



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

Trabajo de Grado previo a la obtención del título de Ingenieros en Mantenimiento Automotriz

**Tema: Construcción de una maqueta del sistema de dirección electrónica
de un Hyundai Accent 2008**

Autores: Falconi Almeida Nadia Carolina

Tamba Torres Luis Bladimir

Director: Ing. Fredy Rosero

2014 – 2015

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

Luego de haber sido designado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Educación, Ciencia y Tecnología de la Universidad Técnica del Norte de la ciudad de Ibarra, he aceptado con satisfacción participar como Director de Trabajo de Grado del siguiente tema: **"CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN ELECTRÓNICA DE UN HYUNDAI ACCENT 2008"**. Trabajo realizado por el señor y la señorita egresados: Tamba Torres Luis Bladimir y Falconi Almeida Nadia Carolina, previo a la obtención del Título de Ingenieros en Mantenimiento Automotriz

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

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



Ing. Fredy Rosero
DIRECTOR

Dedicatoria

Se la dedico en primer lugar a DIOS, por haberme dado la fuerza para cumplir mi mayor objetivo trazado durante la vida estudiantil; a MIS PADRES, por ser mi apoyo e inculcarme valores que me han permitido ser lo soy ahora y nunca perder la confianza en mí.

A MIS HERMANAS, por brindarme vuestro apoyo diariamente durante este proceso; se la dedico también a todas esas personas que estuvieron apoyándome, para cumplir un objetivo más en mi vida; finalmente, a MIS MAESTROS, por ser unas manos amigas que me impulsaron a salir adelante.

Nadia Falconi

Dedicatoria

Esta Tesis dedico primeramente a DIOS y LA VIRGEN, por darme la fuerza y la capacidad de terminar con una etapa más de mis estudios. Dedico también a MIS PADRES, que son los pilares principales en mi vida y por enseñarme los valores necesarios que han sido en mí, para yo poder llegar a donde hoy en día estoy. Dedico también a MI HERMANA, por estar siempre apoyándome en los momentos buenos y malos de mi vida y por ser ejemplo de responsabilidad; y también a MIS AMIGOS, quienes de una u otra manera, ayudaron para que esto se haga realidad.

Bladimir Tamba

Agradecimiento

Agradezco primero A DIOS, por haberme dado la oportunidad de haber cumplido una meta más en mi vida y brindarme la fuerza para lograrlo.

A MI PADRE LIC. MARIO FALCONI y a mi madre MARÍA ALMEIDA, por haber sido símbolos de ejemplo y perseverancia, para salir adelante sin importar las adversidades, y por ser ese apoyo incondicional en este momento. Gracias a ellos, por ser mi inspiración diaria y día tras día, trazarme una meta más en mi vida.

Nadia Falconi

Agradecimiento

Agradezco primeramente A DIOS, por ser mi fuerza y mi luz en todo momento; A MIS PADRES, por estar siempre pendientes de mí; y también, un más sincero agradecimiento A LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE Y TODOS LOS PROFESORES, quienes impartieron sus conocimientos en mí, y así obtener mi primera profesión y ser una persona útil para la sociedad y en la vida.

Bladimir Tamba

Índice del contenido

Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Resumen	xiii
Abstract	xiv

Capítulo i

El problema de investigación

1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del problema	1
1.3 Formulación del problema	2
1.4 Delimitación de la investigación.....	2
1.4.1 Temporal.	2
1.4.2 Espacial.....	2
1.5 Objetivos	2
1.5.1 Objetivo General.	2
1.5.2 Objetivos Específicos.....	2
1.6 Justificación	2

Capítulo ii

Marco Teórico

2.1 Sistema de dirección	4
2.1.1 Estructura de la dirección.....	4
2.1.2 Evolución de los sistemas de dirección.	5
2.1.3 Características que debe reunir todo sistema de dirección.....	5
2.2 Tipos de sistemas de dirección	6
2.2.1 Dirección mecánica.	7
2.2.2 Direcciones asistidas.	10

2.2.3 Sistemas de dirección asistidas electrónicamente.....	11
2.2.4 Componentes y estructura del sistema EPS (Electronic Power Steering).....	13
2.2.5 Ventajas y desventajas del sistema de dirección asistida electrónicamente.	18
2.3 Sistema de dirección asistida column drive del vehículo Hyundai Accent 2008. MDPS (Motor Driven Power Steering)	19
2.3.1 Introducción..	19
2.3.2 Principio de funcionamiento.	20
2.3.3 Sistema de Aparcamiento Asistido.....	22
2.3.4 Componentes del sistema de dirección asistida electrónicamente EPS (Electronic Power Steering).	26
2.3.5 Fallas que se presentan en el sistema de dirección asistida del vehículo Hyundai Accent 2008, durante el funcionamiento del vehículo..	36
2.3.6 Cuadro de diagnóstico del sistema EPS.....	40
2.3.7 Características medioambientales.	42
2.4 Conceptos básicos de electrónica y electricidad.....	42
2.4.1 La electricidad.	42
2.4.2 Ley de Ohm.	43
2.4.3 Señales digitales y análogas..	44
2.5 Electrónica.....	45
2.5.1 Micros controladores.	45
2.5.2 Diferentes patillas de E/S (entrada/salida)..	46
2.5.3 Tarjeta electrónica programable ARDUINO..	46
2.5.4 Temporizador 555..	53

Capítulo iii

Metodología de la investigación

3.1 Tipo de la investigación.....	57
3.2 Métodos de investigación	57

Capítulo iv

Resultados y propuesta

4.1 Introducción	58
4.2 Selección de elementos mecánicos y electrónicos	58
4.2.1 Elementos Mecánicos..	58
4.2.2 Elementos Electrónicos..	60
4.3 Diseño de la estructura	62
4.3.1 Esquema de la estructura.....	63
4.3.2 Diagrama de las reacciones que se aplican internamente en la estructura.	64
4.4 Diseño electrónico.....	69
4.4.1 Simulación de señales..	69
4.4.2 Simulación de los giros del motor del vehiculo con un lm 555.	69
4.4.3 Cálculo de frecuencia y resistencia para la simulación.	70
4.4.4 Programación del Módulo Arduino.....	75
4.5 Construcción de la estructura de la maqueta didáctica.....	77
4.5.1 Parámetros de la estructura.....	77
4.5.2 Proceso de soldadura y pintura de la estructura..	78
4.6 Implementación	78
4.6.1 Acoplamiento de los elementos mecánicos de la maqueta.	78
4.6.2 Acoplamiento de los elementos electrónicos de la maqueta.	79
4.7 Pruebas de funcionamiento	81
4.7.1 Verificación del funcionamiento del módulo ARDUINO..	81
4.7.2 Verificación del suministro de voltaje al regulador.	82
4.7.3 Verificación del funcionamiento de los botones y la LCD.	82
4.7.4 Verificación de potencia en el motor eléctrico de la dirección.....	82
4.7.5 Verificación de la reacción del motor eléctrico empleando varias resistencias.	82
4.7.6 Verificación del funcionamiento del sistema electrónico con el sistema mecánico.	82

Capítulo v

Conclusiones y Recomendaciones	
5.1 Conclusiones.....	844
5.2 Recomendaciones	85
Bibliografía	86
Linkografía.....	87

Anexos

Anexo 1.Taller 1.....	88
Anexo 2.Taller 2.....	89
Anexo 3.Taller 3.....	90
Anexo 4. Código del programa 1.....	91
Anexos 5. Código del programa 2	93
Anexos 6. Código del programa 3	93
Anexo 7. Traslado de la programación al ARDUINO.	94
Anexos 8. Programación de la LCD con el ARDUINO.....	934
Anexo 9. Vista superior de la estructura.....	95
Anexo 10.Vista Izquierda de la estructura	95
Anexo 11. Vista derecha de la estructura	96
Anexo 12. Proceso de soldadura y pintura	96
Anexo 13. Proceso de pintura.....	937
Anexo 14. Acoplamiento de los elementos mecánicos y electrónicos.	97
Anexo 15. Montaje.....	98
Anexo 16. Conexión de los elementos mecánicos y electrónicos.....	98
Anexo 17. Maqueta terminada	99

Índice de tablas

Tabla 1. Diagnóstico del sistema EPS.....	40
Tabla 2. Simbología y dimensiones de la ley de Ohm.	43
Tabla 3. Características técnicas del motor	56
Tabla 4. Pines de LCD	62
Tabla 5. Especificación del acero estructural ASTM500.....	66
Tabla 6. Pruebas realizadas de velocidad vs frecuencia	70
Tabla 7. Peso de los elementos del sistema de dirección.....	77
Tabla 8. Tabla de materiales para la estructura.....	77

Índice de figuras

Figura 1. Sistema de dirección.....	4
Figura 2. Mecanismo de tornillo sin fin.....	7
Figura 3. Mecanismo de tornillo sin fin y sector dentado.....	8
Figura 4. Mecanismo de tornillo sin fin y bolas circulantes.....	9
Figura 5. Mecanismo de tornillo sin fin y rodillo.....	9
Figura 6. Mecanismo de dirección de cremallera	9
Figura 7. Asistencia hidráulica en la dirección	11
Figura 8. Asistencia electrohidráulica en la dirección	11
Figura 9. Asistencia electrónicamente en la columna de dirección.....	12
Figura 10. Asistencia electrónicamente en el piñón de la dirección.....	13
Figura 11. Asistencia electrónicamente en la cremallera de dirección	13
Figura 12. Componentes que intervienen en el sistema electrónico de la dirección.....	14
Figura 13. Sensor de ángulo de dirección	15
Figura 14. Sensor par de dirección.....	15
Figura 15. Sensor de régimen	16
Figura 17. Módulo EPS de dirección.....	17
Figura 19. Sistema de dirección asistida electrónicamente en la columna	19

Figura 20. Sensor de velocidad del vehículo	21
Figura 21. Señal normal del sensor de velocidad del vehículo Hyundai Accent 2008	22
Figura 22. Sistema de dirección asistida electrónicamente.....	22
Figura 23. Función de la dirección en maniobra de aparcamiento.....	23
Figura 24. Funcionamiento de la dirección en circulación de baja velocidad.....	24
Figura 25. Funcionamiento de la dirección en circulación de alta velocidad	25
Figura 26. Funcionamiento de la dirección en retro giro activo	26
Figura 27. Diagrama electrónico del sistema EPS	27
Figura 29. Conectores de la unidad de control de la dirección EPS.....	28
Figura 30. Pines de funcionamiento sistema EPS.....	29
Figura 31. Motor eléctrico del sistema EPS.....	30
Figura 32.- Gráfico del conector del motor eléctrico.....	31
Figura 33. Cables del motor eléctrico	31
Figura 34. Ubicación del Sensor de torque	32
Figura 35. Sensor de torque	33
Figura 36. Conector ECU	33
Figura 37. Sensor de régimen del motor.....	34
Figura 38. Sensor de velocidad del vehículo	35
Figura 39. Testigo de averías del sistema EPS.....	35
Figura 40. Circuito de diagnóstico de suministro de voltaje EPS	36
Figura 41. Circuito de diagnóstico de la línea CAN BUS EPS	38
Figura 42. Circuito de diagnóstico de la línea CAN BUS apagada EPS.....	39
Figura 43. Triángulo de la Ley de Ohm.....	43
Figura 44. Tipos de señales	44
Figura 45. Fuente de alimentación.....	45
Figura 46. ARDUINO	47
Figura 47. Lenguaje del programa ARDUINO	49

Figura 48. Cable de datos ARDUINO.	51
Figura 49. Ejemplo de los tres pasos a seguir en el programa ARDUINO	51
Figura 50. Diagrama interno de un temporizador de circuito integrado 555.....	54
Figura 51. Esquema de aplicación astable 555	55
Figura 52. Cremallera Hyundai Accent 2012.....	59
Figura 53. Suspensión Chevrolet San Remo.....	59
Figura 54. Brida universal.....	60
Figura 55. Unidad de dirección EPS.....	61
Figura 56. Módulo relé.....	61
Figura 57. Arduino.....	62
Figura 58. Vista frontal de la estructura (elaborada en INVENTOR).....	63
Figura 59. Vista isométrica de la estructura (elaborada en INVENTOR)	63
Figura 60. Diagrama de reacciones q se aplican a la estructura (elaborada en INVENTOR)	64
Figura 61. Puntos de flexión en la viga.....	65
Figura 62..Diagrama de momentos.....	66
Figura 63. Puntos de flexión en los soportes	67
Figura 64. Diagrama de la sumatoria de momentos.....	68
Figura 65. Diagrama de control del funcionamiento del sistema	69
Figura 66. Frecuencia de la generación de pulsos de motor del vehículo en un intervalo de tiempo	70
Figura 67. Señal del sensor de velocidad	71
Figura 68. Capacitancia	72
Figura 69. Diagrama electrónico del 555	74
Figura 70. Frecuencia de generación de los pulsos generados por el motor eléctrico para asistir a la dirección.....	74
Figura 71. Configuración del diseño electrónico del modulo de dirección	75
Figura 72. Flujograma de funcionamiento	76
Figura 73. Montaje de los elementos mecánicos y electrónicos	79

Figura 74. Circuito final de funcionamiento.....	80
Figura 75. Conexión del ARDUINO	80
Figura 76. Acoplamiento de los elementos mecánicos y electrónicos	81

Resumen

Se realiza la construcción de una Maqueta del sistema de dirección electrónica del vehículo Hyundai Accent 2008, con el objetivo de contribuir a la formación académica de los estudiantes del área Automotriz de la Universidad Técnica del Norte.

Se analiza el funcionamiento del sistema EPS (Dirección de Asistencia Eléctrica) ligero y compacto que con lleva una serie de ventajas para el futuro. Además, de mejorar el ahorro de combustible gracias a su menor peso. El sistema de dirección que transmite las condiciones de la carretera al conductor adecuadamente, resulta indispensable para una conducción segura y confortable. Mediante la aplicación de su control de precisión único, basado en pruebas con vehículos en movimiento, se estudian los elementos y componentes del sistema de dirección asistida con control electrónico, las diferentes señales que recibe el módulo de control para el funcionamiento del sistema. Se verifica también las características técnicas del motor eléctrico de asistencia, las características del sistema y la selección de los componentes de la dirección, tanto mecánicos como electrónicos.

La construcción de la maqueta se basa en un sistema de dirección de un Hyundai Accent 2008 con asistencia eléctrica, el cual fue montado sobre una estructura previamente diseñada, teniendo en cuenta aspectos importantes como: seguridad y accesibilidad para facilitar su manipulación. El diseño mecánico del sistema se basa en la demostración del funcionamiento de la dirección en la maqueta, para lo cual se emplean piezas de otro vehículo, y otras propias de la marca Hyundai.

Además, el diseño electrónico de las señales que reemplazan a los sensores del motor del vehículo, como la señal de velocidad del vehículo VSS y rpm del motor CMP, se programa una tarjeta electrónica ARDUINO, ingresando valores propios del vehículo mientras está en marcha, un relé para activar el motor eléctrico de dirección, y así permitir el funcionamiento del sistema en la maqueta, para lo cual también se tiene como suministro de energía a la batería del automóvil. Para optimizar la manipulación de la maqueta, se cubre la estructura con mica transparente y mdf, mejorada estéticamente.

Abstract

Building a model of electronic direction of the vehicle Hyundai Accent 2008 is performed, with the aim of contributing to the academic training of students in the automotive area of the Technical University of North.

The operation of EPS (Electric Power Assist Steering) system lightweight and compact carries a number of advantages for the future, while improving fuel economy thanks to its lower weight is analyzed. The steering system, which transmits road conditions the driver properly, it is essential for safe and comfortable driving. By applying its unique precision control based on tests with moving vehicles, elements and components of the steering system electronically controlled studies, the different signals received by the control module for system operation. We also verify the technical characteristics of the electric motor assistance, system features, and selection of components address both mechanical and electronic.

The construction of the model is based on a steering system of a 2008 Hyundai Accent with electric assist, which was mounted on a structure previously designed taking into account important aspects such as security and acesebilidad for easy handling. The mechanical design of the system is based on the demonstration of the direction in the model, for which another vehicle parts and other characteristics of the Hyundai brand is used.

In addition, the electronic design cues that replace the motor vehicle sensors as signal VSS vehicle speed and engine rpm CMP is programmed card will ARDUINO entering eigenvalues vehicle while in motion, a relay activate the electric drive motor and thus allow operation of the system in the model, for which it also has the power to the car battery. To optimize the handling of the model structure is covered with transparent mica and mdf, improved aesthetically.

Capítulo i

El problema de investigación

1.1 Antecedentes

En los primeros vehículos a motor, el accionamiento de la dirección se realizaba mediante una palanca o manubrio. Posteriormente, por razones prácticas se adoptó el volante redondo que hasta hoy conocemos; además, se hizo necesario darle firmeza al sistema logrando cierta irreversibilidad, sobre todo cuando las ruedas chocaban contra un objeto sólido o ante las irregularidades del camino, que repercutían con violencia sobre el volante, haciéndole perder el rumbo al vehículo con gran facilidad, con los peligros consiguientes.

La mezcla de estas dos características, produjo a lo largo de su evolución, sistemas más suaves, precisos y sensibles para el conductor, que debe percibir a través de él, y el camino por el que transita. La dirección asistida es un sistema mediante el cual se reduce la fuerza (par de giro), que ha de efectuar el conductor sobre el volante de un coche para accionar la dirección.

Una de las características importantes es que en estas direcciones se elimina todo el circuito hidráulico: la bomba de alta presión, depósito, válvula de distribución y ductos de canalizaciones. Todo es sustituido por un motor eléctrico que acciona un mecanismo conocido como reductor, y que se compone de una corona más un tornillo sinfín, que se encarga de mover la cremallera de la dirección.

1.2 Planteamiento del problema

La carrera de “Ingeniería en Mantenimiento Automotriz”, de la Universidad Técnica del Norte, no cuenta con una maqueta del sistema de dirección asistida electrónicamente, por lo que se ha visto la necesidad de implementar este sistema, con la finalidad de que sirva como material didáctico para la práctica de los estudiantes de la Carrera de Ingeniería de Mantenimiento Automotriz , de la Universidad Técnica del Norte.

1.3 Formulación del problema

¿Cómo construir una maqueta del sistema de dirección asistida electrónicamente, que sirva de material didáctico para los estudiantes de Ingeniería de Mantenimiento Automotriz?

1.4 Delimitación de la investigación

1.4.1 Temporal. El presente trabajo de investigación se lo realiza desde el mes de julio del 2013 hasta el mes de julio del 2014, aproximadamente.

1.4.2 Espacial. Este trabajo se lo realiza en los talleres de Mecánica Automotriz de la Universidad Técnica del Norte, de la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General. Construir una maqueta del sistema de dirección electrónica de un Hyundai Accent 2008.

1.5.2 Objetivos Específicos.

- Realizar un estudio sobre el funcionamiento del sistema de dirección asistida electrónicamente.
- Utilizar una tarjeta electrónica programable ARDUINO, para simular señales para el funcionamiento del sistema de dirección asistida electrónicamente.
- Construir la estructura donde va montado el sistema de dirección.
- Realizar pruebas de funcionamiento.

1.6 Justificación

En la actualidad se ha visto la necesidad de utilizar direcciones asistidas electrónicamente, ya que el sistema brinda mayores beneficios y ayuda a proteger el medio ambiente, al no utilizar líquido hidráulico para la asistencia y se aprovecha de mejor manera la potencia del motor de combustión, debido a que ya no se le resta la potencia que anteriormente le entregaba a la bomba de dirección.

La realización de este Proyecto y el diseño de la maqueta se convierte en una herramienta útil de aprendizaje de los sistemas de dirección asistida EPS (Electronic Power Steering), para estudiantes y docentes en el área Automotriz.

El sistema de dirección asistida electrónicamente, es un avance muy importante en lo que tiene que ver con seguridad activa del vehículo. Este sistema nos asegura disminuir el esfuerzo ejercido sobre el volante por parte del conductor para una mayor comodidad, sino también que a cualquier régimen de velocidad del vehículo, el esfuerzo en el volante debe adaptarse a las necesidades del conductor. Dicho de otra manera, para girar o realizar una maniobra se debería aplicar un idéntico par de giro en el volante, tanto a 0 Km/h como a 180Km/h.

Según las observaciones realizadas a vehículos Hyundai New Accent, de fabricación posterior al año 2006, la problemática en el EPS (Electronic Power Steering), se presenta entre los 50 mil y 80 mil kilómetros de uso del vehículo en carretera.

Capítulo II

Marco Teórico

2.1 Sistema de dirección

El sistema de dirección es el conjunto de mecanismos encargados de direccionar las ruedas delanteras, para que el vehículo tome la trayectoria deseada por el conductor. El sistema de dirección debe cumplir con aspectos necesarios para facilitar la conducción del vehículo, tales como:

- Comodidad
- Suavidad
- Precisión
- Facilidad de manejo
- Estabilidad

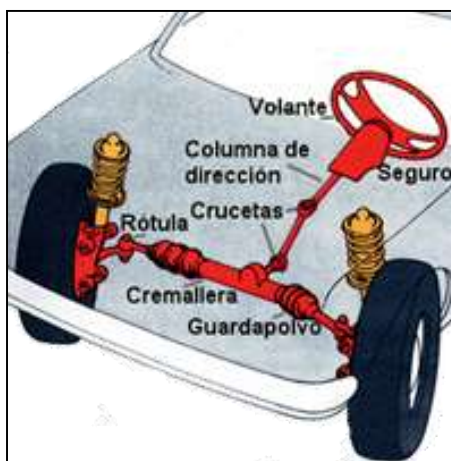


Fig. 1.

Sistema de dirección (Mecánica del automóvil, 2014)

2.1.1 Estructura de la dirección.

- Volante: Recibe y aplica el esfuerzo ejercido por el conductor, a tomar la trayectoria deseada.
- Columna de dirección: Transmite el movimiento direccional desde el volante al mecanismo de dirección.
- Mecanismo de dirección: Recibe el movimiento de la columna de dirección, y lo entrega a los brazos de dirección.

- Brazos de dirección: Son las encargadas de transmitir el movimiento del mecanismo de dirección a la rueda.
- Ruedas delanteras: Son las encargadas de tomar la trayectoria deseada por el conductor.

2.1.2 Evolución de los sistemas de dirección. La aplicación de la electrónica en los automóviles ha ido evolucionando de manera rápida, al ser aplicada en varios sistemas de vehículos modernos, como es el sistema de freno antibloqueo ABS y en los motores de combustión interna, el uso de la electrónica en el automóvil tiene como objetivo mejorar el rendimiento, seguridad y costos de operación.

Recientemente, la electrónica se ha encaminado en los sistemas de dirección electrónica para mejorar la estabilidad, seguridad y comodidad de giro del volante, apoyando a los anteriores tipos sistemas de dirección, como son: mecánicas, hidráulicas, eléctricas.

Anteriormente el accionamiento de la dirección se lo realizaba a través de una palanca o manubrio. Consecuentemente, por razones técnicas, se adoptó el uso del volante redondo que hasta hoy en la actualidad se lo conoce, lo cual se hizo necesario darle sujeción al sistema logrando cierta irreversibilidad; más aún, cuando las ruedas chocaban contra un objeto sólido o ante las irregularidades del camino, produciendo cierta desestabilidad en la dirección.

Adicionalmente, al girar el volante debía ser una operación sencilla y suave de maniobrar, por lo cual, se aplicó los primeros sistemas de desmultiplicación. Al emplear estos sistemas de reducción, produjo a lo largo de su evolución, sistemas más suaves, precisos y sensibles para el conductor, que debe percibir a través de él, el camino por el que transita. Esto facilitaba y asistía a la dirección, en caso de ser necesario al aumentar o disminuir la velocidad.

2.1.3 Características que debe reunir todo sistema de dirección. El sistema de dirección es un componente básico dentro de la seguridad activa del vehículo, debido a que este sistema tiene la misión de orientar las ruedas delanteras, correctamente, de acuerdo a

la trayectoria deseada por el conductor. Es por ello que, debe cumplir con las siguientes características (Rueda Santander, 2010, pág. 32) :

- Seguridad.- Esta característica depende del tipo de mantenimiento que se le dé a la dirección, ya que esta forma parte de la seguridad activa del vehículo, como también interviene la calidad de los materiales utilizados en su fabricación.
- Suavidad.- La suavidad en el sistema de dirección depende de un buen montaje, una adecuada desmultiplicación y siempre tener un correcto engrase, para obtener una buena reacción del sistema durante la utilización del sistema.
- Precisión.- Esto se consigue haciendo que la dirección no sea ni muy dura ni muy suave, que tenga la capacidad de responder a cualquier tipo de maniobra ejecutada por el conductor. Las causas que pueden afectar en la precisión en la dirección son:
 - Juego en los componentes de la dirección.
 - Falsos redondeos en los neumáticos (consumo desigual).
 - Desequilibrio en las ruedas.
 - Irreversibilidad.- La dirección debe ser semi reversible, el volante ha de transmitir el movimiento a las ruedas; sin embargo, a pesar de las irregularidades del camino, no deben transmitir las vibraciones al volante. Esta permite que las ruedas recuperen su posición, con un pequeño esfuerzo ejecutado por el conductor después de girar el volante.
- Estable y progresiva.- Esta debe mantenerse fija durante la trayectoria y progresiva, para ejecutar los giros de las ruedas, para que sean iguales a los giros del volante.

2.2 Tipos de sistemas de dirección

Todos los sistemas de dirección trabajan con una caja de dirección de dos tipos: “Piñón y cremallera”, y sistema integral o “tornillo sin fin”. Ambos sistemas son confiables, pero su aplicación es diferente: el sistema de piñón y cremallera se utiliza en vehículos pequeños de menor peso; y, el sistema de tornillo sin fin, se emplea en vehículos de mayor peso y construcción más robusta.

Existen varios principios que influyen en la fuerza de giro del volante, como: la presión de aire en el neumático, el contacto con el suelo, la velocidad y peso del vehículo, siendo los factores principales que se toma en cuenta al momento de conducir. Uno de los objetivos en el área de desarrollo automotriz ha sido el reducir el esfuerzo de giro del volante en función de la seguridad y comodidad del conductor, por lo que existen dos tipos de dirección:

- Dirección mecánica.
- Dirección asistida.

2.2.1 Dirección mecánica. La dirección mecánica no tiene ningún tipo de asistencia, sea de aire, líquido hidráulico o asistencia eléctrica; es por ello que, generalmente al maniobrar el volante de dirección, es duro. Está formada por elementos totalmente mecánicos y simples, para hacer girar las ruedas, esta utiliza dos tipos de mecanismos, como:

- Mecanismo de tornillo sin fin.
- Mecanismo de cremallera.

2.2.1.1 Mecanismo de tornillo sin fin. Es un mecanismo que está basado en un tornillo sin fin. Está unido al árbol de volante, encargado de transmitir el movimiento a la columna de dirección hacia las barras de acoplamiento.

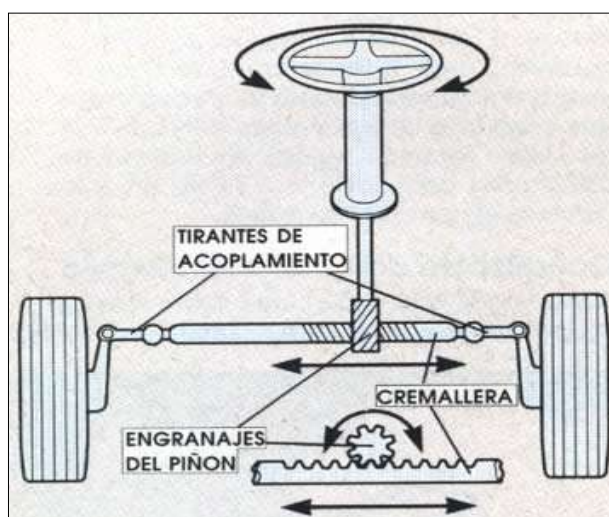


Fig. 2

Mecanismo de tornillo sin fin (Bacanalnica, 2014)

De esta forma, se reduce el esfuerzo ejercido por el conductor al maniobrar el volante de dirección; al reducir dicho esfuerzo, también reducimos el contacto entre la rueda y el volante, lo cual amortigua también las irregularidades de la carretera que se transmite al volante. Dentro de este sistema, encontramos también a otros tipos de mecanismos:

- Tornillo sinfín y sector dentado
- Tornillo sinfín y rodillo
- Tornillo sinfín y bolas circulantes

2.2.1.2 Mecanismo de tornillo sinfín y sector dentado. Este mecanismo está formado por un sinfín cilíndrico, apoyado en sus extremos sobre dos cojinetes de rodillos cónicos. El movimiento se transmite a la palanca de mando a través de un sector dentado, cuyos dientes engranan con el tornillo sinfín en toma constante.



Fig. 3

Mecanismo de tornillo sinfín y sector dentado (Circuitos de fluidos suspecion y dirección., 2014)

2.2.1.3 Mecanismo de tornillo sinfín y bolas circulantes. Este mecanismo emplea una serie de bolas circulares en la unión del tornillo sinfín y la tuerca. La función de las bolas es reducir el desgaste y mejorar el movimiento entre los elementos; esto también reduce el esfuerzo al girar el volante.



Fig. 4.

Mecanismo de tornillo sinfín y bolas circulantes (www.hispaniatecnica.com, 2014)

2.2.1.4 Mecanismo de tornillo sinfín y rodillo. Formado por un sinfín globoide apoyado en cojinetes de rodillos cónicos. Un rodillo está apoyado en el tornillo sinfín, que al girar desplaza lateralmente un rodillo, produciendo un movimiento angular en el eje de la palanca de ataque.

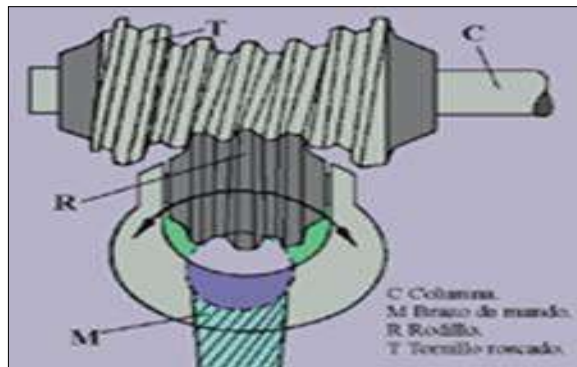


Fig. 5

Mecanismo de tornillo sinfín y rodillo (Mecánica automotriz. blogspot, 2012)

2.2.1.5 Mecanismo de dirección de cremallera. La cremallera es un elemento de desmultiplicación, una pieza dentada que describe un movimiento rectilíneo en uno u otro sentido, según la rotación del piñón. Este sistema se caracteriza por su rendimiento mecánico, al ser un mecanismo reductor de esfuerzo y su facilidad de montaje al estar acoplado directamente en los brazos de las ruedas.

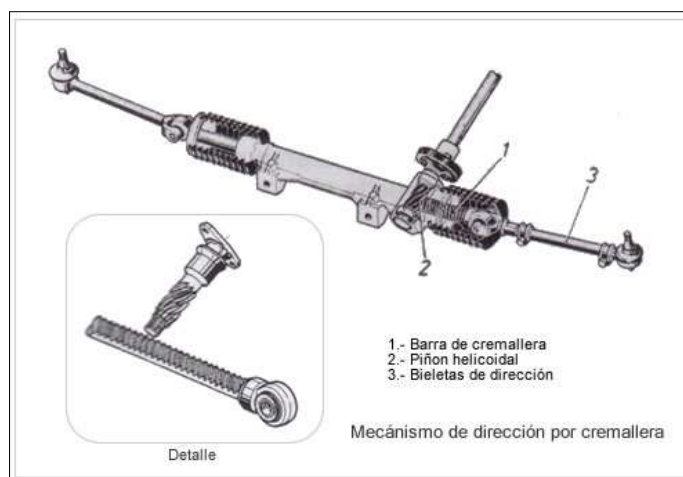


Fig. 6

Mecanismo de dirección de cremallera (Aficionados a la Mecánica, Sistema de dirección., 2006)

2.2.2 Direcciones asistidas. Este sistema utiliza una fuente de energía hidráulica o energía eléctrica para facilitar el giro volante y ofrecer comodidad y respuesta rápida de la dirección al conductor. Estas se clasifican en:

- Sistema de dirección asistida hidráulicamente.
- Sistema de dirección asistida eléctricamente.

2.2.2.1 Asistencia hidráulica. Al emplear anteriormente los sistemas de reducción, se aplicaba relaciones altas, para lo cual se necesitaba dar un mayor número de vueltas al volante, lo que producía la pérdida de la estabilidad del volante al realizar algunos tipos de maniobras.

Este problema fue resuelto con la aplicación del sistema de asistencia hidráulica, ya que el funcionamiento sigue siendo mecánico, empleando un sistema hidráulico para asistir al sistema mecánico, utilizando un control electrónico de la presión que controla el régimen de giro del volante.

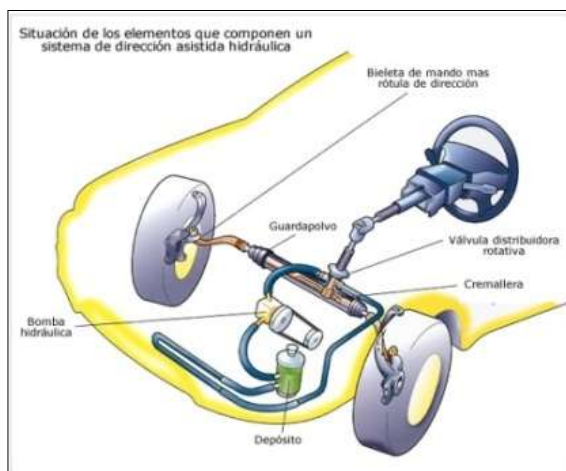


Fig. 7

Asistencia hidráulica en la dirección (Aficionados a la Mecánica, Sistema de dirección., 2006)

2.2.2.2 Sistema de dirección asistida electro-hidráulicamente. Este sistema trabaja con un motor eléctrico que impulsa a la bomba hidráulica. Su principal ventaja es que, al no estar conectada con el motor evita fallas en la transmisión por correa, reduce el consumo de combustible, ya que solamente funciona cuando el conductor aplica giro en el volante; el motor eléctrico de este sistema se alimenta de la batería del vehículo.



Fig. 8

Asistencia electrohidráulica en la dirección (Volkswagen, 2013)

2.2.3 Sistemas de dirección asistidas electrónicamente. El sistema de dirección electrónica EPS (Electronic Power Steering) utiliza un motor eléctrico, para ayudar a reducir el esfuerzo aplicado al momento de girar el volante.

Este sistema de dirección suprime todo el circuito hidráulico al utilizar un motor eléctrico que asiste al sistema de dirección. El motor eléctrico puede ubicarse en tres lugares diferentes para la lograr asistencia en la dirección, dependiendo del tipo de ubicación que se aplique en diferentes marcas de vehículos. Este tipo de asistencia la encontramos en algunas marcas de vehículos, dependiendo de su año de fabricación, y en diferentes modelos como: Hyundai Accent 2008, Citroen C4, Peugeot 207. (Roldan Vilorio, 2011, pág. 46)

- Column drive: Se aplica la asistencia en la columna de dirección.
- Pinion drive: Se aplica la asistencia en el piñón de la dirección.
- Rack drive: Se aplica la asistencia en la cremallera de la dirección.

2.2.3.1 Asistida electrónicamente en la columna de dirección. Este sistema es el más utilizado y con menor costo de operación, va montado en vehículos de menor peso, cuyo tren delantero es bajo. El motor eléctrico va situado en la parte de la columna de dirección, ubicada en el habitáculo del vehículo y el inconveniente de las altas temperaturas generadas por el motor de combustión interna que afecta al motor eléctrico de la dirección, está solucionado.

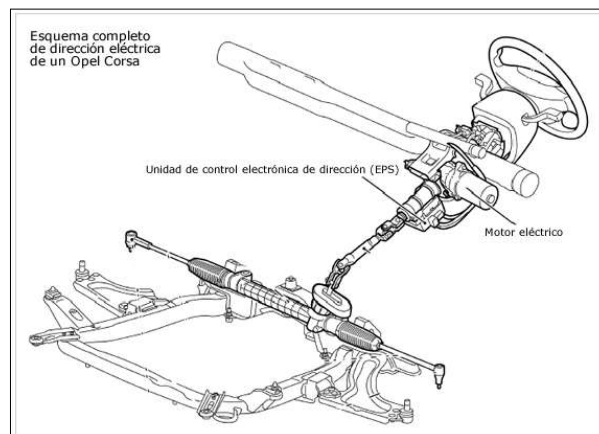


Fig. 9

Asistencia electrónicamente en la columna de dirección (HYUNDAI, 2008)

2.2.3.2 Asistida electrónicamente en el piñón. Es la más fácil en términos de instauración, ya que el motor eléctrico se encuentra ubicado al iniciar la columna de dirección iniciando la cremallera. De esta forma la columna y los cardanes no se ven afectados por el par entregado por el motor eléctrico.



Fig. 10

Asistencia electrónicamente en el piñón de la dirección (Automovil., 2007)

2.2.3.3 Asistida electrónicamente en la cremallera. Este tipo de asistencia se encuentra en los vehículos de gama alta, debido a que su tren delantero tiene la capacidad de soportar mayor peso. El motor eléctrico está incorporado en la cremallera del sistema.

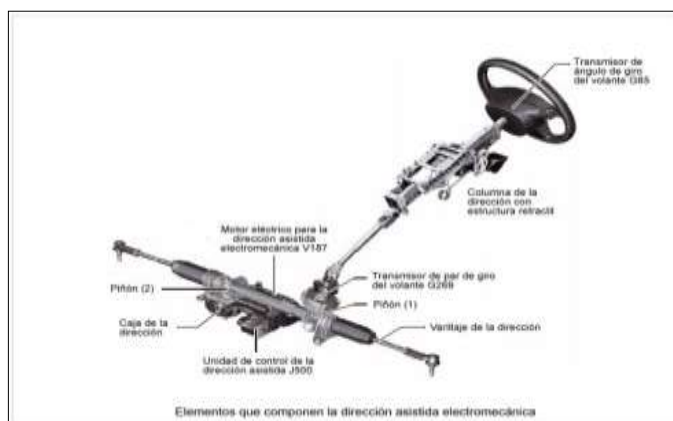


Fig. 11

Asistencia electrónicamente en la cremallera de dirección (Automovil., 2007)

2.2.4 Componentes y estructura del sistema EPS (Electronic Power Steering)

El sistema de dirección asistida electrónicamente tiene como elementos principales: el sensor de par que va montado en el eje del volante, un motor eléctrico que va acoplado al cuerpo de dirección, y una unidad de control de dirección (ECU), que se encarga de monitorear el funcionamiento de la dirección y acciona el motor eléctrico. Al girar el volante, el sensor de par capta la fuerza que se lo acciona, y la señal se transmite a la unidad de control de la dirección, la misma que envía una señal que se acciona el motor eléctrico y ayuda a girar al eje de la cremallera de la dirección.

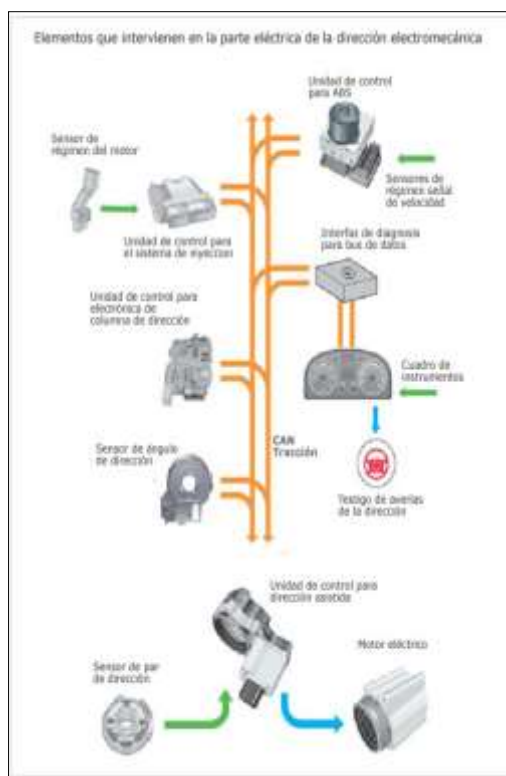


Fig. 12

Componentes que intervienen en el sistema electrónico de la dirección
(Mecánica, 2009)

2.2.4.2 Sensor de ángulo de dirección. El sensor de ángulo de dirección se encuentra instalado en la columna de dirección, cuya función es enviar señales continuas del giro del volante realizadas por el conductor. El sensor de ángulo de dirección emite la señal a través de la línea CAN-BUS de datos hasta la unidad de control de la dirección asistida (ECU EPS), el cual posee dos potenciómetros desfasados en 90° , que comprenden un giro completo del volante; es decir, que los valores se repiten respectivamente entre $\pm 180^\circ$.

El sensor de ángulo detecta cuántas veces se ha girado el volante, y calcula el ángulo total producido entre todos los giros, realizados por el conductor, con la finalidad que este ángulo esté en disposición a cada momento, incluso cuando el vehículo esté en condición de parada. El sensor de ángulo trabaja con suministro de corriente; en el caso que éste falle, la señal de falla será reflejada en el testigo de averías.

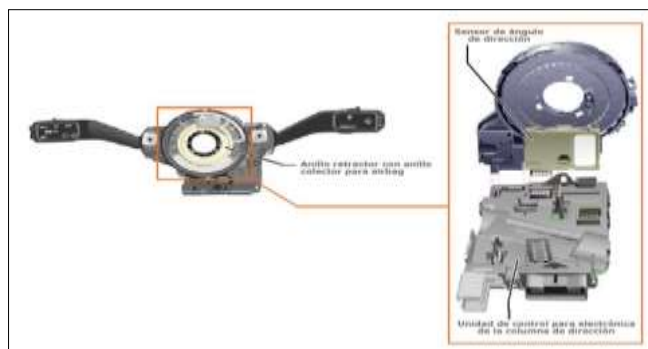


Fig. 13

Sensor de ángulo de dirección (Mecánica, 2009)

2.2.4.2 Sensor de par de dirección. El sensor de par de giro une a la columna y la caja de dirección mediante una barra de torsión, este sensor trabaja según el principio magneto resistivo, el cual posee una rueda polar magnética de diferente polaridad, a través del cual se mide el par de mando a la dirección, con la ayuda del sensor de par de dirección directamente aplicando en la caja de dirección. Gracias a este sensor es posible medir el par aplicado en la dirección, y se le puede transmitir a la unidad de control en forma de señal.

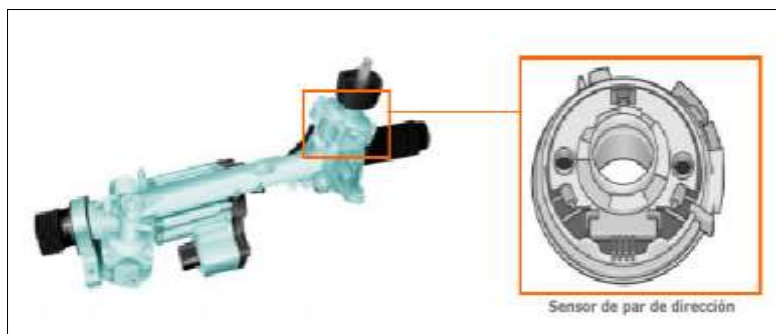


Fig. 14

Sensor par de dirección (Mecánica, 2009)

2.2.4.3 Sensor de régimen del motor. El sensor de régimen del motor, al igual que el sensor de par de dirección, trabajan con el principio magneto-resistivo, a través del cual se puede realizar mediciones angulares y de velocidad rotacional, que se aplica en sistema de control de motores. Este sensor detecta el número de revoluciones que realiza el cigüeñal; dato que es necesario para poder excitar al motor eléctrico de la dirección, para calcular la asistencia al sistema EPS con precisión.

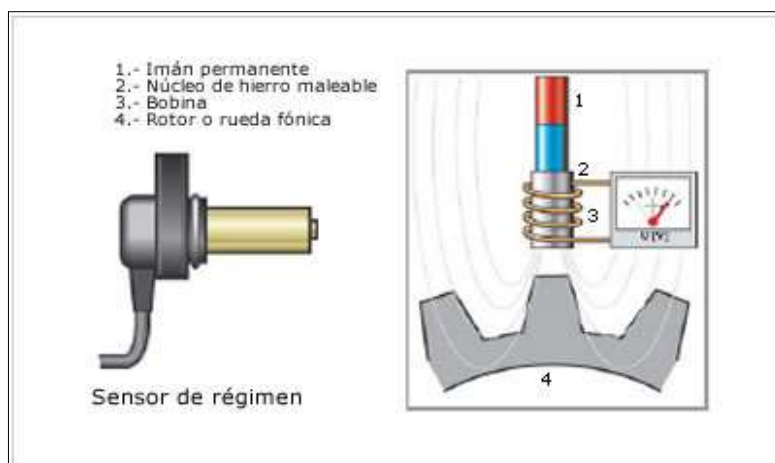


Fig. 15.

Sensor de régimen (Mecánica, 2009)

2.2.4.4 Sensor de velocidad de marcha del vehículo. El sensor de velocidad VSS es captador magnético que proporciona una señal de corriente alterna, al incrementar la velocidad del vehículo, la frecuencia y el voltaje aumentan. La señal de velocidad de vehículo es suministrada por la unidad de control ABS, o por el sensor de velocidad que se encuentra en la caja de cambios.

2.2.4.5 Motor eléctrico. El motor eléctrico se asemeja a un motor asíncrono sin escobillas, este motor efectúa un par máximo adecuado para la asistencia de la dirección. Este motor no posee campo magnético permanente ni excitación eléctrica. El motor eléctrico tiene una respuesta breve, como cual resultan aceptados los movimientos de la dirección, va integrado en una carcasa de aluminio a través de un engranaje sin fin y un piñón de accionamiento, que enviste contra la cremallera; y así, trasmite la fuerza de asistencia para la dirección.

El motor eléctrico recibe la señal de asistencia, calculada directamente de la unidad de control de la dirección (EPS), lo cual, a través del motor eléctrico se calcula la asistencia al momento de maniobrar la dirección.



Fig. 16

Motor eléctrico de dirección (Autores)

2.2.4.6 Unidad de control para la dirección. La unidad de control para la dirección va establecida en el motor eléctrico, por lo cual se elimina el cableado complejo hacia los elementos del sistema de dirección asistida. La unidad de control calcula en todo momento la intensidad adecuada de accionamiento del motor eléctrico para calcular su asistencia. La unidad de control recibe señales de entrada que son:

- Señal de sensor de velocidad del vehículo VSS.
- Señal régimen del motor.
- Señal ángulo de dirección.
- Señal de régimen del rotor y par de dirección.



Fig. 17

Módulo EPS de dirección (Autores)

2.2.4.7 Testigo de averías. Está ubicado en el tablero de instrumentos, informa al conductor de cualquier falla o avería en el sistema eléctrico. Al iniciar el encendido del vehículo se realiza una autoevaluación dentro del sistema. Al no tener ninguna falla, el testigo se apaga inmediatamente.

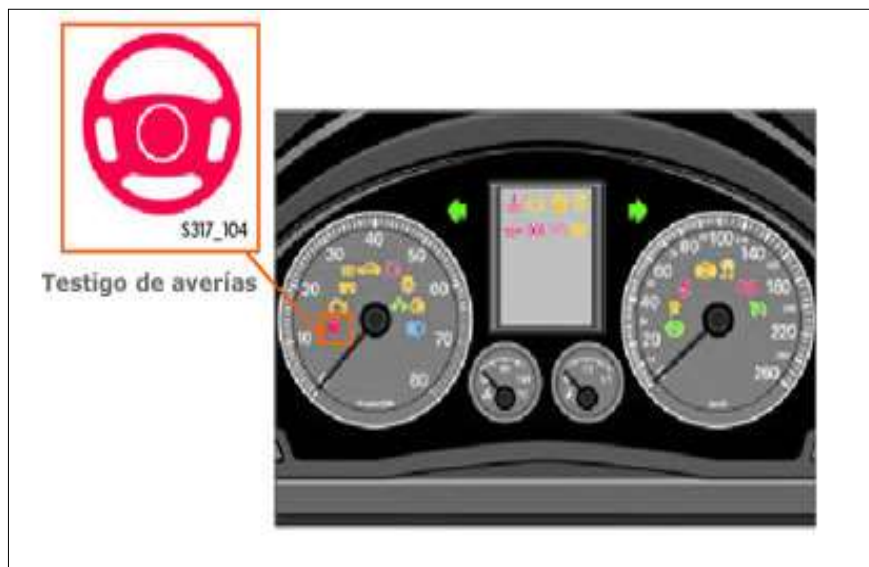


Fig. 18

Testigo de averías (Mecánica, 2009)

2.2.5 Ventajas y desventajas del sistema de dirección asistida electrónicamente. Una de las ventajas principales que presenta este tipo de asistencia electrónica en la dirección es que suprime todo el circuito hidráulico por un motor eléctrico, regula el consumo de combustible y no emite gases contaminantes al medio ambiente.

Entre otros beneficios tenemos:

- El circuito hidráulico es reemplazado por un motor eléctrico.
- No utiliza líquido hidráulico.
- El espacio requerido por el sistema es menor, ya que todos los elementos actúan directamente en la caja de dirección.
- Reducción del consumo energético, ya que consume corriente cuando realmente se mueve la dirección.
- Respuesta directa a cualquier situación requerida por el conductor, no transmite ciertas irregularidades del camino.
- La mayor desventaja que presenta este tipo de asistencia es que no es aplicada a

cualquier tipo de vehículo, debido que se debe tener en cuenta varios aspectos, entre ellos: el peso del vehículo, tamaño del motor, ruedas más grandes, lo que produciría un mayor consumo de corriente; y esto no es posible para el motor, debido a que la capacidad de carga es limitada. Entre otras desventajas: la reparación de este sistema es más compleja y más costosa. Es un sistema muy sensible a cualquier golpe, de ser el caso, se debería reemplazar totalmente el sistema.

2.3 Sistema de dirección asistida electrónicamente en la columna de dirección del vehículo Hyundai Accent 2008. MDPS (Motor Driven Power Steering)

2.3.1 Introducción. El sistema de dirección eléctrica tiene variaciones en su aplicación de la fuerza de asistencia. En este tipo de vehículos, se emplea el tipo de asistencia Column Drive (figura 9), la cual a diferencia de los otros tipos de sistemas, es el más comercial por ser liviano, menos costo y el manejo es complejo. Este tipo de sistema lo encontramos en vehículos de gama media, que son: Hyundai Accent, Toyota Corola, Skoda, Volkswagen, y en modelos del 2008 en adelante.

El sistema MC_MDPS (Motor Driven Power Steering) O EPS (Electronic Power Steering) fue desarrollado para facilitar el sistema de dirección, con un motor eléctrico, situado en la columna de dirección al momento de direccionar el vehículo, eliminando la necesidad de todo el circuito hidráulico, al emplear un motor eléctrico. En este tipo de sistema de dirección ayudamos a preservar el medio ambiente, debido a que no se utiliza aceite hidráulico para la asistencia a la dirección, se reduce el peso y espacio eliminando la línea de presión hidráulica en el alojamiento del motor. (HYUNDAI, 2008, pág. 2)



Fig. 19

Sistema de dirección asistida electrónicamente en la columna (HYUNDAI, 2008)

2.3.2 Principio de funcionamiento. Este sistema trabaja con cuatro señales principales que son:

- Señal de velocidad del vehículo.
- Señal de régimen del motor de combustión.
- Señal principal del sensor de par de dirección.
- Señal auxiliar del sensor de par de dirección.

Estos sensores se activan cuando el vehículo se enciende y la unidad de control de dirección recibe las señales necesarias para su funcionamiento. La señal de velocidad del vehículo es generada por el sensor de velocidad VSS, este informa a la unidad de control la velocidad del vehículo a la que se está conduciendo y el número de revoluciones producidas por el sensor de rpm CKP del motor.

La unidad de control recibe las señales de velocidad del vehículo y revoluciones del motor, para comparar los datos que se ha ingresado, se compara con las curvas que están implementadas en la misma unidad de control. Al girar el volante a la derecha o a la izquierda, el sensor de par de dirección, mismo que está incorporado en la columna de dirección recibe la magnitud de torsión que se está empleando y según a qué lado se gire el volante produce una señal principal de asistencia.

Para cada giro del volante, habrá diferentes valores de asistencia calculados por la unidad de control de la dirección. La unidad de control calcula la asistencia necesaria para que el motor eléctrico produzca la asistencia según las condiciones de manejo que se esté empleando. La fuerza de la asistencia se aplica a la columna de dirección debido a que se trata del sistema column drive lo cual el motor eléctrico está ubicado en la columna de dirección.

De esta forma, se encuentran dos fuerzas de asistencia: una producida por el motor eléctrico; y la otra, efectuada por el conductor. Estas dos fuerzas son transmitidas a la cremallera. El motor eléctrico, sensor de par y la unidad de control de la dirección forman un solo conjunto.

2.3.2.1 Señal sensor de velocidad del vehículo. Este sensor trabaja dependiendo de la velocidad que se le esté dando al vehículo. Si la velocidad es alta, la corriente del motor eléctrico disminuye a medida que el esfuerzo que se necesita para maniobrar la dirección del volante aumenta, y a su vez la corriente controla el desempeño del sistema de dirección. Este sensor nos envía la señal desde el piñón de arrastre del velocímetro de la caja de cambios, y luego hace un principio del efecto hall, que emite o recibe impulso digital magnético a través de la medición de las vueltas que produce el cigüeñal. (HYUNDAI, 2008, p. 16)



Fig. 20

Sensor de velocidad del vehículo (Teseomotor, 2014)

El EPS recibe la señal que envía este sensor en modo de impulsos y la corriente realiza el trabajo de controlar al motor eléctrico. La señal del sensor no es un factor crítico de seguridad del sistema, porque mientras el sensor no funcione, el motor de asistencia no se apagará, o no dejara de funcionar; mientras la corriente baje, el orden del esfuerzo aumenta.

El objetivo del sensor de velocidad es informar la velocidad del motor, para que la unidad de control realice la función de calcular y controlar la asistencia del motor eléctrico, con la finalidad que cuando el vehículo aumenta de velocidad, automáticamente la asistencia del motor eléctrico baje; y si la velocidad del vehículo disminuye la asistencia calculada por la unidad de control y motor eléctrico, aumente su asistencia a la dirección.

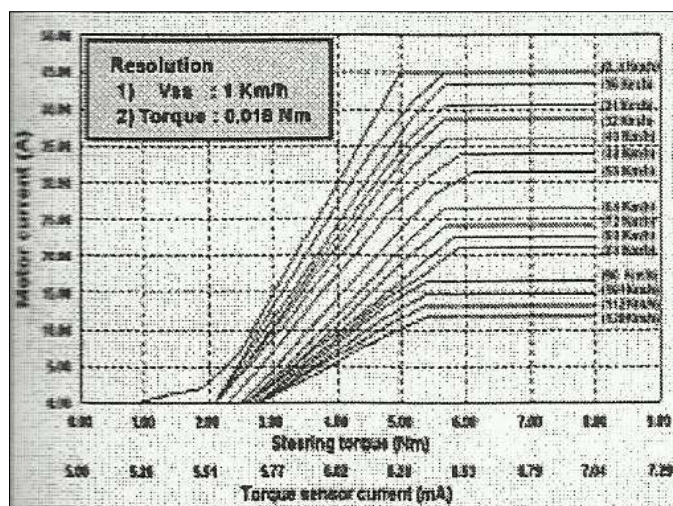


Fig. 21

Señal normal del sensor de velocidad del vehículo Hyundai Accent 2008
(HYUNDAI, 2008)

2.3.2.2 Señal de velocidad del motor. Cuando el motor está encendido, la señal es enviada a través de la línea de Can Bus de datos al módulo de control de asistencia de la dirección. Esta señal tiene la función de indicar si el motor está en marcha o relantí para calcular el consumo de corriente de la batería, así como también mide las vueltas del motor de combustión interna e informa a la unidad de control del vehículo, para luego ser enviada a la unidad de control de la dirección a través de la línea CAN_ BUS de datos y así aportar a la asistencia, teniendo en cuenta que la señal que emite este sensor es fundamental para el funcionamiento de la dirección asistida.

2.3.3 Sistema de Aparcamiento Asistido. El sistema de aparcamiento asistido permite a la unidad de control de sistema maniobrar la dirección de forma activa y automática, con la ayuda del motor eléctrico de la dirección asistida, sin perder la estabilidad y la seguridad activa del vehículo y del conductor. (Aficionados a la Mecánica, Sistema de dirección., 2009, pág. 6)

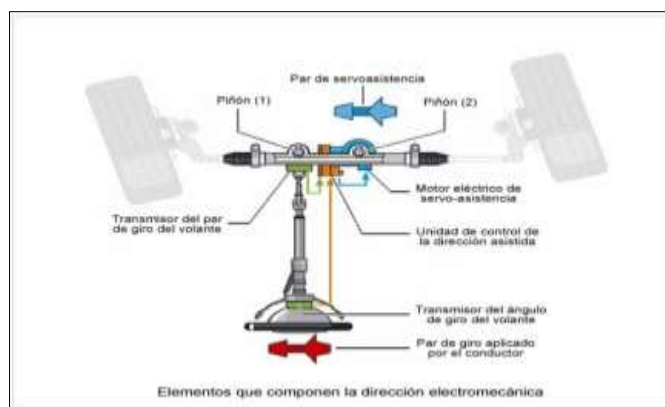


Fig. 22

Sistema de dirección asistida electrónicamente. Fuente: (Mecánica, 2009)

2.3.3.1 Función de la dirección en maniobra de aparcamiento. Al momento de aparcarse el vehículo el conductor gira rápidamente el volante. El sensor de torque envía la señal a la unidad de control de la dirección, la barra de torsión está activada, para lo cual, la unidad de control indica la cantidad de fuerza que se aplicó al volante. El sensor de par envía datos actuales del giro producido y la velocidad a la que reacciona el sistema. A través del sensor de velocidad (VSS) se indica que la velocidad de marcha del vehículo es igual cero, y la velocidad del motor de combustión es de 700 a 800 rpm; el control de asistencia detecta que se requiere una gran fuerza de asistencia y se impulsa energía electro mecánica, que se ejerce a través de la columna de dirección que se ejecuta en la cremallera; la sumatoria del par aplicado al volante y el par de asistencia máxima son eficientes en maniobras de estacionamiento.

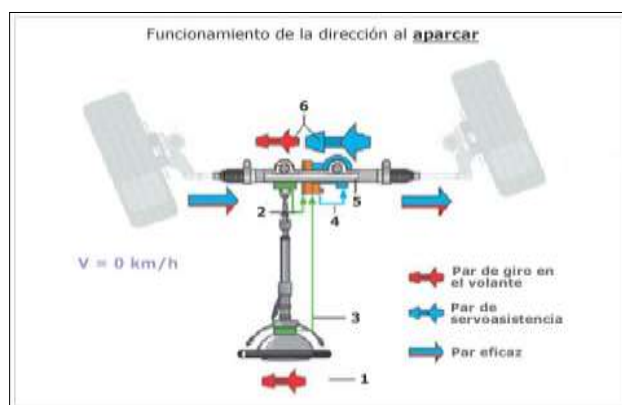


Fig. 23

Función de la dirección en maniobra de aparcamiento (Aficionados a la Mecánica, 2014)

2.3.3.2 Funcionamiento de la dirección en circulación de baja velocidad. El sensor de par localiza la torsión aplicada en el volante y le comunica a la unidad de control que hay un par de torsión mínimo ejercido al volante de la dirección. Cuando el vehículo está a una velocidad de 50 a 70 km/h, la unidad de control dispone la necesidad de contribuir con una par de asistencia de poca magnitud y excitar el motor eléctrico de acuerdo a estas condiciones. Al transitar una curva se produce una fuerza de asistencia de mínima magnitud que actúa sobre el segundo piñón, y ésta funciona longitudinalmente sobre la cremallera. Al producir una asistencia de mínima magnitud, se hace eficaz al momento de maniobrar el vehículo durante las curvas en tráfico urbano.

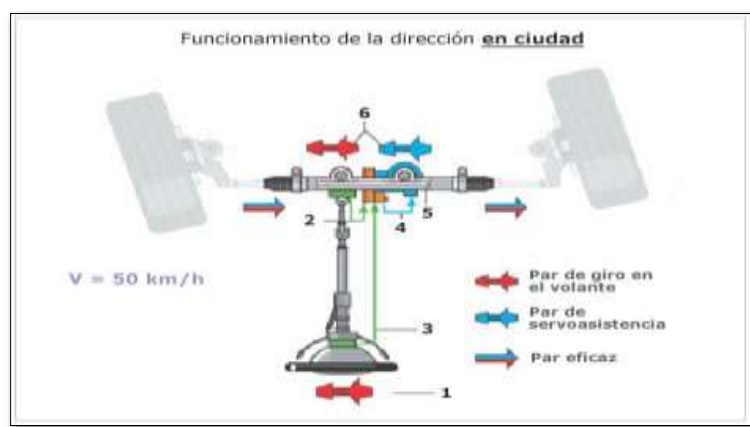


Fig. 24

Funcionamiento de la dirección en circulación de baja velocidad (Aficionados a la Mecánica, 2014)

2.3.3.3 Funcionamiento de la dirección circulando a altas velocidades. Este sistema de manejo sucede cuando la velocidad del vehículo está comprendida entre 90 a 100 km/h, al momento que el conductor gira el volante, actúa a una mínima magnitud de asistencia. El sensor de par localiza la torsión y envía la señal a la unidad de control que se está aplicando un ligero par de dirección al volante. Al mantener el vehículo a este tipo de velocidad, el motor eléctrico en función de la asistencia característica en la unidad de control de velocidad de 70 a 100 km/h, la unidad de control calcula el par de fuerza de asistencia y excita al motor eléctrico de acuerdo a las condiciones de manejo. Este tipo de asistencia es excelente, al momento de maniobrar el vehículo a altas velocidades.

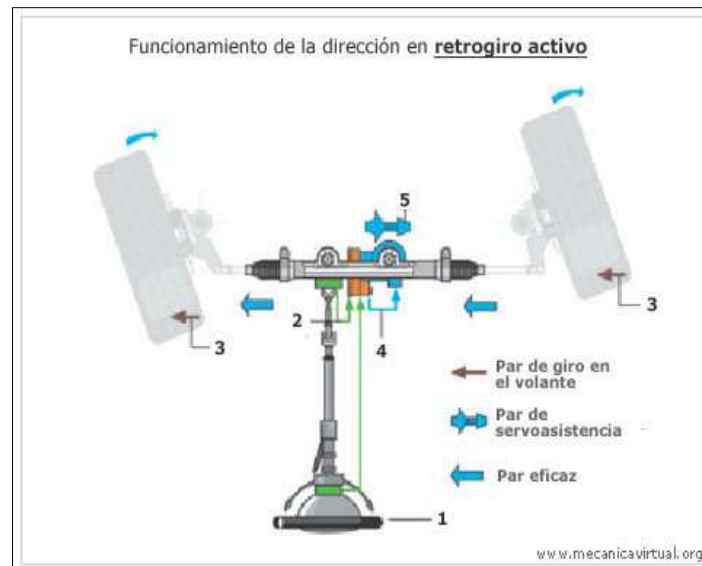


Fig. 26

Funcionamiento de la dirección en retro giro activo (Aficionados a la Mecánica, 2014)

2.3.4 Componentes del sistema de dirección asistida electrónicamente EPS (Electronic Power Steering). El sistema de dirección asistida eléctrica se compone de un motor eléctrico, accionado por una unidad de control electrónica (ECU) y una serie de sensores de captación e información de cualquier acción del sistema direccional para generar la servoasistencia correspondiente de la dirección. Este sistema es la combinación entre el accionamiento mecánico del volante de la dirección y el accionamiento eléctrico de asistencia la cremallera de la dirección. El sistema de dirección asistida está conformado por las siguientes partes principales que son:

- Unidad de control de dirección.
- Motor eléctrico.
- Sensor de par.
- Sensor de régimen del motor CKP/CMP
- Sensor de velocidad del vehículo VSS.
- Testigo de averías.



Fig. 28

Unidad de control de la dirección (Autores)

La unidad de control tiene incorporado un sensor térmico que detecta el aumento o la disminución de la temperatura, la cual, al aumentar más de 80°C y al disminuir al menos de 20°C, la unidad de control no dará asistencia al motor eléctrico en ninguna condición de manejo, ya que se apagará automáticamente. En el panel de control del vehículo se encuentra un testigo de averías de la dirección, el cual se enciende cuando conectamos la llave de contacto; y se apaga luego que se analiza la asistencia de acuerdo a las condiciones de manejo que el vehículo se encuentre. La unidad de control almacena códigos de fallas, los cuales se podrán borrar con un equipo de diagnóstico adecuado.



Fig. 29

Conectores de la unidad de control de la dirección EPS (Autores)

La unidad de control posee tres conectores: para el motor eléctrico, suministro de batería, y un conector principal para la misma unidad de control. El conector principal pertenece a la unidad de control quien recibe todo tipo de señales principales y las envía al interior para procesar los datos y calcular la asistencia necesaria para asistir a la dirección, luego transmite la corriente hacia el motor eléctrico a través de su conector para que el motor eléctrico ejecute la asistencia, a continuación se muestra en la figura 30, la tabla de pines de cómo opera el sistema dentro del vehículo.

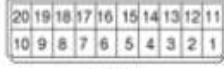
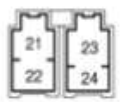
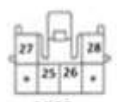
Conector principal del Modulo MDPS M62-1			Conector de alimentación de batería M62-2		
N° de clavija	Terminal	Función	N° de clavija	Terminal	Función
1	ENC	ENC1	21	+B	Suministro de la batería
2	SP	Señal de velocidad del vehículo	22	MASA	Masa de la batería
3	TSV	Suministro de sensor de par	Conector del motor electrico M62-3		
4	TSM	Señal principal de sensor de par	23	M+	Motor (+)
5	TSE	Masa de sensor de par	24	M-	Motor (-)
6	-	-	Conector del sensor de par M62		
7	-	-	N° de clavija	Terminal	Función
8	-	-	25	TSM	Señal principal del sensor de par
9	-	-	26	TSE	Señal auxiliar del sensor de par
10	I/UP	-	27	TSV	Suministro del sensor de par
11	-	-	28	TSE	Masa del sensor de par
12	IGP	Señal de velocidad del motor			
13	-	-	M62-1		
14	TSS	Señal auxiliar de sensor de par			
15	-	-	M62-2 M62-3		
16	MONI	Diagnóstico (Línea K)			
17	-	-	M63		
18	-	-			
19	-	-			
20	DNL	Indicador			

Fig. 30

Tabla de pines del sistema EPS. (HYUNDAI, 2008)

En la figura 30, se puede apreciar los pines de funcionamiento de la la unidad de control de dirección, los circuitos recalcados son los pines número 21 que pertenece a la alimentación de la batería, el número 22 pertenece a la masa de batería, 23 y 24 pines de conector del motor eléctrico. Los pines que no están conectados están marcados con un asterisco. Al realizar el tablero didáctico debemos tomar en cuenta que los pines 16 y 20 no se les tomaran en cuenta debido a que son pines de diagnóstico. Es necesario tomar en cuenta que en algunos conectores del sistema vienen invertidos lo cual se deberá empezar

desde la parte superior derecha en el socalo principal. Es importante tomar en cuenta estas recomendaciones de lo contrario se puede provocar graves problemas en su funcionamiento generando corto circuitos internos.

2.3.4.2 Motor eléctrico. El motor eléctrico es el encargado de producir la fuerza de asistencia en la dirección al momento que el conductor gire el volante mientras conduce el vehículo, esta fuerza es enviada la columna de dirección del sistema. El motor eléctrico no debe sustraerse del sistema de ser necesario se debe desmontar la unidad entera.



Fig. 31

Motor eléctrico del sistema EPS (Autores)

El motor eléctrico es un motor sin escobillas el cual tiene un par máximo de 4.1 Nm para la asistencia de la servodirección. El motor eléctrico no trasmite excitación eléctrica ni campo magnético. Su construcción es sencilla, lo cual hace que su funcionamiento sea más compatible; este va acoplado a una carcasa de aluminio, el cual se acciona con un engranaje sinfín y un piñón que acciona la cremallera y tramite a fuerza a la dirección. La unidad de control de la dirección es la encargada de manipular la corriente y la tensión del motor eléctrico, al momento de producir la asistencia a la columna de la dirección. El motor trabaja de 24V y de 12 V de DC, como corriente máxima, y a 200 rpm de velocidad máxima.



Fig. 32

Gráfico del conector del motor eléctrico (Autores)

En la figura 32, se puede observar los conectores del motor eléctrico, el cual está en la unidad de control de la dirección, que corresponden los pines 23 y 24, que controlan al motor, el pin 21 de carga de batería que provee a todo el sistema y el pin 22 de masa de batería.



Fig. 33

Cables del motor eléctrico (Autores)

El motor eléctrico posee dos cables de diferente color: un cable negro que pertenece al motor (+); y un cable rojo que es motor (-). El motor eléctrico trabaja con corriente continua. Tradicionalmente, los accionamientos por motor de CC se han usado para aplicaciones de control de velocidad y posición. En los últimos años aumentó el uso de servo-accionamientos por motor en estas aplicaciones.

A pesar de ello, en aplicaciones donde no se requiere un mantenimiento extremadamente bajo, aún se emplean accionamientos de CC por su bajo costo inicial y su excelente desempeño de accionamiento.

2.3.4.3 Sensor de par. El sensor de par trabaja con el principio magneto resistivo; debido a esto, la estructura de la dirección es simple y de menor costo; el sensor de par nos ayuda a medir el par de mando ejercido en la dirección, directamente en el piñón de la dirección. El sensor está ubicado en el centro de la columna de dirección, es una unidad que está integrada por un sensor de par y un sensor auxiliar.

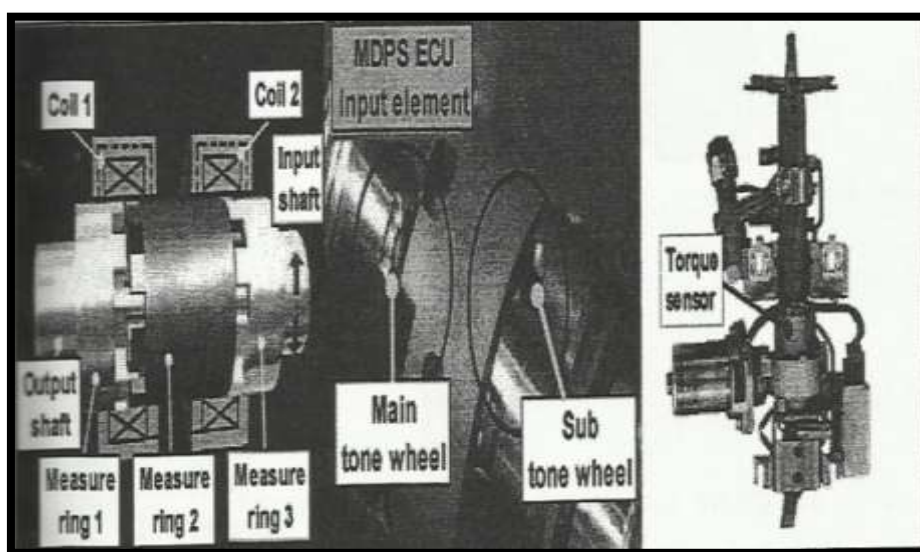


Fig. 34

Ubicación del sensor de torque (HYUNDAI, 2008)

El sensor de par une a la columna y a la caja de la dirección a través de la barra de torsión; al instante que gire el volante de la dirección, la barra de torsión se tuerce correspondientemente a la carga que se produce en el volante, lo que hace que el volante gire, la conexión de la columna tiene una rueda polar magnética. Va ubicado en la carcasa del mecanismo de la dirección y suministra la señal del par aplicado a la dirección.

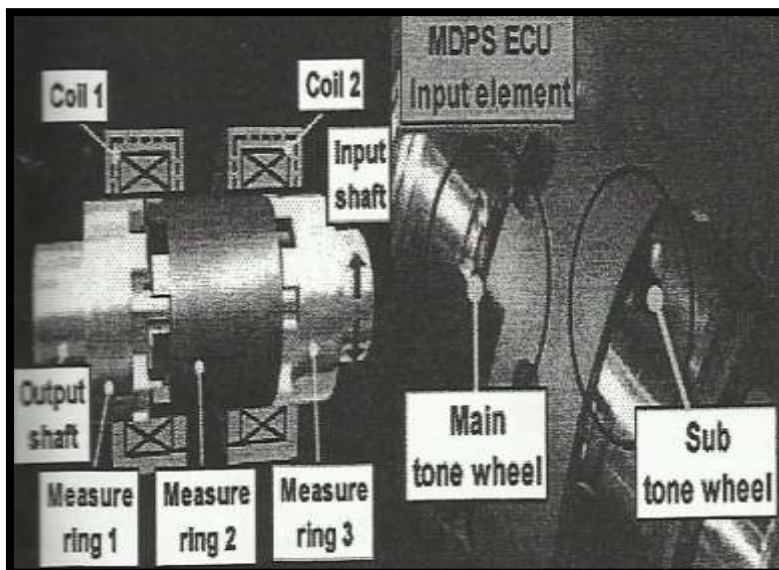


Fig. 35

Sensor de torque (HYUNDAI, 2008)

Al momento que el eje se ha torcido, se produce un cambio en el campo magnético que rodea al eje del sensor auxiliar, el cual está dentro del sensor de par; el cambio ejercido en la corriente se tramite a la unidad de control de dirección. El sensor es alimentado con 5V y con la temperatura de trabajo está entre 40°C y 80°C, en caso de que el sensor colapse el sistema de dirección se apaga y la dirección empieza a comportarse como una dirección mecánica.



Fig. 36

Conector ECU (Autores)

El conector par tiene cuatro cables de diferentes colores como son:

- El color rojo que es positivo.
- Cable negro negativo (masa del sensor).
- Cable lila que indica la señal principal.
- Cable azul es la que indica la señal auxiliar.

El conector de esta señal trabaja directamente con la línea CAN-Bus, ahí ingresan las señales a la unidad de control de la dirección a través del conector principal. La señal principal ingresa por el pin # 4 y la señal secundaria por el pin # 14, el voltaje de suministro del sensor de par por la unidad de control de la dirección por el pin # 3 y la masa del sensor de par por el pin # 5.

2.3.4.4 Sensor régimen de motor. El sensor régimen del motor (CMP) es de tipo inductivo de tipo HALL, el cual es el encargado de registrar la posición del árbol de levas y auxiliar al CKP en la sincronización y la identificación de los cilindros, por ello, este sensor no forma parte del sistema de dirección asistida. El sensor es miembro del sistema de inyección del motor.

La unidad de control de dirección (ECU) provee 5 voltios para su funcionamiento, la cual ingresa la señal de funcionamiento a la línea del CAN_BUS, de donde la unidad de dirección toma la señal de funcionamiento y se confirma que el conductor ha encendido el vehículo; la señal de encendido que se ha producido.

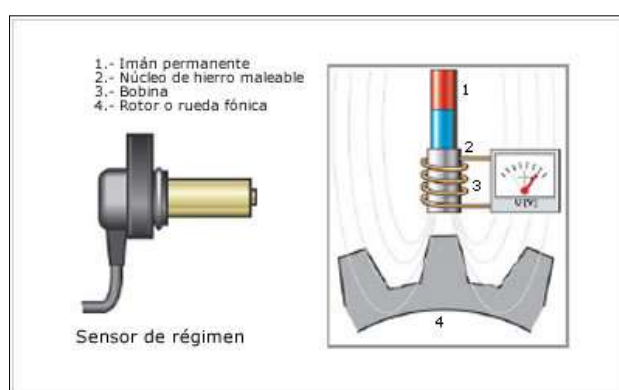


Fig. 37

Sensor de régimen del motor (Aficionados a la Mecánica, 2014)

2.3.4.5 Sensor de velocidad del vehículo VSS. El sensor VSS es el encargado de suministrar la señal de velocidad a la cual está recorriendo el vehículo, y enviarla a la unidad de control ECU. Por ello, el sensor de velocidad (VSS) al igual que el sensor de velocidad del motor (CKP) no forma parte del sistema de dirección asistida, pues son partes de sistema de dirección del motor. Este sensor produce una corriente alterna, la cual es tomada como señal de velocidad del vehículo, lo cual hace que la unidad de control calcule la asistencia al motor eléctrico dependiendo de la variación de velocidad que tenga el vehículo: a mayor velocidad mayor asistencia y menor velocidad menor asistencia. El sensor VSS está ubicado en el transeje en donde iba ubicado el cable del velocímetro en la caja de cambios.

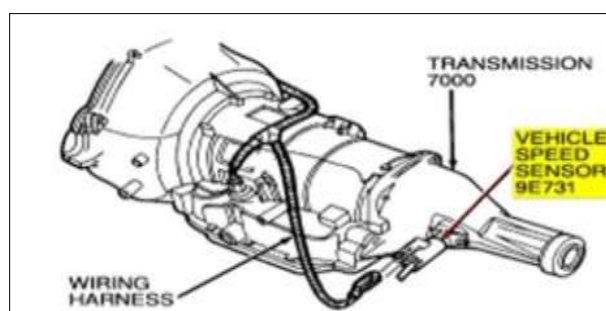


Fig. 38

Sensor de velocidad del vehículo (Calderón, 2014)

2.3.4.6 Testigo de averías. El testigo luminoso de averías se encuentra ubicado en el tablero, el cual cumple la función de informarlos en el caso que se produzca algún tipo de averías, encendiendo dos tipos de colores: rojo y tomate, dependiendo en la situación en el que se encuentra mostrando las siglas ESP en el tablero. Cabe recalcar que la forma del tablero va a variar, dependiendo modelo y marca del vehículo.



Fig. 39

Testigo de averías del sistema EPS (Aficionados a la Mecánica, 2014)

2.3.5 Fallas que se presentan en el sistema de dirección asistida del vehículo Hyundai Accent 2008 durante el funcionamiento del vehículo. El módulo de control EPS, controla el funcionamiento del motor de acuerdo a la información recibida de cada de sensor, resultando un control más preciso y oportuno de asistencia a la dirección del vehículo, siendo más eficiente que sistema de dirección normal, o impulsado hidráulicamente. Los componentes (sensor angula de dirección, sensor de par, a prueba de fallas del relé, etc) de los sistemas EPS, se encuentran dentro de la columna de dirección, y la unidad de dirección EPS no se debe desmontar para realizar una inspección.

2.3.5.1 Diagnóstico de suministro de voltaje/ Voltaje de batería. Esta es una condición de falla reflejada en testigo de averías (tablero) cuando la unidad de dirección EPS se encuentra en una temperatura demasiado alta, de acuerdo a sus condiciones normales de funcionamiento, en donde intervine el relé a prueba de fallas con el aviso reflejado en el tablero con las siglas EPS. (HYUNDAI, 2008, pág. 50)

2.3.5.2 Verificación de terminales y conectores.

1.- La mayoría de fallas en el sistema eléctrico son causadas por un mal cableado y terminales. Las fallas también pueden ser causadas por la interferencia de otros sistemas eléctricos, daños mecánicos o químicos.

2.- Comprobar todos los conectores y conexiones que estén flojos, flexionados, corrosión, contaminación, deterioro y lesiones.

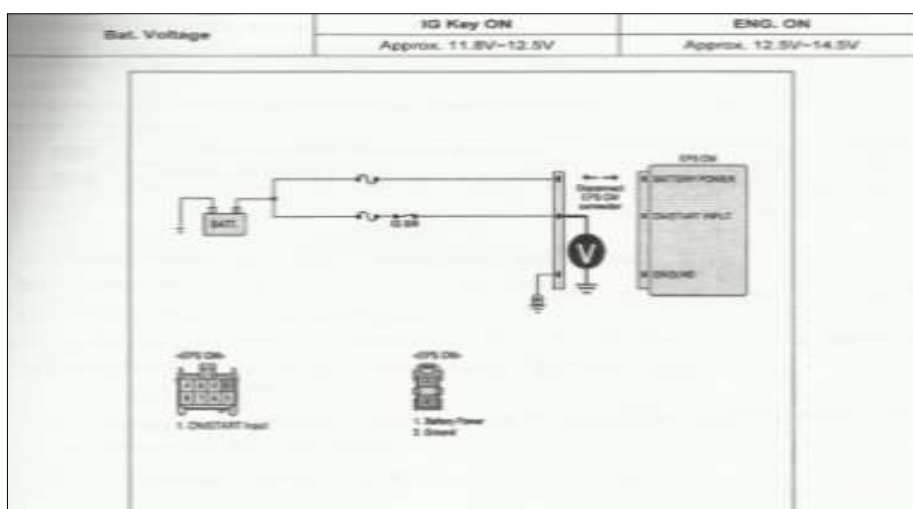


Fig. 40

Circuito de diagnóstico de suministro de voltaje EPS (HYUNDAI, 2008)

2.3.5.3 Diagnóstico de batería bajo voltaje. La ECU de la dirección inhibe o recibe la señal de baja tensión y establece el código de falla de suministro de voltaje o descarga de batería.

2.3.5.4 Diagnóstico de encendido en el circuito abierto. Si la ECU del sistema de dirección detecta un suministro de voltaje demasiado bajo o alto, no se puede operar el sistema debido a que el sistema trabaja con un rango de voltaje normal para su operación; si este código se establece la ECU del sistema puede ser el problema.

2.3.5.5 Diagnóstico del sensor de par. Cuando se entrega demasiado voltaje al motor eléctrico durante el funcionamiento del vehículo, la barra de torsión gira bruscamente y se produce un desfase de operación en el sensor de par y se emite el código de falla en el sensor, el cual debe ser sustituido en el desmontaje debido a que no existe otro método de reparación.

2.3.5.6 Diagnóstico del sensor de torque primario y secundario. Se emite la falla en el sensor de torque debido a que puede existir variaciones de voltaje demasiado altas o bajas. Esto sucede cuando se desmonta el sensor o existe algún circuito abierto que está haciendo que los conectores fallen.

- También se establece la falla cuando la señal de voltaje de entrada y salida varían drásticamente, ya que se trabaja con valores estándar.

2.3.5.7 Información general del error en el hardware del sensor de comunicación CAN. La EPS (MDPS dirección accionada por motor) es el sistema que soporta controladores de dirección a través de la fuerza ejercida por un motor eléctrico. El motor eléctrico consume mucha corriente cuando opera, si un conductor se dirige a una vuelta completa a la derecha o más de diez veces en condiciones de parada, puede existir sobrecalentamiento del motor eléctrico.

Para proteger el sistema MDPS de averías por sobrecalentamiento, la unidad de control limita la corriente de funcionamiento del motor eléctrico. Generalmente cuando la corriente es limitada, se siente la disminución de fuerza en la dirección. Esto ocurre por exceso de operación del volante en condiciones de parada.

2.3.5.8 Diagnóstico del módulo EPS (Circuito de precarga en mal funcionamiento). Este inconveniente es detectado cuando la unidad de control de la dirección (EPS) corta los suministros de corriente según lo determinado por el relé de control del motor, si existe sobre carga falla el relé con el cual trabaja el sistema (EPSCM). Si esto sucede se debe comprobar la alimentación del voltaje, que puede ser inestable o excesiva afluencia de alimentación defectuosa, condiciones de parada.

2.3.5.9 Diagnóstico del tiempo de salida de la señal de velocidad del motor hacia la línea CAN. Esta falla sucede cuando la unidad de control de la dirección (ECU EPS) no recibe ninguna señal de rpm del motor a través de la línea de comunicación CAN, debido a que puede estar abierto algún circuito de conexión.

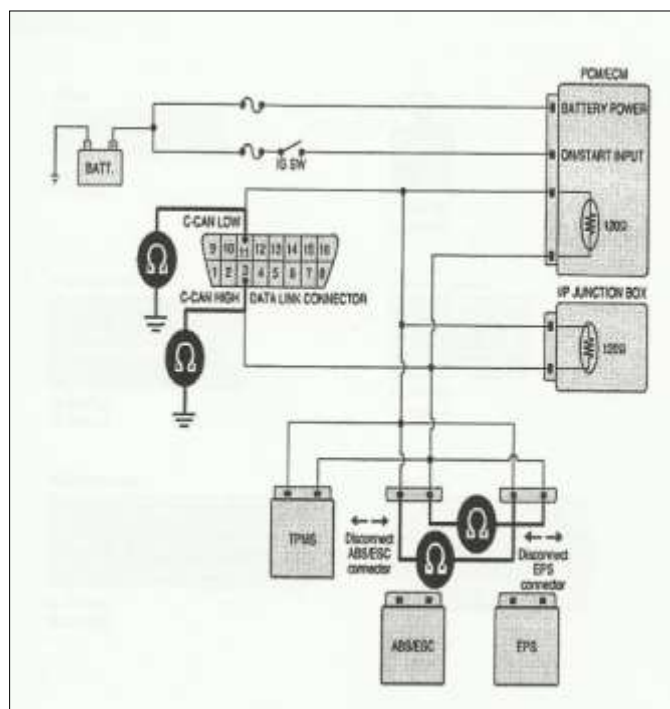


Fig. 41

Circuito de diagnóstico de la línea CAN BUS EPS (HYUNDAI, 2008)

2.3.5.10 Diagnóstico de la línea CAN_ BUS apagada. Esta falla se establece cuando la unidad de control de la dirección (ECU EPS) no recibe ninguna señal de normalidad o anormalidad, mientras el sistema de dirección está en funcionamiento, esto puede suceder cuando las conexiones o circuitos están defectuosos.

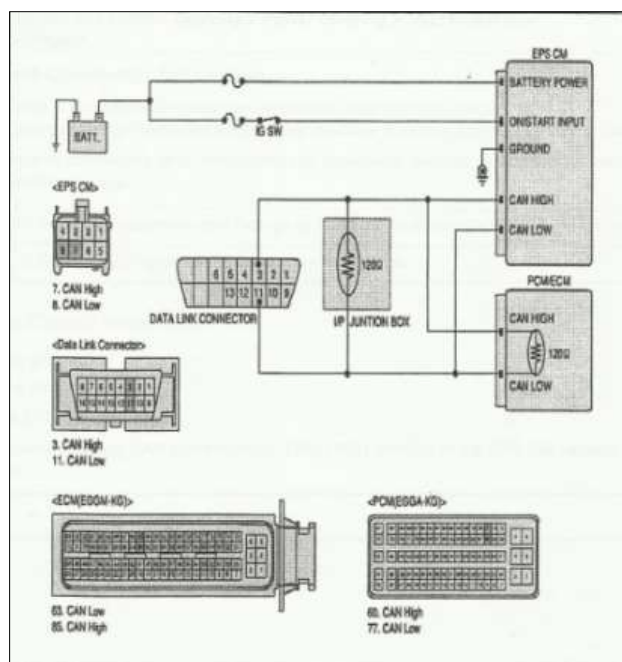


Fig. 42

Circuito de diagnóstico de la línea CAN BUS apagada EPS (HYUNDAI, 2008)

2.3.5.11 Fallas mecánicas producidas en el sistema de dirección asistida. Al aplicar el sistema de dirección electrónica en los vehículos Hyundai Accent a partir del año 2006 al 2008, presento algunos desperfectos en su funcionamiento a partir de los 50000 km ya recorridos, como: sensibilidad a los golpes, bloqueos en la dirección del vehículo, debido al recalentamiento del motor eléctrico. En esos casos se debe apagar y volver a encender el vehículo, para que el motor eléctrico recupere su asistencia.

Esto se debe a que al aumentar la temperatura en el motor eléctrico se anula totalmente a la asistencia a la dirección. En este caso no es recomendable cambiar la columna de dirección, ya que es un método de defensa ante las altas temperaturas. Si existe algún ruido o traqueteo al girar la dirección en las uniones que presenta, suele ser falta de lubricación en algunas partes del sistema.

Hay casos en los que si se debe reemplazar la columna de dirección, se lo hace cuando al momento de la conducción, el volante se pone duro y no existe respuesta de giro para ningún lado, sea a la derecha o a la izquierda. Esto sucede cuando se transita por caminos defectuosos o irregulares, en donde existe fricción en los contactos del sensor de par, debido a que es de tipo potenciómetro y presenta un excesivo desgaste, donde no es

efectiva la lectura del sensor de par, ya que el sensor de par se encuentra dentro de la columna del dirección, se debe sustituir la columna de dirección por una nueva.

Tabla 1.

Diagnóstico del sistema EPS.

En la siguiente tabla se da a conocer las posible fallas que presenta el sistema de dirección electrónica en el vehículo. .

FACTOR PROBLEMA	COMPROBAR ELEMENTO	SÍNTOMAS	EXPLICACIÓN	NOTA
Caída, Impacto y sobre carga	Motor	Ruido Normal	-Se puede producir daños visibles o internos.	-No tener golpes fuertes en la computadora de la EPS.
	ECU	-Circuito dañado -Ejes rotos Partes principales dañadas	-El volante podría tirar hacia un lado mediante el uso de las piezas caídas. --Las partes principales de la ECU del motor son sensibles a vibración o impactos. -En caminos irregulares pueden causar daños inesperados.	-No sobrecargar ninguna de las partes.

	Sensor de Torque	Esfuerzo de dirección insuficiente	-Sobrecarga al eje de entrada y puede causar mal funcionamiento al sensor de torque.	-No golpear las piezas de conexión. -Utilizar la herramienta específica para quitar el volante. -No utilice la EPS dañada.
	Eje	Esfuerzo insuficiente desigual entre el lado derecho e izquierdo.		-No utilice los elementos afectados del EPS.
Medir datos	Sonido de funcionamiento del motor	-Generación de potencia defectuosa. - Mal funcionamiento de la EPS	-Desconexión entre conectores de la ECU al motor eléctrico.	-NO sobrecargar los conectores.
Almacenamiento anormal de temperatura	Motor electrónico ECU	Esfuerzo por la operación incorrecta del motor ECU.	-Condiciones de humedad anormal. -Incluso un poco de humedad puede provocar un mal funcionamiento de las partes	-Mantener la temperatura normal y humedad adecuada, mientras esté funcionando.

			precisas de la ECU del motor.	
Otras causas	Sonido de funcionamiento del motor EPS es normal al girar el volante.	En este caso no es necesario sustituir el EPS.	-Si hay otros tipos de problemas mirar primero el sistema eléctrico. -circuitos abiertos y la instalación de los conectores vinculados al motor. -Caída de voltaje de la batería.	Tras verificar la causa repare el problema.

2.3.6 Características medioambientales. El sistema de dirección electrónica es muy amigable con el medio ambiente, debido a que las características de construcción son más exigentes para el cuidado ambiental, mejorando el consumo de combustible al regular la emisión del CO₂, suprime todo el circuito hidráulico liberando al sistema de la presencia de aceite, logrando tener cero emisiones de gases contaminantes al utilizar un motor eléctrico para su funcionamiento.

2.4 Conceptos básicos de electrónica y electricidad

Es importante tener en cuenta conceptos básicos de electrónica y electricidad, debido a que en la actualidad la tecnología en nuestro país ha avanzado mucho y más aún en el área automotriz, ya que se han producido adelantos tecnológicos en los automóviles, aplicando la electrónica y la electricidad.

2.4.1 La electricidad. La electricidad es un conjunto de fenómenos relacionados con cargas eléctricas, y se manifiesta de diferentes formas, teniendo un sinnúmero de aplicaciones como: el transporte, iluminación y computadoras. La electricidad se manifiesta de diferentes formas: cargas eléctricas, corriente eléctrica, campo eléctrico y magnetismo. (ARTERO, 2013, pág. 65)

2.4.2 Ley de Ohm. La Ley de Ohm dice que si un componente eléctrico con resistencia interna, R , es atravesado por una intensidad de corriente, I , entre ambos extremos de dicho componente existirá una diferencia de potencial, V , que puede ser conocida gracias a la relación $V= I \cdot R$; esta fórmula se la representa en el triángulo de ohm de la figura 43. (ARTERO, 2013, pág. 35)

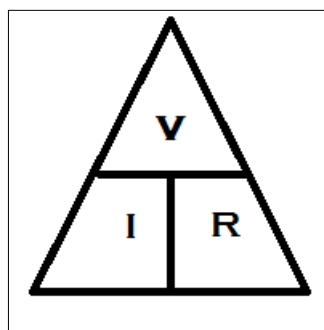


Fig. 43

Triángulo de la Ley de Ohm (ARTERO, 2013)

Cuando una fuente de alimentación aporta una determinada energía eléctrica, esta puede ser consumida por los distintos componentes del circuito de diversas maneras: la mayoría de veces es gastada en forma de calor, debido al efecto de las resistencias internas intrínsecas de cada componente (el llamado “efecto Joule”), pero también puede ser consumida en forma de luz), o en forma de movimiento, o en forma de sonido, o en una mezcla de varias.

La potencia consumida por un componente eléctrico si sabemos el voltaje al que está sometido y la intensidad de corriente que lo atraviesa, utilizando la fórmula $P = V \cdot I$.

Tabla 2.

Simbología y dimensiones de la ley de Ohm (ARTERO, 2013)

NOMBRE	CONCEPTO	SIMBOLO	MAGNITUDES	REPRESENTACION DE MAGNITUDES
VOLTAJE	Fuerza electromotriz	V	Voltios	[V]

INTENSIDAD	Cantidad de electrones en una cantidad de tiempo	I	Amperios	[A]
RESISTENCIA	Oposición al voltaje	R	Ohmios	[Ω]

2.4.3 Señales digitales y análogas. Podemos clasificar las señales eléctricas sea voltaje o intensidad de varias maneras, según sus características físicas. Una de las clasificaciones posibles es distinguir entre señales digitales y señales analógicas.

Señal digital es aquella que solo tiene un número finito de valores posibles (lo que se suele llamar “tener valores discretos”). Por ejemplo, si consideramos como señal el color emitido por un semáforo, es fácil ver que esta es de tipo digital, porque solo puede tener tres valores concretos, diferenciados y sin posibilidad de transición progresiva, entre ellos: rojo, ámbar y verde. (ARTERO, 2013, pág. 40)

Señal analógica es aquella que tiene infinitos valores posibles dentro de un rango determinado, lo que se suele llamar “tener valores continuos”. La mayoría de magnitudes: físicas, temperatura, sonido, luz son analógicas, así como también las más específicamente eléctricas, como: voltaje, intensidad, y potencia, porque todas ellas, de forma natural, pueden sufrir variaciones continuas sin saltos. No obstante, muchos sistemas electrónicos no tienen la capacidad de trabajar con señales analógicas: solamente pueden manejar señales digitales especialmente de tipo binario; de ahí su gran importancia.

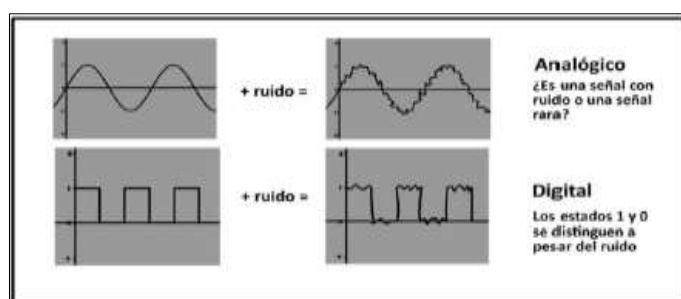


Fig. 44

Tipos de señales (ARTERO, 2013)

2.5 Electrónica

Un sistema electrónico es un conjunto de sensores, circuitería de procesamiento y control, actuadores y fuente de alimentación. Los sensores obtienen información del mundo físico externo y la transforman en una señal eléctrica, que puede ser manipulada por la circuitería interna de control. Los circuitos internos de un sistema electrónico procesan la señal eléctrica convenientemente. (FLOYD, 2008, pág. 52)

La manipulación de dicha señal dependerá tanto del diseño de los diferentes componentes hardware del sistema, como del conjunto lógico de instrucciones (es decir, del “programa”) que dicho hardware tenga pregrabado y que sea capaz de ejecutar de forma autónoma. Los actuadores transforman la señal eléctrica acabada de procesar por la circuitería interna en energía que actúa directamente sobre el mundo físico externo. La fuente de alimentación proporciona la energía necesaria para que se pueda realizar todo el proceso descrito de “obtención de información del medio y procesamiento o actuación sobre el medio”.

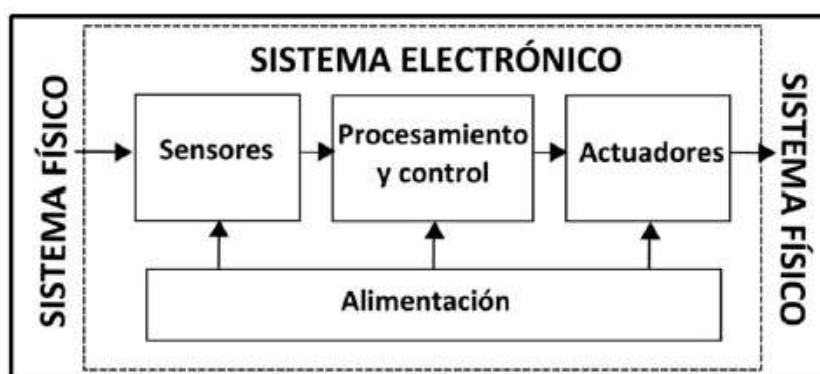


Fig. 45

Fuente de alimentación (ARTERO, 2013)

2.5.1 Micros controladores. Un micro controlador es un circuito integrado o “chip”, un dispositivo electrónico que integra en un solo encapsulado un gran número de componentes, que tiene la característica de ser programable. Es capaz de ejecutar de forma autónoma una serie de instrucciones previamente definidas por nosotros. En el diagrama anterior, representativo de un sistema electrónico, el micro controlador será el componente principal de la circuitería de procesamiento y control.

2.5.2 Diferentes patillas de E/S (entrada/salida). Son las encargadas de comunicar el micro controlador con el exterior. En las patillas de entrada del micro controlador, podremos conectar sensores para que este pueda recibir datos provenientes de su entorno y en sus patillas de salida podremos conectar actuadores, para que el micro controlador pueda enviarles órdenes y así interactuar con el medio físico. De todas formas, muchas patillas de la mayoría de micro controladores no son exclusivamente de entrada o de salida, sino que pueden ser utilizados indistintamente para ambos propósitos (de ahí el nombre de E/S).

2.5.3 Tarjeta electrónica programable ARDUINO. Es una placa hardware libre, incorpora un micro controlador reprogramable y una serie de pines-hembra, los cuales están unidos internamente a las patillas de entradas y salidas E/S del micro controlador que permiten conectar allí de forma muy sencilla y cómoda diferentes sensores y actuadores. Cuando hablamos de “placa hardware”, nos estamos refiriendo en concreto a una PCB (del inglés “printed circuit board”, o sea, placa de circuito impreso). Las PCBs son superficies fabricadas de un material no conductor, normalmente resinas de fibra de vidrio reforzada, cerámica o plástica, sobre las cuales aparecen laminadas “pegadas”, pistas de material conductor, normalmente cobre. Las PCBs se utilizan para conectar eléctricamente diferentes componentes electrónicos soldados a ella.

Un software es un “entorno de desarrollo” , libre y multiplataforma (ya que funciona en Linux, MacOS y Windows) que debemos instalar en nuestro ordenador y que nos permite escribir, verificar y guardar (“cargar”) en la memoria del micro controlador de la placa ARDUINO, es decir, que nos permite programarlo. La manera estándar de conectar nuestro computador con la placa Arduino para poder enviarle y grabarle dichas instrucciones es mediante el cable USB, gracias a que la mayoría de placas ARDUINO incorporan un conector de este tipo. (FLOYD, 2008, pág. 63)

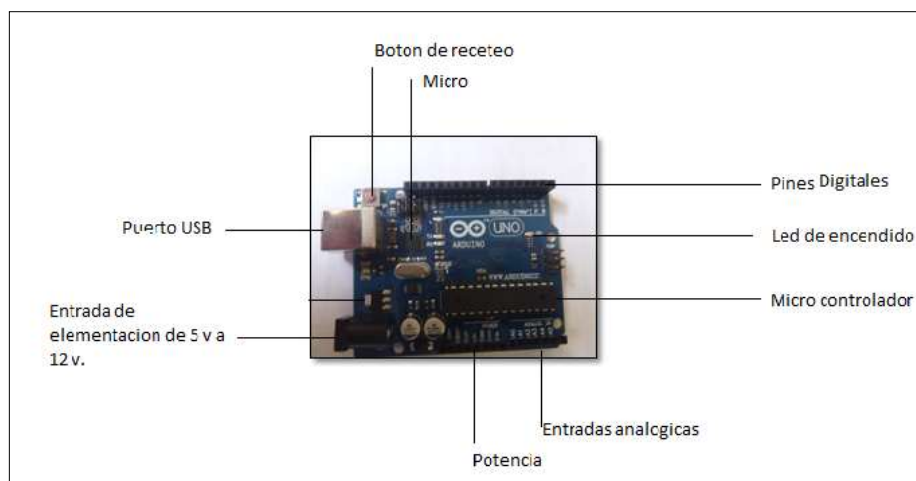


Fig. 46

ARDUINO

El lenguaje de programación libre diseñado para expresar instrucciones (siguiendo unas determinadas reglas sintácticas), que pueden ser llevadas a cabo por máquinas. Concretamente dentro del lenguaje ARDUINO, encontramos elementos parecidos a muchos otros lenguajes de programación existente como: los bloques condicionales, los bloques repetitivos, las variables, etc, así como también diferentes comandos llamados “órdenes” o “funciones”, que nos permiten especificar de una forma coherente y sin errores, las instrucciones exactas que queremos programar en el micro controlador de la placa. Estos comandos los escribimos mediante el entorno de desarrollo ARDUINO. (ARTERO, 2013, pág. 52)

2.5.3.1 Suministro de energía del ARDUINO. El voltaje de funcionamiento de la placa ARDUINO (incluyendo el micro controlador y el resto de componentes) es de 5 V. Podemos obtener esta alimentación eléctrica de varias maneras:

- Conectando la placa ARDUINO a una fuente externa.
- Conectando la placa ARDUINO a nuestro computador mediante un cable USB.

Sea cual sea la manera elegida para alimentar la placa, esta es lo suficientemente “inteligente” para seleccionar automáticamente la fuente de alimentación disponible al momento de iniciar su funcionamiento; si utilizamos una pila como alimentación externa, una ideal sería la de 9 V (está dentro del rango recomendado de 7 a 12 voltios), y si se utiliza un adaptador AC/DC, se recomienda el uso de uno con las siguientes características:

- El voltaje de salida ofrecido ha de ser de 9 a 12 V DC.

- La intensidad de corriente ofrecida ha de ser de 250 mA (o más).
- El adaptador ha de ser de polaridad “con el positivo en el centro”.

Por otro lado, dentro de la zona etiquetada como “POWER”, en la placa Arduino existe una serie de pines-hembra, relacionados con la alimentación eléctrica, como son:

- **”GND”**: pines-hembra conectados a tierra.
- **”Vin”**: Este pin – hembra, se puede utilizar para dos cosas diferentes: si la placa está conectada mediante la clavija de 2,1mm a alguna fuente externa que aporte un voltaje dentro de los márgenes de seguridad, dentro del rango recomendado de 7 a 12 voltios.
- **”5 V”**: este pin-hembra, se puede utilizar para dos cosas diferentes: tanto si la placa está alimentada mediante el cable USB como si está alimentada por una fuente externa que aporte un voltaje dentro de los márgenes de seguridad, podemos conectar a este pin-hembra cualquier componente para que pueda recibir 5 V regulados.
- **”3,3 V”**: este pin-hembra ofrece un voltaje de 3,3 voltios.

2.5.3.2 Las entradas y salidas digitales. La placa ARDUINO dispone de 14 pines-hembra de entradas o salidas (según lo que convenga) digitales, numeradas desde la 0 hasta la 13. Es aquí donde se conecta para que la placa pueda recibir datos del entorno, y también donde conectaremos los actuadores, para que la placa pueda enviarles las órdenes pertinentes, además de poder conectar a cualquier otro componente que necesite comunicarse con la placa de alguna manera.

La placa ARDUINO dispone de 6 entradas analógicas (en forma de pines hembra etiquetados como “A0”, “A1”... hasta “A5”), que pueden recibir voltajes dentro de un rango de valores continuos de entre 0 y 5 V. No obstante, la electrónica de la placa tan solo puede trabajar con valores digitales, por lo que, es necesario una conversión previa del valor analógico recibido a un valor digital, lo más aproximado posible. Esta se realiza mediante un circuito conversor analógico/digital incorporado en la propia placa.

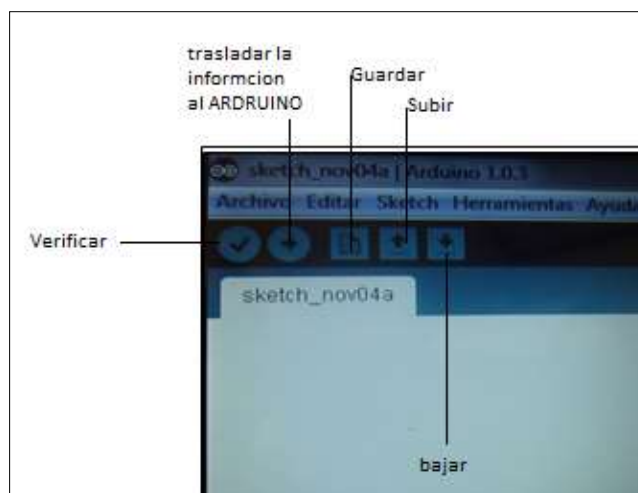


Fig. 47

Lenguaje del programa ARDUINO

2.5.3.3 Programación de la tarjeta programable ARDUINO. La programación se designa en IDE (Entorno de Desarrollo Integrado), lo cual es un conjunto concreto de instrucciones, ordenadas y agrupadas de forma adecuada y sin ambigüedades que pretende obtener un resultado determinado. Cuando decimos que un micro controlador es “programable”, estamos diciendo que permite grabar en su memoria de forma permanente hasta que regrabemos de nuevo si es necesario el programa que deseemos que dicho micro controlador ejecute. Si no introducimos ningún programa en la memoria del micro controlador, este no sabrá qué hacer.

2.5.3.4 Configuración y comprobación del correcto funcionamiento del entorno de desarrollo integrado (IDE). Una vez que se ha conectado el Arduino mediante el cable USB la placa recién adquirida al computador, lo primero que se debe observar es que el LED etiquetado como “ON” se enciende y se mantiene encendido de manera continua siempre. Una vez comprobado esto, se puede poner en marcha el entorno de programación Arduino. Una vez abierto, no obstante, antes de poder empezar a escribir una sola línea debemos asegurarnos de que el IDE “sepa” dos cosas básicas:

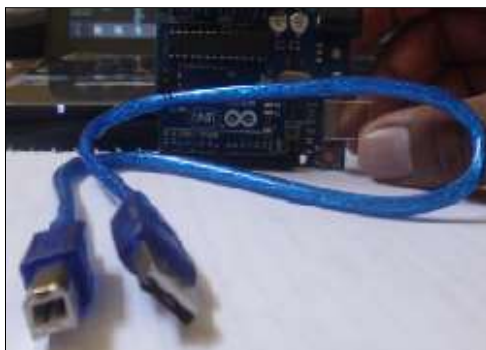


Fig. 48.

Cable de datos ARDUINO

- El tipo de placa Arduino debe estar conectada al computador.
- El puerto serial del computador debe comunicarse vía USB.

Para lo primero, simplemente debemos ir al menú “Tools” >”Boards” y seleccionar de la lista que aparece la placa con la que trabajaremos. Fijarse qué hay en modelos de placa, que aparece varias veces, según si puede venir con diferentes modelos de micro controlador. Para lo segundo, debemos ir al menú “Tools”->”Serialport” y elegir el puerto serial puede ser real o virtual. Dependiendo del sistema operativo utilizado, en ese menú aparecerán opciones diferentes.

Sistemas Windows: aparece una lista de puertos COM#, donde “#” es un número. Normalmente, este número será 3 o superior, ya que los puertos COM1 y COM2 se suelen reservar habitualmente, para puertos serie hardware reales no simulados a través de USB.

2.5.3.5 Lenguaje de programación. Un programa diseñado para ejecutarse sobre un Arduino (un “sketch”), siempre se compone de tres secciones:

La sección de declaraciones de variables globales: ubicada directamente al principio del sketch.

La sección llamada “void setup()”: delimitada por llaves de apertura y cierre.

La sección llamada “void loop()”: delimitada por llaves de apertura y cierre.

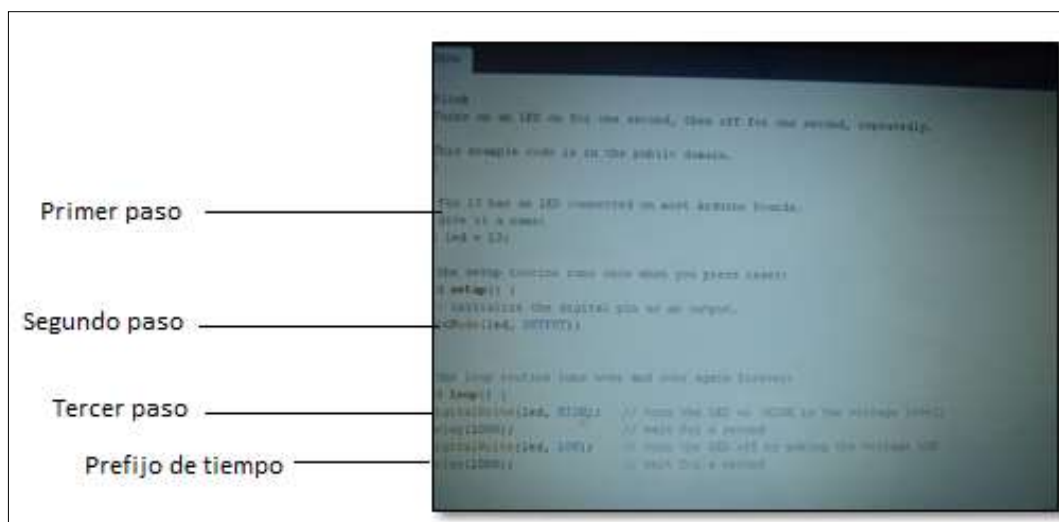


Fig. 49

Ejemplo de los tres pasos a seguir en el programa ARDUINO

La primera sección del sketch que no tiene ningún tipo de símbolo delimitador de inicio o de final está reservada para escribir, tal como su nombre indica, las diferentes declaraciones de variables que necesitemos. En el interior de las otras dos secciones (es decir, dentro de sus llaves), se deben escribir las instrucciones que deseemos ejecutar en nuestra placa, teniendo en cuenta lo siguiente:

Las instrucciones escritas dentro de la sección “void setup ()” se ejecutan una única vez, en el momento de encender (o resetear) la placa Arduino.

Las instrucciones escritas dentro de la sección “void loop ()” se ejecutan justo después de la sección “void setup ()” infinitas veces hasta que la placa se apague (o se resetee).

Es decir, el contenido de “void loop ()” se ejecuta desde la 1ª instrucción hasta la última, para seguidamente volver a ejecutarse desde la 1ª instrucción hasta la última, para seguidamente, ejecutarse desde la 1ª instrucción hasta la última, y así una y otra vez.

Por tanto, las instrucciones escritas en la sección “void setup()” normalmente sirven para realizar ciertas pre configuraciones iniciales y las instrucciones del interior de “void loop()” son, de hecho, el programa en sí que está funcionando continuamente.

2.5.3.6 Sobre las mayúsculas, tabulaciones, puntos y comas. Conviene aclarar pequeños detalles que se deben tener en cuenta a la hora de escribir los sketches, para evitar inconvenientes presentados al momento de la programación, es necesario saber que

el lenguaje Arduino es “case- sensitive”. Esto quiere decir que es totalmente diferente escribir una letra en mayúscula que en minúscula.

Dicho de otra forma: para el lenguaje Arduino “HolA” y “hOLa” son dos palabras distintas. Esto tiene una implicación muy importante: no es lo mismo escribir por ejemplo “Serial.begin (9600);” que “serial.begin (9600);”. En el primer caso, la instrucción estaría correctamente escrita; pero, en el segundo, en el momento de compilar el código el IDE se quejaría porque para él “serial” (con “s” minúscula), no tiene ningún sentido. Así que hay que vigilar mucho con respetar esta distinción en los códigos que escribamos.

2.5.3.7 Comentarios ingresados al ARDUINO. Un “comentario” es un texto escrito intercalado con el código del sketch, que se utiliza para informar cómo funciona ese código a la persona que en algún momento lo esté leyendo. Es decir, los comentarios son textos de ayuda para los seres humanos, que explica el código asociado y ayudan a entenderlo y recordar su función. Los comentarios son completamente ignorados y desechados por el compilador, por lo que, no forman parte nunca del código binario que ejecuta el micro controlador (así que no ocupan espacio en su memoria).

Los comentarios pueden aparecer dentro del código de diferentes formas:

- Comentarios compuestos por una línea entera (o parte de ella): para añadirlos deberemos escribir dos barras (//) al principio de cada línea que queramos convertir en comentario.
- Comentarios compuestos por un bloque de varias líneas seguidas: para añadirlos deberemos escribir una barra seguida de un asterisco (/*) al principio del bloque de texto que queramos convertir en comentario, y un asterisco seguido de una barra (*/) al final de dicho bloque.

2.5.3.8 Variables. Una variable es un elemento de nuestro sketch que actúa como un pequeño “cajoncito”, identificado por un nombre elegido por la persona que lo opera que guarda un determinado contenido, el valor de la variable se podrá modificar en cualquier momento de la ejecución del sketch: de ahí el nombre de “variable”.

Los tipos de variables que el lenguaje ARDUINO admite son:

- El tipo “boolean”: las variables de este tipo solo pueden tener dos valores: cierto o falso. Se utilizan para almacenar un estado de entre esos dos posibles, y así hacer que el sketch reaccione según detecte en ellas uno u otro.
- El tipo “char”: el valor que puede tener una variable de este tipo es siempre un solo carácter (una letra, un dígito, un signo de puntuación...).
- El tipo “int”: el valor que puede tener una variable de este tipo es un número entero entre -32768 (-2¹⁵) y 32767 (2¹⁵-1), gracias a que utilizan 2 bytes (16 bits) de memoria para almacenarse.
- El tipo “long”: el valor que puede tener una variable de este tipo para todos los modelos de placa, ya sean basadas en micro controladores de tipo AVR o de tipo ARM, es un número entero entre -2.147.483.648 y 2.147.483.647, gracias a que utilizan 4 bytes (32 bits) de memoria para almacenarse.
- El tipo “float”: el valor que puede tener una variable de este tipo es un número decimal.
- El tipo “double”: Es un sinónimo exactamente equivalente del tipo “float”, y por tanto, no aporta ningún aumento de precisión respecto a este (a diferencia de lo que pasa en otros lenguajes, donde “double” sí que aporta el doble de precisión).
- El tipo “array”: este tipo de datos en realidad no existe como tal. Lo que existen son arrays de variables de tipo “boolean”, arrays de variables de tipo “int”, arrays de variables de tipo “float”, etc. En definitiva: arrays de variables de cualquier tipo de los mencionados hasta ahora.

2.5.4 Temporizador 555. El temporizador 555 es un circuito integrado versátil con muchas aplicaciones. En esta sección, verá cómo se configura el 555 como multivibrador astable, el que en esencia es un oscilador de onda cuadrada. También se analiza el uso del temporizador 555, como oscilador controlado por voltaje (VCO).

Es un dispositivo de dos estados, cuya salida puede estar a un nivel de voltaje alto (establecer, S) o un nivel de voltaje bajo (reestablecer, R). El estado de la salida puede ser cambiado con señales de entrada apropiadas. (FLOYD, 2008)

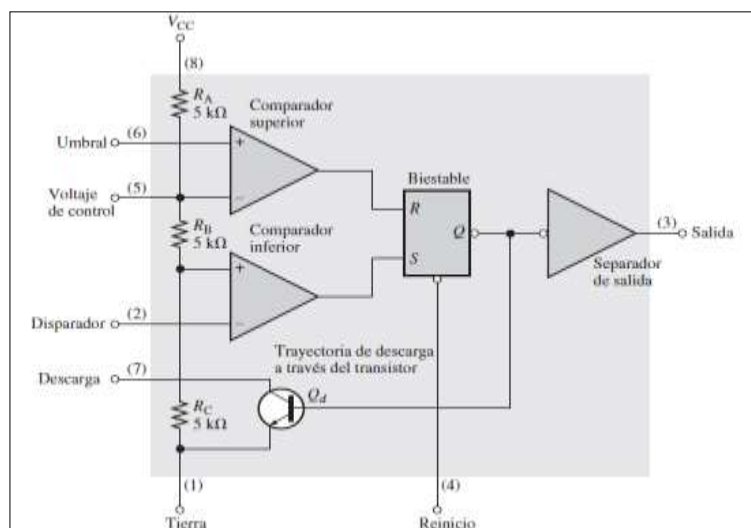


Fig. 50

Diagrama interno de un temporizador de circuito integrado 555 (FLOYD, 2008)

2.5.4.1 Operación astable. El modo de operación astable emite una señal de salida cuadrada continua, la duración de la onda cuadrada depende de los valores que se hayan aplicado al momento de su diseño, y dependen de los valores de resistencia R1, R y ciclos de trabajo (C), se lo calcula con las siguientes fórmulas.

$$T1 = \ln(2) \cdot (R1 + R2) \cdot C_{ext} \quad t2 = \ln(2) \cdot R2 \cdot C_{ext}$$

$$T1 \sim 0,693 \cdot (R1 + R2) \cdot C_{ext} \quad t2 \sim 0,693 \cdot R2 \cdot C_{ext}$$

El tiempo en segundos.

La frecuencia con la que la señal oscila esta dada por la fórmula.-

$$f \approx \frac{1}{0,693 \cdot C \cdot (R1 + 2 \cdot R2)}$$

El periodo de tiempo es: $T = 1/f$

Si lo que queremos es un generador con frecuencia variable, debemos variar la capacidad del condensador, ya que si el cambio lo hacemos mediante los resistores R1 y/o R2, también cambia el ciclo de trabajo o ancho de pulso (D) de la señal de salida según la siguiente expresión:

$$D = \frac{R1 + R2}{(R1 + 2 \cdot R2)}$$

Hay que recordar que el período es el tiempo que dura la señal hasta que ésta se vuelve a repetir.

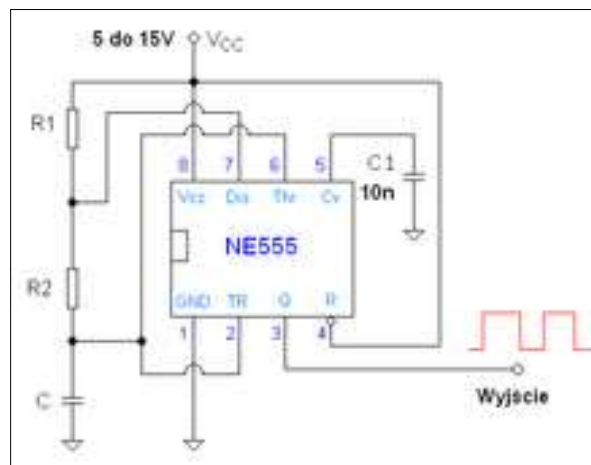


Fig. 51

Esquema de aplicación astable 555 (Wikipedia, 2015)

2.5.4.2 Ley de Ohm aplicada a un motor C.C. En los motores de corriente continua, sólo se aplica la ley de Ohm, cuando el motor está detenido o frenado, cuando no existe variación del campo magnético. En este caso, se podrá saber la intensidad de corriente que consume.

La variación del campo magnético es la que produce una fuerza electromotriz, que se opone a la tensión aplicada, lo que hace disminuir la intensidad de corriente; o dicho de otra manera, aumentar su impedancia. Como el corte de la corriente producido en el colector es abrupto, no se aplica la fórmula de cálculo de reactancia inductiva, que es cuando la forma de onda es sinusoidal.

Este mismo efecto se presenta en los transformadores shopper , por ejemplo: aplica pulsos de tensión continua, con un corte abrupto. La variación de corriente en el primario, produce un campo magnético variable, que induce tensión en el secundario. Dada la explicación teórica en nuestro sistema, aplicamos una resistencia de 10Ω 150 watts para que el motor reaccione, endureciendo de cierta manera la dirección, en cuanto a altas velocidades se mantenga estable.

Tabla 3.

Características técnicas del motor eléctrico de dirección

Fuente: (Roldan Vilorio, 2011)

Corriente Máxima	65	A
Diámetro [D]	φ 76	Mm
Longitud [L]	125	Mm
Peso	2.6	Kg
Velocidad Máxima	2000	r/min
Rated torque	3.4	N.m
Rated Speed	1180	r/min
Potencia	420	W
Inercia	0.43	g.m ²

Capítulo iii

Metodología de la investigación

3.1 Tipo de la investigación

El Proyecto de Investigación es bibliográfico, ya que la investigación se la realiza en fuentes bibliográficas, manuales de taller, propios de la marca Hyundai, libros de mecánica y mantenimiento automotriz, auto data y páginas web, con las cuales se crean fundamentos sólidos acerca del funcionamiento y estructura del sistema de dirección asistida electrónicamente; también se utilizan libros de electrónica, de donde se estudian conceptos básicos para el funcionamiento del sistema de dirección en la maqueta.

Además, este Proyecto es tecnológico, debido a que se investigan los avances que se realiza al vehículo, como lo es en el sistema de dirección asistida electrónicamente, cuyo funcionamiento depende de la unidad de dirección, que opera eléctrica y electrónicamente para facilitar la conducción del vehículo.

3.2 Métodos de investigación

El método teórico que se emplea es el analítico-sintético, debido a que se procesa la información teórica hallada, en las fuentes antes referidas.

Además, se empleó el método de simulación, ya que se diseñó un circuito que ayude a simular señales de sensores propios del motor del vehículo para el funcionamiento del sistema, en el cual se implementa una tarjeta electrónica programable ARDUINO, la cual emite señales propias de los sensores de velocidad del vehículo y rpm del motor de combustión del vehículo.

Capítulo iv

Resultados y propuesta

4.1 Introducción

El Proyecto planteado trata de construir una maqueta del sistema de dirección asistida, para lo cual el primer paso es diseñar y construir una estructura que soporte el peso total de los elementos que conforman el sistema de dirección asistida. De igual manera, para el funcionamiento del sistema se configura un circuito llamado 555, el cual simula las señales necesarias para el funcionamiento del sistema de dirección, datos que son tomados del Auto data del vehículo de marca Hyundai y se la pueda operar fácilmente, sin necesidad de implementar un motor, como también se programa una tarjeta electrónica ARDUINO, la cual reemplaza a la unidad de control de dirección, ya que su programación se basa en datos reales del funcionamiento de la dirección, mientras se opera el vehículo, y a través de botones de control se pueda operar fácilmente el sistema. Los materiales que se emplearon para la construcción de la maqueta son electrónicos y mecánicos, algunos propios del sistema de dirección.

4.2 Selección de elementos mecánicos y electrónicos

4.2.1 Elementos Mecánicos. Para la construcción de la maqueta del sistema de dirección, se toma en cuenta algunos aspectos importantes para la ubicación de los elementos que conforman dicho sistema, y a la vez, que ésta sea accesible de manipulación e identificación, ya que sirve como material didáctico para los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, de la Universidad Técnica del Norte.

4.2.1.1 Estructura. Sirve de soporte para los elementos mecánicos y electrónicos del sistema de dirección. Está fabricada de tubo cuadrado negro, ASTM 500 de 2 pulgadas y media.

4.2.1.2 Volante. Se implementa el volante de marca Hyundai, año 2008, propio del vehículo, para permitir realizar los giros de derecha a izquierda y observar el funcionamiento del sistema.

4.2.1.3 Caja de dirección por cremallera. Para el montaje del sistema de dirección

se emplea la caja de dirección por cremallera de la marca Hyundai Accent 2012, debido a que por ser de la misma marca, se la puede adaptar en el modelo Hyundai Accent 2008, del sistema de dirección.



Fig. 52

Cremallera Hyundai Accent 2012

4.2.1.4 Suspensión de Chevrolet San Remo. Para la demostración y montaje del sistema de dirección EPS, en la estructura se utilizan algunos elementos de la suspensión del vehículo Chevrolet San Remo, como: mesa superior e inferior, manzana de los neumáticos y discos de freno.



Fig. 53

Suspensión Chevrolet San Remo

4.2.1.5 Brida universal. Se utiliza una brida mecánica universal para acoplar la

unidad de dirección EPS con la cremallera.



Fig. 54

Brida universal

4.2.2 Elementos Electrónicos. Para el funcionamiento del sistema de dirección en la maqueta se emplean partes electrónicas propias del sistema, y para la simulación de señales, se utilizan elementos electrónicos, los cuales permiten el funcionamiento del sistema.

4.2.2.1 Batería. Se emplea una batería de 12 voltios para el suministro del voltaje del funcionamiento del sistema.

4.2.2.2 Unidad de dirección EPS. En la construcción de nuestra maqueta se aplica la unidad de dirección del vehículo Hyundai Accent 2008, en la cual vienen integrados los siguientes componentes.-

- Motor eléctrico de dirección, que será modificado para calcular la asistencia a la dirección.
- Unidad de control de dirección, la cual calcula la asistencia para que el motor eléctrico la ejecute a través de las señales de velocidad del vehículo y rpm del motor simuladas con la tarjeta electrónica programable ARDUINO.



Fig. 55

Unidad de dirección EPS

4.2.2.3 Módulo Relé. En el desarrollo del circuito de funcionamiento del sistema de dirección, se emplean dos módulos relé 1 de 5V: uno para proteger todo el circuito electrónico; y el otro, para activar el motor eléctrico.



Fig. 56

Módulo relé

4.2.2.4 Resistencia. Para calcular la resistencia se utiliza la ley de Ohm, y así poder regular el paso de corriente hacia el motor eléctrico. Para la construcción del circuito se emplea una resistencia de 24 ohmios.

4.2.2.5 Potenciómetro. Se dispone de un potenciómetro para graduar la intensidad de la lámpara de la LCD.

4.2.2.6 LCD. Se utiliza una LCD de 16x2, en donde se imprimen datos de velocidad, revoluciones y datos de autor, que son programados en la tarjeta ADUINO.

Tabla 4.
Pines de LCD

PINES	UTILIDAD
1. GND	Negativo o tierra.
2. VCC	Positivo o 5v.
3. CONTRASTE	Potenciómetro.
4. RS	Lectura del estado.
5. RW	Leer escribir.
6. ENABLE	Habilitar o inhabilitar.
7-14 (D1,D2,D3,D4,D5,D6,D7)	Bits contables para el proceso de posición de las letras.
15. LAMPARA	Positivo de la lámpara.
16.LAMPARA	Negativo de la lámpara.

4.2.2.7 Arduino. Se coloca una tarjeta electrónica ARDUINO, donde se programa el funcionamiento de asistencia a la dirección y se establecen datos de velocidad del vehículo y rpm del motor para simular las señales que actuarán dentro del motor eléctrico de dirección, y así obtener la asistencia necesaria al sistema, para verificar la programación realizada al ARDUINO observar los anexos 4, 5, 6.



Fig. 57

ARDUINO

4.3 Diseño de la estructura

Para el diseño de la estructura se debe tener en cuenta el peso y la longitud de cada uno de las partes que conforman el sistema de dirección, los cuales son: la columna de dirección, el respectivo sistema y el mecanismo de cremallera.

4.3.1 Esquema de la estructura. A continuación se muestra la estructura de la maqueta, con las medidas respectivas para su construcción. Para visualizar la estructura en cada una de sus vistas se puede visualizar en los anexos 10, 11 y 12.

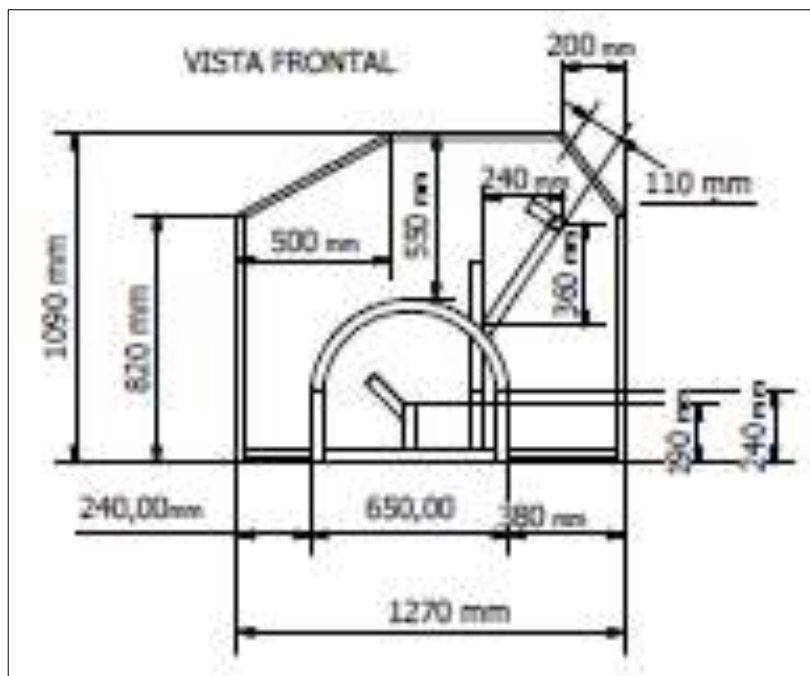


Fig. 58.

Vista frontal de la estructura (elaborada en INVENTOR)

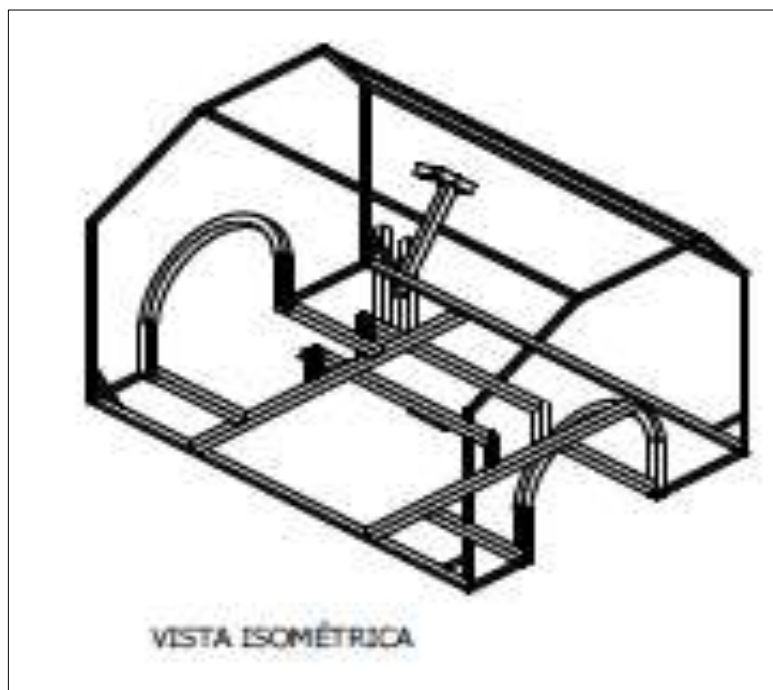


Fig. 59

Vista isométrica de la estructura (elaborada en INVENTOR)

4.3.2 Diagrama de las reacciones que se aplican internamente en la estructura.

En el diagrama que se muestra a continuación, se pueden observar los puntos, en donde la estructura interna de la maqueta soportará el peso de los elementos del sistema de dirección.

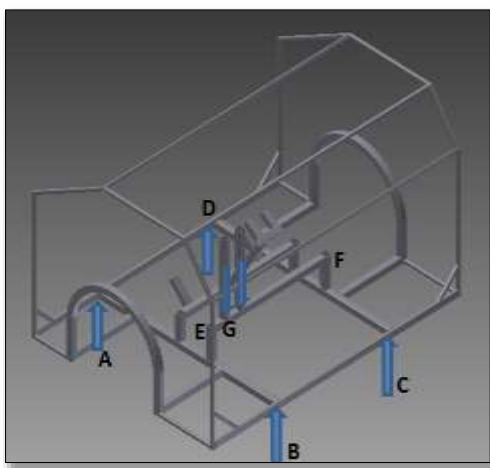


Fig. 60

Diagrama de reacciones q se aplican a la estructura (elaborada en INVENTOR)

4.3.2.1 Cálculo Estructural. Para realizar el cálculo del factor de seguridad, se lo aplica en la parte interna de la estructura, debido a que es ahí donde se soporta el peso total del sistema de dirección y se aplica la fuerza de la estructura.

A continuación se realiza un análisis de las reacciones del sistema sobre la estructura interna de la maqueta.

Al tener un solo componente vertical, las reacciones que se aplica en la estructura son: **FA, FB, FC, FD**, ya que al contar con ruedas industriales tiene una sola componente vertical.

FG, FH, son las cargas ejercidas por la columna de dirección y su sistema que es de 89,18 N, y es dividido entre los dos soportes.

Operación: al tener dos cargas ejercidas en la estructura la fuerza se divide en dos soportes.

$$2F=89.18 \text{ N}$$

Despejando la fuerza aplicada en cada uno de los puntos:

$$F=89.18\text{N}/2$$

$$F= 44.59 \text{ N}$$

La fuerza ejercida en cada uno de los puntos es de **44.59N**.

En la estructura, al igual que la columna, la parte en donde se asienta la cremallera tiene también dos soportes, por lo cual la fuerza ejercida se la divide en dos puntos:

Las reacciones serían **FI, FJ**, las cargas ejercidas por la cremallera.

$$2F = 53.9N.$$

$$F = 53.9 N/2$$

$$F = 26.95 N$$

Una vez calculadas las fuerzas ejercidas de cada uno de los puntos de soporte, pasamos a calcular la flexión en donde se va a producir la reacción sobre los puntos de soporte.

Cálculo de momentos, flexión y factor de seguridad del primer par de soportes.-

Flexión en la viga EF:

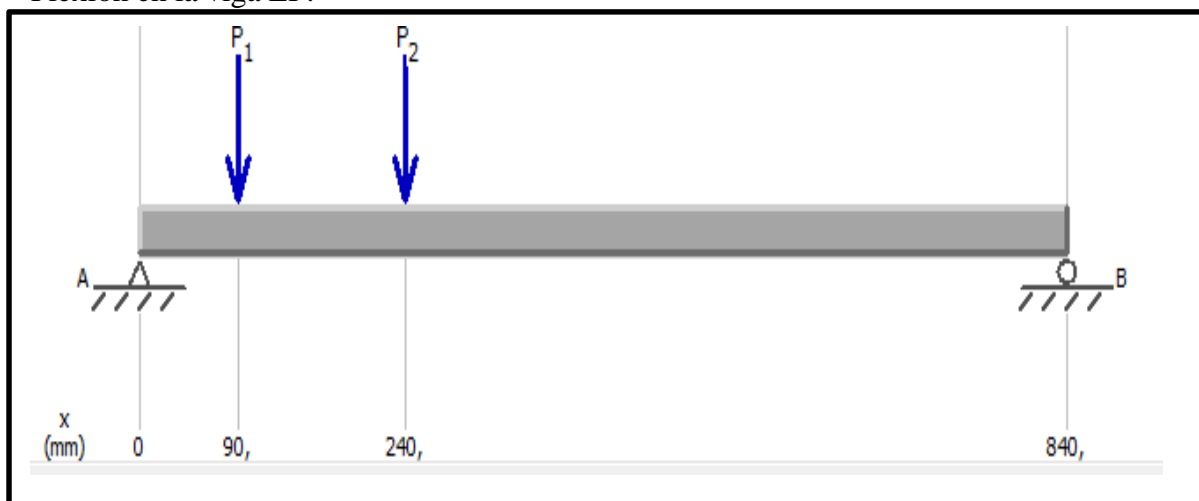


Fig. 61
Puntos de flexión en la viga

Se procede a realizar la sumatoria de fuerzas entre los puntos (Ay) y (By)

Ecuaciones de equilibrio (Ay) y (By)

Las reacciones (Ay) y (By) asumieron positivo hacia arriba.

$$A_y + B_y = 44,59 N + 44,59 N$$

Suma de momentos respecto (A) (convención de signos regla de la mano derecha)

$$(840,00 \text{ mm}) B_y = 44,59N \times 90,00\text{mm} + 44,59N \times 240,00 \text{ mm}$$

$$A_y = 71,66 N$$

$$B_y = 17,52$$

Diagrama de momentos:

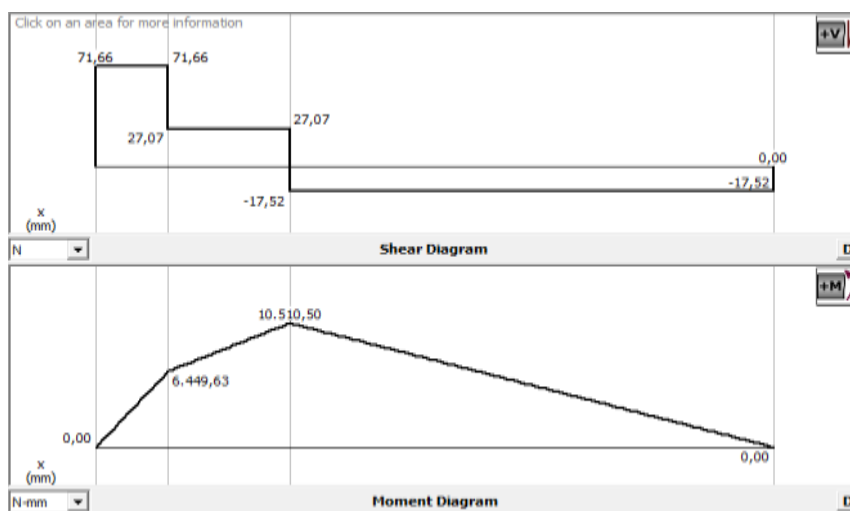


Fig. 62
Diagrama de momentos

La estructura se la construye como inicialmente lo planteamos con un tubo estructural cuadrado ASTM A500, de dimensiones 20*20*1.2mm., cuyas especificaciones se detallan en la tabla.

Tabla 5.

Especificación del acero estructural ASTM500

B (mm)	Espesor (mm)	Área (cm ²)	I (cm ⁴)	W (cm ³)	i (cm)	PESO(Kg/m)	Módulo de sección (cm ³)
20	1.2	0.90	0,53	0,53	0,77	0,72	0,61
<p>The diagram shows a square structural tube with side length B and wall thickness t. The center of gravity is marked with a dashed line.</p>							
Material	Producto	Resistencia a la tensión	Resistencia a la fluencia	Ductilidad			
ASTM A500	Tubo estructural	310 MPa	269MPa	25%			

Se calcula el esfuerzo máximo del soporte, donde va asentada la cremallera dirección:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{s} \quad [5]$$

$$\sigma_{max} = \frac{10,51 \text{ Nm}}{0,61 * 10^{-6} \text{ m}^3}$$

$$\sigma_{max} = 17,23 \text{ MPa}$$

Se calcula el factor de seguridad del soporte donde va situada la cremallera de dirección:

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{max}} \quad [6]$$

$$n = \frac{269 \text{ MPa}}{17,23 \text{ MPa}}$$

$$n = 15,61$$

Cálculo de los momentos, flexión y factor de seguridad del segundo par de soportes
Flexión en la viga EF:

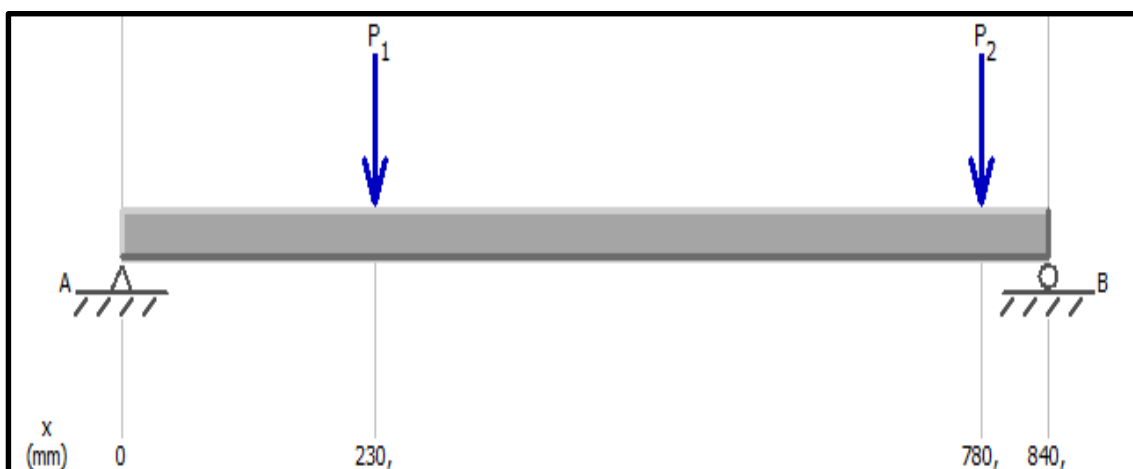


Fig. 63
Punto de flexión en los soportes

Ecuación de equilibrio.-

Las reacciones (A_y) y (B_y) asumieron positivo hacia arriba.

$$A_y + B_y = 26,95 \text{ N} + 26,95 \text{ N}$$

Suma de momentos respecto (A) (convención de signos regla de la mano derecha)
 (840, 00 mm) $B_y = 26,95\text{N} \times 230,00\text{mm} + 26,95\text{N} \times 780,00\text{mm}$

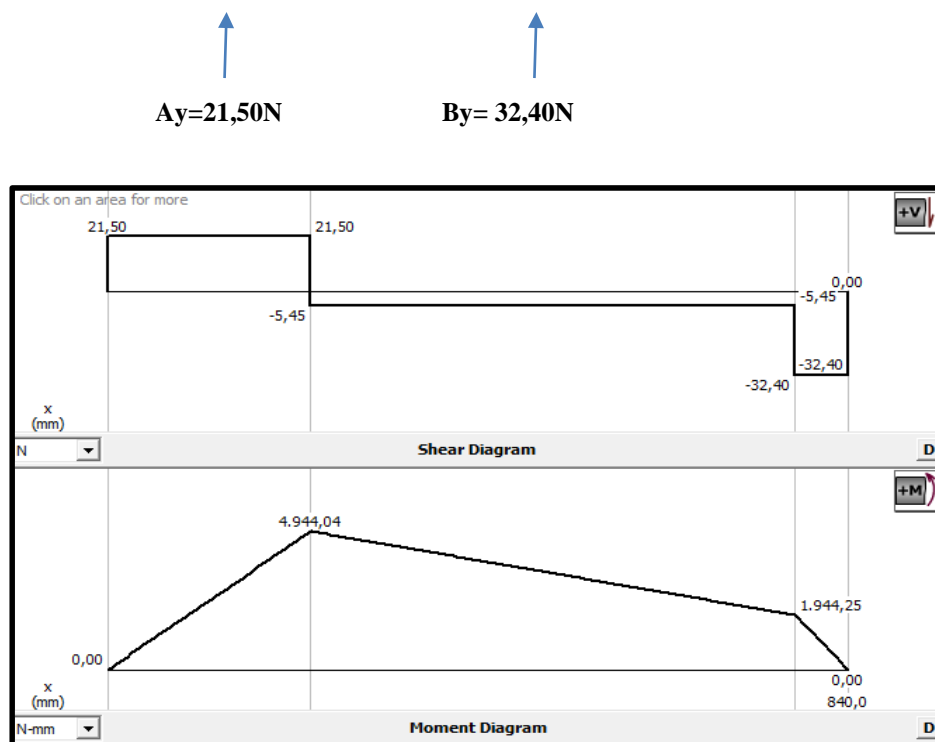


Fig. 64
 Diagrama de la sumatoria de momentos

Cálculo del esfuerzo máximo del soporte, donde va asentada la columna dirección.

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{S}$$

$$\sigma_{max} = \frac{4,94 \text{ Nm}}{0,61 * 10^{-6} \text{ m}^3}$$

$$\sigma_{max} = 8,098 \text{ MPa}$$

Se calcula el factor de seguridad del soporte, donde va asentada la columna de dirección.

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{max}}$$

$$n = \frac{269 \text{ MPa}}{8,098 \text{ MPa}}$$

$$n = 33,22$$

De acuerdo a los cálculos realizados, se deduce que la estructura sí soporta el peso

total del sistema de dirección, al tener un factor de seguridad tolerable, no se produce deformación en la estructura interna de la maqueta.

4.4 Diseño electrónico

4.4.1 Simulación de señales. Se utiliza la técnica de modelación, debido a que se implementa una tarjeta electrónica, la cual ayuda a simular las señales necesarias para el funcionamiento de la parte electrónica del sistema de dirección implementada en la maqueta. Antes de realizar la programación de cómo opera el motor eléctrico dentro del sistema de dirección, se realiza un diagrama de flujo del funcionamiento del sistema con la implementación del ARDUINO.

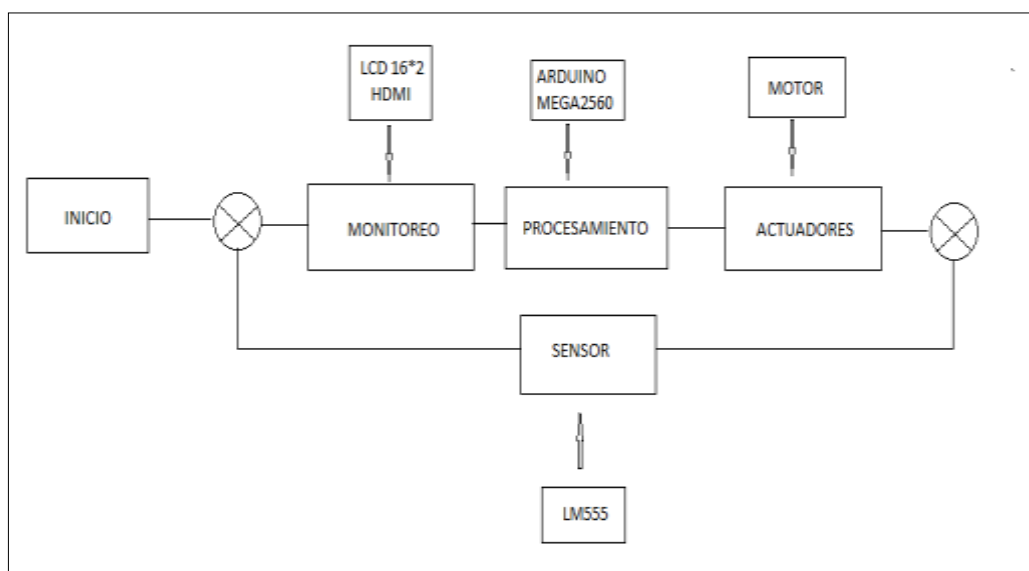


Fig. 65

Diagrama de control del funcionamiento del sistema

4.4.2 Simulación de los giros del motor del vehículo con un lm 555. Se tiene en cuenta que el sistema de dirección asistida del automóvil, trabaja con señales emitidas por los sensores de velocidad VSS y revoluciones del motor CKP, los cuales no forman parte de este sistema. Para la simulación de la señal emitida por el sensor CKP del motor del vehículo, se realiza un circuito integrado denominado lm555, que actuará como un generador de pulsos eléctricos, para simular la velocidad real del motor del vehículo que activará al motor eléctrico de dirección, recreando retardos de tiempo emitiendo ondas cuadradas, ya que los datos necesarios para la creación del circuito son tomados del auto

data propio del vehículo. La frecuencia con la que se producen los pulsos va a variar conforme se aumente o disminuya la velocidad en la maqueta.

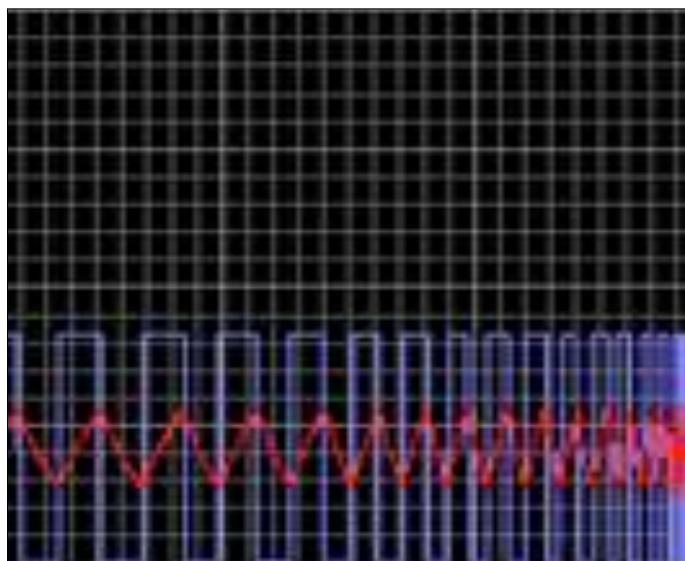


Fig. 66

Frecuencia de la generación de pulsos de motor del vehículo en un intervalo de tiempo (HYUNDAI, 2008)

4.4.3 Cálculo de frecuencia y resistencia para la simulación. Antes de dar a conocer el cálculo, se analiza cómo trabaja el módulo de dirección, en cuanto a la señal de velocidad emitida por el sensor VSS del vehículo, la cual es tomada del eje secundario de la caja de velocidades, en la que se obtuvo algunas pruebas realizadas de velocidad vs frecuencia de la señal del sensor de velocidad, y al final obtener la siguiente tabla de prueba.

Tabla 6.

Pruebas realizadas de velocidad vs frecuencia

VELOCIDAD (KM/H)	FRECUENCIA (Hz)
0	0
8	4.19
20	12.52
30	17.6
40	25.01
60	39.66
80	50.02
100	60.56
120	76.11
140	92.31
160	102.88

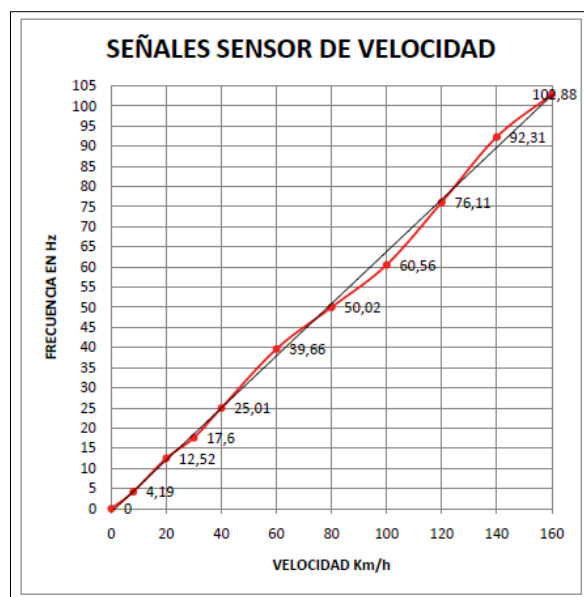


Fig. 67.

Señal del sensor de velocidad (HYUNDAI, 2008)

De acuerdo con la hoja de datos del vehículo Hyundai Accent, se deduce que la velocidad del motor del vehículo, es de 7000 rpm en altas revoluciones y en ralentí 650 rpm. Bajo estos parámetros, se realiza el cálculo correspondiente para ver la medida de las resistencias en los condensadores del lm555.

$$V_{motor} = 0,03340 * frecuencia \quad [1]$$

$$V_{motor} = rpm \text{ del motor}$$

$$0,03340 = \text{constante real determinada del radio de la rueda}$$

$$Frecuencia = \text{magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo}$$

La frecuencia se tiene que despejar de la fórmula anterior; cálculo de la frecuencia en bajas revoluciones

$$frecuencia = 0.03340 * V_{motor} \quad [2]$$

$$frecuencia = 0.03340 * 650$$

$$frecuencia = 21.7113 \text{ Hz}$$

Cálculo de la frecuencia en altas revoluciones (7000 rpm):

$$frecuencia = 0.03340 * V_{motor}$$

$$frecuencia = 0.03340 * 7000$$

$$frecuencia = 233.81 \text{ Hz}$$

Una vez obtenida la frecuencia máxima y mínima se deduce que se necesita un oscilador variable de 21.7113 Hz a 233.81 Hz. En referencia a los datos obtenidos se regresa a la ecuación principal de la configuración astable del lm 555, se toman los datos de la resistencia R1 y del capacitor (Cext) con una resistencia de 330 ohmios y un capacitor de 10uf, de acuerdo a la gráfica número 68, la cual da un punto referencial del tipo de resistencia y capacitor que se necesita para el tipo de oscilación que se desea.

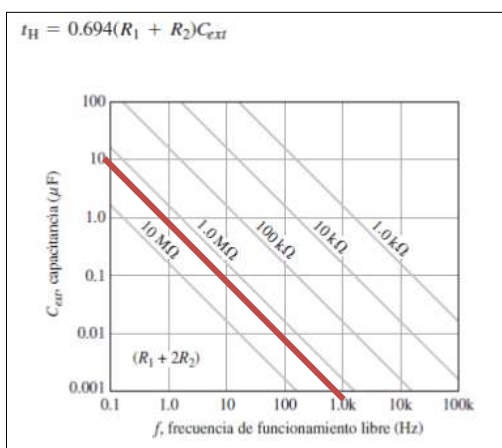


Fig. 68.

Capacitancia (FLOYD, 2008)

Cálculo de la resistencia mínima y máxima para saber que potenciómetro se emplea en el circuito; cálculo de la resistencia mínima con respecto al rango de frecuencias altas.

$$fr = \frac{1.44}{(R1+2R2)Cext} \quad [3]$$

$$233.81 \text{ Hz} = \frac{1.44}{(330 + 2R2)10\text{uf}}$$

$$233.81 \text{ Hz} * 10\text{uf} = \frac{1.44}{(330 + 2R2)}$$

$$2.338 * 10^{-3} = \frac{1.44}{(330 + 2R2)}$$

$$(330 + 2R2) = \frac{1.44}{2.338 * 10^{-3}}$$

$$(330 + 2R2) = 615.88$$

$$2R2 = 615.88 - 330$$

$$R2 = \frac{285.88}{2}$$

$$R2 = 142.94\Omega$$

Se calcula la resistencia de acuerdo a las frecuencias netamente altas:

$$fr = \frac{1.44}{(R1 + 2R2)Cext}$$

$$21.7113 \text{ Hz} = \frac{1.44}{(330 + 2R2)10\mu f}$$

$$21.7113 \text{ Hz} * 10\mu f = \frac{1.44}{(330 + 2R2)}$$

$$2.17113 * 10^{-4} = \frac{1.44}{(330 + 2R2)}$$

$$(330 + 2R2) = \frac{1.44}{2.17113 * 10^{-4}}$$

$$(330 + 2R2) = 6632.49$$

$$2R2 = 6632.49 - 330$$

$$R2 = \frac{6302.49}{2}$$

$$R2 = 3151.24\Omega$$

De acuerdo al cálculo de la resistencia mínima y máxima se necesita un potenciómetro de 142.96 a 3151.24, debido a que son resistencias demasiado altas, se emplea un potenciómetro de 5000 Ω . A continuación en la figura 63 se muestra el circuito de prueba para el temporizador 555, para ser adaptado en el circuito de funcionamiento a los módulos relé para activar el motor eléctrico.

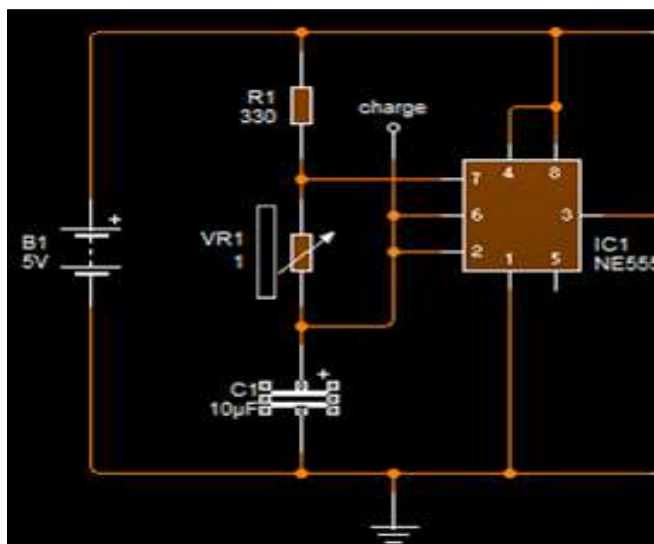


Fig. 69

Diagrama electrónico del 555

En la figura 70, se puede apreciar el funcionamiento exacto de la generación de pulsos producidos por el lm555 hacia el motor en el simulador, y así asiste a la dirección entregando el voltaje necesario en un límite de tiempo, lo cual se puede observar a través del osciloscopio la frecuencia con la que se genera las pulsaciones. Se puede apreciar la oscilación mínima hasta la oscilación máxima cambiando la posición del potenciómetro.

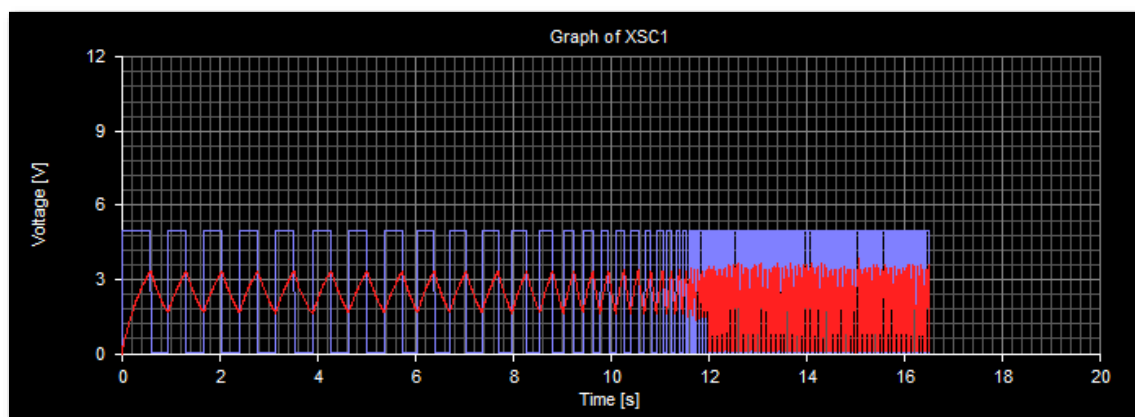


Fig. 70

Frecuencia de generación de los pulsos generados por el motor eléctrico para asistir a la dirección

La figura 71, muestra la configuración del diseño electrónico del módulo de dirección. Se simulara la frecuencia realizada para los rpm (revoluciones por minuto); dadas por circuito TIMER realizada por un circuito integrado LM555.

- Se da asistencia al motor eléctrico a través de un módulo relé.
- El circuito posee un sistema de protección en contra de alzas y bajas de voltaje.
- A través de la LCD de medida 16x2 cm., donde se muestra datos de velocidad y un límite propuesto por el usuario.

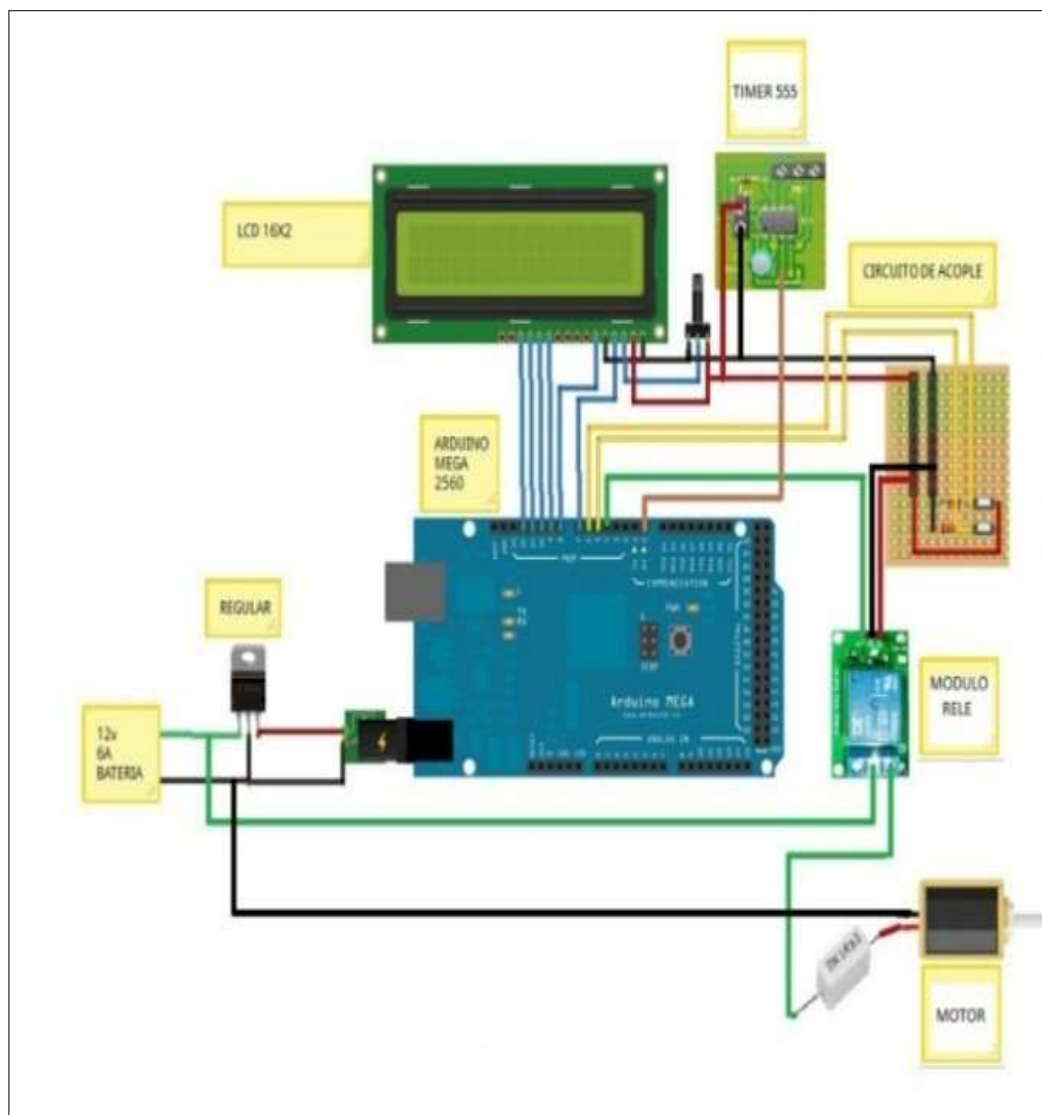


Fig. 71

Configuración del diseño electrónico del módulo de dirección

4.4.4 Programación del Módulo Arduino. En la figura 72, se muestra el flujograma de programación electrónica del funcionamiento del sistema de dirección en la maqueta basada en la configuración que se realizó al ARDUINO, en donde se ingresaron datos reales del funcionamiento de la dirección cuando está operando el vehículo.

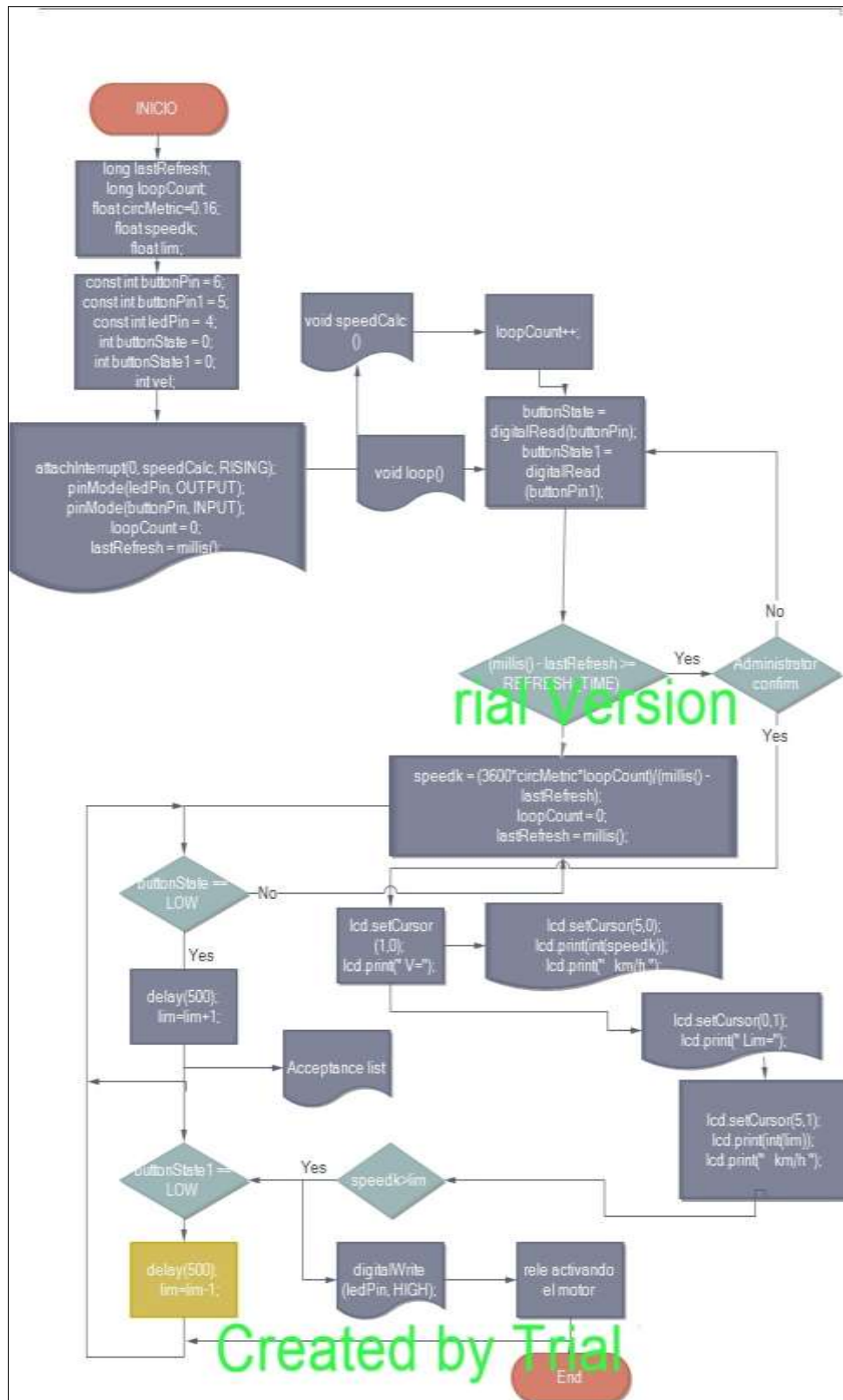


Fig. 72

Flujograma de funcionamiento

4.5 Construcción de la estructura de la maqueta didáctica

4.5.1 Parámetros de la estructura. Para la construcción de la estructura donde va montado el sistema de dirección, se tiene en cuenta el peso de cada una de las partes del sistema: columna, unidad electrónica de la dirección y cremallera; debido a que la carga de todos estos elementos lo soporta la estructura de la maqueta. A continuación se indica el peso respectivo de los elementos del sistema de dirección.

Tabla 7.

Peso de los elementos del sistema de dirección

ELEMENTO	PESO (lb)	PESO (kg)	LONGITUD (m)
Unidad de dirección.	22	10	0.55
Cremallera	19	9	1.35

Para la construcción de la estructura de la maqueta se tiene en cuenta los siguientes parámetros:

- Corrosión.- Para evitar la corrosión del acero se emplea pintura anticorrosiva, ya que esta puede estar expuesta a cualquier tipo de factor climático.
- Resistencia.- Se elige un acero que tenga la capacidad de resistir esfuerzos o cargas permanentes en este caso el peso de la cremallera, columna, unidad electrónica de la dirección, neumáticos.
- Peso.- Se emplea un acero que sea liviano y resistente para que sea de movilizar.
- Forma.- Se realiza un diseño que sea cómodo y fácil de manipular.
- Tamaño.- Se toma en cuenta la longitud de la cremallera y de la columna de dirección, para permitir ubicar con facilidad el resto de elementos que conforman el sistema.

Tabla 8.

Tabla de materiales para la estructura

ELEMENTO	CANTIDAD	MODELO
Tubo cuadrado para estructura	18 metros	ASTM A500
Tubo cuadrado de soporte	10metros	ASTM A500
Rueda industrial	4 unidades	Industrial

Angulo	1.30 metros	ASTM A500
Tuercas	2 unidades	Acero
Pernos para ajustar el sistema	4 unidades	Acero
Madera	2 unidades	Mdf
Pintura	2 colores	Antioxidante
Mica transparente	1 unidad	Acrílico

Durante la construcción de la estructura se tiene en cuenta la estatura promedio de una persona, que facilite la operación del sistema a través de la cual se hace posible la manipulación del volante, sin realizar ningún esfuerzo, así como también se considera adaptar cuatro ruedas industriales móviles para trasladar el sistema de un lugar a otro, dentro o fuera del taller.

Para considerar los esfuerzos que se le aplican a la estructura por el peso efectuado del sistema de dirección se emplea el programa de diseño mecánico “INVENTOR”, donde es posible localizar los puntos en donde se realiza más esfuerzo y está sometida a desgaste.

4.5.2 Proceso de soldadura y pintura de la estructura. El proceso de montaje de la estructura se divide en dos partes: una estructura interna que es la que soporta todo el peso del sistema y la estructura externa que corresponde a la parte estética de la maqueta.

Para la estructura interna se utiliza tubo negro cuadrado de 2 pulgadas por 2mm, de tipo de acero ASTM500 y para la estructura externa se emplea tubo negro cuadrado de una pulgada y media por 2mm, de tipo de acero ASTM500.

En el proceso de corte del tubo se aplica un disco de acero fino de marca Norton y en el proceso de soldadura se usa el tipo de suelda más común que es de 6011, debido a su capacidad de resistencia. (Anexo 12).

Se pinta la estructura de verde neón y de azul, los cuales la pintura tiene la propiedad de ser anticorrosiva y antioxidante. (Anexo 13).

4.6 Implementación

4.6.1 Acoplamiento de los elementos mecánicos de la maqueta. En esta etapa se acopla la parte mecánica y electrónica de la maqueta para hacer funcionar al sistema de dirección, en donde intervienen todos los elementos que se emplea para realizar este

proceso. Se efectúa el montaje de los elementos que conforman el sistema de dirección electrónica en la estructura de la maqueta.



Fig. 73
Montaje de los elementos mecánicos y electrónicos

4.6.2 Acoplamiento de los elementos electrónicos de la maqueta. Una vez realizado el montaje de los elementos de la dirección se procede a conectar el circuito de activación del sistema en donde interviene la tarjeta electrónica ARDUINO. En la siguiente figura se muestra el circuito final que activa el funcionamiento del sistema de dirección.

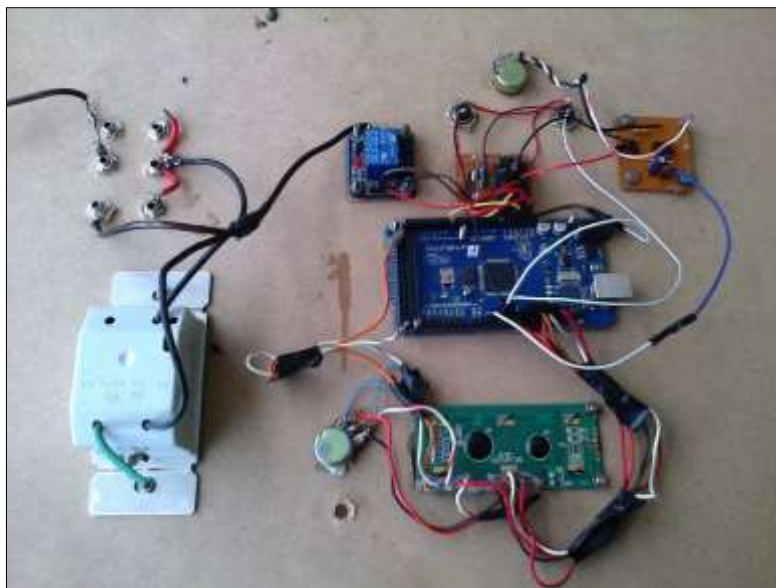


Fig. 74

Circuito final de funcionamiento

Luego de haber realizado el circuito de programación del sistema, se procede a conectar directamente el circuito con el motor eléctrico, debido a que la tarjeta electrónica ARDUINO reemplaza a la unidad de control del sistema de dirección; es por ello que, se emplea dos módulos relé, para activar del motor eléctrico y proteger a todo el circuito de funcionamiento .

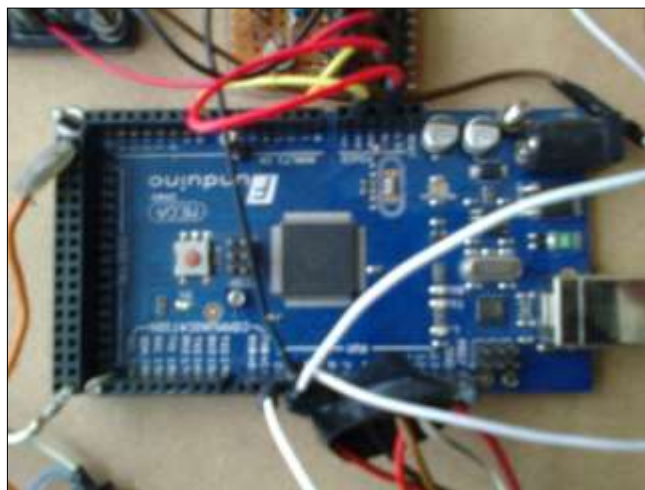


Fig. 75

Programación del ARDUINO

Para encender el funcionamiento de la maqueta del sistema de dirección electrónica y poder controlar la velocidad, se colocan pulsadores que activan el proceso, así como también la LDC que informa datos de funcionamiento.

A continuación, se procede a mejorar estéticamente la maqueta didáctica, empleando mica transparente y mdf para cubrir a toda la estructura.

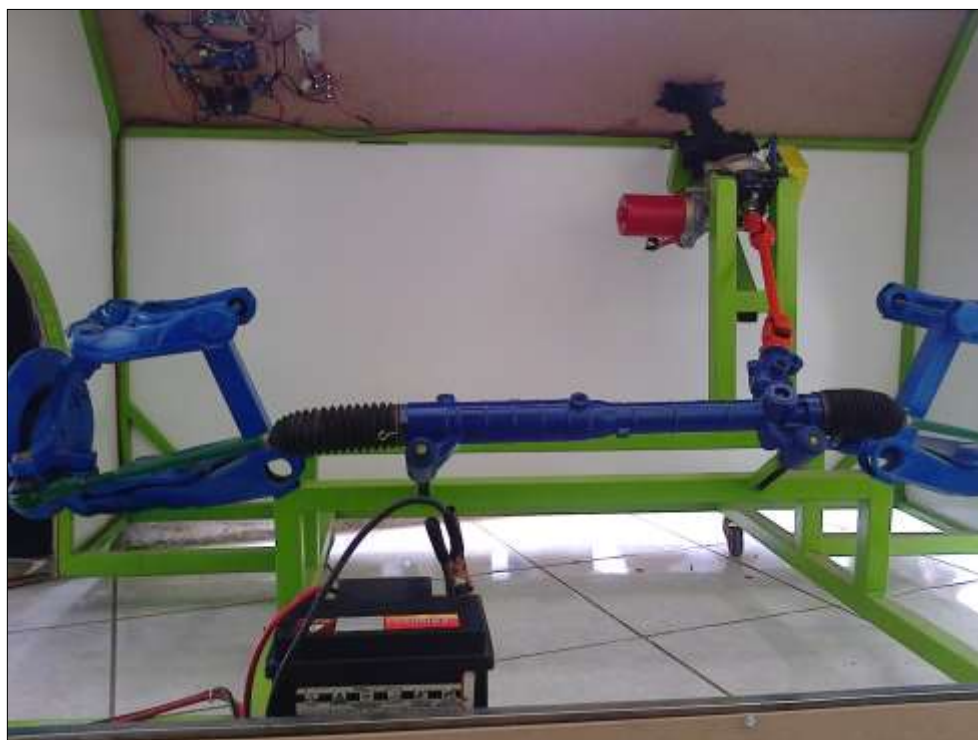


Fig. 76

Acoplamiento de los elementos mecánicos y electrónicos

4.7 Pruebas de funcionamiento

4.7.1 Verificación del funcionamiento del módulo ARDUINO. Se verifica el suministro de voltaje y se mide la intensidad, debido a que el ARDUINO debe tener el voltaje suficiente para repartirlo al relé, lcd y todos los elementos que estén conectados al módulo.

VOLTAJE	5V
INTENSIDAD	100 ma

4.7.2 Verificación del suministro de voltaje al regulador. Se mide el suministro de voltaje al regulador, para evitar que se dañe el módulo ARDUINO

BATERIA	REGULADOR	ARDUINO
12 V	5.6 V	5 V

4.7.3 Verificación del funcionamiento de los botones y la LCD. Se comprueba el paso de voltaje para verificar que los botones funcionen correctamente.

LCD	5V
PULSADORES	5V

4.7.4 Verificación de potencia en el motor eléctrico de la dirección. Se verifica el suministro de voltaje a la parte de potencia del motor eléctrico, para que el motor genere asistencia a la dirección.

APAGADO	0 V
ENCENDIDO	11.2V

4.7.5 Verificación de la reacción del motor eléctrico empleando varias resistencias. Se prueba el funcionamiento del motor eléctrico empleando varias medidas de resistencia, para observar la reacción del motor eléctrico en la dirección.

RESISTENCIAS (R)	INTENSIDAD (A)	VOLTAJE (V)
2.2	5.21	7.8
4.4	6.64	4.38
7	4.50	4.14

De la prueba que se realiza con las resistencias, se deduce que a mayor resistencia menor movimiento, y a menor resistencia mayor movimiento.

4.7.6 Verificación del funcionamiento del sistema electrónico con el sistema mecánico. Esta prueba de funcionamiento se realiza para observar la variación de la fuerza que se produce en el volante, de acuerdo a la variación de la velocidad.

VELOCIDAD	REACCIÓN DEL VOLANTE
V= 4 km/h y el lim= 0	DURO
V= 30km/h y el lim= 30	ESTABLE
V= 10km/h y lim = 17	SUAVE
V= 100 km/h y lim= 25	DURA

Capítulo v

Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

- La maqueta didáctica permite por un lado, identificar los componentes mecánicos y electrónicos que intervienen en el sistema de dirección electrónica; y por el otro, permite realizar mediciones de voltaje y frecuencia con la que opera el sistema, ayudando al entrenamiento de los estudiantes en el diagnóstico de dichos sistemas.
- El funcionamiento del sistema de dirección electrónica en el vehículo, opera con cuatro señales emitidas por el sensor de velocidad VSS, el sensor de revoluciones del motor CKP, suministro de batería y ángulo de dirección; y las envía a la unidad de control, que es la que calcula la asistencia para que el motor eléctrico asista a la dirección.
- Mediante la utilización de un módulo Arduino, se pueden simular las señales de velocidad del vehículo y rpm del motor, señales necesarias para operar el sistema de dirección en la maqueta propuesta.
- El funcionamiento del sistema de dirección electrónica en la maqueta, en cuestión de la dureza de asistencia a la dirección no es progresiva, la programación es ON y OFF. Si sobrepasa la velocidad con respecto al límite la dirección se endurece, caso contrario se ensuaviza..

5.2 Recomendaciones

- Para la manipulación de la maqueta, tener en cuenta la seguridad necesaria de las personas que la van a manipular, verificar que el suministro de batería sea 12 V. Se debe confirmar que la conexión entre el motor eléctrico y el ARDUINO se encuentre conectada correctamente, y que el relé de activación del motor eléctrico esté funcionando adecuadamente.
- Inspeccionar que todos los cables de comunicación del ARDUINO estén conectados correctamente dentro del circuito, para evitar daños dentro de la programación. La perilla blanca de regulación del volante debe estar en ON, cuando esté funcionando el sistema, para que no se quemé la resistencia.
- Si se quiere reprogramar la tarjeta electrónica, emplear el cable de datos propio del ARDUINO, para modificar los parámetros dentro de la programación.

- Se recomienda adaptar un motor con pedalera, para no emplear la simulación del circuito 555, como también puede ser un motor de licuadora.

Bibliografía

Miravete De Marco, Antonio. (1997). Mecánica del Automovil.

J M, Alonso. (2004). Técnicas del AUTOMÓVIL. Thomson y Paraninfo.

Bosch, R. (2005). Manual de la Técnica del Automóvil.

Barrera, C. (2006). Dirección Asistida eléctricamente y Sistema EPS

Arias – Paz, M. (2006). Manual de Automóviles.

Floyd, T. L. (2008). Dispositivos Electrónicos. México: Pearson.

Hyundai, A. (2008). Manual de servicio. Sistema de Dirección Asistida. Korea,

García Albardo, José (2008). Gestión Electrónica de Motores Diesel, Naftero, GNC

Agueda Casado, Eduardo (2009). Técnicas Básicas de Mecánica y Electricidad. Paraninfo.

Rueda Santander, J. (2010). Técnico en Mecánica y Electrónica Tomo 1. Diseli.

Roldán Viloría, J. (2011). Manual del Electromecánico de Mantenimiento. Paraninfo.

Gil Martínez, H. (2012). Manual Práctico del Automóvil Reparación, Mantenimiento y Práctica.

Artero, Ó. T. (2013). Arduino Curso Práctico De Formación. México: Alfaomega.

Linkografía

Aficionados a la Mecánica, Sistema de dirección. (2009). Obtenido de

<http://www.aficionadosalamecanica.net/direccion-asistida-electr.htm>

Mecánica automotriz. blogspot. (29 de 01 de 2012). Obtenido de <http://hola>

mecanicaautomotriz.blogspot.com/2012/01/el-sistema-de-direccion-del-automovil.html

Bacanalnica. (10 de julio de 2014). Obtenido de

<http://www.bacanalnica.com/foros/viewtopic.php?f=41&t=102980>

Circuitos de fluidos suspensión y dirección. (1 de 05 de 2014). Obtenido de

<http://circuitosdefluidosuspensionydireccion.blogspot.com/2014/05/direccion-mecanica-y-asistida.html>

Mecánica del automóvil. (07 de julio de 2014). Obtenido de

<http://mecanicayautomocion.blogspot.com/2009/03/mecanica-del-automovil.html>

slideshare. (28 de 07 de 2014). Obtenido de <http://es.slideshare.net/phibrizzo20/sistema-de-direccin-tornillo-sin-fin> www.aficionadosalamecanica.com. (2014).

Obtenido de <http://www.aficionadosalamecanica.com/sistema-aparcamiento-asistido.htm>

www.hispaniatecnica.com. (2014). Obtenido de

<http://www.hispaniatecnica.com/tecnica/item/63-sistemas-de-direccion>

Automóvil., T. d. (2007). Tecnología del Automóvil. Obtenido de

<http://autastec.com/blog/organos-elementos/direccion-asistida/>

Calderón, T. (2014). www.tallercalderon.com. Obtenido de

<http://www.tallercalderon.com/portfolio/sistema-de-direccion/>

Mecánica, A. a. (2009). Aficionados a la Mecánica, Sistema de dirección. . Obtenido de

<http://www.aficionadosalamecanica.net/direccion-asistida-electr.htm>

Anexos

Anexo 1. Taller 1

Tema: Mediciones de voltaje.

Objetivo: Conocer el voltaje suministrado por la batería al sistema de dirección.

Materiales: Multímetro.

Desarrollo

- 1) En los rangos de velocidad de 30, 40, 50 km, medir la frecuencia con la que se generan los pulsos para excitar al motor eléctrico.

Velocidad	Frecuencia
30 km	
40km	
50km	

- 2) Verificar la señal de suministro de voltaje de la batería hacia el motor eléctrico.
-

- 3) Comprobar la reacción del volante empleando las siguientes resistencias.

RESISTENCIA	REACCIÓN EN EL VOLANTE
1 Ω	
2 Ω	
3 Ω	
4 Ω	
5 Ω	

- 4) Calificar el grado de dificultad al de girar el volante en diferentes velocidades.

Velocidad (km)	Alto	Medio	Bajo	Conclusión
30 km/h; lim= 15				
90 km/h; lim= 50				
50 km/h; lim= 50				
60 km/h; lim= 15				
70 km/h; lim= 25				

5) Medir el voltaje de acuerdo a la reacción del volante en las siguientes velocidades.

Condiciones de manejo	Km	Voltaje
Aparcar	5km	
Conducción en la ciudad	30km	
Carreteras	70 km	
Retro giro	10km	

Anexo 2. Taller 2

Tema: Sistema de Dirección Asistida Electrónicamente.

Objetivos: Investigar el funcionamiento del sistema de dirección.

Diferenciar el modo de trabajo del sistema de dirección eléctrica de los demás sistemas.

Materiales: Internet

Manual de Práctico de Automóviles (D. Hermógenes Gil Martínez)

1.- Realice un cuadro comparativo de ventajas y desventajas, que presentan la dirección eléctrica y direcciones electrohidráulicas.

Tipos	Ventajas	Desventajas
ELECTRONICA		
ELECTROHIDRAULICA		

2.- En qué condiciones de manejo aumenta la temperatura del motor eléctrico. Explique por qué?.

3.-Enumere los inconvenientes más comunes que se presentan en el sistema de dirección.

4.-Enumere las 4 señales principales, con las que operan el sistema de dirección.

5.- Es recomendable desmontar el motor eléctrico ? . Sí o No. Por qué ?.

Anexo 3. Taller 3

Tema: ARDUINO

Objetivos: Investigar acerca de la tarjeta electrónica ARDUINO.
Conocer la función que cumple el ARDUINO, en el funcionamiento de la maqueta didáctica.

Materiales: Sitio web (www.arduino.com)

- 1)Cuál sería la causa en la que existe la necesidad de remplazar la columna de dirección?.

- 2) Que función cumple el relé de módulo de 5v en la maqueta didáctica.

- 3) Que función cumple la tarjeta programable ARDUINO, dentro del funcionamiento de la maque del sistema de dirección ?.

- 4)Cuál es la razón de remplazar al módulo de dirección por la tarjeta programable ARDUINO ?.

- 5) Enumere los tipos de suministro de voltaje a la tarjeta programable ARDUINO.

Anexo 4. Código del programa 1

```

void speedCalc()//bucle de conteo de vueltas de motor
{
  loopCount++;//conteo de cada pulso en uno significativo
}
void loop()//bucle de la programacion funcional o principal
{
  buttonState = digitalRead(buttonPin);// designacion de estado a cada pulsador
  buttonStatel = digitalRead(buttonPinl);
  if (millis() - lastRefresh >= REFRESH_TIME)// segmentacion de tiempo para el conteo de pulsos
  {
    speedk = (3600*circMetric*loopCount)/(millis() - lastRefresh);//formula desarrolladora de la
    loopCount = 0;//volver el conteo a 0
    lastRefresh = millis();//segmentacion y reseteo de conteo
  }
  lcd.setCursor(1,0);//posicion de datos en la lcd
  lcd.print(" V=");//ubicacion de la velocidad

  lcd.setCursor(5,0);//posicion en lcd
  lcd.print(int(speedk));//impresion de la variable numerica de velocidad
  lcd.print("  km/h ");//impresion de la magnitud

  lcd.setCursor(0,1);//posicion en lcd en la fila de humano
  lcd.print(" Lim=");//impresion de el nombre lim

```

Anexo 5. Código del programa 2

```

#include <LiquidCrystal.h>//libreria de lcd
#define REFRESH_TIME 1000// Actualiza a cada 1000 milisegundos.

LiquidCrystal lcd(7,8,9,10,11,12);//pines en desarrollo en el arduino
long lastRefresh; // Para trabajar con o millis(), use long, e não float.
float circMetric=0.16;//constante de la rueda
float speedk;//variable decimal de la velocidad
float lim;//variable de limite de velocidad
long loopCount; // Contador de giros
const int buttonPin = 6;// nombre de la variable del boton aumentador y su pin
const int buttonPinl = 5;// nombre de la variable del boton de disminuir y su pin
const int ledPin = 4;//variable de salida al rele
// variables de cambio para cada boton
int buttonState = 0;
int buttonStatel = 0;
int vel;//variable para el cambio de flotante a entera

void setup();//bucle de configuracion de variables
{
  attachInterrupt(0, speedCalc, RISING);//activación de interrupcion
  pinMode(ledPin, OUTPUT);//designacion de la variable a salida
  pinMode(buttonPin, INPUT);//designacion de la variable a entrada
  lcd.begin(16,2);//designacion de tipo de lcd
  lcd.clear();//borrar contenido de lcd
  loopCount = 0;//conteo vuelve a cero
  lastRefresh = millis();//reinicio de conteo
}

```

Anexos 6. Código del programa 3

```

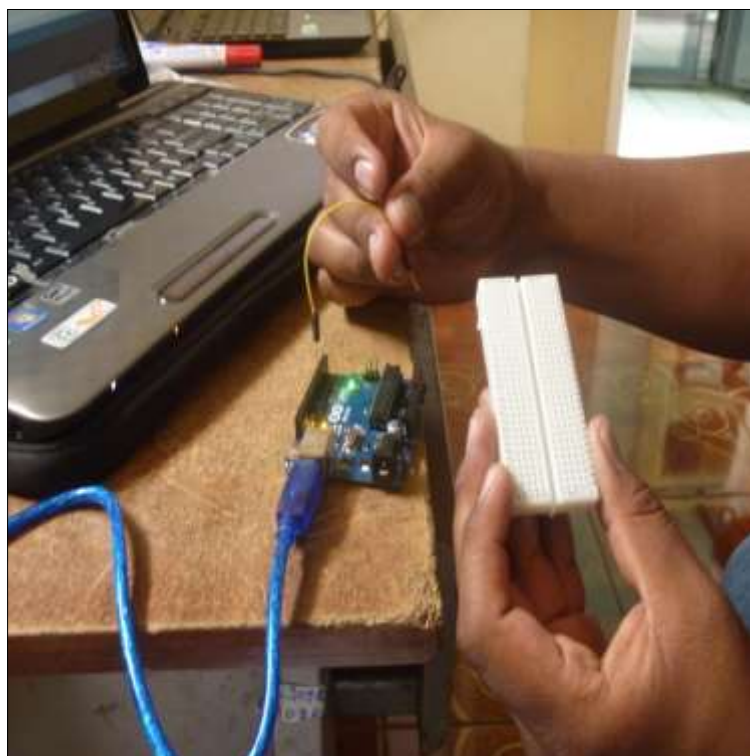
lcd.setCursor(5,0);//posicion en lcd
lcd.print(int(speedk));//impresion de la variable numerica de velocidad
lcd.print("  km/h ");//imprecion de la magnitud

lcd.setCursor(0,1);//posicion en lcd en la fila de humano
lcd.print(" Lim=");//imprecion de el nombre lim
|
lcd.setCursor(5,1);//posicion en la lcd en la fila de abajo
lcd.print(int(lim));//impresion de la variable limite
lcd.print("  km/h ");//imprecion de la magnitud

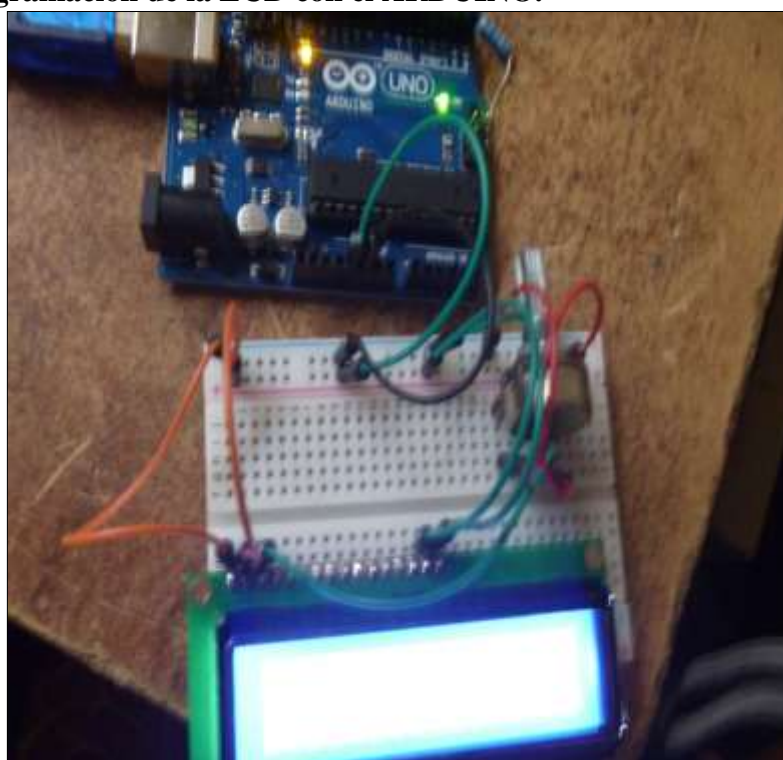
if (buttonState == LOW)//funcion de condiciones si el boton se preciona
{
  delay(500);//Retardo de 500 milisegundos
  lim=lim+1;//ascendiendo la variable del limite mas uno
}
if (buttonStatel == LOW) //funcion de condiciones si el boton se preciona
{
  delay(500);//Retardo de 500 milisegundos
  lim=lim-1;//descendiendo la variable del limite menos uno
}
vel=speedk;//transformacion de una variable flotante a una variable entera
if(vel>lim)// si la velocidad es mayor a limite
{
  digitalWrite(ledPin, HIGH);//salida del rele activada
}
}

```

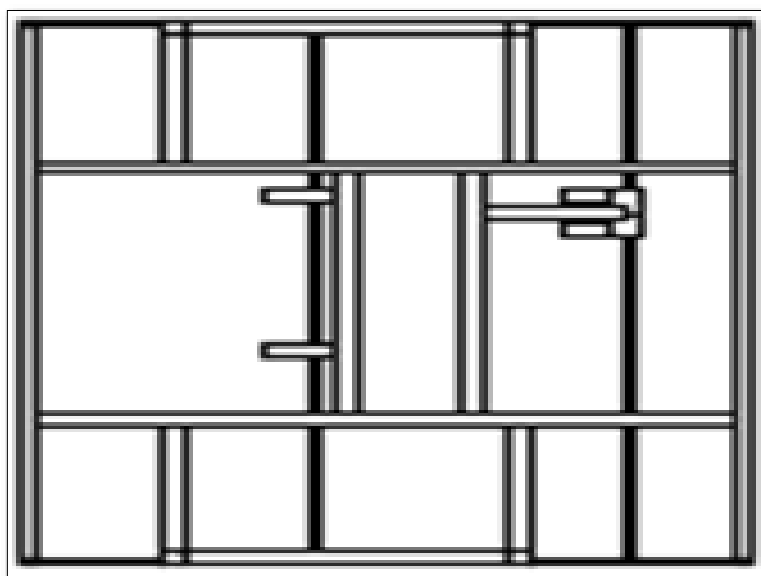
Anexo 7. Traslado de la programación al ARDUINO.



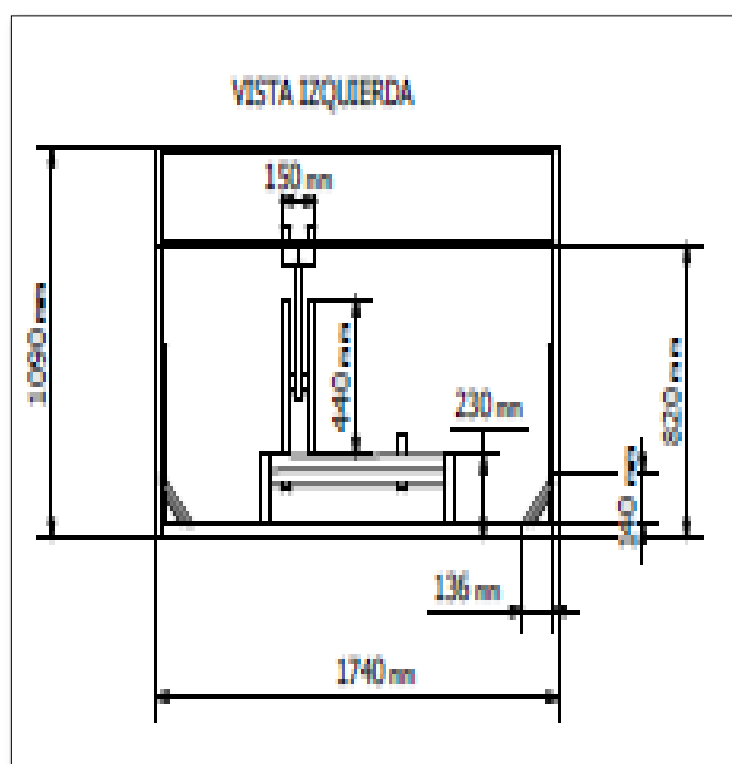
Anexo 8. Programación de la LCD con el ARDUINO.



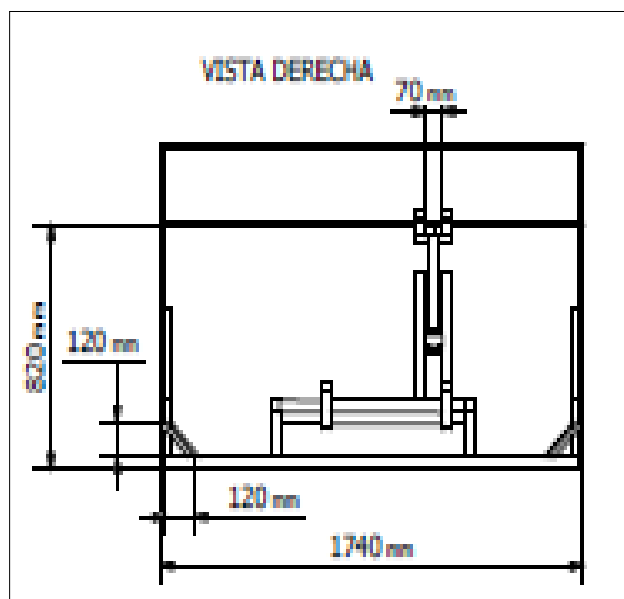
Anexo 9. Vista superior de la estructura.



Anexo 10. Vista Izquierda de la estructura



Anexo 11. Vista derecha de la estructura



Anexo 12. Proceso de soldadura y pintura



Anexo 13. Proceso de pintura



Anexo 14. Acoplamiento de los elementos mecánicos y electrónicos.



Anexo 15. Montaje



Anexo 16. Conexión del elementos mecánicos y electrónicos.



Anexo 17. Maqueta terminada





**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	DE	100317668-0	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Y	Falconi Almeida Nadia Carolina.	
DIRECCIÓN:		4 Esq. Calle H. Gonzales de Saa 10-47	
EMAIL:		dana113190@hotmail.com	
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0986756207

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN ELECTRÓNICA DE UN HYUNDAI ACCENT 2008"
AUTOR (ES):	Falconi Almeida Nadia Carolina. Tamba Torres Luis Bladimir.
FECHA: AAAAMMDD	2015-04-01
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Fredy Rosero.

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD


Yo, Falconi Almeida Nadia Carolina, con cédula de identidad Nro: 100317668-0, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

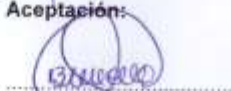
Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular del derecho patrimonial, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 4 días del mes de abril del 2015

Los autores:


Falconi Almeida Nadia Carolina,

Aceptación:


Ing. Betty Chávez
JEFE DE BIBLIOTECA



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

Yo, Falconi Almeida Nadia Carolina, con cédula de identidad Nro. 100317668-0, manifestamos nuestra voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado denominado: **"CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN ELECTRÓNICA DE UN HYUNDAI ACCENT 2008"** que ha sido desarrollado para optar por el título de: Licenciada en Ciencias de la Educación especialidad Psicología Educativa y Orientación Vocacional. En nuestra condición de autor nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte. Ibarra a los 4 días del mes de abril del 2015.

Los autores:

Falconi Almeida Nadia Carolina
C.I.: 100317668-0

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO	CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN ELECTRÓNICA DE UN HYUNDAI ACCENT 2008
AUTOR (ES)	FALCONI ALMEIDA NADIA CAROLINA FALCONI ALMEIDA NADIA CAROLINA
FECHA DE ELABORACIÓN	2015-04-04
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ORIGEN	
MODALIDAD	DE PRESENCIA () REMEDIADA ()
TIPO DE OBRA	TRABAJO DE GRADO
OTRO DATOS	



**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

4. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA IDENTIDAD:	DE	100298417-5	
APELLIDOS NOMBRES:	Y	Tamba Torres Luis Bladimir	
DIRECCIÓN:	Atuntaqui, Av. Luis Leoro Franco, barrio San Luis		
EMAIL:	tambabladimir@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:	062 906762	TELÉFONO MÓVIL:	0982510544

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN ELECTRÓNICA DE UN HYUNDAI ACCENT 2008"
AUTOR (ES):	Falconi Almeida Nadia Carolina. Tamba Torres Luis Bladimir.
FECHA: AAAAMMDD	2015-04-01
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Fredy Rosero.

5. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD


Yo, Tamba Torres Luis Bladimir, con cédula de identidad Nro. 100298417-5, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

6. CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular del derecho patrimonial, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 4 días del mes de abril del 2015

Los autores:


Tamba Torres Luis Bladimir,

Aceptación:


Ing. Betty Chávez
JEFE DE BIBLIOTECA



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Tamba Torres Luis Bladimir, con cédula de identidad Nro. 100298417-5, manifestamos nuestra voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado denominado: 'CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN ELECTRÓNICA DE UN HYUNDAI ACCENT 2008' que ha sido desarrollado para optar por el título de: Licenciada en Ciencias de la Educación especialidad Psicología Educativa y Orientación Vocacional. En nuestra condición de autor nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte. Ibarra a los 4 días del mes de abril del 2015.

Los autores:


.....
Tamba Torres Luis Bladimir
C.I. 100298417-5