sistema de dirección cumplen con estándares en cuanto a confort en la conducción, y el impuesto de combustible se evidencia en mayor cantidad en los autos con dirección asistida hidráulicamente. Ventura, 2017, p.6

“A medida que transcurren los años, los vehículos tienden a consumir menos combustible, y esto se da por la eficiencia en la utilización, dosificación y transformación de la energía calorífica, mecánica y eléctrica en el vehículo” (El comercio, 2017, p.3).

Los consumos de combustible están en función muchas veces a la cilindrada del motor, pero esto cada vez no es así, debido a que la eficiencia de la combustión la que determina el consumo de combustible, ésta combustión será cada vez más completa a medida que los tiempos, las presiones, temperaturas entre otros factores optimicen el quemado total de la partícula de combustible que ingresa a la cámara de combustión del motor; sin embargo los vehículos que tienen en promedio 1300 cc, su consumo específico de combustible supera los 60 e inclusive 70 Km por galón.

Figura 1.

Fuente: García, 2016.

Los autos analizados han arrojado distintos niveles de gasto de gasolina. Se debe tener en cuenta que son vehículos de usos y capacidades muy diferentes.

	RECORRIDO (KM) CON 5/100	CONSUMO KM/GALÓN	OCTANAJE DE GASOLINA	CILINDRADA DEL MOTOR (CC)	POTENCIA MÁXIMA (HP)
TOP 5 GENERAL					
● Nissan Tiida	591	68,0	95	1598	107
● Nissan Sentra 1,8	585	67,3	95	1798	129
● Mazda 3	583	67,0	95	1998	152
● Suzuki Ciaz	583	67,0	95	1373	94
● Volkswagen Polo	564	64,8	95	1390	85

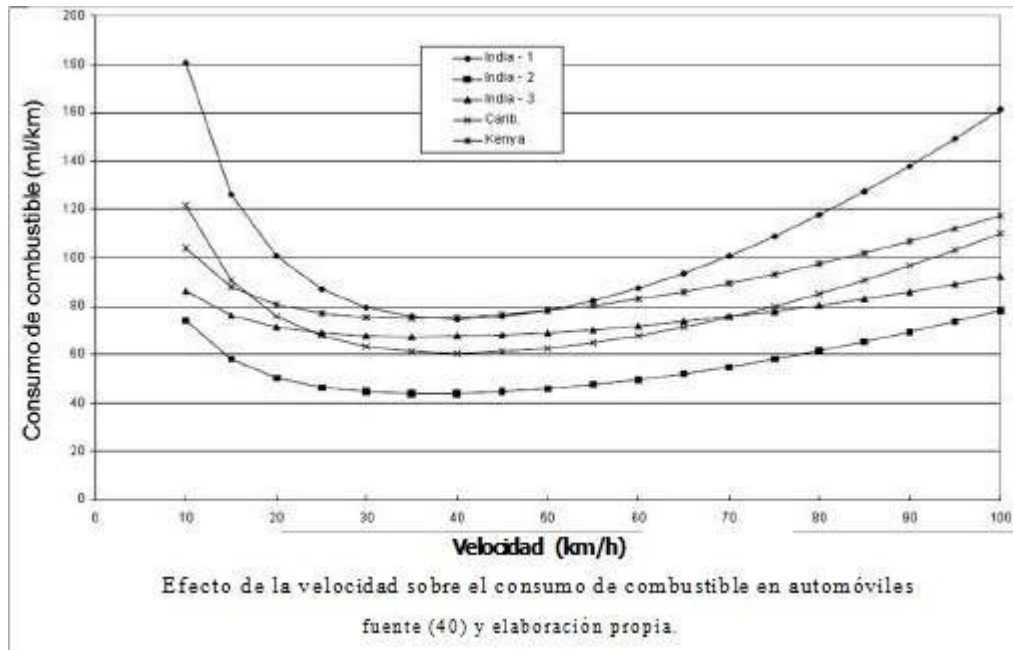
Vehículos con menor consumo de combustible

En la figura 1, se aprecia rendimientos de consumo para vehículos con motores de cilindrada menor a 2000 cc, y es evidente que los rendimientos específicos estén dentro de un rango con poca variación, sin embargo si se analiza los consumos de energía por cada uno de los sistemas, los sistemas de dirección hidráulica son los que tienen mayor consumo de energía; poseen mayores elementos constituyentes del sistema, incrementan el peso, el uso de líquido de trabajo (hidrolina), etc, si se comparan con los vehículos de dirección eléctrica.(García, 2016, p.7).

La maniobrabilidad influye en el rendimiento del motor, es decir una conducción eficiente del vehículo en donde los cambios de la caja de velocidades se realicen de acuerdo a las solicitudes de energía del vehículo, en el cual existe una velocidad en donde el consumo es menor, por lo tanto de acuerdo a las condiciones del terreno, se debe conducir dentro del rango de menor consumo, tal como se muestra en la figura 2

Fuente: Autodata, 2016

Figura 2



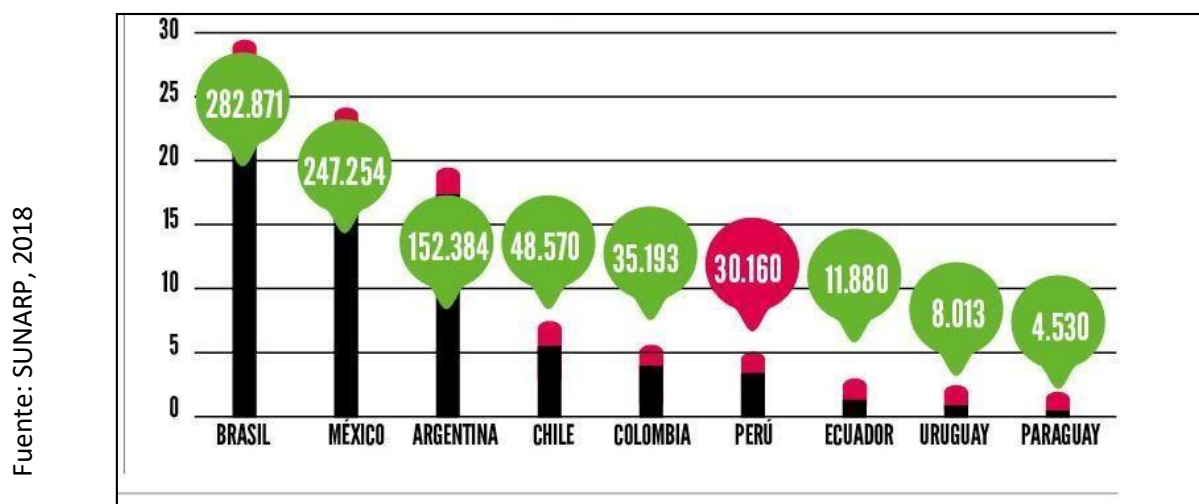
Los vehículos de origen Hindú, tienen su menos consumo de combustible a velocidades entre 40 y 50 Km/hora, con lo cual el uso de un sistema de dirección eléctrica no satisface las necesidades del conductor, se requiere mayor torque en la columna de dirección y el tiempo es relativamente más pequeño. En la India es muy común observar vehículos con dirección hidráulica, antes de usar dirección eléctrica, a pesar del mayor consumo de combustible. (Autodata, 2016)

El consumo de combustible está asociado a variables como las características del vehículo, carga transportada y carretera por la que se circula, por lo que se considera dentro de la estructura de costos de operación vehicular como una componente variable, representando entre el 20 % y 60 % de estos costos. Para su cuantificación existen métodos directos e indirectos que han permitido la creación de algunos modelos que predicen, con cierto grado de exactitud, el consumo para condiciones particulares de operación de los vehículos, los cuales deben ser adaptados a las condiciones particulares de cada lugar. (Herrera, 2p17, p.34).

A nivel nacional.

El sector automotor en el Perú crece cada año y el deseo por la adquisición de un vehículo, ya sea para uso personal o laboral, es una inversión que está muy presente en una gran cantidad de peruanos. Todas las marcas procuran brindar la mayor calidad en cada uno de sus productos y siempre han pensado en el factor precio para poder llegar cada vez más cerca a los usuarios, es por eso que cada una de ellas cuenta con un modelo que se ajusta a cada bolsillo. (Todo Autos, 2018, p.3).

Figura 3



Venta de Vehículos Nuevos, Enero – Febrero 2017

Según la Asociación Automotriz del Perú (AAP), al 2015, Lima posee un parque automotor de 1'785,554 vehículos livianos y pesados. En cuanto a vehículos menores (motos y moto taxis), estos alcanzan las 1'252,373 unidades.

El parque automotor nacional se calculó en 2'602,030 vehículos livianos y pesados, y 2'675,558 vehículos menores. Así, el departamento de Lima poseería el 68.6% del parque automotor liviano y pesado del país, y el 46.8% del parque automotor nacional de vehículos menores.

En el reporte de ventas de vehículos livianos (menor a 3,5 TN), de una Empresa Concesionaria en la ciudad de Lima, muestra el porcentaje de vehículos por el sistema

de dirección que utiliza, y se observa que existe la tendencia de utilizar los sistemas de dirección eléctrica, antes que los de sistemas de dirección hidráulica. Las empresas concesionarias, insisten mucho en cuestión de precios, mantenimientos y confort, el uso de un sistema en referencia al otro.

Tabla 1

Fuente: Grupo Pana, 2018

Año	N° Unidades Livianas	Con sistema de Dirección Hidráulica %	Con sistema de Dirección Eléctrica %
2011	878	78	22
2012	765	71	29
2013	987	73	27
2014	1109	61	39
2015	890	65	35
2016	833	52	48
2017	1119	35	65

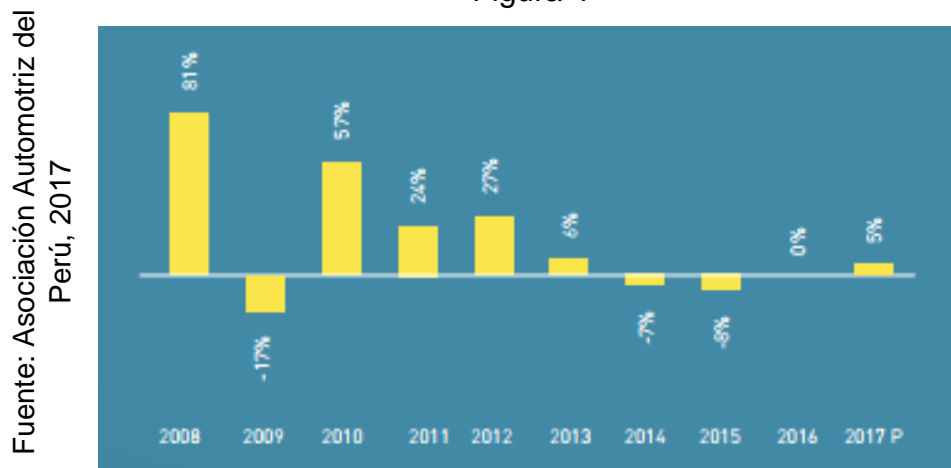
Reporte de venta de vehículos por tipo de sistema de dirección

En la figura 1, se muestra que desde el año 2011 hasta el año 2017, en la empresa concesionaria, se tiene un incremento desde el 22 hasta el 65% de ventas de vehículos con sistemas de dirección eléctrica, desplazando en proporción inversa a las ventas de vehículos livianos con dirección hidráulica, siendo el año 2017 en donde las ventas fueron del 65% de vehículos con dirección eléctrica; ésta situación es influenciada por la oferta del producto, así como también su aceptación en el mercado automotriz local.(Grupo Pana, 2018)

Las ventas de la industria automotriz vienen recuperándose a un ritmo lento. Al término del primer semestre de 2017, las empresas del sector lograron comercializar 89,058 autos nuevos, representando un incremento de 4.8%, en comparación con el mismo periodo del año 2016, según cifras de la Asociación Automotriz del Perú (AAP).

El incremento de las ventas se explica por una mayor demanda de vehículos ligeros, que tuvo un crecimiento de 5.2%, respecto a similar periodo del año anterior. En menor medida crecieron las ventas de vehículos pesados (0.5%), en comparación con el mismo periodo del año 2016.

Figura 4



Venta Anual de Vehículos Nuevos 2008-2017 (Variación Porcentual)

A Nivel local.

La conducción de los vehículos por medio de los sistemas de dirección, es de significativa importancia dentro de la operatividad del vehículo, así como también de los costos que ellos demandan. En la ciudad de Chiclayo, las unidades vehiculares que transitan, en su mayoría utiliza el sistema de dirección hidráulica, en el cual el confort al momento de la conducción no se evidencia como un problema, sino existe cierto malestar en los conductores, al constante mantenimiento que el sistema requiere, lo cual involucra tiempos de mantenimiento correctivo, y por ende menor ingreso económico para el propietario dedicado al transporte público de pasajeros.

El sistema de dirección hidráulica, reporta más fallas en lo que respecta al sistema hidráulico, que está constituido por la bomba hidráulica (denominada servo), las válvulas hidráulicas, cañerías, hidrolina, etc, y una reparación de dicha falla oscila entre 180 y 220 Soles, que perjudica a la economía del transportista, no sólo por el

pago de la reparación, sino también por el tiempo que el vehículo se encuentra no disponible para su utilización.

Los vehículos con cilindrada de 1300cc, son los que más se utilizan en el sector público de transporte, como taxis o colectivos dentro de las grandes ciudades del País, con consumos que oscilan entre los 30 y 40 Km por galón de combustible, dentro de éstas unidades aproximadamente un 30% poseen un sistema de dirección eléctrica, y que son vehículos con años de fabricación desde el 2013, sin embargo también existen los que poseen dirección hidráulica en su gran mayoría.

Los conductores de éstas unidades reportan que ligeramente los vehículos con dirección eléctrica rinden más, es decir tienen un consumo entre 36 a 40 Km por galón a diferencia de los vehículos con dirección hidráulica, en donde reportan un consumo de combustible entre 30 a 35 Km por galón.

1.2 Trabajos previos.

Condori (2015), en su tesis de grado: EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN ASISTIDA HIDRÁULICA Y ELÉCTRICAMENTE, MEDIANTE UN SIMULADOR DIDÁCTICO EPS, presentado a la UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS, La Paz, Bolivia, presenta la en resumen de la tesis:

En la realización de la evaluación y comparación del sistema de dirección asistida hidráulica y eléctricamente se realiza con la ayuda de recolección y análisis de los datos obtenidos, mediante un simulador didáctico construido, EPS (DIRECCIÓN ASISTIDA ELÉCTRICAMENTE) de un SUZUKI WAGON R+, y el manual del SUZUKI SQ 420 WAGON-D. Debido a la importancia que representa el sistema de dirección en el campo automotriz, y la necesidad de perfeccionar el mismo, hoy en nuestro medio vemos muchas direcciones asistidas hidráulicamente y direcciones asistidas eléctricamente donde cada una asiste al conductor de la mejor manera posible, cada una con diferentes características.

Por esta razón, vemos la necesidad de profundizar nuestro conocimiento en el tema planteado, de una manera representativa y práctica, aplicando una evaluación técnica.

¿Cómo ayuda la dirección asistida eléctricamente, en relación a la dirección hidráulica

demostrando la ventaja y desventaja en su evaluación y diagnóstico, con un simulador?

Arias (2017), en su tesis de grado para optar el título de Magister en Automatización y control, denominado: **SISTEMA DE DIAGNÓSTICO DE FALLAS EN LA DIRECCIÓN ASISTIDA ELÉCTRICA DE AUTOMÓVILES**, presentado a la Escuela de Post grado de la Pontificia Universidad Católica del Perú, menciona entre sus definiciones:

- Se analizaron los casos de anomalías usuales en el procedimiento EPS tales como: fallas continuas de sensores por desconexión y vías, como igualmente anomalías del motor de asistencia por variaciones paramétricas.
- Se demostró el modelo matemático de un sistema de dirección EPS basado en leyes físicas, Donde presento un espacio de estados. Los parámetros fueron elegidos de un automóvil (Carrocería SEDAN) marca Hyundai.
- Se hizo un emulador del procedimiento EPS aplicando (Simulink y Carsim), con el objetivo de copiar el movimiento del procedimiento EPS en un automóvil en funcionamiento en el momento que el automovilista realiza la acción de intercambio de vía.
- Se diseñó el procedimiento de localización de defectos para el EPS fundamentándose en Vinculaciones de Redundancia Analítica. Con estudio de la sensibilidad del residual, se alcanzaron 6 residuales organizados, donde se logró una matriz de firma de errores que deja aislar 11 tipos diferentes de errores.

Darío (2010), en su Tesis de Grado, denominado “**Propuesta de Mejora del Sensor de Giro de un Sistema de Dirección Electroasistida comandado por un simulador de Módulo Eléctrico montado sobre un Tablero Didáctico**”, tiene como finalidad principal.

Plantear el mejoramiento del sensor de torque de este modelo de dirección, pues en uno de sus primeros modelos se produjo complicaciones con dicho sensor, por motivo

que el mismo presentaba un desgaste muy rápido y a la misma vez mandaba señales con fallas a el módulo electrónico del procedimiento. Nuestro objetivo es de reemplazar el sensor por completo, remodelar y perfeccionándolo. Hoy en la actualidad con la nueva época de la tecnología automotriz nos propusimos realizar algo nuevo e innovador y práctico con la finalidad de que, así como nuestros compañeros y los docentes de la Universidad Internacional del Ecuador puedan usarlo para la instrucción, así poniendo más fácil el estudio de la dirección eléctrica en los años que vienen.

Dicho proyecto logro conseguir una investigación donde incluye toda la parte teórica que interviene en el sistema de dirección para poder decir de nuevo las bases del tema que se trató y a su vez mejorar nuestros entendimientos, se hizo el análisis sobre el moderniza miento del sensor de giro de este procedimiento de dirección y poder arreglar el defecto mencionado.

1.3. Teorías relacionadas al Tema.

1.3.1. Sistemas de Dirección.

La Dirección Hidráulica Asistida

El sistema de dirección es un conjunto de partes mecánicas que deja maniobrar a diferentes direcciones los neumáticos del automóvil u vehículo más grande a voluntad del operador. Los mecanismos de dirección automotriz usan un conjunto de engranajes en una caja (es llamada con el nombre “cajetín o caja de dirección”); dependiendo el tipo de sistema se podemos llamarlo: modelo “Cremallera y Piñón” y “modelo integral” (mas conocido como “Tornillo Sin Fin”).

Estos diseños de dirección trabajan muy bien dependiendo su utilización, el mencionado inicialmente es utilizado para automóviles con poco peso por su precisión, liviano y modelo que es fácil de colocar en lugares en el motor de espacio reducido; el mencionado últimos lo utilizan más para equipos con

mucho peso, así como los camiones debido a que sus fabricaciones son robustas.

Muchos de los diversos factores influyen en la oposición al viraje del timón, una de ellas es el inflado de presión en la llanta, superficie donde fricciona con el pavimento, modelo y característica de llanta, características del pavimento, aceleración del vehículo al desplazarse, etc; decimos también que la causa que influye más es la propia carga del camión u automóvil.

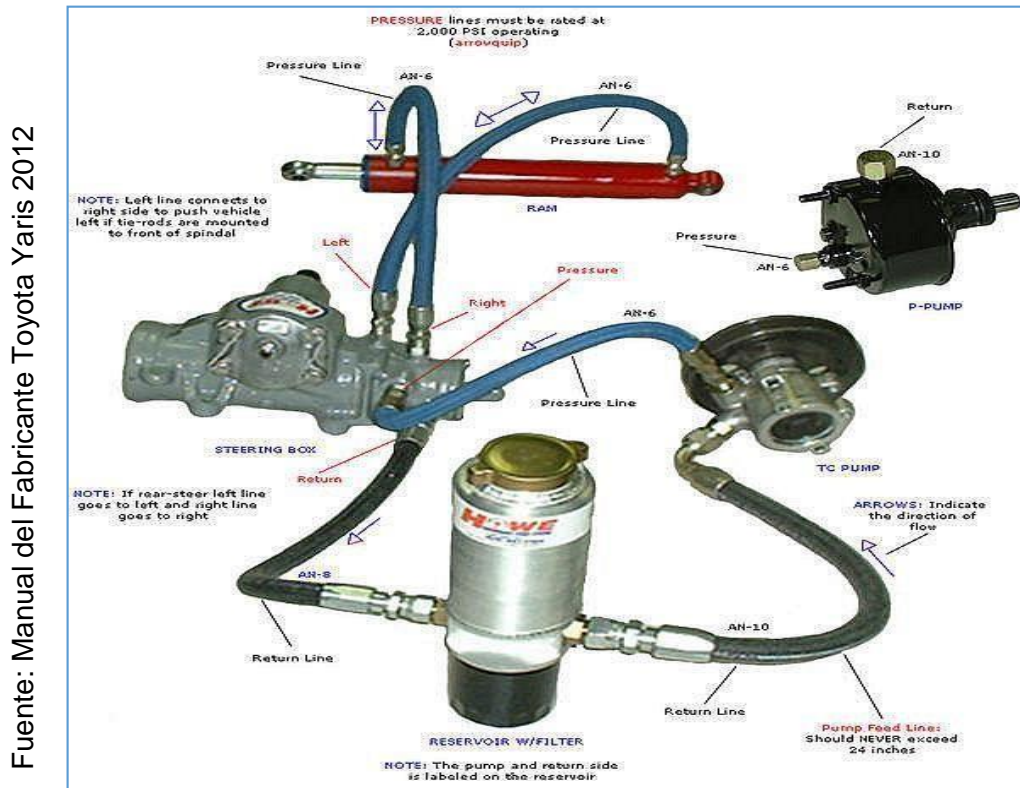
Uno de los principales problemas el desarrollo automotriz ha sido minorar la fuerza aplicada para el viraje del timón, en beneficio de la integridad y confiabilidad que brindan al operante; Anteriormente los conjuntos de engranajes usaban altas relaciones, donde a consecuencia se tenía que dar mayor número de giros al timón y hacer una maniobra como por ejemplo una “vuelta en U”, dificultando principalmente a retomar el control del automóvil al instante de presionar el acelerador y concluir dicha acción.

La ingeniería se presentó para evaluar y resolver el problema mediante un sistema llamado “Asistencia Hidráulica”, mal llamada en nuestro dialecto popular como “Dirección Hidráulica”. Su inicio de marcha es mecánico, demarcando al conjunto hidráulico sólo como ayuda al primero.

Al mencionar al conjunto de Asistencia Hidráulica a la dirección no podemos decir que es un invento reciente, diremos también, que se han hecho muy comunes en todas las aplicaciones y continúan modernizándose.

El funcionamiento puede cambiar dependiendo del fabricante. Se da que, al girar el conductor el volante es cuando el sensor hidráulico admite que el fluido pase con dirección a uno de los lados del pistón, incrementando en uno de los lados el empuje y produciendo el desplazamiento de la cremallera axialmente en dirección que es girado el volante por el conductor. Cuando el conductor ya no vira el volante la compresión se nivela quedando así la cremallera en una posición inicial.

Figura 5



Elementos del sistema de dirección hidráulica

Sistema de Dirección Eléctrica.

Dirección electromecánica de asistencia variable

La dirección eléctrica se está utilizando hoy en día, su utilización primeramente fue en vehículos de poca densidad (utilitarios) y hoy en día se están aplicando en vehículos de sección media, así como: el que emplea Renault Megane.

Este modelo de dirección obvia a todo el sistema hidráulico que consta de una bomba, válvula distribuidora, depósito. Estos son reemplazados por solo un motor eléctrico que presiona a una reductora(corona y tornillo) y estos dan movimiento a la cremallera.

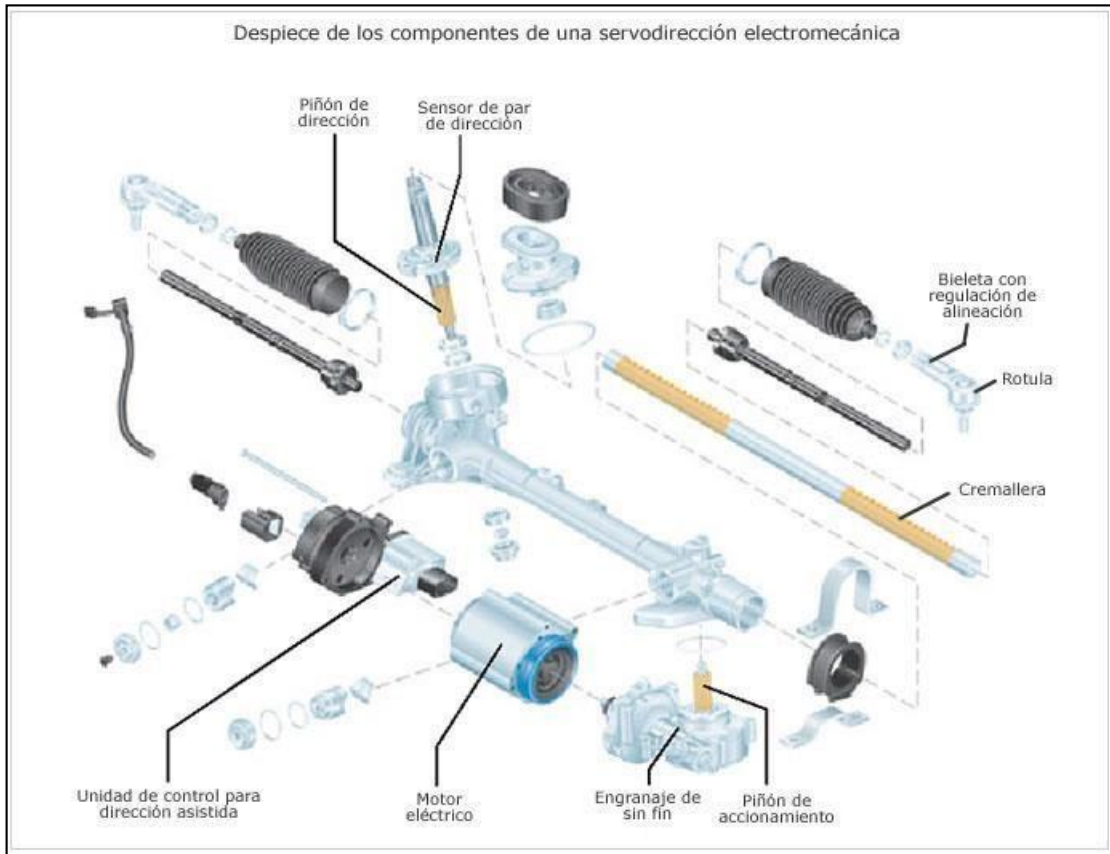
Beneficios:

- estos obvian las partes hidráulicas, líquido hidráulico, depósito(aceite), filtros (servo asistencia), entubados (flexibles), bomba (aceite).
- Ya no se utiliza líquido hidráulico.

- Se usa menos espacio, la caja de dirección trabaja directamente con los elementos de servo asistencia.
- el consumo energético se minimiza.

Figura 6

Fuente: Manual de Fabricante Toyota Yaris 2016

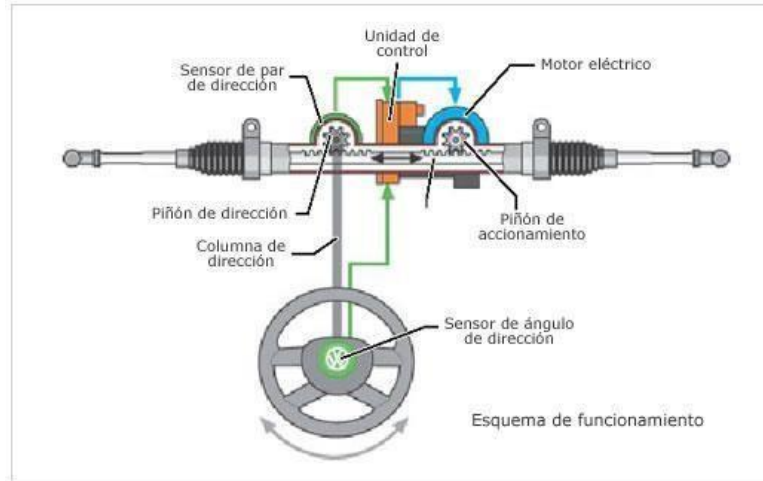


Elementos sistema de dirección Eléctrica

La dirección electromecánica asistida tiene piñón doble. Aplica fuerza lo suficiente para mover la dirección mediante los piñones denominados "piñón de dirección" y "piñón de accionamiento". El operador aplica pares de dirección mediante un engranaje sin fin a un piñón de accionamiento a el piñón de dirección, el motor eléctrico tiene un par de asistencia lo que hace que el gobierne a la dirección y sea fácil. El volante y la cremallera dan una comunicación mecánica con el motor eléctrico.

Figura 7

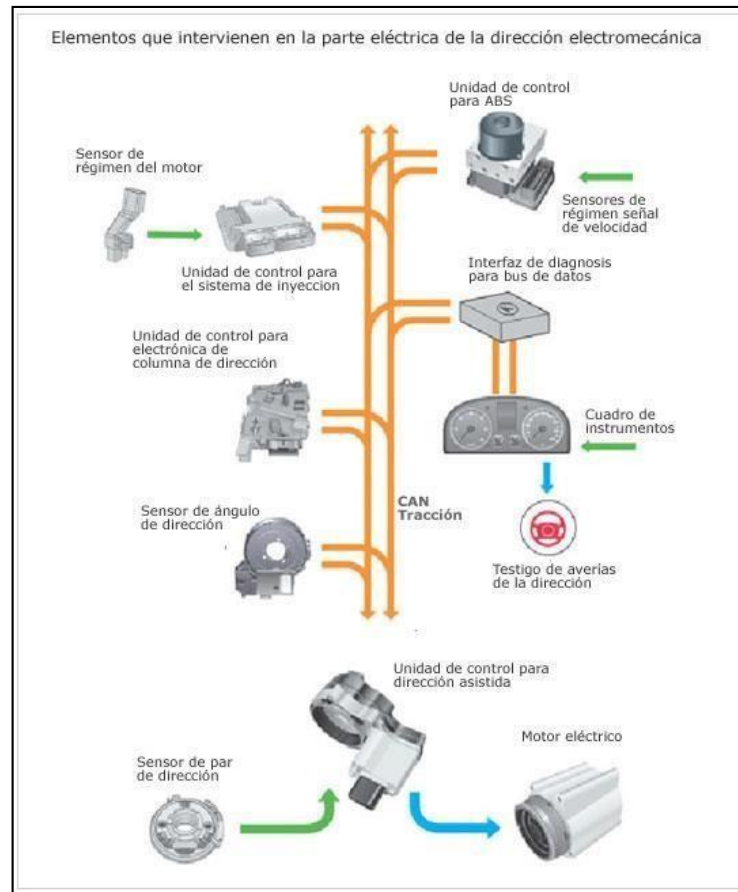
Fuente: Mecánica Virtual, 2017



Esquema de Funcionamiento Dirección Eléctrica

Figura 8

Fuente: Mecánica Virtual, 2017

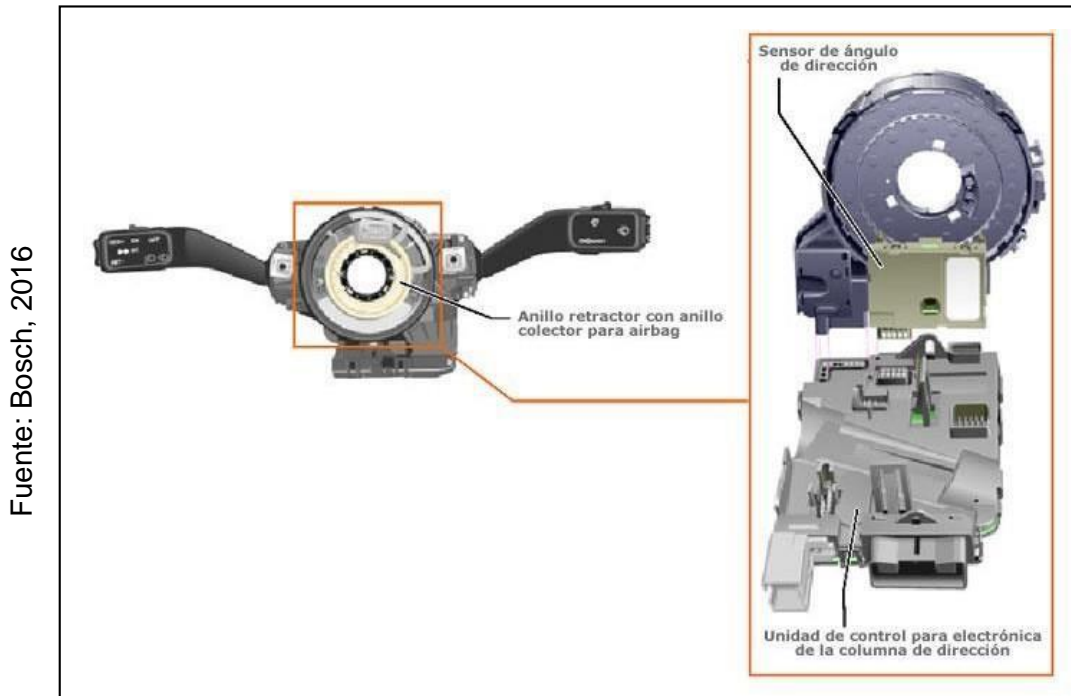


Elementos de control y medición de la Dirección Eléctrica

Sensor de ángulo de dirección

Se instala en la columna de dirección, entre el mando combinado y el volante. Situado detrás del anillo retractor con el anillo colector para el sistema airbag. Suministra la señal para la determinación del ángulo de dirección.

Figura 9



Fuente: Bosch, 2016

Sensor de ángulo de Dirección.

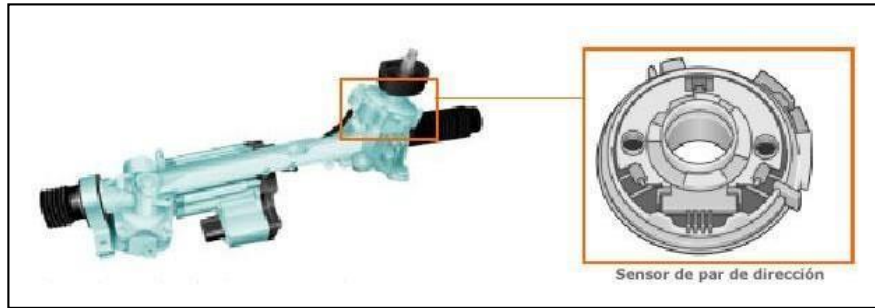
El cálculo del ángulo se hace mediante el principio de la barrera luminosa. Al incidir la luz en el sensor al pasar por una almena del anillo se crea una señal de tensión. Al recubrir la fuente luminosa se vuelve a suspender la tensión de la señal. Al trasladar ahora el anillo de incrementos se obtiene un ordenamiento de señales de tensión.

Sensor de par de dirección

El sensor de par de dirección mide directamente en el piñón de dirección. El principio magnetorresistivo es el usado por el sensor para trabajar.

Figura 10

Fuente: Bosch, 2016



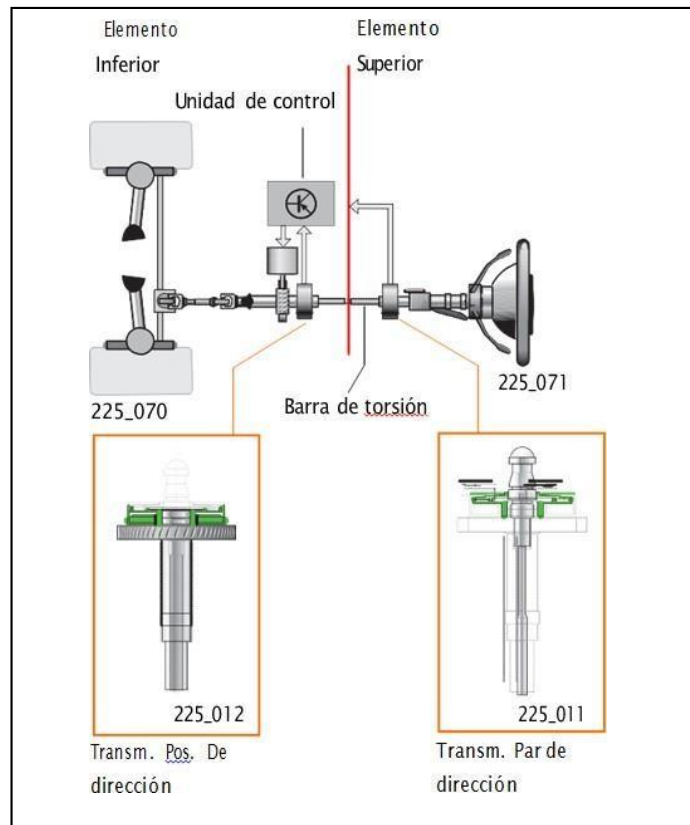
Sensor de Par de Dirección.

Movimiento de dirección

Para facilitar la aclaración se observa en la figura una columna de dirección con el elemento superior separado del inferior. En la parte superior se monta el transmisor del par de dirección; en la parte inferior se monta el transmisor de Posición de la dirección.

Figura 11

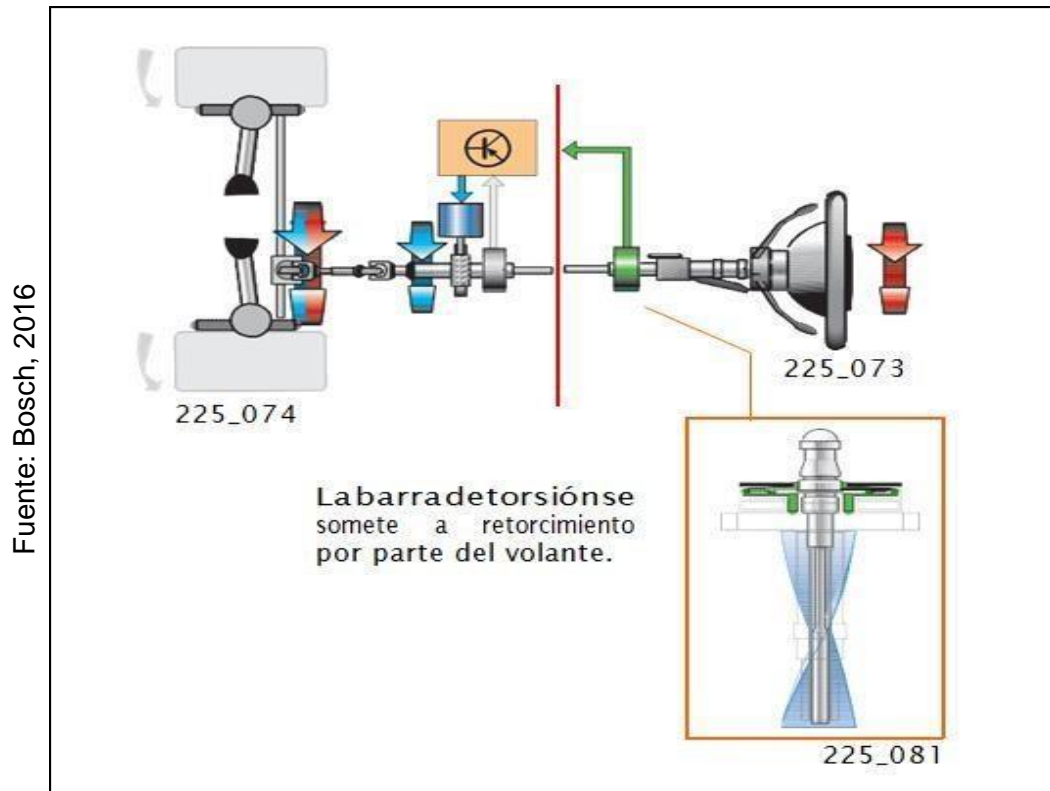
Fuente: Bosch, 2016



Movimiento de la dirección eléctrica

Cuando el operador inicia a realizar el movimiento a la dirección. En el transcurso de esa operación se origina un decalaje en la barra de torsión. El transmisor del par de dirección, que gira conjuntamente con la barra de torsión, envía a la unidad de control la información acerca de la magnitud y el sentido de giro del par aplicado al volante.

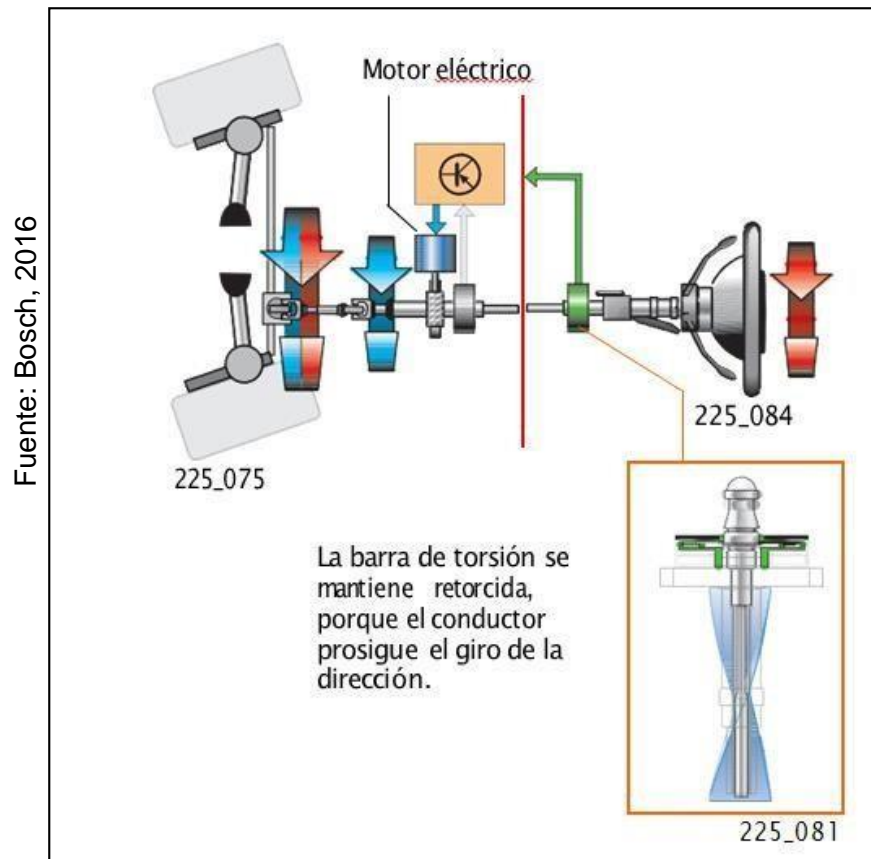
Figura 12



Movimiento de la barra de torsión.

Si el operador incrementa el par aplicado al timón, se refuerza el par de servoasistencia enviado por el motor. Esto concede un giro leve para el poder de la caja de dirección.

Figura 13



Acción del motor eléctrico en el sistema de dirección

Si el operador minimiza la fuerza ejercida en el volante se disminuye al mismo tiempo la torcedura de la barra. El transmisor del par de dirección envía por ello una señal menos intensa a la unidad de control. Modificando la excitación del motor eléctrico, la unidad de control minimiza la fuerza de servoasistencia.

1.3.2. Cantidad de combustible inyectado

(BOSCH, 2005, p.30) La masa necesaria de combustible que se pretende para la combustión en un cilindro del motor por el recorrido de trabajo, se calcula con la siguiente ecuación:

$$m_e = \frac{P * b_e * 33,33}{n * z} \text{ (mm/carrera)}$$

P: Potencia del motor en **(kW)**

b: Consumo específico de combustible del motor en **(g/kWh)**

n: Velocidad de giro del motor **[RPM]**

z: Número de cilindros del motor

El volumen de combustible o el caudal de inyección Q_h es en $mm^3/embolada$ o bien $mm^3/carrera$. Y se expresa:

$$Q_h = \frac{P * b * 1000}{30 * n * z * \rho} \text{ (mm/carrera)}$$

Qh: Volumen correspondiente (cantidad de combustible inyectado), medido en $(mm^3/carrera)$

b: Consumo específico de combustible del motor en **(g/kWh)**

n: Velocidad de giro del motor **[RPM]**

z: Número de cilindros del motor

ρ : Densidad del combustible en g/cm^3 , que depende de la temperatura.

La masa de combustible inyectado depende de los siguientes parámetros:

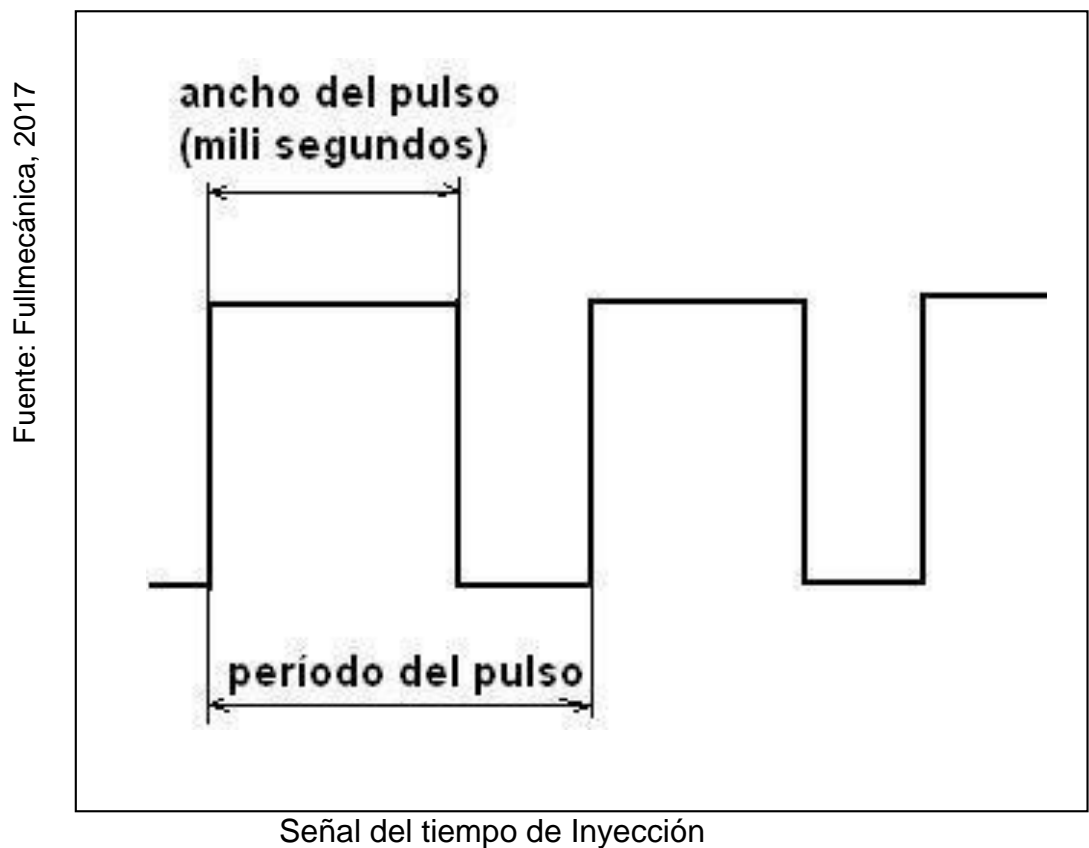
- ❖ Dosificación de combustible a través de la sección de la tobera del inyector
- ❖ Duración de la inyección
- ❖ La variación temporal de la diferencia entre la presión de inyección y la presión en la cámara de combustión
- ❖ La densidad del combustible

La energía del motor, asumiendo que la eficiencia es constante:
($\eta \sim 1/b_e$) es directamente proporcional a la cantidad de combustible inyectado

Tiempo de Inyección.

La cantidad de combustible inyectado depende solamente de la cantidad de tiempo que el voltaje es aplicado por la unidad de control al inyector. Es a ese tiempo al que se le conoce como Tiempo de Pulso o ancho del pulso (**PWM = Pulse Width Modulated**), y puede variar entre 2 milisegundos hasta tanto como 15 milisegundos o más. (Full mecánica, 2017).

Figura 14



Consumos específicos de Combustible.

Consumo específico por potencia.

Es un indicador que calcula la cantidad de energía mecánica que se genera en el motor por galón de combustible, y se expresa $CE_p = \text{Kw-h/Galón}$.

Consumo específico por recorrido.

Es un indicador que expresa la cantidad de kilómetros recorridos por cada galón de combustible utilizado, y se expresa $CE_r = \text{Km/Galón}$.

Consumo específico por tiempo

Es un indicador que expresa los galones que se consumen en un determinado tiempo, y se expresa $CE_t = \text{Galones/Hora}$.

1.4 Formulación del Problema

¿Cómo determinar el consumo de combustible mediante el análisis comparativo entre los sistemas de dirección hidráulica y eléctrica para determinar el consumo de combustible en un vehículo de 1300 cc?

1.5 Justificación del Estudio

Justificación Técnica.

Justifica la realización del proyecto de investigación, porque es posible determinar los consumos y flujos energéticos, mediante mediciones indirectas de sus parámetros de funcionamiento.

Justificación Económica.

El ahorro entre el consumo de combustible entre uno y otro sistema, disminuye los costos operativos de la unidad vehicular, por lo tanto incrementa las utilidades si éstas son analizadas en un periodo de tiempo; éste incremento posibilita mejorar los indicadores económicos al utilizar un tipo de dirección. Los costos también se analizan desde el punto de vista del mantenimiento al sistema de dirección.

Justificación Social.

Al tener un mayor ingreso económico, mejora las condiciones de vida de la población que se dedica al sector del transporte; uno de los aspectos significativos en la población son los gastos operativos por combustibles, éste insumo es de uso constante y es proporcional al recorrido realizado.

Justificación Ambiental.

Se justifica ambientalmente, porque la disminución del consumo de combustible tiene como consecuencia directa la reducción de las emisiones de gases de escape, si es que la combustión se realiza en condiciones normales; los gases de escape que son el dióxido de carbono, hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono, vapor de agua y óxidos de nitrógeno, se emiten en cantidades proporcionales a la masa de combustible que ingresa al motor.

1.6 Hipótesis

El análisis comparativo entre los sistemas de dirección hidráulica y eléctrica determina el consumo de combustible en un vehículo de 1300 cc.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo General

Realizar el análisis comparativo entre los sistemas de Dirección Hidráulica y Eléctrica para determinar el consumo de combustible en un vehículo de 1300 cc.

1.7.2 Objetivos Específicos.

- a. Determinar los flujos de cada tipo de energía que entrega el motor de 1300 CC.

- b. Realizar mediciones de parámetros de funcionamiento de los vehículos de pruebas con dirección hidráulica y eléctrica, para establecer el consumo específico de combustible
- c. Realizar un análisis comparativo en el aspecto técnico y económico entre los dos sistemas.

2. METODO

2.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

No experimental, que consiste en que no se manipularan en forma intencional las variables que se están estudiando si no que se observaran los elementos ya existentes en la problemática, al utilizar sistema de dirección hidráulica y eléctrica.

2.2 VARIABLES OPERACIONALIZACIÓN.

2.2.1 IDENTIFICACION DE VARIABLES

Independiente: **ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS SISTEMAS DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA Y ELÉCTRICA.**

Dependiente: **CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN UN VEHÍCULO DE 1300cc.**

2.2.2 Operacionalización de Variables.

VARIABLE INDEPENDIENTE	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicador	Escala de Medición
VARIABLE INDEPENDIENTE Análisis Comparativo Entre Los Sistemas De Dirección Hidráulica Y Eléctrica	Consiste en la comparación cualitativa y cuantitativa de los flujos de energía térmica, mecánica y eléctrica en los diferentes componentes que conforman los sistemas de dirección hidráulica y eléctrica.	La medición de ésta variable se obtiene con los parámetros de funcionamiento de cada componente, verificando la eficiencia del mismo, la optimización dentro del funcionamiento y los consumos energéticos, para lo cual se utiliza un scanner automotriz en su modo osciloscopio.	Sistema de Dirección Hidráulica.	Torque. RPM Potencia Mecánica.	N.m Rpm KW
			Sistema de Dirección Eléctrica	Tensión. Intensidad de corriente eléctrica.	Voltios. Amperios. KW.
				Potencia Eléctrica.	
VARIABLE DEPENDIENTE Consumo de Combustible en un Vehículo de 1300cc	El consumo de combustible es la cantidad de masa de gasolina que ingresa conjuntamente con el aire al interior del cilindro, la cantidad de éste se determina por el volumen que ingresa cada vez que inyecta a la cámara de combustión.	El tiempo que demora el combustible en el flujo desde el inyector hasta la cámara de combustión, determina el volumen de inyección por cada "embolada" del motor, y ésta se ve reflejada en el consumo de combustible en un determinado tiempo.	Gasto volumétrico. Tiempo. Recorrido	Volumen de combustible. Tiempo Longitud	Galones Horas Kilómetros

2.3 Población y Muestra.

2.3.1 Población

- . La Población está compuesta por los vehículos livianos de 1300 cc desde el año fabricación 2014. Según reporte de SUNARP, existen inmatriculados 1256 en dicho periodo de tiempo.

Muestra

Debido a la naturaleza de la investigación, la muestra para la presente investigación es:

La expresión para determinar el número de la muestra es:

$$n = \frac{N * Za^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Za^2 * p * q}$$

Dónde:

N: Total de la población. **(1256)**

Za: 1.64 al cuadrado **(si la seguridad es del 90%).**

p: Proporción esperada **(en este caso 4% = 0.04)**

q= 1-p **(en este caso 0.96)**

d: Precisión **(10%)**

$$n = \frac{1256 * 1.64^2 * 0.04 * 0.96}{0.1^2 * (1256 - 1) + 1.64^2 * 0.04 * 0.96}$$

Reemplazando valores se tiene:

$$n = 6$$

2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

Validez y confiabilidad: Para alcanzar la validación y confiabilidad del instrumento que se aplicará, se consultó a un profesional especializado en cuanto al contenido y desarrollo de los instrumentos mencionados.

2.4.1. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

2.4.2 Técnica de recolección de datos

a) Observación directa

Realizar las pruebas y observaciones en las muestras de los vehículos seleccionados como muestra.

b) Revisión documental

Nos permite tener información necesaria sobre el tema de investigación

2.4.3 Instrumentos de recolección de datos

a) Guías de observación

Se verifica el análisis de las mediciones con el uso del analizador de redes.

b) Guía de análisis de documentos

Se verifica las fuentes de los fabricantes de los componentes de los motores eléctricos.

2.4.4 Validez y confiabilidad

Validez: Se determinará la revisión de la presentación del contenido, el contraste de los indicadores con los ítems (**preguntas**) que miden las variables correspondientes las cuales serán aprobadas por uno a tres especialistas en el área.

Confiabilidad: Los instrumentos presentados en el Proyecto tendrán la estabilidad o consistencia de los resultados obtenidos, por parte de los expositores.

2.5 Métodos de análisis de datos

Se halla implícitamente en las premisas que se puedan alcanzar; es decir que con los datos de las mediciones de los parámetros de funcionamiento, se realizará una deducción del consumo de combustible.

2.6 Aspectos éticos

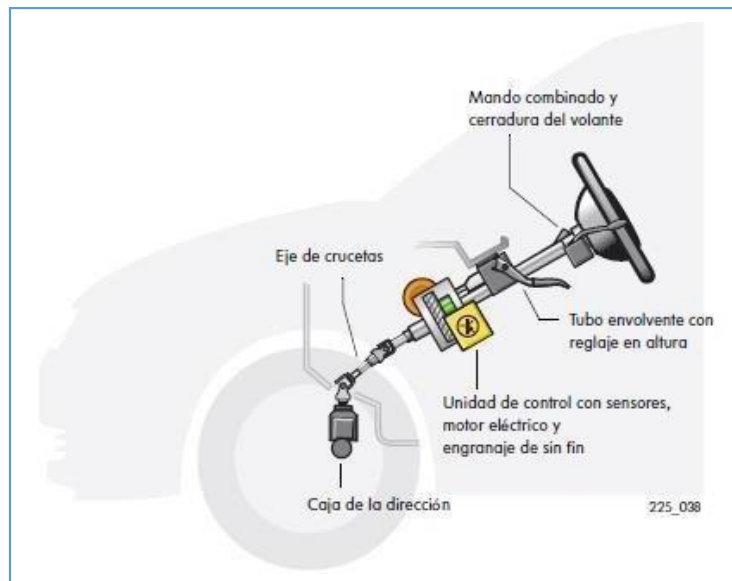
El presente proyecto se elaborará manteniendo la confidencialidad de los antecedentes, datos y documentos para realizar el estudio adecuado a fin de evitar cualquier hecho o situación que pudiera llegar a ocasionar un conflicto entre intereses.

3. RESULTADOS

- 31. Identificar el funcionamiento de los sistemas de dirección hidráulica y eléctrica, para determinar los flujos de cada tipo de energía que entrega el motor de 1300 CC.**

Figura 15

Fuente: Arias Paz, 2014



Sistema de dirección

El conjunto de la servodirección electromecánica están agrupados en una unidad compacta. Todos los componentes, tales como la unidad de control, el motor eléctrico y los sensores necesarios para la gestión, forman parte de esta unidad. De esa forma se elimina un cableado complejo.

El funcionamiento de la servodirección electromecánica es básicamente diferente al de los sistemas hidráulicos.

Comparativa:

Los datos técnicos ponen en relieve las diferencias.

Al analizar los componentes del sistema en el vehículo, la potencia que cada uno de ellos consume tiene diferencias significativas.

En Potencia.

En cuanto a potencia, el sistema de dirección hidráulica, en los vehículos de prueba, tiene una potencia instalada de 1274 Watt, que básicamente es la potencia mecánica de la bomba hidráulica. El sistema de dirección eléctrica tiene una potencia instalada de 198 Watt, y es la potencia eléctrica del motor eléctrico.

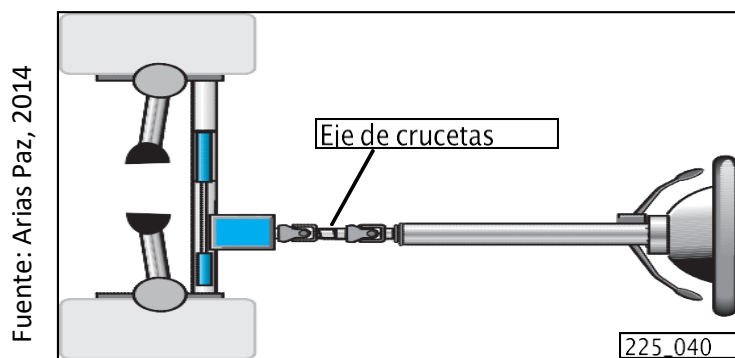
En Peso.

El peso del sistema de dirección mecánica, el cual incluye todos los componentes, tiene un peso de 16,3 Kg, en cambio el sistema de dirección eléctrica tiene un peso de 11,3 Kg, incluyendo cañerías, conductores, terminales etc.

Servodirección hidráulica

La dirección asistida hidráulica, los elementos del sistema influyen en el funcionamiento de la dirección detrás del eje de crucetas, constituyendo la servoasistencia por medio de presión de aceite.

Figura 16



Servodirección Hidráulica

Servodirección electromecánica

En el tema de la servodirección electromecánica, la servoasistencia se sitúa antes del eje de crucetas. La fuerza de la servoasistencia es suministrada en este sistema por parte de un motor eléctrico.

Parte Mecánica de la Dirección

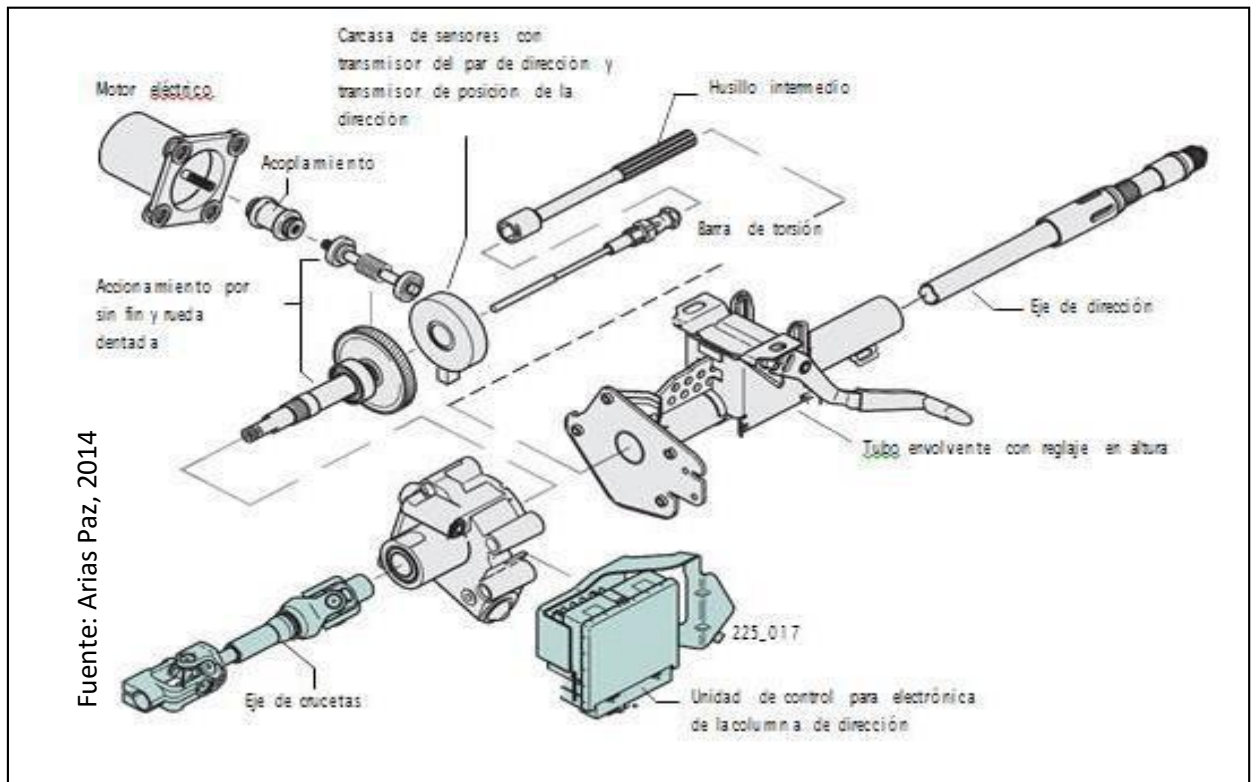
Columna de dirección y sus componentes

Los componentes esenciales de la servodirección electromecánica son:

Columna de dirección y sus componentes.

- Tubo envolvente con reglaje en altura.
- Husillo Intermedio
- Barra de torsión
- Carcasa de sensores de transmisión del par de dirección y transmisor de posición de la dirección.
- Motor eléctrico y acoplamiento
- Acondicionamiento por sin fin y rueda dentada
- Carcasa de engranajes
- Unidad de control para electrónica de la columna de dirección
- Eje de crucetas

Figura 17



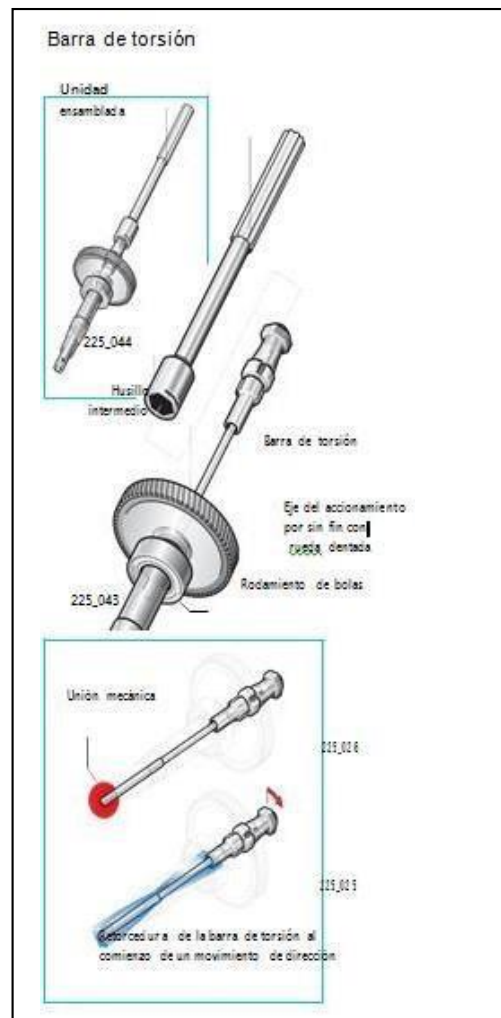
Servodirección electromecánica

Barra de Torsión

El componente central de la servodirección electromagnética es la barra de torsión. Las características de su material permiten una deformación elástica definida entorno a su eje geométrico longitudinal. La barra de torsión establece la comunicación mecánica entre el usillo intermedio y el eje de accionamiento de sin fin

Figura 18

Fuente: Arias Paz, 2014



Barra de torsión

Funcionamiento

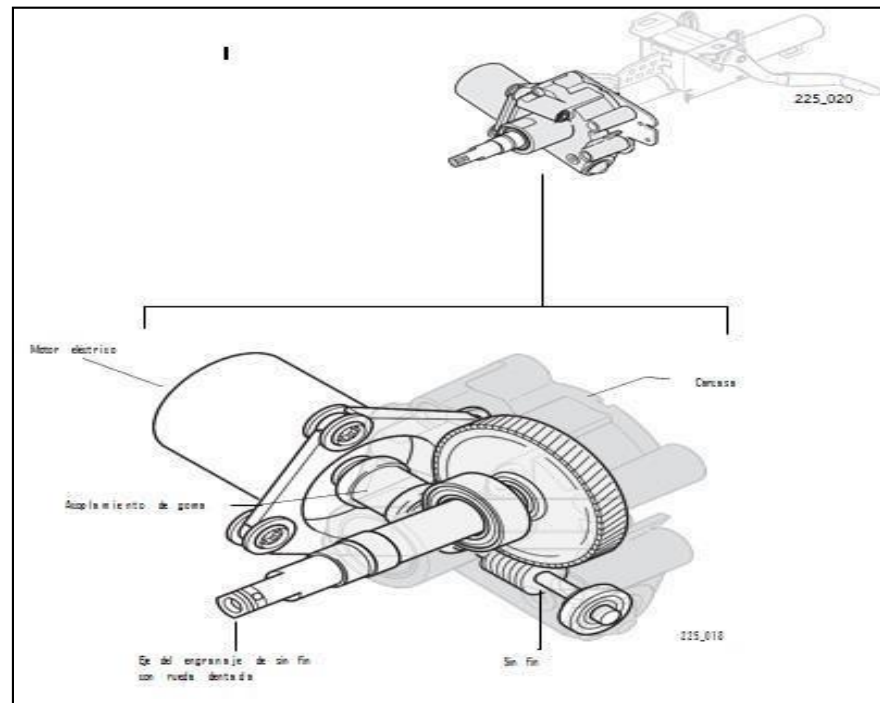
A través de esta unión, el husillo intermedio y el eje del accionamiento de sin fin pueden decolarse mutuamente en una pequeña magnitud. Este pequeño ángulo resulta suficiente para que el sistema pueda detectar el comienzo de un movimiento de dirección.

Engranaje de sin fin

El engranaje de sin fin se aloja en una carcasa de aluminio, a la cual también va fijado el motor eléctrico.

Figura 19

Fuente: Arias Paz, 2014



Engranaje sin fin

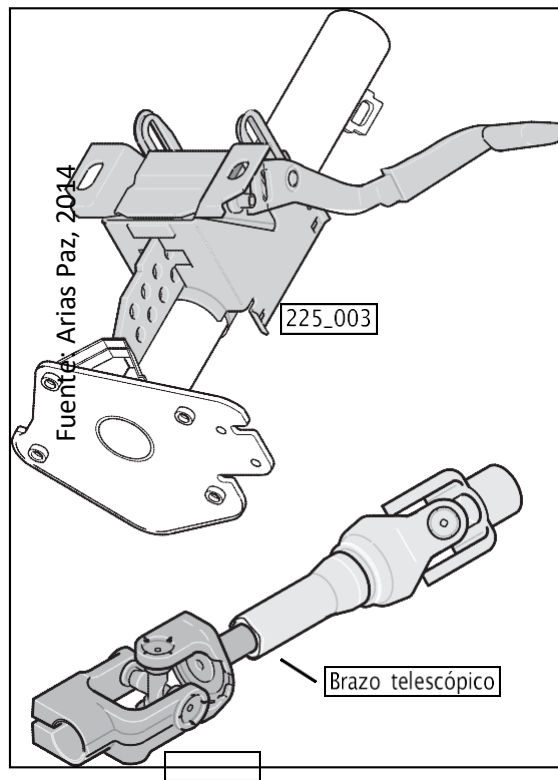
Reglaje en altura

El mecanismo para el reglaje de la altura va unido fijamente al tubo envolvente. La carrera Regulable es de 39 mm.

Eje de crucetas

Ambas crucetas están comunicadas por medio de un brazo telescópico corto. Sirve para compensar las longitudes del reglaje en altura y para la protección de los ocupantes en caso de una colisión frontal.

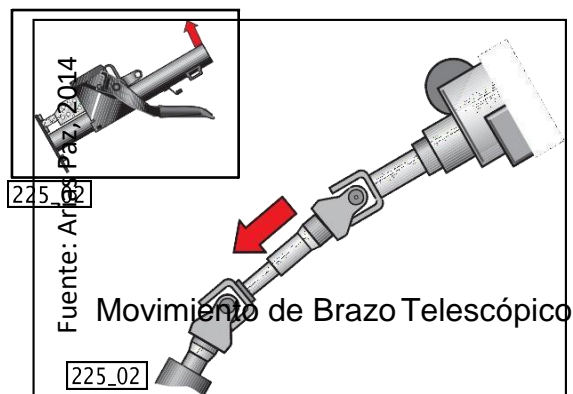
Figura 20



Eje de crucetas

Al desplazar el volante hacia arriba se contrae el brazo telescópico. De esa forma se reduce la distancia entre el volante y la caja de dirección.

Figura 21



Sistema de control electrónico de la dirección eléctrica.

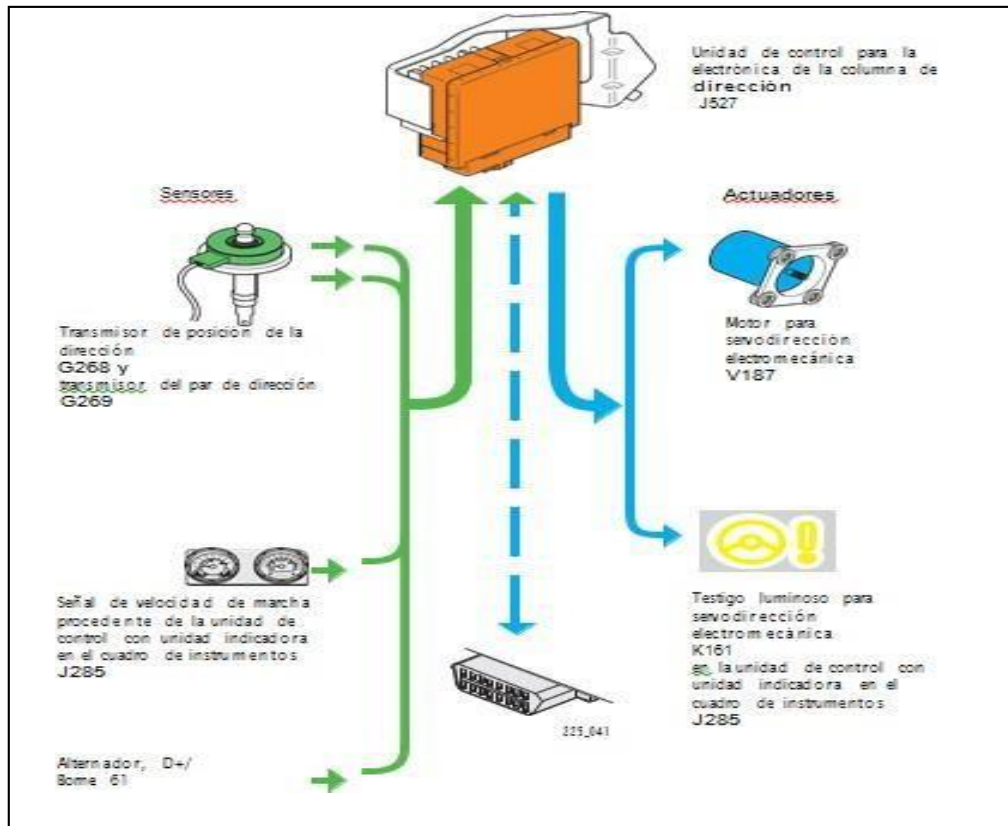
La lógica del sistema es: Medición del fenómeno físico mediante señal eléctrica del sensor.

Procesamiento de la señal.

Actuación del motor eléctrico como mecanismo de ayuda al accionamiento de la cremallera del sistema

Figura 22

Fuente: Manual de Reparación Bosch, 2017

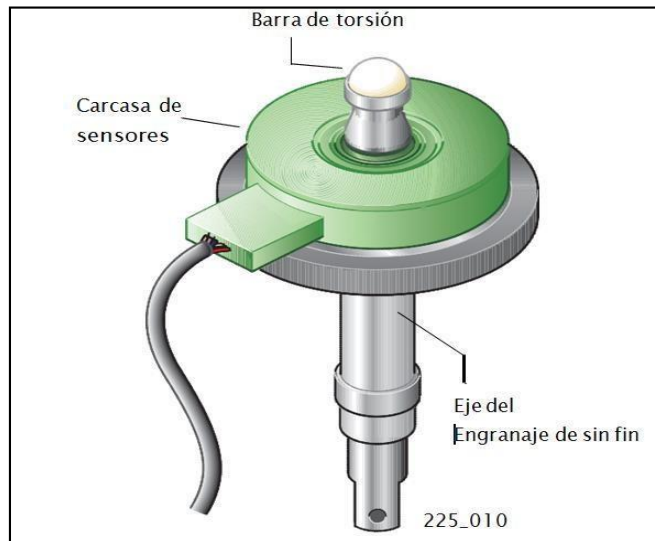


Gestión electrónica el sistema de dirección eléctrica

Carcasa de sensores

El transmisor de ubicación de dirección G268 y también el transmisor de fuerza de dirección G269 van alojados en una carcasa compartida. Se coloca por encima del engranaje de sin fin, por la parte de arriba de la rueda dentada. La unión a la unidad de control se constituye mediante de un conector de seis polos.

Figura 23

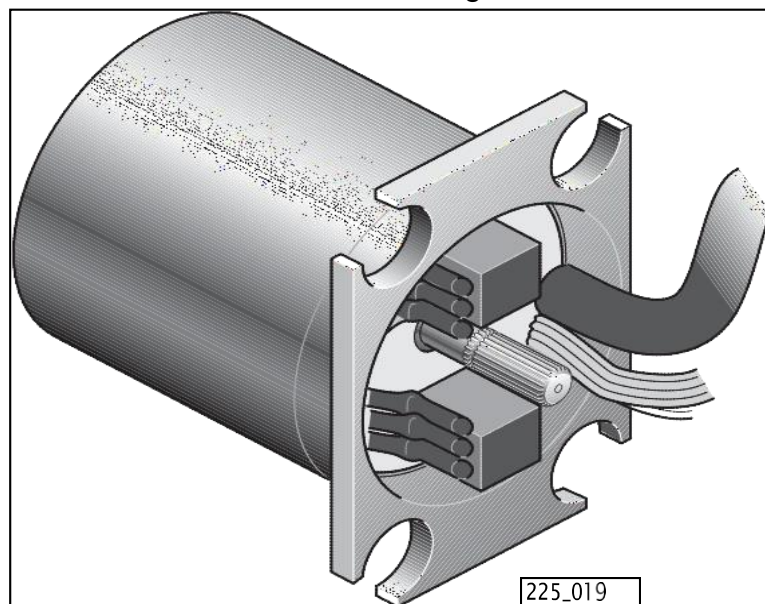


Sensor de giro

Motor para servodirección electromecánica

Va atornillado a la carcasa del engranaje de sin fin, teniendo intercalado un tope elástico de goma, para evitar la transmisión de oscilaciones entre el motor y la columna de dirección.

Figura 24



Motor eléctrico de servodirección

Flujo de Energía en los sistemas de dirección.

El flujo de energía en el sistema de dirección hidráulica se determina en función al consumo y tipo de energía que cada elemento consume; para los cual se determinó mediante mediciones indirectas dichos valores

Flujo de energía dirección eléctrica.

La tensión del motor eléctrico es de 24 voltios, y la eficiencia del 85%, consumo de corriente eléctrica de 6,5 amperios a máximo giro, 250 RPM, por lo tanto la potencia será de $24 \cdot 6.5 / 0.8 = 195$ Watt.

El tiempo que se utiliza el motor, es el número de veces que el usuario activa el volante del vehículo, y en promedio se ha determinado que en una trayectoria normal de 1 hora dentro de la ciudad se realiza el movimiento del volante entre 15 a 30 movimientos por minuto, por lo tanto, ello quiere decir que se utiliza entre el 25 y 50% del tiempo de conducción en girar el volante de acuerdo a las condiciones de la trayectoria.

En el caso más extremo de funcionamiento del volante en un 50% del tiempo de la conducción, en una hora, el tiempo de accionamiento del motor eléctrico del sistema de dirección será de 0,5 horas; por lo tanto la energía que requiere el motor eléctrico será de:

$$E = P \cdot t$$

t: Tiempo de accionamiento del motor eléctrico.

$$E = 195 \cdot 0.5 = 97.5 \text{ Watt} - \text{Hora.}$$

El torque que se produce en el eje del motor, se determina

mediante la expresión

$$P = T * W$$

Dónde:

P: Potencia Mecánica, en Watt.

T: Torque en N-m.

W: Velocidad angular.

La velocidad angular (rad/s), se expresa:

$$w = \frac{2 * \pi * RPM}{60}$$

Reemplazando valores, se tiene:

$$W = 26.16 \text{ Rad/s}$$

El torque mecánico será: $T = 195 / W$

$$T = 98.2 / 26.16$$

$$T = 7.45 \text{ N-m}$$

Flujo de energía de dirección hidráulica.

Caudal de la bomba hidráulica: 9 Litros / Minuto.

(0.00015litros / s)

Presión de la Bomba Hidráulica: 350 KPa (en dirección línea recta); 8500 KPa (En cambio con giro máximo).

La presión hidrostática se determina:

$$Pr = \gamma H$$

Dónde:

γ : Peso específico de líquido hidráulico (hidrolina) 8338.5 N/m³.

Pr: Presión hidráulica.

Para el caso de dirección en línea recta se tiene $H = 350$
 $\text{KPa}/8338.5 = 41.97\text{m}$ y para el caso de dirección a máximo
giro de $H = 8500\text{KPa}/8338.5 = 1019.36\text{m}$

La potencia de la bomba hidráulica en línea recta es de:

$$P = \gamma * Q * H$$

Reemplazando valores, para dirección en línea recta la
potencia que requiere la bomba es de:

$$P = 8338.5 * 0.00015 * 41.97 = 52.49 \text{ Watt}$$

Para dirección a máximo giro la Potencia es de

$$P = 8338.5 * 0.00015 * 1019.36 = 1274 \text{ Watt.}$$

Es conclusión, la potencia que se requiere para el sistema de
dirección eléctrica es de 195 Watt, que es absorbida por el motor
eléctrico desde el sistema eléctrico de la batería y el alternador del
motor del vehículo, mientras que se requiere 1274 Watt de Potencia
Mecánica que es absorbido desde el eje cigüeñal a través de un
sistema de transmisión mecánica.

32 Realizar mediciones de parámetros de funcionamiento de los vehículos de pruebas con dirección hidráulica y eléctrica, para establecer el consumo específico de combustible

De la determinación de las muestras finitas, se determinó 3 vehículos de pruebas con sistema de dirección mecánica y 3 vehículos de pruebas con dirección eléctrica.

Las mediciones para los vehículos con dirección eléctrica son:

Tiempo de Inyección de combustible.

Intensidad de corriente en el alternador.

Tensión de la batería.

Las mediciones para los vehículos con dirección hidráulica son:

Torque de la Bomba Hidráulica.

RPM del motor.

Tiempo de Inyección.

Tabla 2

Tipo de Dirección		Mediciones	
Fuente: Guía de Observación	Vehículos con dirección eléctrica	Tiempo de Inyección de combustible. (Milsegundos)	Intensidad de corriente en el alternador (Amperios).
	Vehículos con dirección hidráulica	Torque de la Bomba Hidráulica. (N-m)	Tensión de la batería. (Voltios)
		RPM del motor.	Tiempo de Inyección. (Milsegundos)

Mediciones de parámetros de funcionamiento de vehículos de prueba

Se establece un protocolo de pruebas para la toma de lecturas en la guía de observación.

Protocolo de Pruebas del Tiempo de Inyección.

1. Identificar los terminales positivos y negativos de cada uno de los inyectores.
2. Medir la resistencia de la bobina del inyector.
3. Instalar el osciloscopio automotriz, el conector positivo del osciloscopio al terminal negativo de la bobina del inyector, y el conector negativo del osciloscopio a masa del motor.
4. Dar arranque al vehículo.
5. Configurar al osciloscopio, para la determinación del tiempo de inyección.
6. Medir el tiempo de inyección a velocidad máxima, se establece a 3200 RPM.
7. Apagar el vehículo.

Protocolo de Pruebas del corriente de alternador

- a. Identificar los terminales del alternador.
- b. Instalar el multímetro en serie con el alternador.
- c. Dar arranque al vehículo, y activar los consumidores de energía eléctrica que se utilizan normalmente en un recorrido diario de trabajo.
- d. Medir la intensidad de corriente eléctrica en Amperios.
- e. Repetir la prueba en los seis vehículos asignados.

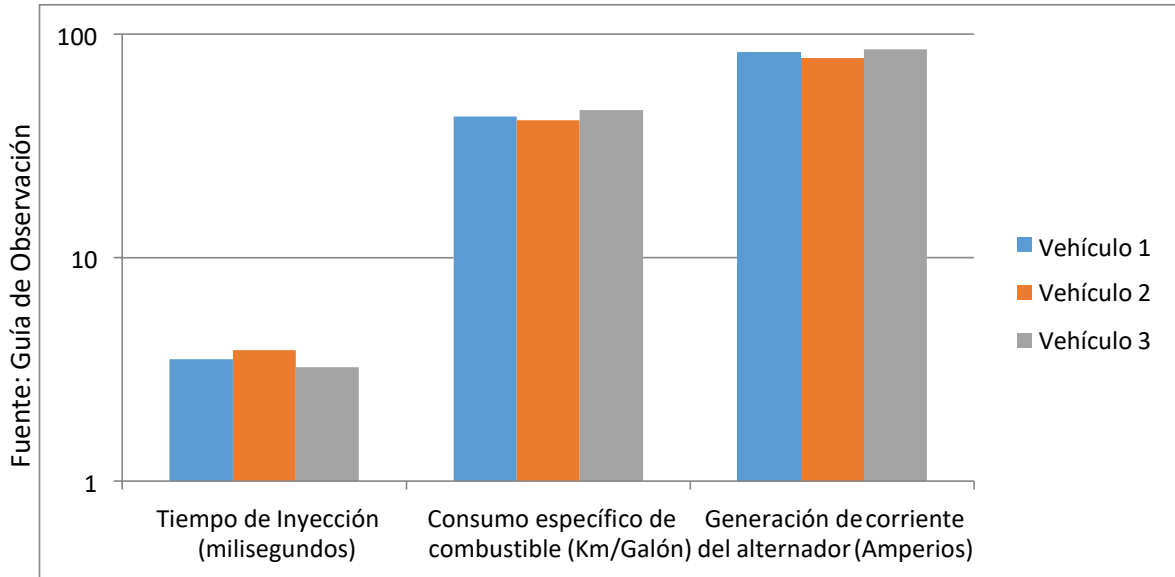
Tabla 3

Vehículo de Prueba	Vehículo Dirección Eléctrica a Velocidad de Crucero (90Km/h)						
	Kilometraje	Tensión de Bateria (Voltios)	Generación de corriente del alternador (Amperios)	Consumo de combustible (Galones)	Tiempo de Inyección (milisegundos)	Kilómetros recorridos en Prueba (Km)	Consumo específico de combustible (Km/Galón)
Vehículo 1	12456	13.45	83.4	2.34	3.51	100	42.74
Vehículo 2	18767	13.34	78.5	2.43	3.87	100	41.15
Vehículo 3	23453	13.39	85.4	2.19	3.24	100	45.66
Vehículo de Prueba	Vehículo Dirección Hidráulica						
	Kilometraje	Torque en Bomba Hidráulica (N-m) *	RPM	Consumo de combustible (Galones)	Tiempo de Inyección (milisegundos)	Kilómetros recorridos en Prueba (Km)	Consumo específico de combustible (Km/Gal)
Vehículo 4	12345	1.24	2800	2.71	3.56	100	36.90
Vehículo 5	18987	1.32	2805		3.76	100	37.74
Vehículo 6	23998	1.18	2789	2.52	3.67	100	39.68

*La determinación del torque de la bomba hidráulica, se determinó con los valores de placa de caudal y potencia mecánica.

Mediciones de parámetros de funcionamiento

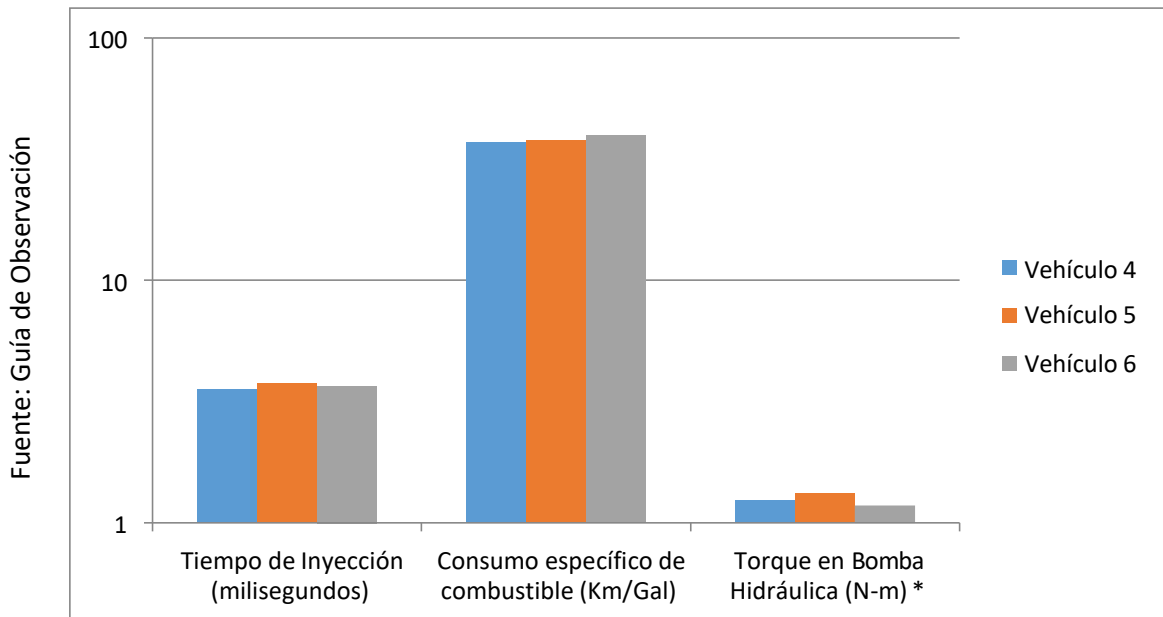
Figura 25



Mediciones de parámetros a vehículos con dirección eléctrica.

Los vehículos 1, 2 y 3 de pruebas con sistema de dirección eléctrica, presentan valores variables entre ellos, debido al kilometraje de cada uno de ellos, y se puede observar que la tensión de la batería tiene valores de 13.34 a 13.45 Voltios, valores dentro de los especificado por el fabricante a pesar del accionamiento del motor eléctrico. En cuanto al consumo de combustible el vehículo 3 presenta mayor rendimiento, con 45.66 Km por cada galón, siendo éste un valor relativamente alto a los consumos de los vehículos convencionales que reportan consumos específico máximos de 42 Km/galón.

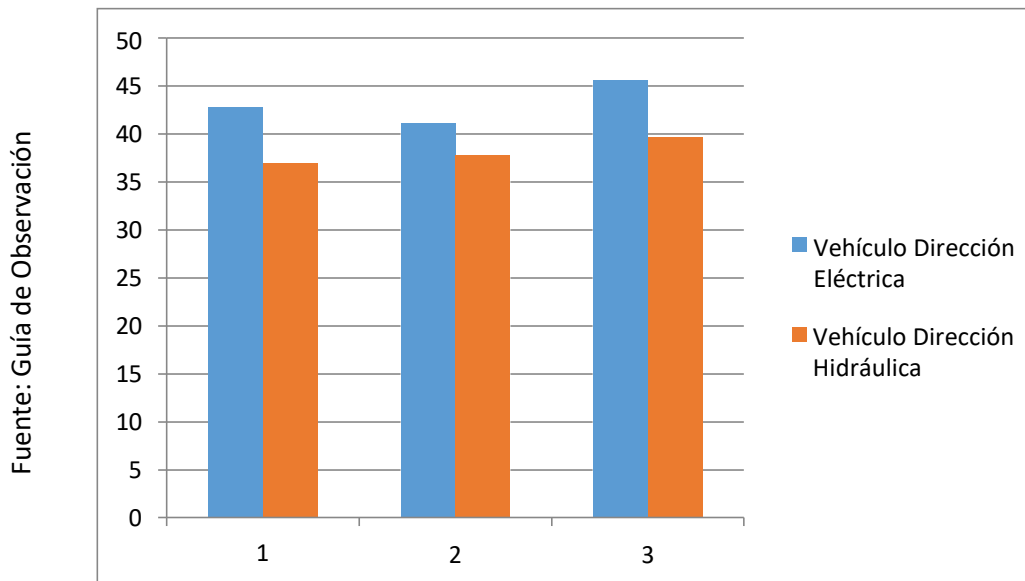
Figura 26



Mediciones de parámetros a vehículos con dirección eléctrica.

De la figura 22, se observa en las mediciones realizadas que los tiempos de inyección tiene una variación que oscila entre 3.56 y 3.76 milisegundos, que es el tiempo en el cual el inyector permanece abierto, y por ende mayor ingreso de combustible al múltiple de admisión del motor; en cuanto a los valores del torque hidráulico, éste se determinó mediante la expresión: $T = \frac{60 \cdot \gamma \cdot Q \cdot h}{2\pi \cdot RPM}$, es decir manteniendo constante el valor de las rpm a 2800, se midió la variación del caudal de suministro de hidrolina de la bomba hidráulica, y con ell se calculó el torque que requiere la bomba hidráulica para su accionamiento.

Figura 27



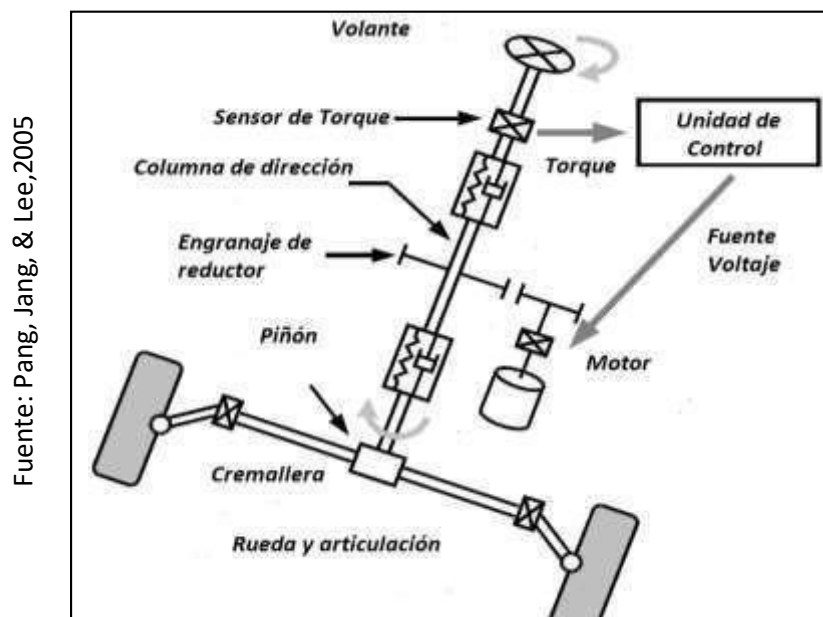
Comparación de consumos específicos de combustibles (Km/Galón)

En la figura 23, se observa que en todas la comparaciones realizadas, existe un mejor rendimiento si se utiliza un vehículo con dirección eléctrica frente a uno con dirección mecánica a una velocidad crucero de giro del motor (2800rpm), ésta variación en promedio es entre 4 y 5 Km por galón más para el caso del vehículo con dirección eléctrica, en términos porcentuales, 5 de 41.15 Km por galón, representa el $100 \cdot 5 / 41.15 = 9.7\%$ de menor consumo de combustible

33. Realizar un análisis comparativo en el aspecto técnico y económico entre los dos sistemas.

Análisis de funcionamiento de variables en sistema de dirección eléctrica.

Figura 28



Variables de funcionamiento dirección eléctrica

Modelado Matemático del Sistema EPS

A los comienzos de las investigaciones del modelamiento matemático que se realizaron a los conjuntos de dirección asistida, fue estudiado en el sistema Mecánico-Hidráulico (Jang, 1996), y más adelante se desarrolló en el sistema Mecánico-Eléctrico EPS (Pang, Jang, & Lee, 2005).

La aplicación del modelamiento matemático del sistema de dirección EPS está fundamentado en el sector de la mecánica y eléctrica. El prototipo físico de la transmisión de torque se desarrolló con un

principio de un sistema masa – resorte y amortiguador, fundamentándonos en la segunda Ley de Newton de la dinámica rotacional y traslacional del sistema.

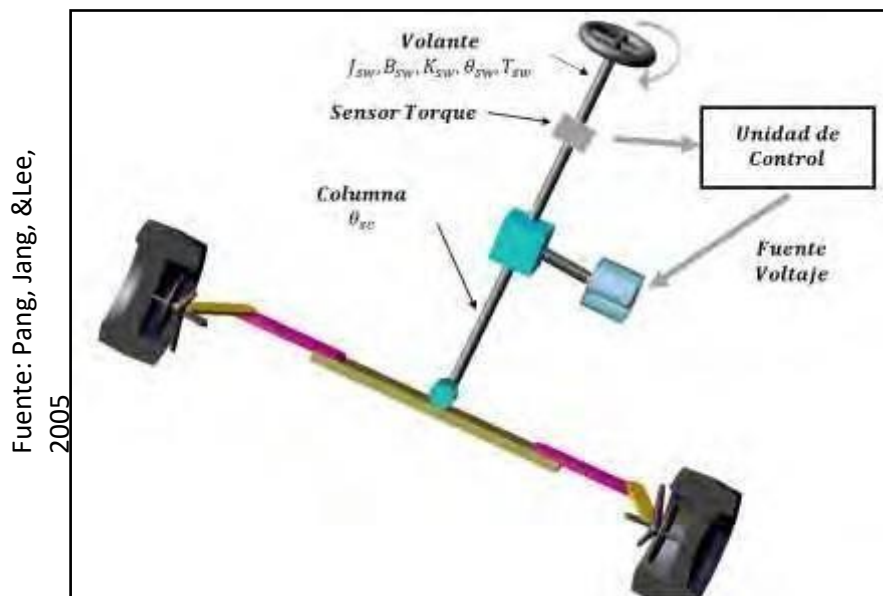
La investigación del modelamiento matemático del sistema de dirección EPS está fundamentado en la parte mecánica y eléctrica. El prototipo físico de la transmisión de torque se ejecutó en fundamento a un sistema masa – resorte y amortiguador, fundamentándonos en la segunda Ley de Newton de la dinámica rotacional y traslacional del sistema.

Modelo Matemático de la Dinámica del Eje Volante

Cuando el operador realiza una manipulación al volante para direccionar el vehículo, tiene que virar el volante con el fin de dirigir (w, Jang, & Lee, 2005).

Se pueden observar en la figura los parámetros adecuados al modelo matemático del eje volante.

Figura 29



Modelado del eje del volante de dirección

Se expresa la dinámica del eje:

$$J_{SW} \cdot \theta''_{SW} + B_{SW} (\theta'_{SW} + \theta'_{SC}) + K_{SW}(\theta_{SW} - \theta_{SC}) = T_{SW}$$

Dónde:

J_{SW} : Inercia Rotacional del volante (kg - m²)

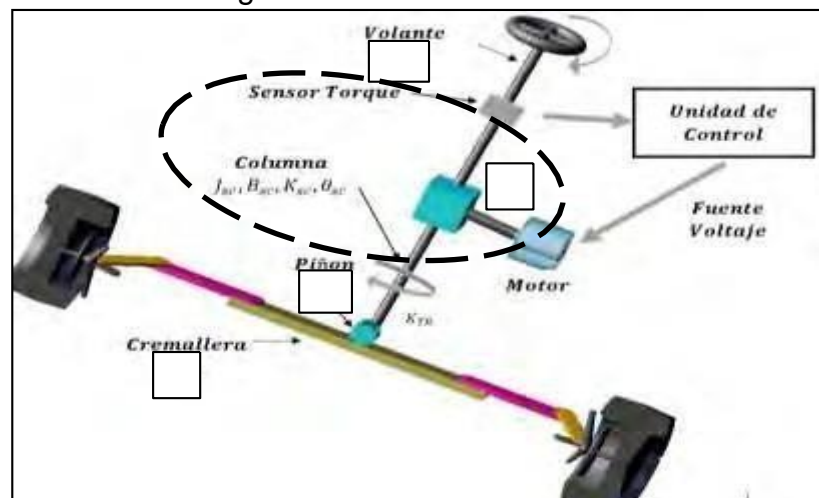
B_{SW} : Amortiguamiento viscoso del volante (N-m).

K_{SW} : Rigidez rotacional del volante (N-m).

T_{SW} : Torque aplicado en el volante por el conductor (N-m)

θ_{SW} : ángulo rotacional del volante (rad).

Figura 30



Fuente: Pang, Jang, & Lee, 2005

Sensor – Unidad de Control – Motor Eléctrico

Modelo Matemático de la Dinámica del Eje Columna

Es llamado como eje intermedio. El avance angular del volante se envía a la columna, donde se incrementa la fuerza del motor y se resta la fuerza del piñón que impide al avance angular.

Donde la dinámica del eje se expresa:

$$J_{SW} \cdot \theta''_{SW} + B_{SW} (\theta'_{SW} - \theta'_{SC}) + K_{SW}(\theta_{SW} - \theta_{SC}) = T_m - T_p$$

$$T_p = K_{TR} \left(\theta_{SC} - \frac{Y_R}{R_p} \right)$$

Dónde:

J_{SW} : Momento Inercial de la columna de dirección. (kg - m²)

T_{TR} : Torque de asistencia del motor (N-m).

θ_{SC} : ángulo rotacional de la columna (rad).

T_p : Torque ejercido por el piñón (N-m).

K_{SC} : Rigidez rotacional de la columna (N-m).

B_{SC} : Amortiguamiento viscoso de la columna de dirección (N-m).

K_{TR} : Rigidez rotacional de barra de torsión (N-m)

R_p : Radio del piñón (m).

Y_R : Desplazamiento de cremallera (m)

Modelo Matemático del Motor DC de asistencia.

El conjunto unidad de control electrónico del motor, calcula la fuerza que se ejerce en el volante mediante un dispositivo llamado sensor de torque, la ECU es realimentada con dicha señal, el cual hace funcionar al motor dependiendo la fuerza de ayuda que requiere el sistema.

Modelo de las variables eléctricas motor de corriente continua.

$$U_a = iR + L \frac{di}{dt} \pm K_b \theta'$$

Dónde:

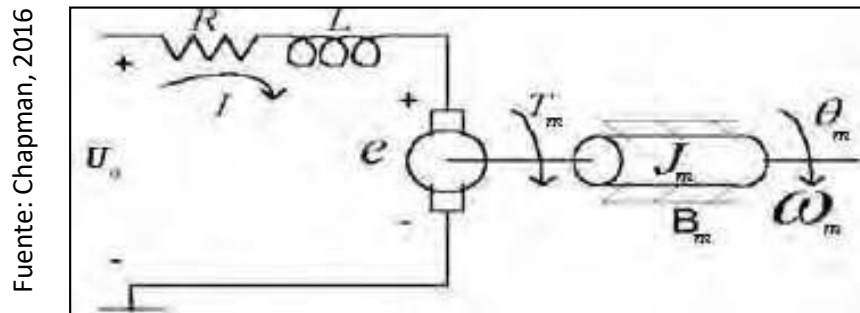
U_a : Tensión de alimentación, en voltios.

R : Resistencia del devanado del motor.

L : Inductancia, en Hertz.

K_b : Fuerza contra electromotriz del motor (V/(rad/s))

Figura 31



Modelo de motor eléctrico

Modelo Mecánico de Motor DC.

$$T_m = J_m W'_m + B_m W'_m + M_L$$

$$T_m = K_t \cdot i$$

$$W_m = \theta'_m$$

Dónde:

K_t : Constante de torque el motor (N-m)

K_b : Fuerza contra electromotriz del motor (V/(rad/seg)).

J_m : Inercia del motor (Kg- m²)

B_m : Fricción viscosa del motor (N-m / (Rad(seg))).

W_m : Velocidad angular del motor (rad/seg).

M_L : Torque de la carga sobre el motor (N-m).

La potencia eléctrica en el motor de corriente continua

es:

$$P = U \cdot \frac{I}{n}$$

Dónde:

P: Potencia eléctrica en Watt.

U: Tensión de alimentación, en voltios
I: Corriente que consume, en amperios.
n: Eficiencia del motor

Análisis comparativo entre los sistemas de Dirección.

La Potencia del motor eléctrico del sistema de dirección asistida es de 198 watt, mientras que la potencia de la boba hidráulica del sistema de dirección asistida hidráulicamente es de 1274 Watt.

El motor eléctrico se acciona cuando se realiza el giro del volante, en cambio en el sistema de dirección hidráulica, éste funciona todo el tiempo, y es accionada mecánicamente con una faja de transmisión del motor del vehículo.

El análisis cuantitativo, en cuanto a los consumos de combustible, se determina con la ecuación del volumen de combustible o el caudal de inyección

Qh que es mm³/carrera.

Y se expresa:

$$Qh = \frac{P * b * 1000}{30 * n * z * \rho} (mm/carrera)$$

Dónde:

P: Potencia (Kilowatt)

Qh: Volumen de inyección mm³/carrera.

b: Consumo específico de combustible del motor en g/kW-h

n: RPM del motor

z: Cantidad de cilindros del motor

ρ : Densidad del combustible en g/cm^3

Para el análisis, se determina el incremento del consumo de combustible en función al consumo de energía que utilizan los sistemas de dirección eléctrica y el procedimiento de dirección hidráulica.

Para el caso del procedimiento de dirección eléctrica, en el análisis comparativo realizado es de 198 watt, mientras que la potencia necesaria para el sistema de dirección hidráulica es de 1274 Watt; la cantidad de cilindros es 4, la densidad del Gasohol es de 0.82 gramos/cm³; y el número de RPM, será variable y se analiza a 3 niveles de velocidad: velocidad máxima a menor consumo de combustible que es de 3200 RPM, velocidad de crucero: 2800 RPM, velocidad promedio en ciudad: 35 Km/h: 1800 RPM

En función a ello, se determina para ambos sistemas, el volumen de inyección adicional que tendrá que suministrar el inyector para satisfacer éstas demandas de energía.

Tabla 4

Item	Volumen de Inyección (mm ³ /carrera)		
	1800 RPM	2800 RPM	3200 RPM
Sistema de Dirección Eléctrica	0.1510	0.0971	0.0849
Sistema de Dirección Hidráulica	0.9715	0.6245	0.5464

Fuente: Mediciones realizadas

Volumen de Inyección de combustible destinado al accionamiento del sistema de dirección a diferentes RPM

Para esas mismas condiciones, el volumen total de inyección por la potencia que desarrolla el motor se determina con la misma ecuación del volumen de inyección mostrado anteriormente pero con la potencia total del motor, que según el dato del fabricante el motor de Gasohol de Toyota Yaris tiene una potencia de 95.55 Kw, lo cual tiene un volumen de inyección de:

$$Qh = \frac{95.55 * 140 * 1000}{30 * 3200 * 4 * 0.82} (mm/carrera)$$

Reemplazando valores se tiene:

Qh= 42.48 mm³ de Gasohol por cada carrera en el motor; si lo comparamos con el valor que utiliza el sistema de dirección, se tiene en porcentaje el consumo en volumen de combustible por el uso del sistema de dirección eléctrica e hidráulica.

Tabla 5

Item	Porcentaje de consumo en volumen de combustible de los sistemas de dirección en relación al consumo total del motor		
	1800 RPM	2800 RPM	3200 RPM
Sistema de Dirección Eléctrica	0.355	0.228	0.2
Sistema de Dirección Hidráulica	2.287	1.47	1.286
relación entre consumo por sistema eléctrico e hidráulico	6.44	6.45	6.43

Fuente: Mediciones Realizadas

Relación de consumos de los sistemas de dirección de dirección Hidráulica y eléctrica

En el sistema de dirección con asistencia hidráulica, para una velocidad de 1800 RPM, consume el 2.28% de combustible, mientras que para la dirección eléctrica a la misma velocidad el consumo es del 0.355%, para una velocidad de 2800 RPM, el consumo de combustible para una velocidad de 2800 RPM es de 1.47% para dirección hidráulica y de 0.228% para dirección eléctrica, en el caso de la velocidad máxima a menor consumo, el sistema de dirección hidráulica consume 1.286% del consumo total, mientras que para la dirección eléctrica a dicha velocidad el consumo es del 0.2%.

Con dicha evaluación es posible conocer en términos económicos, la ventaja de usar el sistema de dirección eléctrica.

Comparación económica de los sistemas de dirección.

La evaluación económica consiste en comparar en el tiempo la rentabilidad en la operación de los sistemas de dirección eléctrica y dirección con asistencia hidráulica.

Para realizar la evaluación económica, es necesario trasladar el giro del motor a la velocidad del vehículo. La relación - transformación de las velocidades estará en función a la geometría de la transmisión en la caja de velocidades y en el diferencial del sistema de transmisión.

Tabla 6

N° Velocidad	Relación de Transmisión en caja de velocidades	Relación de transmisión diferencial	Relación de Transmisión total
1ra Velocidad	2 . . 1	37 .. 6	0.081
2da Velocidad	2 . . 1.5		0.122
3ra Velocidad	1 . . 1		0.162
4ta Velocidad	1.. 1.5		0.243
5ta Velocidad	1.. 2		0.324

Fuente: Manual del Fabricante

Relaciones de velocidad entre el motor y las ruedas

La relación de transmisión total se obtiene multiplicando las relaciones de transmisión en la caja de velocidades por la transmisión del diferencial.

La velocidad de avance del vehículo, está dado por el recorrido de una vuelta del neumático entre el tiempo de giro de una vuelta del neumático.

$$V = \frac{2 * \pi * D}{60/rpm} * 3.6$$

Dónde:

V: Velocidad del vehículo en m/s

D: Diámetro de la rueda.(0,75m)

rpm: Número de rpm del neumático.

Las rpm del neumático se obtiene multiplicando las rpm del motor por la relación de transmisión total.

En la tabla 23, se muestra en porcentaje las veces en los cuales el motor gira a diferentes regímenes de velocidad para las diferentes posiciones de la caja de velocidades.

Tabla 7

N° Velocidad	Relación de Transmisión en caja de velocidades	Relación de transmisión diferencial	Relación de Transmisión total	RPM del motor	rpm neumático	Velocidad de vehículo (m/s)	Velocidad de vehículo (Km/hora)
1ra Velocidad	2 . . 1.3	33.. 6	0.280	700	195.80	7.17	25.82
2da Velocidad	2 . . 1.5		0.242	900	218.18	7.99	28.77
3ra Velocidad	1 . . 1		0.162	1800	291.89	10.69	38.49
4ta Velocidad	1.. 1.5		0.250	2800	700.00	25.64	92.32
5ta Velocidad	1.... 2		0.324	3200	1037.84	38.02	136.87

Velocidad del vehículo a diferentes rpm del motor.

La relación de transmisión en la caja de velocidades de 2 a 1.3 en primera posición significa que el motor gira 2 veces los que gira la caja de velocidades, dicha relación está en función a la relación de los diámetros de los piñones de la caja de velocidades; de la misma manera sucede en la segunda posición de 2 a 1.5, y así sucesivamente hasta la quinta posición que equivale a 1 vuelta de giro del motor por 2 vueltas de giro de la caja de velocidades. La relación de transmisión total es la de multiplicar de la caja de velocidad por la relación en el diferencial ya que es una relación fija para todas las velocidades.

Según lo determinado en la comparación técnica, se tiene el porcentaje de potencia que requiere los sistemas de transmisión a diferentes rpm de giro del motor, con ello se relaciona el porcentaje de incremento de potencia a diferentes velocidades del vehículo cuando utilice ambos sistemas de dirección del vehículo.

El análisis se realiza para las velocidades 3, 4 y 5, que se

realiza a 1800, 2800 y 3200 rpm del motor, teniendo en cuenta que para un recorrido normal dentro de la ciudad, en la velocidad 3 opera en el tiempo de 60%, en la velocidad 4 opera en el tiempo de 25%, y a velocidad 5 opera en el tiempo de 15%, información obtenida de la lectura del scanner automotriz en cuanto al registro promedio del vehículo.

Tabla 8

N° Velocidad	RPM del motor	rpm neumático	Velocidad de vehículo (Km/hora)	% de uso en 1 Hora	Recorrido en Km, durante 1 hora
3ra Velocidad	1800	291.89	38.49	0.6	23.096822
4ta Velocidad	2800	700.00	92.32	0.25	23.079000
5ta Velocidad	3200	1037.84	136.87	0.15	20.530508
Recorrido total en 1 hora (Km)					66.706330

Recorrido en Km durante 1 hora de operatividad a diferentes velocidades del vehículo

Un vehículo destinado al servicio de transporte público recorre en promedio 300 Km los días de semana, y de 400 Km durante los dos días del fin de semana, es decir en un mes totalizan 9200 Km al mes, se hace el análisis para la velocidad 3,4 y 5; para las velocidades 1 y 2, son muy pequeñas las distancias recorridas.

Tabla 9

N° Velocidad	RPM del motor	Recorrido en Km, durante 1 hora	Recorrido en un mes Km	Recorrido en Km para cada cambio de velocidad durante un mes
3ra Velocidad	1800	23.096822	9200	5520
4ta Velocidad	2800	23.079000		2300
5ta Velocidad	3200	20.530508		1380
Recorrido total en 1 hora (Km)		66.706330		

Recorrido en Km para cada cambio de velocidad durante un mes

En la comparación técnica se comprobó que el sistema de dirección hidráulica consume 6.4% más que la dirección hidráulica por cada Km recorrido, por lo cual para los recorridos de cada una de las velocidades, se analiza en la tabla 26

Tabla 10

N° Velocidad	Recorrido en Km para cada cambio de velocidad durante un mes	Consumo específico de combustible (Km/Galón)	Consumo de combustible por cada cambio de velocidad (Galones/mes)	Ahorro de consumo de combustible por uso de dirección eléctrica por cada velocidad en un mes (Galones)
3ra Velocidad	5520	31.20	176.92	11.32
4ta Velocidad	2300	36.50	63.01	4.03
5ta Velocidad	1380	42.74	32.29	2.07
Consumo total en un mes			272.23	17.42

Ahorro de combustible al utilizar sistema de dirección eléctrica con respecto a la dirección hidráulica

El ahorro en un mes es de 17.42 galones, a un costo de galón de 13.00, se tiene un ahorro mensual de $17.42 * 13 = 226.46$ Soles.

El costo de un vehículo de 1300 cc con dirección eléctrica es superior al costo de un vehículo con dirección hidráulica en 400 Dólares aproximadamente (1280 Soles), por lo tanto se hace la evaluación con el Valor anual neto y la tasa interna de retorno, utilizando el comando VNA y TIR, se tiene:

Inversión Inicial: S/. 1280

Ingresos por ahorro de combustible. S/. 226.46 Mensual.

Tasa de interés bancario: 3.5% mensual.

Número de meses: 12

Ecuación de VNA

$$Ia = \frac{In * [(1 + i)^n - 1]}{[i * (1 + i)^n]}$$

Tabla 11

Fuente: Hoja de cálculo, comando VNA Excel

Mes	Ingresos (S/.)
1	226.46
2	226.46
3	226.46
4	226.46
5	226.46
6	226.46
7	226.46
8	226.46
9	226.46
10	226.46
11	226.46
12	226.46
	VNA(0.035,E12:E23)
	S/. 2,188.36

El valor actual neto se obtiene de la diferencia de 12369.07 – inversión
Es decir 2188.36 – 1280 = S/. 908.36

La Tasa Interna de Retorno, se determina:

$$Inv = \frac{In * [(1 + TIR)] ^n - 1}{[TIR * (1 + TIR)^n]}$$

Tabla 12

Fuente: Hoja de cálculo,
comando TIR Excel

Mes	Ingresos (S/.)
Inversión inicial	-1280
1	226.46
2	226.46
3	226.46
4	226.46
5	226.46
6	226.46
7	226.46
8	226.46
9	226.46
10	226.46
11	226.46
12	226.46
	TIR(E12:E24)
	14.03%

Se tiene que el VAN es de 908.36 y el TIR de 14.03%, valores que muestra la rentabilidad de utilizar el sistema de dirección eléctrica, frente a la hidráulica.

IV. DISCUSION

El uso del sistema de dirección eléctrica, utiliza la energía sólo cuando se requiere, a comparación del sistema de dirección con asistencia hidráulica, en donde el motor activa en todo momento a la bomba hidráulica, consumiendo una parte de la potencia mecánica que se genera en el cigüeñal del motor.

La manipulación de las variables eléctricas suele ser mejor, en comparación con el control de las variables mecánicas e hidráulicas; es una de las más importantes ventajas del procedimiento de dirección eléctrica; sin embargo, la desventaja notable es la fragilidad del sistema, es decir ante una des configuración del funcionamiento, el motor eléctrico no recibe las señales en el momento adecuado, originando fallas que son significativos a la hora de la conducción del vehículo.

En las pruebas realizadas, se logró determinar que para altas velocidades el sistema de dirección eléctrica tiene un consumo de 0.2% del consumo de potencia mecánica del motor, lo que representa un ahorro significativo comparado con el 1.28% del consumo de potencia mecánica del sistema de dirección hidráulica.

La rentabilidad económica se refleja cuando estas unidades se desplazan largas distancias a velocidades superiores a los 90Km/Hora. Para el caso de menores velocidades, el sistema de dirección hidráulica también resulta desventajoso por el hecho de incrementarse el tiempo de funcionamiento, y estando dentro de una ciudad, por el tráfico existente, el servo motor va a funcionar durante todo el tiempo.

V. CONCLUSIONES

- 5.1. Se determinó que potencia que se requiere para el sistema de dirección eléctrica es de 195 Watt, que es absorbida por el motor eléctrico desde el sistema eléctrico de la batería y el alternador del motor del vehículo, mientras que se requiere 1274 Watt de Potencia Mecánica que es absorbido desde el eje cigüeñal a través de un sistema de transmisión mecánica.
- 5.2. En las mediciones realizadas, existe un mejor rendimiento si se utiliza un vehículo con dirección eléctrica frente a uno con dirección mecánica a una velocidad cruce de giro del motor (2800rpm), ésta variación en promedio es entre 4 y 5 Km por galón más para el caso del vehículo con dirección eléctrica, en términos porcentuales, 5 de 41.15 Km por galón, representa el 9.7% de menor consumo de combustible.
- 5.3. En la comparación técnica, el sistema de dirección con asistencia hidráulica, para una velocidad de 1800 RPM, consume el 2.28% de combustible, mientras que para la dirección eléctrica a la misma velocidad el consumo es del 0.355%, para una velocidad de 2800 RPM, el consumo de combustible para una velocidad de 2800 RPM es de 1.47% para dirección hidráulica y de 0.228% para dirección eléctrica, en el caso de la velocidad máxima a menor consumo, el sistema de dirección hidráulica consume 1.286% del consumo total, mientras que para la dirección eléctrica a dicha velocidad el consumo es del 0.2%.

En la comparación económica, se tuvo los siguientes indicadores económicos: Se tiene que el VAN es de 908.36 y el TIR de 14.03%, valores que muestra la rentabilidad de utilizar el sistema de dirección eléctrica, frente a la hidráulica.

VI. RECOMENDACIONES.

- 6.1.** La evaluación técnica en el funcionamiento de la dirección eléctrica, también debe contener el aspecto del mantenimiento del sistema de control electrónico del sistema de dirección eléctrica, debido a que ésta configurada con el funcionamiento del vehículo, y su programación debe realizarse teniendo en cuenta la operatividad del motor.

- 6.2.** La correcta forma de la conducción de la unidad debe realizarse de acuerdo al ritmo de operación del motor y del vehículo, caso contrario el sistema de dirección eléctrica podría reconfigurarse.

- 6.3.** Los cambios en los talleres de conversión del sistema de dirección, debe de realizarse utilizando repuestos originales y no repuestos que solo satisfagan la forma sino también la funcionalidad de ellos.

VII. ANEXOS

Guía de observación

Volumen de Inyección

TESIS: “ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS SISTEMAS DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA Y ELÉCTRICA PARA DETERMINAR EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN UN VEHÍCULO DE 1300 CC”

Autor: ROBERTO BALTAZAR CABEZAS AGUIRRE

Item	Volumen de Inyección (mm ³ /carrera)		
	1800 RPM	2800 RPM	3200 RPM
Sistema de Dirección Eléctrica	0.1510	0.0971	0.0849
Sistema de Dirección Hidráulica	0.9715	0.6245	0.5464

Guía de observación

Mediciones a Vehículos de Pruebas

TESIS: “ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS SISTEMAS DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA Y ELÉCTRICA PARA DETERMINAR EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN UN VEHÍCULO DE 1300 CC”

Autor: ROBERTO BALTAZAR CABEZAS AGUIRRE

Vehículo de Prueba	Vehículo Dirección Eléctrica a Velocidad de Crucero (90Km/h)						
	Kilometraje	Tensión de Batería (Voltios)	Generación de corriente del alternador (Amperios)	Consumo de combustible (Galones)	Tiempo de Inyección (milisegundos)	Kilómetros recorridos en Prueba (Km)	Consumo específico de combustible (Km/Galón)
Vehículo 1	12456	13.45	83.4	2.34	3.51	100	42.74
Vehículo 2	18767	13.34	78.5	2.43	3.87	100	41.15
Vehículo 3	23453	13.39	85.4	2.19	3.24	100	45.66
Vehículo de Prueba	Vehículo Dirección Hidráulica						
	Kilometraje	Torque en Bomba Hidráulica (N-m) *	RPM	Consumo de combustible (Galones)	Tiempo de Inyección (milisegundos)	Kilómetros recorridos en Prueba (Km)	Consumo específico de combustible (Km/Gal)
Vehículo 4	12345	1.24	2800	2.71	3.56	100	36.90
Vehículo 5	18987	1.32	2805		3.76	100	37.74
Vehículo 6	23998	1.18	2789	2.52	3.67	100	39.68



ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, Deciderio Enrique Díaz Rubio, docente de la Facultad Ingeniería y Escuela Profesional Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, filial Chiclayo, revisor (a) de la tesis titulada: **"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS SISTEMAS DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA Y ELÉCTRICA PARA DETERMINAR EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN UN VEHÍCULO DE 1300 CC"**, del bachiller:

ROBERTO BALTAZAR CABEZAS AGUIRRE

Constato que la Tesis tiene un índice de similitud de 24% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 09 de mayo de 2019



Firma
Ing. Deciderio Enrique Díaz Rubio
16728343



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE
TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL
UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02
Versión : 07
Fecha : 31-03-2017
Página : 1 de 1

Yo Roberto Baltazar Cabezas Aguirre, identificado con DNI N° 44762972
egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la
Universidad César Vallejo, autorizo (), No autorizo () la divulgación y
comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado
"Análisis Comparativo entre los Sistemas de Dirección Hidráulica
y Eléctrica para determinar el consumo de Combustible en un
Vehículo de 1300 cc"

....."; en el Repositorio
Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el
Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

FIRMA

DNI: 44762972

FECHA: 10 de mayo del 2017.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS SISTEMAS DE DIRECCIÓN
HIDRÁULICA Y ELÉCTRICA PARA DETERMINAR EL CONSUMO
DE COMBUSTIBLE EN UN VEHÍCULO DE 1300 CC"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO
ELECTRICISTA

Autor:
ROBERTO BALTAZAR CABEZAS AGUIRRE

Asesor:
MG. DECIDARIO ENRIQUE DÍAZ RUBIO

Línea de investigación:
MODELAMIENTO Y SIMULACION DE SISTEMAS ELECTROMECANICOS

CHICLAYO-PERÚ

2018

Resumen de coincidencias

24 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

1	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	9 %
2	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	3 %
3	repositorio.side.edu.ec Fuente de Internet	2 %
4	prezi.com Fuente de Internet	1 %
5	www.mecanicavirtual.o... Fuente de Internet	1 %
6	mercadoyregiones.com Fuente de Internet	1 %
7	Entregado a Pontificia ... Trabajo del estudiante	1 %
8	doaj.org Fuente de Internet	1 %
9	todoautos.com.pe Fuente de Internet	1 %
10	www.limacomovamos... Fuente de Internet	1 %
11	www.fulmecanica.com Fuente de Internet	1 %



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

E. P. de Ingeniería Mecánica Eléctrica

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

Roberto Baltezar Cabezas Aguirre.

INFORME TITULADO:

"Análisis comparativo entre los sistemas de dirección
hidráulica y eléctrica para determinar el consumo
de combustible en un vehículo de 1300 cc"

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniero Mecánico Electricista.

SUSTENTADO EN FECHA: 13 de diciembre de 2018

NOTA O MENCIÓN: Aprobado por mayoría



FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN