

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

EXTENSIÓN LATACUNGA



CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA DE
DIRECCIÓN ASISTIDA CON CONTROL ELECTRÓNICO DE UN
TOYOTA YARIS”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AUTOMOTRIZ**

PAOLO ROBERTO ÁLVAREZ COLUMBA

EDWIN ROBERTO ULCO GUAMBI

Latacunga, Enero 2012

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo titulado “CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA DE DIRECCIÓN ASISTIDA CON CONTROL ELECTRÓNICO DE UN TOYOTA YARIS” fue desarrollado por **PAOLO ROBERTO ÁLVAREZ COLUMBA** y **EDWIN ROBERTO ULCO GUAMBI**, bajo nuestra supervisión, cumpliendo con normas estatutarias establecidas por la ESPE en el reglamento de estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Latacunga, Enero de 2012.

Ing. Germán Erazo
DIRECTOR DE PROYECTO

Ing. Leonidas Quiroz
CODIRECTOR DE PROYECTO

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

CERTIFICADO

ING. GERMÁN ERAZO (DIRECTOR)
ING. LEONIDAS QUIROZ (CODIRECTOR)

CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado **“CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA DE DIRECCIÓN ASISTIDA CON CONTROL ELECTRÓNICO DE UN TOYOTA YARIS”** realizado por los señores: Paolo Roberto Álvarez Columba y Edwin Roberto Ulco Guambi ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el reglamento de estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, **SI** recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de UN empastado y UN disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat. Autorizan a los señores: **PAOLO ROBERTO ÁLVAREZ COLUMBA** y **EDWIN ROBERTO ULCO GUAMBI** que lo entregue al ING. Juan Castro, en su calidad de director de carrera.

Latacunga, Enero de 2012.

Ing. GERMÁN ERAZO
DIRECTOR

Ing. LEONIDAS QUIROZ
CODIRECTOR

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Paolo Roberto Álvarez Columba
Edwin Roberto Ulco Guambi

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado: “**CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA DE DIRECCIÓN ASISTIDA CON CONTROL ELECTRÓNICO DE UN TOYOTA YARIS**” ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Enero de 2012.

Paolo Álvarez
C.I. 171977853-0

Edwin Ulco
C.I.172014026-6

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Nosotros, Paolo Roberto Álvarez Columba
Edwin Roberto Ulco Guambi

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército, la publicación en la biblioteca virtual de la Institución, del trabajo: **“CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA DE DIRECCIÓN ASISTIDA CON CONTROL ELECTRÓNICO DE UN TOYOTA YARIS”** cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Enero de 2012.

Paolo Álvarez
C.I. 171977853-0

Edwin Ulco
C.I.172014026-6

DEDICATORIA

A nuestros padres ya que ellos fueron el pilar fundamental para la realización de esta tesis, a nuestros hermanos, abuelitos y demás familiares que impulsaron con nuestro afán de superación personal, y a todas las personas que nos brindaron su confianza para que este sueño se convierta en realidad.

No queremos olvidarnos de Dios, ya que es nuestro guía espiritual para seguir luchando por alcanzar nuestros objetivos y cada día ser un ente útil para la sociedad.

Paolo Álvarez

Edwin Ulco

AGRADECIMIENTO

A nuestros profesores que supieron inculcar en nosotros, valores y conocimientos que han fortalecido nuestra personalidad, haciendo de nosotros mejores personas.

A los ingenieros Germán Erazo y Leónidas Quiroz, que supieron guiarnos con su sabiduría para dar paso a la culminación de este proyecto.

A nuestros Padres que con su apoyo nos dieron fortaleza para superar los obstáculos que se presentan día a día.

A nuestros amigos por la confianza que nos brindaron y el apoyo en toda nuestra vida estudiantil.

Gracias Dios por todas las bendiciones recibidas.

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN	I
CERTIFICADO	III
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	IV
AUTORIZACIÓN	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
RESUMEN	XVII

CAPÍTULO I

1.- PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN ASISTIDA CON CONTROL ELECTRÓNICO EPS	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.1.1.- EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE DIRECCIÓN	1
1.1.2.- CUALIDADES QUE DEBE REUNIR UN SISTEMA DE DIRECCIÓN	4
1.1.3.- DIRECCIONES ASISTIDAS	5
1.1.4.- VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA DIRECCIÓN ASISTIDA	5
1.2. DIRECCIÓN ASISTIDA CON CONTROL ELECTRÓNICO “EPS”	6
1.2.1.- DEFINICIÓN	6
1.2.2.- ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN ASISTIDA EPS	7
1.2.3.- FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA EPS	13
1.2.4.- PROCESO DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA EPS	14

1.2.5.- GEOMETRÍA DE LA DIRECCIÓN.....	15
1.2.6.- ÁNGULO DE SALIDA.....	16
1.2.7.- ÁNGULO DE CAÍDA.....	18
1.2.8.- ÁNGULO DE AVANCE.....	20
1.2.9.- COTAS CONJUGADAS.....	22
1.2.10.- CONVERGENCIA DE LAS RUEDAS.....	23
1.2.11.- RADIO DE VIRAJE DE LA DIRECCIÓN.....	29
a).- RADIO DE GIRO MÁXIMO.....	29
1.2.12.- INFLUENCIA DEL ESTADO DE LOS NEUMÁTICOS EN LA DIRECCIÓN.....	30
1.3.- BASE ELECTRÓNICA DEL SISTEMA.....	33
1.3.1.- DIAGRAMAS ELÉCTRICOS DEL SISTEMA EPS.....	34
1.3.2.- ESQUEMAS DE CONEXIÓN.....	37
1.4.- PARÁMETROS DE ASISTENCIA SEGÚN LA VARIACIÓN DE VELOCIDAD.....	38
1.4.1.- VARIACIÓN DE ASISTENCIA.....	38
1.4.2.- VELOCIDAD NORMAL.....	39
1.4.3.- VELOCIDAD MEDIA.....	40
1.4.4.- MÁXIMA VELOCIDAD.....	42
1.5.- PARÁMETROS DE CONSUMO EN COMPARACIÓN CON OTROS SISTEMAS.....	43
1.5.1.- VENTAJAS DEL SISTEMA EPS.....	43
1.5.2.- CARACTERÍSTICAS MEDIOAMBIENTALES.....	44
1.5.3.- TENDENCIA DE MERCADO DE LA DIRECCIÓN EPS.....	44
1.6.- RENDIMIENTO DE LA DIRECCIÓN ASISTIDA CON CONTROL ELECTRÓNICO.....	45
1.6.1.- ESTABILIDAD EN CARRETERA.....	45
1.6.2.- SISTEMA DE RECUPERACIÓN AUTOMÁTICA.....	46
a).- RETORNO ACTIVO.....	46
b).- COMPENSACIÓN DE INERCIA.....	47
c).- AMORTIGUACIÓN.....	47

CAPÍTULO II

2.- ELEMENTOS Y COMPONENTES DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN ASISTIDA CON CONTROL ELECTRÓNICO.....	48
2.1.- COMPONENTES Y FUNCIONAMIENTO.....	48
2.1.1.- SENSOR DE ÁNGULO DE DIRECCIÓN.....	48
2.1.2.- SENSOR DE PAR DE DIRECCIÓN.....	50
2.1.3.- SENSOR DE RÉGIMEN DEL MOTOR.....	51
2.1.4.- SENSOR DE VELOCIDAD DE MARCHA DEL VEHÍCULO.....	52
2.1.5.- UNIDAD DE CONTROL PARA LA DIRECCIÓN.....	53
2.1.6.- TESTIGO LUMINOSO DE AVERÍAS.....	54
2.2.- ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES ELECTRÓNICOS Y PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS COMPONENTES ELECTRÓNICOS.....	55
2.2.1.- SENSOR DE TORQUE.....	55
2.2.2.- SEÑAL DE VELOCIDAD DEL VEHÍCULO.....	57
2.2.3.- SEÑAL VELOCIDAD DEL MOTOR.....	58
2.2.4.- MOTOR ELÉCTRICO.....	59
2.2.5.- MÓDULO DE CONTROL CM-EPS MDPS.....	61
a).- DIAGRAMA DE BLOQUE ECU.....	62
2.3.- DIAGNÓSTICO DE AVERÍAS DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN ASISTIDA CON CONTROL ELECTRÓNICO.....	62
2.3.1.- EVALUACIÓN DEL PROBLEMA.....	62
2.3.2.- SÍNTOMAS DE LOS PROBLEMAS SURGIDOS DEL SISTEMA EPS.....	63
a).- ENDURECIMIENTO DEL VOLANTE Y ADVERTENCIA TESTIGO EPS.....	64
b).- RUIDO O TRAQUETEADO AL GIRAR EL VOLANTE.....	64
c).- ASISTENCIA ÚNICAMENTE A UN LADO DE GIRO.....	65
2.3.3.- DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN EPS.....	65
2.3.4.- DETECCIÓN DE FALLA (GDS).....	67
a).- PROCEDIMIENTO DE REVISIÓN DEL SISTEMA.....	68
b).- VERIFICACIÓN DE FORMAS DE ONDA Y DATOS DE SEÑAL DEL SENSOR DE PAR.....	72

c).- VERIFICACIÓN VISUAL DEL SENSOR DE PAR.....	75
d).- FALLA DEL SENSOR DE PAR.....	79
e).- EFECTOS DE LAS VIBRACIONES Y EL ROZAMIENTO EN EL SENSOR DE PAR.....	82
• VIBRACIONES.....	83
• ROZAMIENTO.....	85
2.3.5.- CONCLUSIÓN DE LA FALLA.....	88
2.3.6.- POSIBLES SOLUCIONES.....	90
a).- CAMBIO DEL SISTEMA DE ASISTENCIA.....	91
b).- REMPLAZAR EL SENSOR DE PAR.....	91
c).- CAMBIO DE LA COLUMNA DE DIRECCIÓN.....	93
2.3.7.- CÓDIGOS DE AVERÍA DEL SISTEMA EPS.....	93
a).- FALLAS DE FUNCIONAMIENTO SENSOR DE TORQUE.....	96
b).- FALLAS DE FUNCIONAMIENTO SEÑAL DE VELOCIDAD DEL VEHÍCULO.....	97
c).- FALLAS DE FUNCIONAMIENTO DE SEÑAL DE VELOCIDAD DE MOTOR.....	97
d).- FALLAS DE FUNCIONAMIENTO DE MOTOR DE ASISTENCIA.....	98
e).- FALLAS DE ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA.....	99
f).- FALLAS DEL MÓDULO DE CONTROL.....	100
2.4.- CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN.....	101

CAPÍTULO III

3.- CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE DIRECCIÓN ASISTIDA CON CONTROL ELECTRÓNICO “EPS”.....	103
3.1.- OBJETIVO GENERAL.....	103
3.1.1.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	103
3.2.- JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROBLEMA A RESOLVER.....	103
3.3.- METAS DEL PROYECTO.....	104
3.4.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	104

3.5.- CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA.....	106
3.6.- SELECCIÓN DE COMPONENTES DE LA DIRECCIÓN.....	107
3.6.1.- COMPONENTES MECÁNICOS.....	107
3.6.2.- COMPONENTES ELECTRÓNICOS.....	109
3.7.- DISEÑO ELECTRÓNICO.....	114
3.7.1.- DIAGRAMA GENERAL DE DISEÑO.....	114
3.7.2.- PARÁMETROS TÉCNICOS CONSIDERADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ACTIVACIÓN Y CONTROL DE ASISTENCIA SEGÚN LA VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD.....	116
3.8.- DISEÑO DE LA ESTRUCTURA.....	117

CAPÍTULO IV

4.- CONSTRUCCIÓN, ANÁLISIS Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN ASISTIDA CON CONTROL ELECTRÓNICO.....	118
4.1.- DISEÑO DEL DIAGRAMA ELECTRÓNICO PARA EL PROTOTIPO.....	118
4.1.1.- DIAGRAMA ELECTRÓNICO DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN ASISTIDA.....	118
4.1.2.- CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO IMPRESO.....	121
4.2.- PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR.....	122
4.2.1.- PROGRAMACIÓN DEL SIMULADOR DEL SISTEMA EN VISUAL STUDIO 6.0.....	122
4.2.2.- ELEMENTOS DEL SIMULADOR DEL SISTEMA EN VISUAL STUDIO 6.0.....	127
4.3.- CALIBRACIÓN DEL SISTEMA EPS.....	131
4.3.1.- DETALLE DE FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO.....	134
4.3.2.- ELEMENTOS DE LA MAQUETA DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN ASISTIDA CON CONTROL ELECTRÓNICO EPS.....	135

CONCLUSIONES.....	139
RECOMENDACIONES.....	142
BIBLIOGRAFÍA.....	143
ANEXOS.....	145
ANEXO A: MANUAL DE USUARIO.....	146
ANEXO B: PRUEBAS DE TENSIÓN Y CORRIENTE DEL SISTEMA “EPS”....	155

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Condiciones del mecanismo de la dirección.....	1
Figura 1.2. Sistema de dirección de un solo eje.....	2
Figura 1.3. Sistema de dirección con ejes en cada rueda.....	2
Figura 1.4. Mecanismo piñón y cremallera.....	3
Figura 1.5. Elementos del sistema EPS.....	8
Figura 1.6. Esquema de funcionamiento.....	8
Figura 1.7. Despiece de los componentes del sistema EPS.....	9
Figura 1.8. Arquitectura de dirección de un sistema EPS.....	10
Figura 1.9. Dirección asistida EPS con montaje sobre columna de dirección....	10
Figura 1.10. Dirección asistida EPS con montaje sobre el piñón.....	11
Figura 1.11. Dirección asistida EPS con montaje sobre el piñón.....	12
Figura 1.12. Dirección asistida EPS con montaje sobre la cremallera.....	12
Figura 1.13. Funcionamiento de dirección asistida EPS y fuerzas aplicadas....	15
Figura 1.14. Geometría de la dirección.....	16
Figura 1.15. Ángulo de salida.....	17
Figura 1.16. Ángulo de salida en un vehículo con suspensión independiente...	18
Figura 1.17. Ángulo de caída.....	19
Figura 1.18. Ángulo de caída en un vehículo con suspensión independiente...	20
Figura 1.19. Ángulo de avance.....	21
Figura 1.20. Ángulo de avance en un vehículo con suspensión independiente.	22
Figura 1.21. Cotas conjugadas y sus efectos sobre orientación de las ruedas...	23
Figura 1.22. Convergencia de las ruedas.....	24
Figura 1.23. Paralelismo de las ruedas.....	24
Figura 1.24. Convergencia de las ruedas en un vehículo con suspensión independiente.....	25
Figura 1.25. Convergencia positiva y negativa de las ruedas.....	26
Figura 1.26. Componentes de alineación de la dirección.....	27
Figura 1.27. Ángulo de viraje de las ruedas.....	29
Figura 1.28. Presión de inflado de neumáticos.....	31
Figura 1.29. Diagrama de terminales de PINES de EPSCM.....	35

Figura 1.30. Diagrama de conexiones del sistema EPS.....	36
Figura 1.31. Conectores a. M62-1; b. M62-2; c. M62-3; d. M63.....	37
Figura 1.32. Esquema eléctrico de la dirección EPS.....	37
Figura 1.33. Esquema de señales de la dirección EPS.....	38
Figura 1.34. Asistencia de la dirección EPS al aparcar.....	40
Figura 1.35. Asistencia de la dirección EPS en ciudad.....	41
Figura 1.36. Asistencia de la dirección EPS en autopista.....	43
Figura 1.37. Características medioambientales del sistema de dirección EPS...	44
Figura 1.38. Evolución en tecnologías de sistemas de dirección.....	45
Figura 1.39 Diagrama de comportamiento del EPS.....	46
Figura 2.1. Sensor de ángulo de dirección Volkswagen.....	48
Figura 2.2. Esquema de un sensor de ángulo de dirección Volkswagen.....	49
Figura 2.3. Principio de funcionamiento del sensor de ángulo.....	50
Figura 2.4. Sensor de par de dirección Volkswagen.....	51
Figura 2.5. Sensor de revoluciones del cigüeñal	52
Figura 2.6. Sensor de velocidad del vehículo en ruedas no motrices (ABS).....	53
Figura 2.7. Módulo de control DPS EAS (BMW).....	53
Figura 2.8. Unidad de control de dirección asistida Volkswagen.....	54
Figura 2.9. Luz testigo de averías del sistema.....	55
Figura 2.10. Posición de los rotores del sensor de torque.....	56
Figura 2.11. Señales de salida principal y secundaria del sensor.....	56
Figura 2.12. Ubicación del sensor de velocidad.....	58
Figura 2.13. Ubicación del PCM.....	58
Figura 2.14. Motor eléctrico de asistencia de dirección.....	59
Figura 2.15. Ubicación del motor de asistencia a la columna.....	60
Figura 2.16. Ubicación del motor de asistencia a la cremallera.....	60
Figura 2.17. Módulo de control EPS.....	61
Figura 2.18. Ubicación del CMEPS Hyundai Accent MC.....	61
Figura 2.19 Diagrama de bloques EPS.....	62
Figura 2.20. Interfaz de diagnóstico GDS.....	68
Figura 2.21. Conexión de la herramienta de rastreo de fallas GDS.....	68

Figura 2.22. a. Conexión a puerto OBDII; b. Interfaz de conexión GDS; c. PC y Interfaz GDS.....	69
Figura 2.23. Pantalla de selección de vehículo y sistema en GDS.....	70
Figura 2.24. Pantalla DTC con presencia de código de avería.....	71
Figura 2.25. Gráficas de componentes del sistema EPS.....	72
Figura 2.26. Comprobaciones sensor de par.....	73
Figura 2.27. Tomas de señal del conector de par señales principal y secundaria.....	73
Figura 2.28. Señales principal y secundaria del sensor de par.....	74
Figura 2.29. Columna de dirección MDPS.....	75
Figura 2.30. Desmontaje de la EPSCM.....	76
Figura 2.31. Desmontaje de la carcasa.....	76
Figura 2.32. Desmontaje del eje y piñón reductor.....	77
Figura 2.33. Desmontaje de la barra de torsión.....	77
Figura 2.34. Desmontaje del sensor de torque.....	78
Figura 2.35. Rotor principal de par y contactor.....	78
Figura 2.36. Esquema funcionamiento potenciómetro.....	79
Figura 2.37. Mecanismo del sensor de torque.....	80
Figura 2.38. Mecanismo del sensor de torque.....	81
Figura 2.39. Comparación entre las pistas de un sensor de torque de uso severo con un nuevo.....	81
Figura 2.40. Vibración en maquinaria.....	83
Figura 2.41. Elementos de la columna de dirección EPS.....	84
Figura 2.42. Contactor de sensor de par.....	85
Figura 2.43. Contactor de sensor de par.....	85
Figura 2.44. Contactos deformados del sensor de par.....	86
Figura 2.45. Fuerzas de fricción aplicadas a escobillas y pistas de contacto.....	86
Figura 2.46. Fuerzas de fricción aplicadas a escobillas y pistas de contacto.....	87
Figura 2.47. Comparación de la señal de dos sensores de par uno con desgaste severo y el segundo relativamente nuevo.....	88
Figura 2.48. Contactores redondeados para evitar deformaciones.....	88
Figura 2.49. Señal del sensor de par sometida a vibraciones.....	89

Figura 2.50. Sensor de par sin contactos Burns Sensor.....	92
Figura 2.51. Salidas en porcentaje del sensor de par BURNS.....	92
Figura 2.52. Dimensiones del sensor de par BURNS.....	93
Figura 2.53. Curvas características de servoasistencia.....	102
Figura 3.1. Fuerzas aplicadas en el sistema de asistencia EPS.....	105
Figura 3.2. Interrelación entre los instrumentos de control.....	106
Figura 3.3. Componentes mecánicos.....	107
Figura 3.4. Columna.....	108
Figura 3.5. Volante.....	108
Figura 3.6. Suspensión.....	109
Figura 3.7. Motor eléctrico.....	109
Figura 3.8. Potenciómetro.....	110
Figura 3.9. Resistencias.....	111
Figura 3.10. Circuito impreso.....	111
Figura 3.11. Capacitores.....	112
Figura 3.12. Regulador de voltaje.....	113
Figura 3.13. Microcontrolador PIC18F877.....	113
Figura 3.14. Diodo 1N4007.....	114
Figura 3.15. Transistor mosfet.....	114
Figura 3.16. Esquema general de diseño electrónico de la maqueta.....	115
Figura 3.17. Maqueta de dirección asistida.....	117
Figura 4.1. Diagrama electrónico del sistema.....	118
Figura 4.1.1. Despiece del diagrama electrónico.....	119
Figura 4.1.2. Diagrama electrónico del sistema.....	119
Figura 4.1.3. Diagrama electrónico del sistema.....	120
Figura 4.2. Diagrama electrónico del sistema desplegado.....	120
Figura 4.3. Diagrama de circuito impreso.....	121
Figura 4.4. Diagrama de circuito impreso en 3D.....	121
Figura 4.5. Ingreso a visual studio 6.0.....	128
Figura 4.6. Pantalla simulador del sistema.....	128
Figura 4.7. Elemento simulador del sistema tacómetro.....	129
Figura 4.8. Elemento simulador del sistema nivel de combustible.....	129

Figura 4.9. Elemento simulador del sistema velocímetro.....	130
Figura 4.10. Elemento de calibración del simulador	130
Figura 4.11. Diagrama del sistema descalibrado.....	131
Figura 4.12. Proceso de calibración del sistema.....	132
Figura 4.13. Diagrama del sistema calibrado.....	133
Figura 4.14. Maqueta de dirección asistida.....	134
Figura 4.15. Computador “Programa Simulador”	135
Figura 4.16. Motor eléctrico del sistema de dirección.....	135
Figura 4.17. Relés automotrices.....	136
Figura 4.18. Poleas conectadas a un potenciómetro.....	136
Figura 4.19. Batería.....	137
Figura 4.20. Placa del circuito controlador del sistema.....	137
Figura 4.21. Sistema de suspensión y columna de dirección.....	138

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Valores reales de las cotas de reglaje de un automóvil.....	32
Tabla 2.1. Características técnicas del motor de asistencia.....	60
Tabla 2.2 Diagnóstico de Fallas del sistema EPS.....	67
Tabla 2.3. Defectos constructivos en la implantación del sensor de par.....	90
Tabla 2.4. Códigos de avería.....	.95

RESUMEN

El sistema EPS (Dirección de Asistencia Eléctrica) ligero y compacto 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.



En el **capítulo I** se analiza los parámetros del sistema de dirección asistida EPS, las cualidades que deben reunir el sistema de dirección, la estructura y las ventajas e inconvenientes de la dirección asistida y sus respectivos componentes.

También verificamos el funcionamiento de los sistemas EPS, El ciclo de servoasistencia de dirección comienza al momento en que el conductor mueve el volante.

Como respuesta al par de giro del volante se tuerce una barra de torsión en la caja de dirección. El sensor de par de dirección (situado en la caja de dirección) capta la magnitud de la torsión e informa sobre el par de dirección detectado a la unidad de control de dirección asistida.

El sensor de ángulo de dirección, informa sobre el ángulo momentáneo y el sensor de régimen del rotor del motor eléctrico informa sobre la velocidad actual con que se mueve el volante.

En función del par de dirección, la velocidad de marcha del vehículo, el régimen del motor de combustión, el ángulo de dirección, la velocidad de mando de la dirección y las curvas características implementadas en la unidad de control, ésta calcula el par de servoasistencia necesario para el caso concreto y excita correspondientemente el motor eléctrico.

La servoasistencia a la dirección se realiza a través de un segundo piñón que actúa paralelamente sobre la cremallera. Este piñón es accionado por un motor eléctrico. El motor ataca hacia la cremallera a través de un engranaje de sin fin y un piñón de accionamiento y transmite así la fuerza de asistencia para la dirección.

La suma compuesta por el par de giro aplicado al volante y el par de servoasistencia constituye el par eficaz en la caja de dirección para el movimiento de la cremallera.

En el **capítulo II** analizamos los elementos y componentes del sistema de dirección asistida con control electrónico, las diferentes señales que recibe el modulo de control para el funcionamiento del sistema.

Verificamos también las características técnicas del motor eléctrico de asistencia, las principales fallas y los diferentes códigos de falla que se pueden generar en el funcionamiento del sistema de dirección eléctrico EPS.

En el **capítulo III** detallamos la construcción del prototipo de dirección asistida con control electrónico EPS, verificamos el planteamiento del problema, las características del sistema, y la selección de los componentes de la dirección tanto mecánicos como electrónicos.

Desarrollamos las características del sistema, ya que para la construcción de nuestra maqueta didáctica funcional lo que hicimos es tomar el sistema de dirección asistida eléctricamente EPS que generarán todas las señales necesarias

para darle un funcionamiento autónomo que implica tener en cuenta que se trata de un equipo didáctico, un sistema que pueda ser operado por una o varias personas, que permita la realización de mediciones y la observación de los componentes del sistema, además el diseño mecánico de la maqueta debe permitir representar las fuerzas de oposición creadas por los neumáticos del vehículo al momento de realizar el viraje; de la correcta relación entre el sistema y el que opera el sistema depende la calidad y eficiencia de las practicas que se realiza.

En el **capítulo IV** detallamos la construcción, análisis y funcionamiento del sistema de dirección asistida con control electrónico, los distintos circuitos que se implementaron en el esquema eléctrico, toda la programación utilizada para la simulación del sistema en visual studio 6.0.

Detallamos los diferentes iconos utilizados en la simulación, les indicaremos la pantalla que se muestra en la simulación y explicaremos cada uno de sus elementos y sus funciones para que se tenga una idea más clara y sencilla de cómo trabajar el programa desde el computador.

Las direcciones EPS, utilizan la corriente de la batería como energía de trabajo y solo funciona si en motor del vehículo está en funcionamiento. El esfuerzo aplicado al volante normalmente sirve para transmitir el giro a las ruedas en los sistemas mecánicos, con los sistemas EPS este esfuerzo es medido por un captador de par, esta medición es transmitida a un módulo de control EPSCM que controla el motor eléctrico de asistencia y este suministra al motor de asistencia una corriente en función principalmente del esfuerzo aplicado al volante, de la velocidad del vehículo y del régimen del motor del vehículo, esta información es registrada en módulo de control en una cartografía de datos, esto determina la cantidad de corriente que debe ser suministrada al motor de asistencia.

La asistencia aumentara a medida que aumente el esfuerzo aplicado al volante y disminuirá a medida que aumente la velocidad del vehículo.

CAPÍTULO I

1.- PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN ASISTIDA CON CONTROL ELECTRÓNICO “EPS”.

1.1.- INTRODUCCIÓN.

La dirección es el conjunto de elementos cuya misión es la de orientar las ruedas delanteras para que el vehículo tome la trayectoria deseada por el conductor convirtiendo el movimiento de giro que el conductor da al volante en una desviación angular de las ruedas directrices. En la figura 1.1 se ve la posición relativa que ocupa el sistema de dirección en el vehículo.

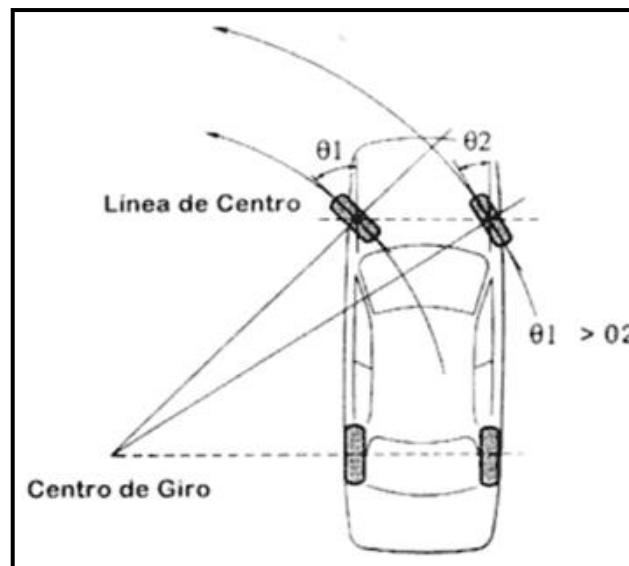


Figura 1.1. Condiciones del mecanismo de la dirección

Fuente: WIDEBER, Johan, Automóviles - Dirección, 2005,
www.esi2.us.es/GT/automoviles/pdf2005-06/Clase2-DIRECCIÓN.pdf

1.1.1.- EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE DIRECCIÓN.

Los vehículos de cuatro ruedas (tracción animal) se direccionaban haciendo girar todo el eje delantero como se muestra en la figura 1.2. El principal inconveniente era el enorme volumen barrido por el eje en su recorrido. Esto impedía la construcción de vehículos compactos.

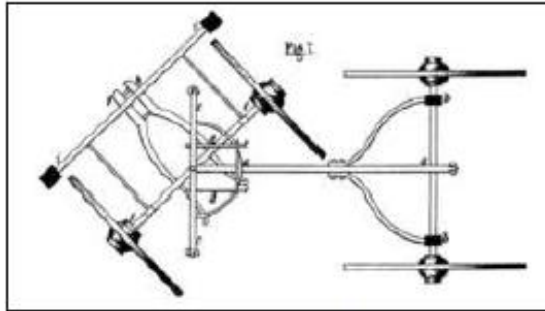


Figura 1.2. Sistema de dirección de un solo eje

Fuente: WIDEBER, Johan, Automóviles - Dirección, 2005, www.esi2.us.es/GT/automoviles/pdf2005-06/Clase2-DIRECCIÓN.pdf

Johann Georg Lankensperger (Baviera 1779-1847) inventó un sistema en el que las dos ruedas giraban en torno a pivotes independientes.

Las ruedas estaban acopladas mediante una barra colocada delante del eje, a la cual se podía unir el tiro de los caballos en el caso de tracción animal. El sistema fue patentado en Inglaterra por un socio de Lankensperger, Rudolf Ackermann (compra/venta de arte) en 1818 y desde entonces se conoce como el cuadrilátero de Ackermann.

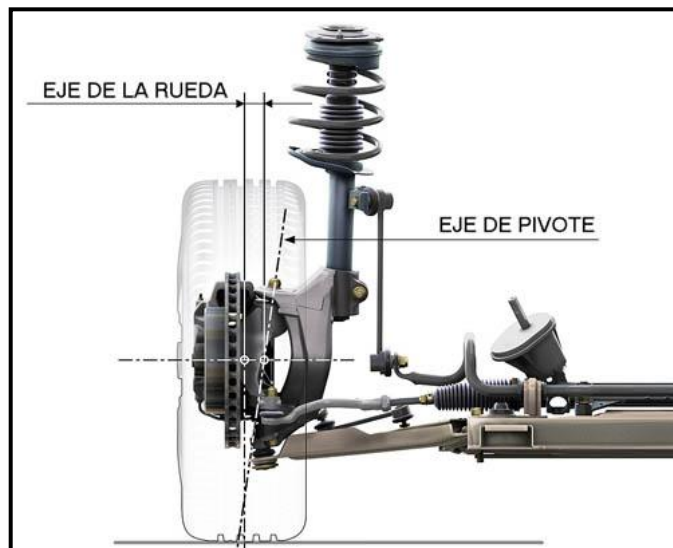


Figura 1.3. Sistema de dirección con ejes en cada rueda

Fuente: <http://www.google.com.ec/imgres?q=eje+pivote+y+eje+de+rue+das&um=1&hl=es&tbm=isch&tbnid=eSWIDHAeo-lj1M:&imgrefurl=http://m.forocoches.com>

En los primeros vehículos a motor, el accionamiento de la dirección se hacía 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 timón, haciéndole perder el rumbo al vehículo con gran facilidad, con los peligros consiguientes.

Más tarde, en 1932, Adler en Alemania comenzó a usar el de piñón y cremallera en vehículos de suspensión (delantera) independiente. Esta reductora es muy común en vehículos ligeros.

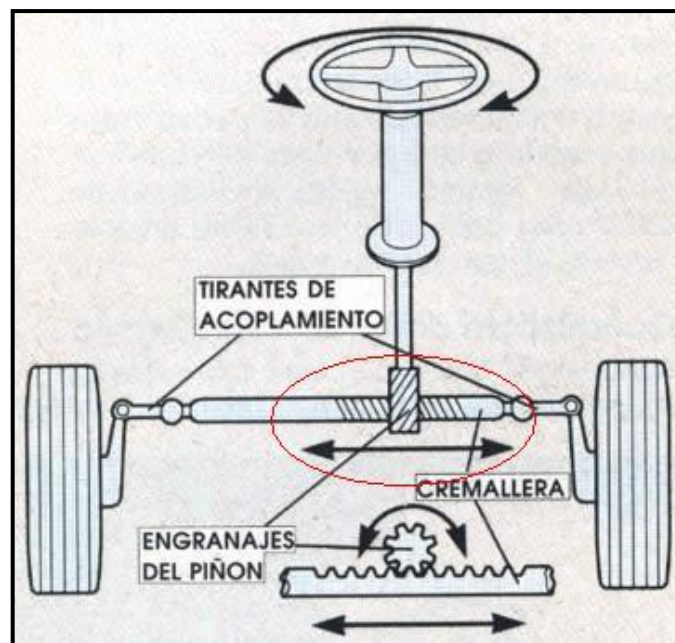


Figura 1.4. Mecanismo piñón y cremallera

Fuente: <http://www.mimecanicapopular.com/verautos.php?n=137>

Adicionalmente, mover el volante debía ser una maniobra sencilla, y suave de ejecutar por lo cual se montaron los primeros sistemas de desmultiplicación, que aumentaban la suavidad de operación del sistema. La mezcla de estas dos características necesarias, produjo a lo largo de su evolución, sistemas más suaves, pero se perdía la sensibilidad para el conductor, que debe percibir a través de el camino por el que transita.

En los años 40 y 50 se comenzaron a utilizar en los Estados Unidos, sistemas de asistencia de dirección, que sumados a la desmultiplicación lograda, hacían muy peligroso el conducir un vehículo, ya que la dirección quedaba demasiado suave a altas velocidades..

1.1.2.- CUALIDADES QUE DEBE REUNIR UN SISTEMA DE DIRECCIÓN.

Todo sistema de dirección debe reunir las siguientes características:

Seguridad: Que depende del diseño del mecanismo, de los materiales empleados y del correcto mantenimiento.

Suavidad: La resistencia que opone el volante debe ser en todo su recorrido. Esta resistencia disminuye al aumentar la desmultiplicación que existe entre el ángulo girado por el volante y el correspondiente en las ruedas, y aumenta con la carga sobre el eje delantero, con la desalineación de las ruedas, con las presiones del inflado insuficientes y con un mantenimiento deficiente. Cuando por las características del vehículo la resistencia puede resultar excesiva, se recurre al empleo de las direcciones asistidas.

Facilidad de manejo: El volante debe quedar en una posición tal que el conductor pueda accionarlo desde una postura cómoda y sin que le provoque fatiga.

Comodidad: Los golpes causados en las ruedas por las irregularidades de la calzada deben llegar al volante lo más amortiguados posibles.

Precisión: Mediante la supresión de toda clase de holguras mecánicas el sistema de dirección (especialmente con el empleo de articulaciones elásticas de goma), el vehículo debe obedecer a la menor corrección de la dirección.

Estabilidad: El vehículo debe mantener la trayectoria recta sin necesidad de efectuar correcciones en la dirección, y en la salida de las curvas las ruedas tienen que recobrar la posición por si solas.

1.1.3.- DIRECCIONES ASISTIDAS.

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 automóvil para accionar la dirección, mediante el acoplamiento de un mecanismo de dirección simple a un circuito de asistencia llamado servo-mando. Debido al empleo de neumáticos de baja presión y gran superficie de contacto, la maniobra en el volante de la dirección para orientar las ruedas se hace difícil, sobre todo con el vehículo parado. **Como no interesa sobrepasar un cierto límite de desmultiplicación, porque se pierde excesivamente la sensibilidad de la dirección, en los vehículos se recurre a la asistencia de la dirección.**

1.1.4.- VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA DIRECCIÓN ASISTIDA.

Los sistemas de dirección asistida debido a las características de funcionamiento presentan las siguientes ventajas.

Ventajas de las direcciones asistidas:

- Reducen el esfuerzo en el volante, con menor fatiga para el conductor, ventaja muy conveniente en los largos recorridos o para las maniobras en ciudad.
- Permiten acoplar una dirección más directa; es decir, con una menor reducción con lo que se obtiene una mayor rapidez de giro en las ruedas. Esto resulta especialmente adecuado en los camiones y autocares.
- En el caso de reventón del neumático, extraordinariamente grave en las ruedas directrices, estos mecanismos corrigen instantáneamente la dirección, actuando automáticamente sobre las ruedas en sentido contrario al que el neumático reventado haría girar al vehículo.
- No presentan complicaciones en el montaje, son de fácil aplicación a cualquier vehículo y no afectan a la geometría de la dirección.
- Permiten realizar las maniobras más delicadas y sensibles que el conductor precise, desde la posición de paro a la máxima velocidad. La capacidad de retorno de las ruedas, al final del viraje.

- En caso de avería en el circuito de asistencia, el conductor puede continuar conduciendo en las mismas condiciones de un vehículo sin dirección asistida, ya que las ruedas continúan unidas mecánicamente al volante aunque, naturalmente, tenga que realizar mayor esfuerzo en el mismo.
- El costo más elevado de este mecanismo y su adaptación inicial en el vehículo, con respecto a la dirección simple.

Inconvenientes: Un costo más elevado en las reparaciones, ya que requieren mano de obra especializada.

La dirección puede ser asistida de diferentes formas:

- El vacío de la admisión o el proporcionado por una bomba de vacío (Servodirecciones).
- La fuerza hidráulica proporcionada por una bomba hidráulica (Oleoasistidas)
- El aire comprimido proporcionado por un compresor que también sirve para accionar los frenos (Neumáticas).
- Asistido por un motor eléctrico (EPS).

1.2.- DIRECCIÓN ASISTIDA CON CONTROL ELECTRÓNICO “EPS”.

1.2.1.- DEFINICIÓN.

Las direcciones eléctricas o EPS (Electrical Powered Steering) son el tipo más reciente de dirección asistida. Su nombre se debe a que utilizan un motor eléctrico para generar la asistencia en la dirección y un módulo electrónico que calcula la asistencia sin necesidad de quitar la potencia del motor.

El controlar el torque del motor eléctrico de acuerdo a las condiciones de conducción produce un óptimo control de las características de la

dirección, un menor consumo de combustible. Además es una tecnología limpia (cuida el medio ambiente) debido a que no utiliza aceite de dirección, reduce el peso del sistema, así como se mejoran las condiciones para el servicio técnico ya que no se necesitan remover líneas de aceite además no resta potencia al desempeño del motor pues no necesita bandas de transmisión para mover una bomba, e incorporada de serie en diferentes modelos del segmento de utilitarios y compactos de las marcas del mercado de los últimos años, como el Toyota Yaris, Fiat Punto, Opel Corsa, Renault Mégane y Seat Altea, entre otros.

Un sistema de dirección asistida con control electrónico “EPS” permite una conducción más precisa con menos esfuerzo, dispone de dos lógicas de funcionamiento y utiliza la potencia generada por un motor eléctrico, en vez de la proporcionada por una bomba hidráulica accionada directamente por el motor.

La dirección asistida eléctrica es un sistema transformador, como lo fueron en su momento, el alternador, el encendido electrónico y la tracción delantera.

Su ventaja frente a las hidráulicas y electro-hidráulicas es que, al no utilizar energía hidráulica son más ligeras y simples al eliminar la instalación y bomba hidráulicas.

1.2.2.- ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN ASISTIDA EPS.

El sistema de dirección asistida eléctrica se compone de un motor eléctrico, accionado por una unidad de control electrónica (UCE) 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.

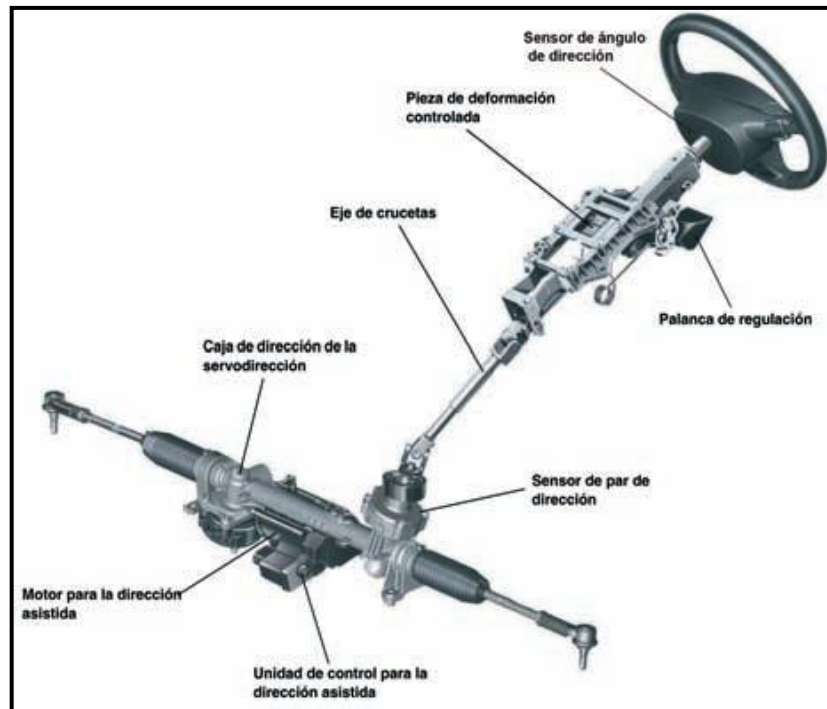


Figura 1.5. Elementos del sistema EPS

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

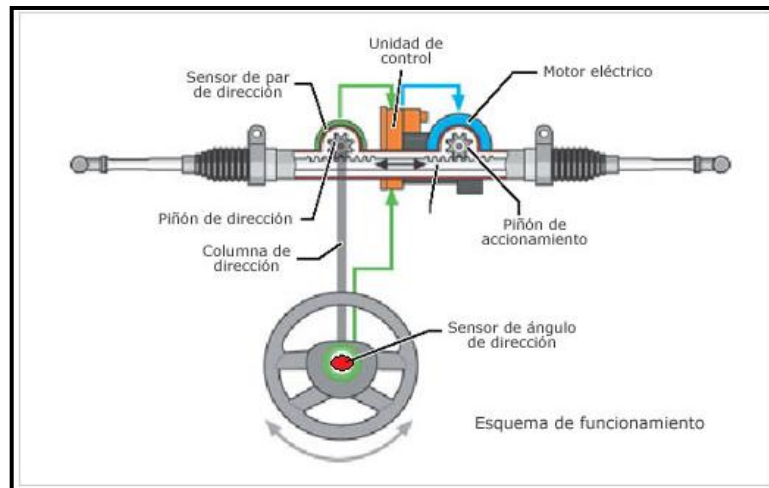


Figura 1.6. Esquema de funcionamiento

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

A continuación se describen brevemente los componentes principales del sistema.

Sensor de ángulo de dirección: Va situado en la columna de dirección, entre el mando combinado y el volante, y suministra la señal para la determinación del ángulo de dirección.

Sensor de par de dirección: Va ubicado en la carcasa del mecanismo de la dirección y suministra la señal del par aplicado a la dirección.

Sensor de régimen del motor eléctrico: Forma parte integrante del motor eléctrico y no es accesible exteriormente.

Sensores de régimen señal de velocidad: La señal de la velocidad de marcha del vehículo es suministrada por la unidad de control del ABS, a través de sus captadores de ruedas.

Sensor de régimen del motor: Ubicado en la carcasa de salida de cigüeñal suministra la señal del régimen de revoluciones del motor de combustión, a través de la propia UCE de inyección.

Motor eléctrico: Se trata de un motor asíncrono con desarrollo de bajo par máximo y de construcción simple, que permite accionamientos cortos y rápidos, por lo que resulta muy adecuado para movimientos de asistencia de la dirección.

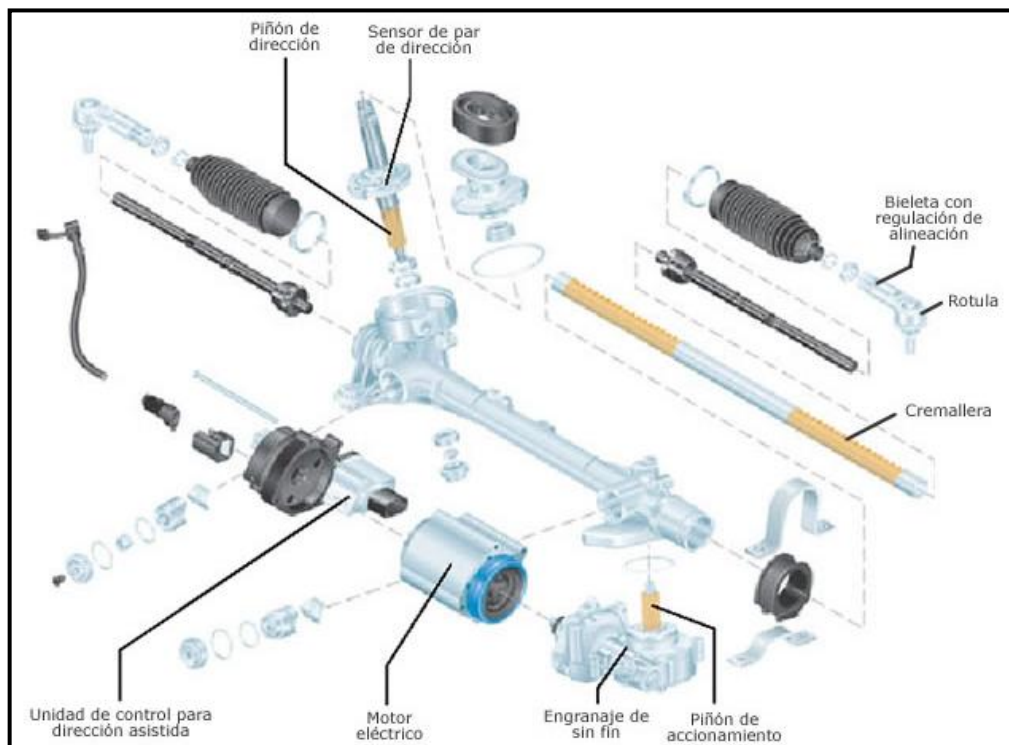


Figura 1.7. Despiece de los componentes del sistema EPS

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

El sistema de dirección EPS puede presentarse en diferentes arquitecturas que son definidas por el fabricante tomando en cuenta parámetros como espacio, seguridad, economía de recursos, mantenimiento, etc. Atendiendo al lugar donde se aplica la asistencia, las direcciones eléctricas se dividen:



Figura 1.8. Arquitectura de dirección de un sistema EPS

Fuente: http://www.nskamericas.com/cps/rde/xchg/na_es/hs.xsl/electric-power-steering.html

Column Drive.

Aplica la asistencia en la columna de dirección es el más difundido y el menos costoso; se monta sobretodo en vehículos pequeños, cuyo peso sobre el tren delantero es bajo. El motor eléctrico se instala sobre la parte de la columna de dirección situada en el habitáculo. De esta manera, el problema de las altas temperaturas debajo del capó está resuelto.

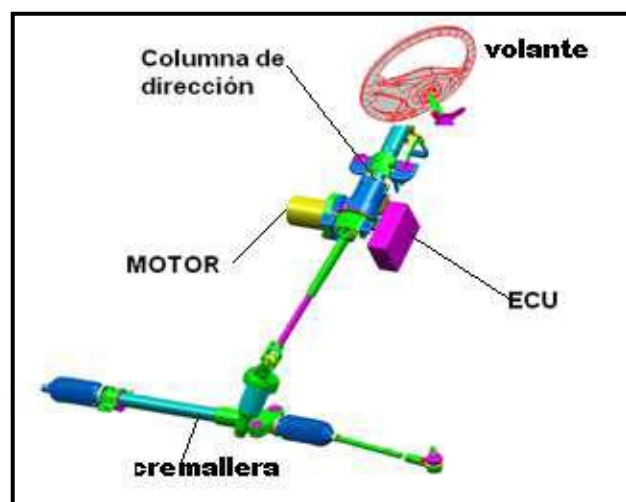


Figura 1.9. Dirección asistida EPS con montaje sobre la columna de dirección

Fuente: Hyundai Service Training, Dirección Electrónica Asistida de Columna, 2006

Características Técnicas:

- Máxima Potencia 405 W / 75 A / 12 v.
- Par en la columna 65 N m (Fuerza en la cremallera 7700 N).
- Rango de temperatura -40°C hasta 120°C.
- Peso máximo 7 Kg.

Piñón Drive.

Aplica la asistencia en el piñón de la dirección. Es el más simple en términos de implantación. El motor eléctrico se encuentra al pie de la columna de dirección a la entrada de la cremallera. De esta manera, la columna y los cardanes no se ven afectadas por el par suministrado por el motor eléctrico y no deben estar sobredimensionadas.

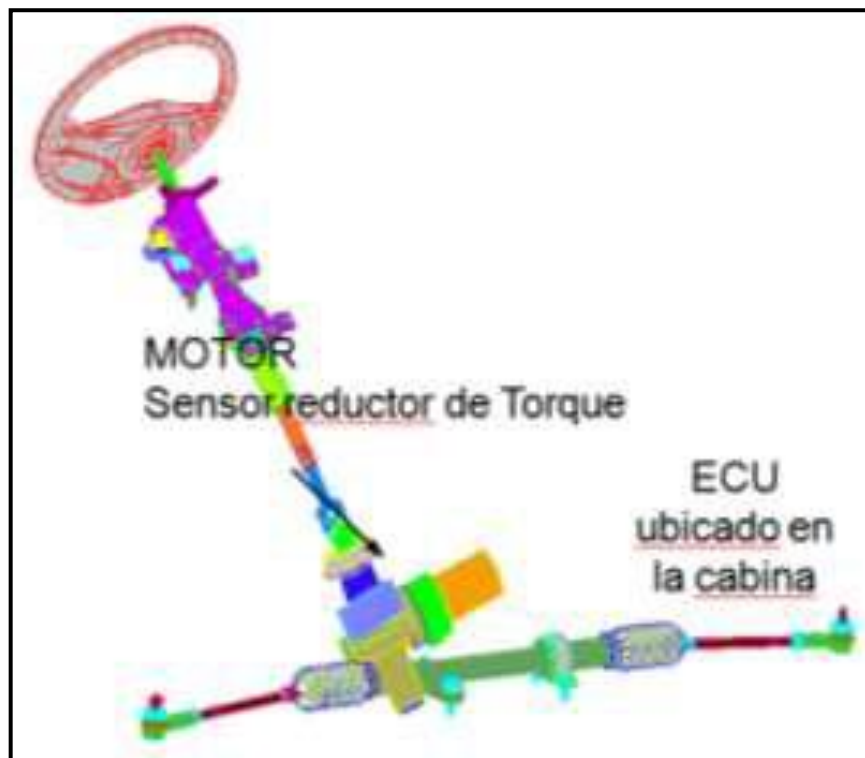
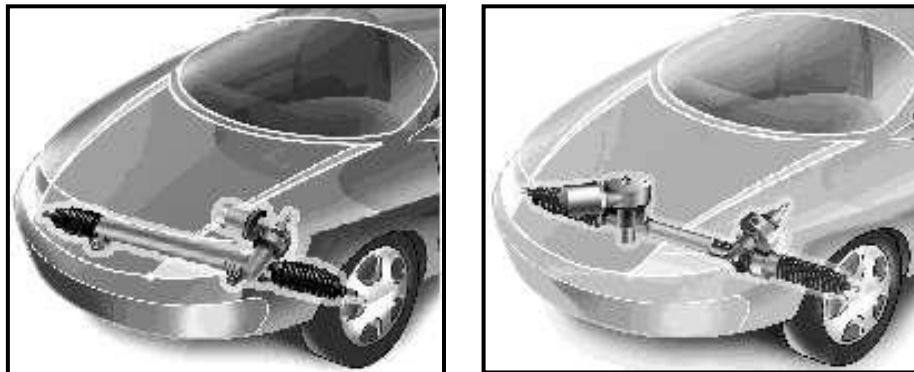


Figura 1.10. Dirección asistida EPS con montaje sobre el piñón

Fuente: Hyundai service training, Dirección Electrónica Asistida de Columna, 2006

De este tipo de arquitectura se derivan dos, el ya indicado de piñón simple y doble piñón.



a. Piñón Simple

b. Doble Piñón

Figura 1.11. Dirección asistida EPS con montaje sobre el piñón

Fuente: Hyundai service training, Dirección Electrónica Asistida de Columna, 2006

Características Técnicas:

- Máxima Potencia 405 W / 75 A / 12 v
- Par en la columna 65 N m (Fuerza en la cremallera 7700)
- Rango de temperatura -40°C hasta 120°C

Rack Drive.

Aplica la asistencia en la cremallera de la dirección. Es el montaje de los vehículos de gama alta, ya que el peso sobre el eje delantero es superior a una tonelada. El motor eléctrico está integrado en la cremallera.

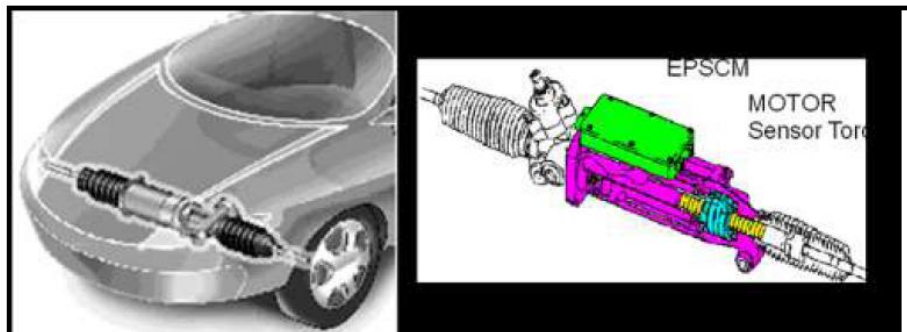


Figura 1.12. Dirección asistida EPS con montaje sobre la cremallera

Fuente: Hyundai Service Training, Dirección Electrónica Asistida de Columna, 2006

1.2.3.- FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA EPS.

Cuando se giran las ruedas para cambiar la dirección del vehículo aparece una fuerza sobre el neumático que tiende a alinear la dirección de la rueda con la del vehículo. Esta fuerza se debe principalmente a la resistencia del neumático a ser deformado y la posición adelantada del centro de presiones respecto al centro de la rueda.

La función de la dirección asistida es ayudar al conductor a vencer esta fuerza. De esta forma la fuerza que deba de hacer el conductor más la que aplica la dirección serán iguales a la fuerza de auto alineamiento de la rueda:

$$T_{\text{Rueda}} = T_{\text{Asistencia}} + T_{\text{Conductor}}$$

Ecuación 1

La fuerza de auto alineamiento o resistencia que haga la rueda dependerá del vehículo y la velocidad. A menor velocidad mayor resistencia. Una de las ventajas que aportan las direcciones electro-hidráulicas o eléctricas, es que al estar controladas electrónicamente se puede generar una asistencia variable en función de la velocidad. De esta forma se hace la conducción más cómoda.

A velocidades bajas se necesitan pares mayores para girar las ruedas, si la dirección genera más asistencia, el conductor debe aplicar menos fuerza sobre el volante, lo que resulta en un esfuerzo menor por parte del conductor. Por el contrario a velocidades mayores donde el par a aplicar es pequeño, la dirección apenas ayudará al conductor y será éste el que deba hacer el esfuerzo. En este caso, si la dirección aplicara gran parte del esfuerzo necesario para girar las ruedas, el conductor debería aplicar una mínima parte, dando una sensación de inseguridad.

En este tipo de dirección se suprime todo el circuito hidráulico formado por la bomba de alta presión, depósito, válvula distribuidora y canalizaciones que formaban parte de las servodirecciones hidráulicas. Todo esto se sustituye por un

motor eléctrico que acciona una reductora (corona + tornillo sinfín) que a su vez mueve la cremallera de la dirección.

Otra de las ventajas del control electrónico, es que se puede variar el nivel de asistencia no sólo en función de la velocidad, sino también de la situación, por ejemplo diferentes programas para conducción en ciudad o carretera. Opción que se incluye por ejemplo en algunos modelos de Fiat. Además permite implementar funciones auxiliares como la ayuda al conductor a volver a la posición central.

En la dirección asistida EPS cuenta con doble piñón. Se aplica la fuerza necesaria para el mando de la dirección a través de uno de los piñones llamado "piñón de dirección" y a través del otro piñón llamado "piñón de accionamiento". El piñón de dirección transmite los pares de dirección aplicados por el conductor y el piñón de accionamiento transmite, a través de un engranaje de sin fin, el par de servoasistencia del motor eléctrico para hacer el gobierno de la dirección más fácil.

Este motor eléctrico con unidad de control y sistema de sensores para la servoasistencia de la dirección va asociado al segundo piñón. Con esta configuración está dada una comunicación mecánica entre el volante y la cremallera. De esa forma se sigue pudiendo dirigir mecánicamente el vehículo en caso de averiarse el servomotor.

1.2.4.- PROCESO DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA EPS.

- El ciclo de servoasistencia de dirección comienza al momento en que el conductor mueve el volante.
- Como respuesta al par de giro del volante se tuerce una barra de torsión en la caja de dirección. El sensor de par de dirección (situado en la caja de dirección) capta la magnitud de la torsión e informa sobre el par de dirección detectado a la unidad de control de dirección asistida.
- El sensor de ángulo de dirección, informa sobre el ángulo momentáneo y el sensor de régimen del rotor del motor eléctrico informa sobre la velocidad actual con que se mueve el volante.

- En función del par de dirección, la velocidad de marcha del vehículo, el régimen del motor de combustión, el ángulo de dirección, la velocidad de mando de la dirección y las curvas características implementadas en la unidad de control, ésta calcula el par de servoasistencia necesario para el caso concreto y excita correspondientemente el motor eléctrico.
- La servoasistencia a la dirección se realiza a través de un segundo piñón que actúa paralelamente sobre la cremallera. Este piñón es accionado por un motor eléctrico. El motor ataca hacia la cremallera a través de un engranaje de sin fin y un piñón de accionamiento y transmite así la fuerza de asistencia para la dirección.
- La suma compuesta por el par de giro aplicado al volante y el par de servoasistencia constituye el par eficaz en la caja de dirección para el movimiento de la cremallera.

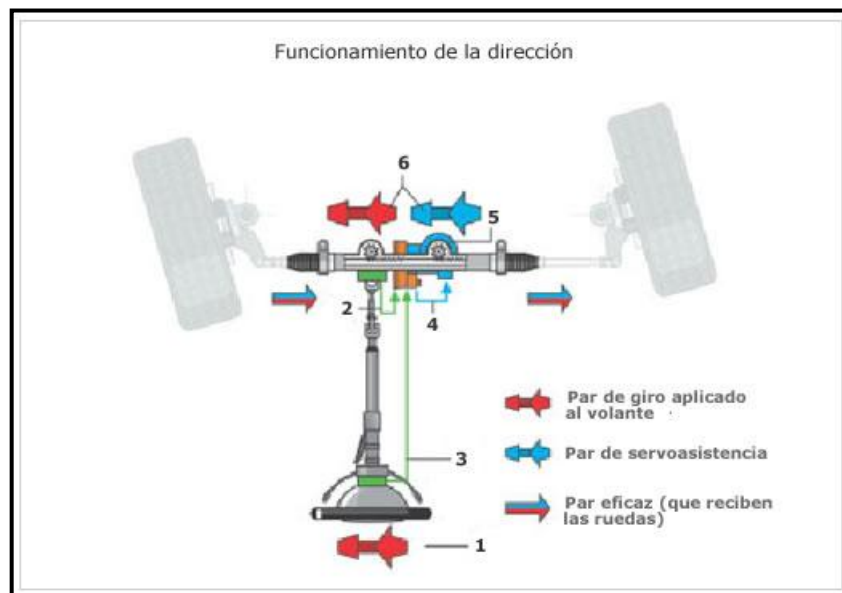


Figura 1.13. Funcionamiento de dirección asistida EPS y fuerzas aplicadas

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

1.2.5.- GEOMETRÍA DE LA DIRECCIÓN.

Para que el funcionamiento de la dirección resulte adecuado, es preciso que los elementos que lo forman cumplan unas determinadas condiciones, llamadas cotas de dirección o geometría de dirección, mediante las cuales, se logra que las

ruedas obedezcan fácilmente al volante de la dirección y no se altere su orientación por las irregularidades del terreno o al efectuar una frenada, resultando así la dirección segura y de suave manejo. También debe retornar a la línea recta y mantenerse en ella al soltar el volante después de realizar una curva.

Las cotas que determinan la geometría del sistema de dirección son:

- Ángulo de salida
- Ángulo de caída
- Ángulo de avance
- Cotas conjugadas
- Convergencia de las ruedas

Los nombres con que se han identificado los ángulos son los más habituales, pero en bibliografía de origen no hispano pueden encontrarse que al avance se le llama Caster, a la salida kin-pin inclination, a la caída Camber, la convergencia Toe-in y la divergencia Toe-out.

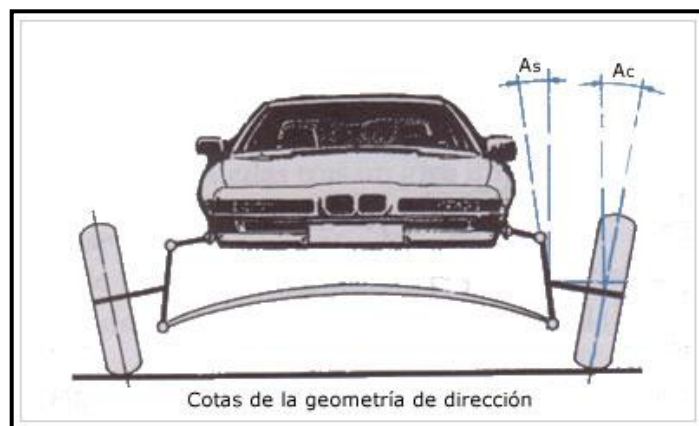


Figura 1.14. Geometría de la dirección

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/direccion-geometria.htm>

1.2.6.- ÁNGULO DE SALIDA.

Se llama ángulo de salida al ángulo (A_s) que forman la prolongación del eje del pivote, sobre el que gira la rueda para orientarse, con la prolongación del eje

vertical que pasa por el centro de apoyo de la rueda y cuyo vértice coincide en A. Este ángulo suele estar comprometido entre 5 y 10°, siendo en la mayoría de los vehículos de 6 a 7°.

Esta disposición del pivote sobre el que se mueve la mangueta reduce el esfuerzo a realizar para la orientación de la rueda ya que, depende directamente de la distancia "d" (figura inferior) cuanto menor sea "d" menor será el esfuerzo a realizar con el volante para orientar las ruedas. Este esfuerzo será nulo cuando el eje del pivote pase por el punto "A", centro de la superficie de contacto del neumático con el suelo. En este caso solo habría que vencer el esfuerzo de resistencia de rodadura (F_r) correspondiente al ancho del neumático, ya que el par de giro sería nulo. En la práctica "d" no puede ser cero ya que, entonces la dirección se volvería inestable.

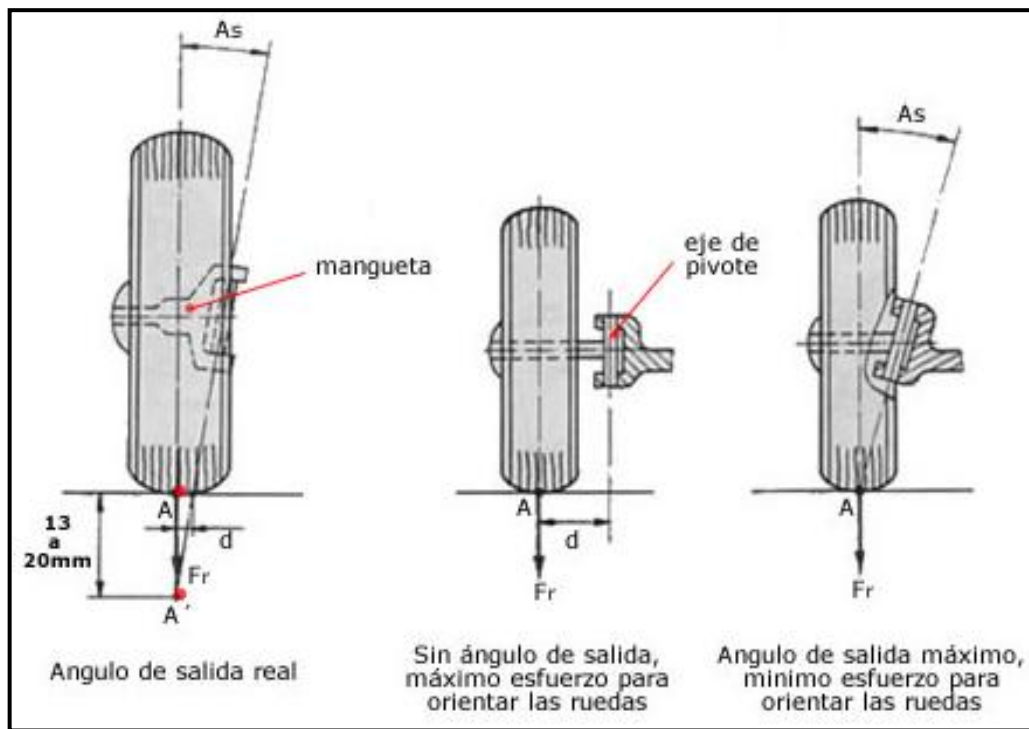


Figura 1.15. Ángulo de salida

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/direccion-geometria.htm>

De la inclinación del eje del pivote resultan fuerzas de retroceso, las cuales, después del paso de una curva, hacen volver a las ruedas a la posición en línea recta en sentido de la marcha.

Esto es debido a que al orientar la rueda para tomar una curva, como gira sobre el eje de pivote y éste está inclinado.

La rueda tiende a hundirse en el suelo, y como no puede hacerlo, es la carrocería la que se levanta, oponiéndose a esto su propio peso, por lo cual, en cuanto se suelte el volante de la dirección, el peso de la carrocería, que tiende a bajar, hará volver la rueda a su posición de marcha en línea recta.

Además el ángulo de salida, minimiza el efecto de las irregularidades de la carretera en el ensamblaje del conjunto de dirección.

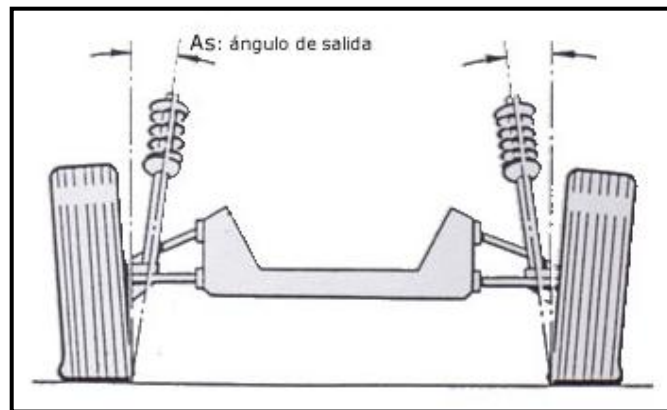


Figura 1.16. Ángulo de salida en un vehículo con suspensión independiente

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/direccion-geometria.htm>

La presión de inflado de los neumáticos tiene una importancia vital en este ángulo, pues con menor presión, el punto "A" se desplaza más hacia abajo, aumentando la distancia "d" y, por tanto, el esfuerzo para girar las ruedas.

1.2.7.- ÁNGULO DE CAÍDA.

Se llama ángulo de caída al ángulo "Ac" que forma la prolongación del eje de simetría de la rueda con el vertical que pasa por el centro de apoyo de la rueda. Este ángulo se consigue dando al eje de la mangueta una cierta inclinación con respecto a la horizontal. Tiene por objeto desplazar el peso del vehículo que gravita sobre este eje hacia el interior de la mangueta, disminuyendo así el empuje lateral de los cojinetes sobre los que se apoya la rueda.

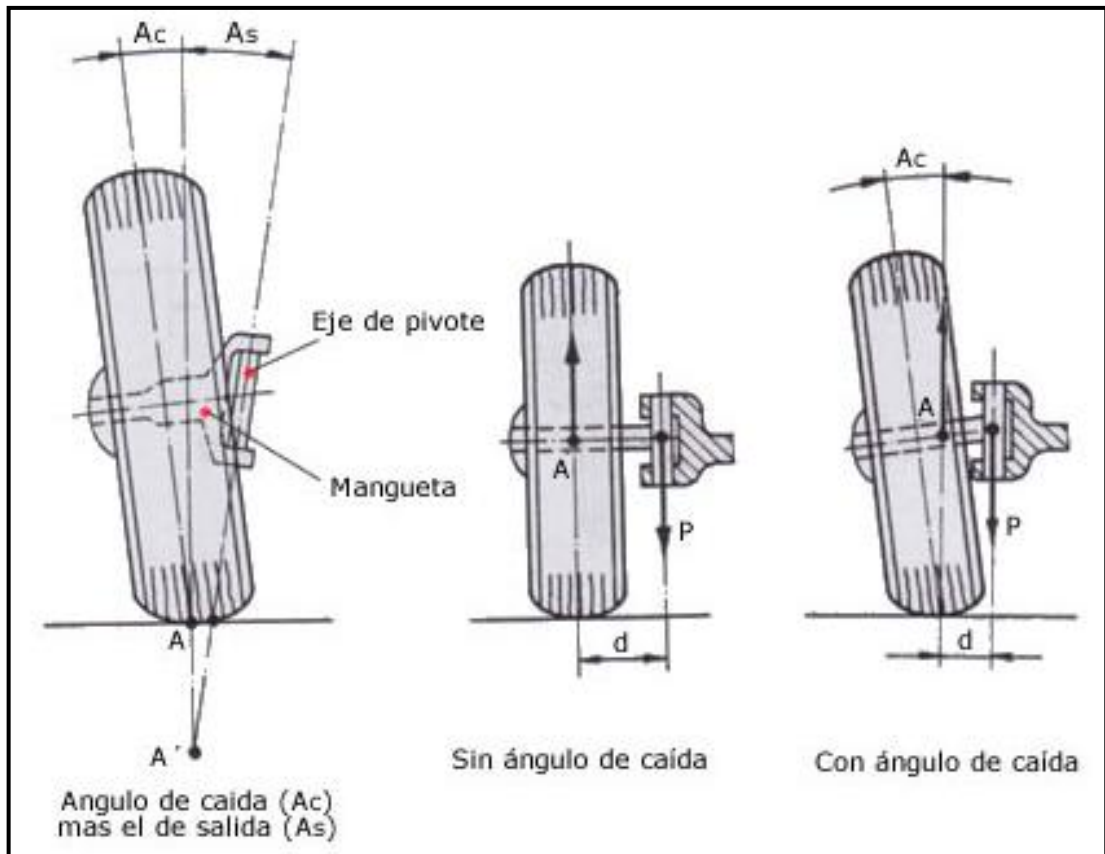


Figura 1.17. Ángulo de caída

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/direccion-geometria.htm>

La mangueta está sometida a esfuerzos de flexión equivalentes a peso que sobre ella gravita (P) por su brazo de palanca (d). Con el ángulo de caída lo que se busca es reducir el brazo de palanca o distancia (d), por ello al inclinar la rueda, se desplaza el punto de reacción (A) hacia el pivote, con lo que el brazo de palanca o distancia (d) se reduce y, por tanto, también se reduce el esfuerzo a que están sometidos los rodamientos de la mangueta.

El valor del ángulo de caída (A_c), que suele estar comprendido entre treinta minutos y un grado, hace disminuir el ángulo de salida (A_s), aunque mantiene se mantiene dentro de unos límites suficientes.

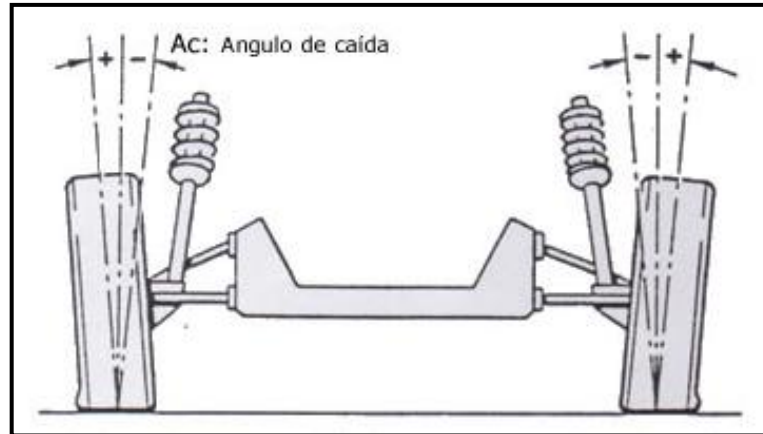


Figura 1.18. Ángulo de caída en un vehículo con suspensión independiente

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/direccion-geometria.htm>

1.2.8.- ÁNGULO DE AVANCE.

Se llama ángulo de avance, al ángulo (Aa) que forma la prolongación del eje del pivote con el eje vertical que pasa por el centro de la rueda y en el sentido de avance de la misma.

Cuando el empuje del vehículo se realiza desde las ruedas traseras (propulsión), el eje delantero es arrastrado desde atrás, lo que supone una inestabilidad en la dirección. Esto se corrige dando al pivote un cierto ángulo de avance (Aa), de forma que su eje corte a la línea de desplazamiento un poco por delante del punto (A) de apoyo de la rueda. Con ello aparece una acción de remolque en la propia rueda que da fijeza a la dirección, haciendo que el punto (A) de apoyo tienda a estar siempre en línea recta y por detrás de (B) punto de impulsión.

Al girar la dirección para tomar una curva la rueda se orienta sobre el punto (B) fijado para el avance: esto hace que el punto (A) se desplace hasta (A'), creándose un par de fuerzas que tiende a volver a la rueda a su posición de línea recta ya que, en esta posición, al ser ($d = 0$), desaparece el par.

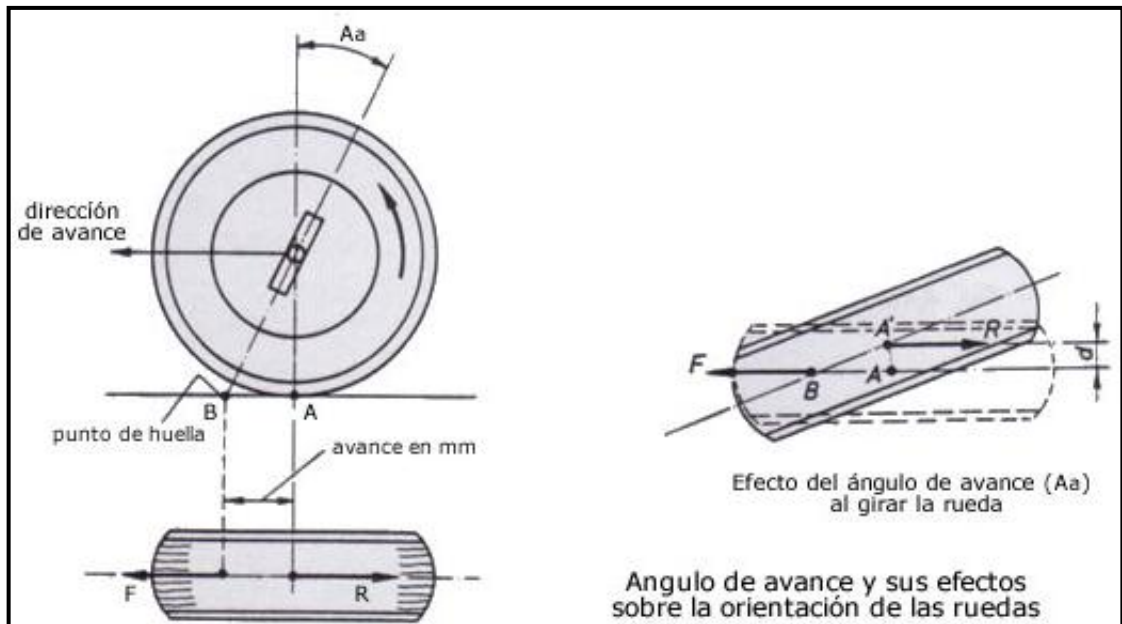


Figura 1.19. Ángulo de avance

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/direccion-geometria.htm>

De esta forma se consigue dar a la dirección fijeza y estabilidad, ya que las desviaciones que pueda tomar la rueda por las desigualdades del terreno, forman este par de fuerzas que la hacen volver a su posición de línea recta.

El avance debe ser tal, que cumpla la misión encomendada sin perturbar otras condiciones direccionales. Si este ángulo es grande, el par creado también lo es, haciendo que las ruedas se orienten violentamente. Si el ángulo es pequeño o insuficiente, el par de orientación también lo es, resultando una dirección inestable.

El ángulo de avance suele estar comprendido entre 0° y 4° para vehículos con motor delantero y de 6° a 12° para vehículos con motor trasero.

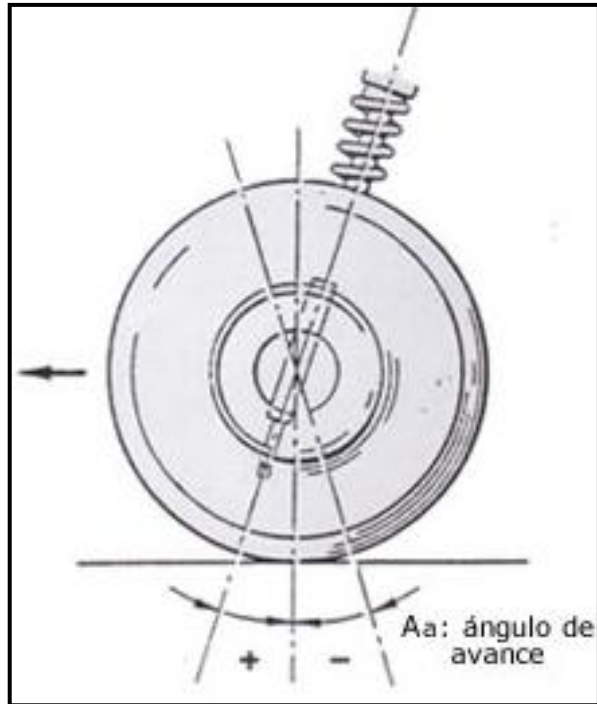


Figura 1.20. Ángulo de avance en un vehículo con suspensión independiente

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/direccion-geometria.htm>

1.2.9.- COTAS CONJUGADAS.

Las cotas de salida y caída hacen que el avance corte a la línea de desplazamiento por delante y hacia la derecha de punto (A).

De ello resulta que, para vehículos de propulsión trasera, el empuje que se transmite al eje delantero pasa de éste a la rueda por el pivote, teniendo su punto de tiro en la rueda sobre el punto (B).

Como la resistencia de rodadura actúa sobre su punto de apoyo (A), resulta un par de fuerzas que tiende a abrir la rueda por delante, debiendo dar una convergencia a la rueda para corregir esta tendencia. La convergencia será tanto mayor cuanto más adelantado y hacia la derecha se encuentre el punto (B).

Esta posición viene determinada por los ángulos de caída, salida y avance, lo que quiere decir que la convergencia depende directamente de estas tres cotas.

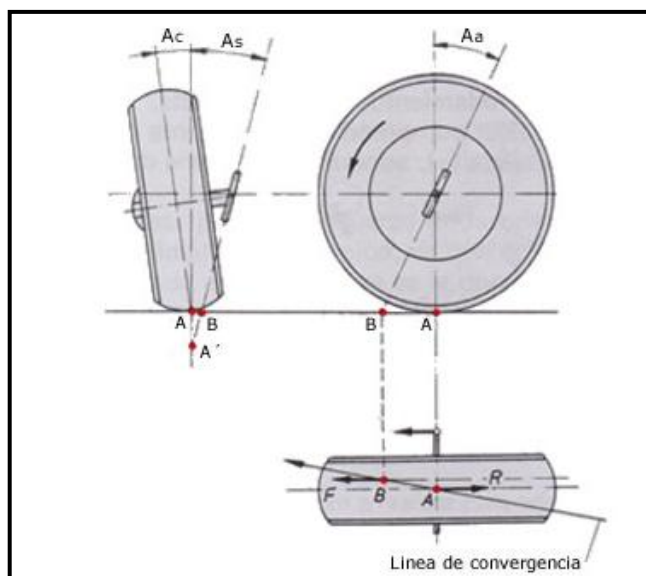


Figura 1.21. Cotas conjugadas y sus efectos sobre la orientación de las ruedas

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/direccion-geometria.htm>

En vehículos con tracción delantera, la fuerza de empuje está aplicada al mismo punto de apoyo de la rueda, siendo las ruedas traseras remolcadas sin ejercer efecto alguno sobre la dirección. No obstante, se les da un pequeño avance para mantener estable la dirección resultando, junto a las cotas de salida y caída, una convergencia que pueda ser positiva o negativa.

1.2.10.- CONVERGENCIA DE LAS RUEDAS.

La convergencia o paralelismo de las ruedas delanteras es la posición que ocupan las dos ruedas con respecto al eje longitudinal del vehículo. Este valor se mide en milímetros y es la diferencia de distancia existente entre las partes delanteras y traseras de las llantas a la altura de la mangueta; está entre 1 y 10 mm para vehículos con propulsión y cero a menos 2 mm para vehículos con tracción.

El ángulo de caída (Ac) y el de salida (As) hace que la rueda esté inclinada respecto al terreno y que al rodar lo haga sobre la generatriz de un "cono" lo que implica que las ruedas tienden a abrirse. Para corregir esto se cierran las ruedas

por su parte delantera, con lo que adelanta el vértice del cono en el sentido de la marcha.

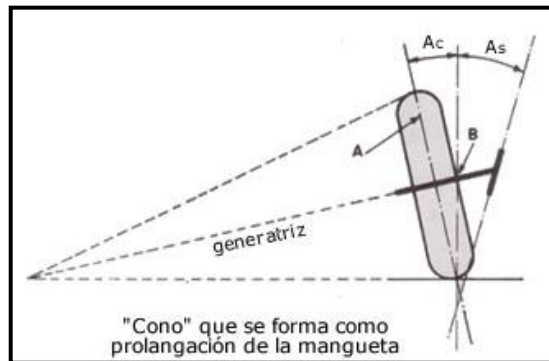


Figura 1.22. Convergencia de las ruedas

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/direccion-geometria.htm>

La convergencia también contrarresta el par de orientación que se forma entre el empuje y el rozamiento de la rueda y que tiende a abrirla, siendo esta la razón de que los coches con propulsión tengan mayor convergencia que los de tracción, en efecto: debido al avance y salida, la prolongación del pivote corta al suelo en un punto más adelantado y hacia el centro que el de apoyo del neumático.

Si el coche lleva propulsión, la fuerza de empuje se transmite a la rueda delantera a través del pivote y la de resistencia se aplica en el punto de contacto del neumático, esto origina un par de giro que tiende a abrir las ruedas delanteras, cosa que no ocurre en vehículos con tracción ya que la fuerza se aplica en el punto de contacto.

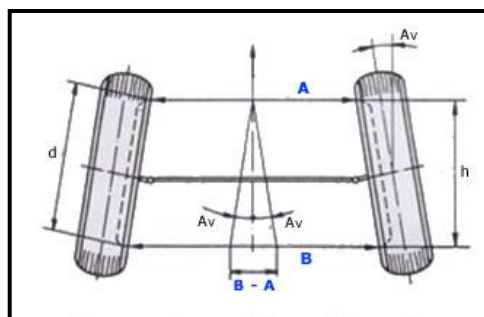


Figura 1.23. Paralelismo de las ruedas

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/direccion-geometria.htm>

El ángulo de convergencia (A_v) o desviación angular de las ruedas con respecto a la dirección de marcha, se expresa en función de las distancias (A) y (B) y de la cota (h), o bien, del diámetro de la llanta (d). La fórmula para calcular este ángulo:

$$\text{tg } A_v = \frac{B - A}{2 \times h}$$

Ecuación 2

El que el valor de la convergencia pueda ser positivo o negativo (divergencia) depende de los valores que tengan los ángulos de caída, salida y, además, de que el vehículo sea de tracción delantera o propulsión trasera. El valor de esta convergencia viene determinado por los valores de las cotas de caída, salida y avance.

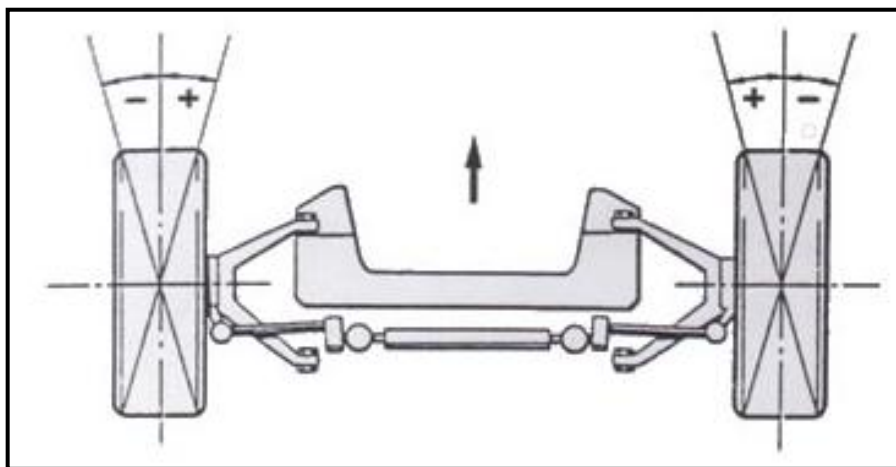


Figura 1.24. Convergencia de las ruedas en un vehículo con suspensión independiente

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/direccion-geometria.htm>

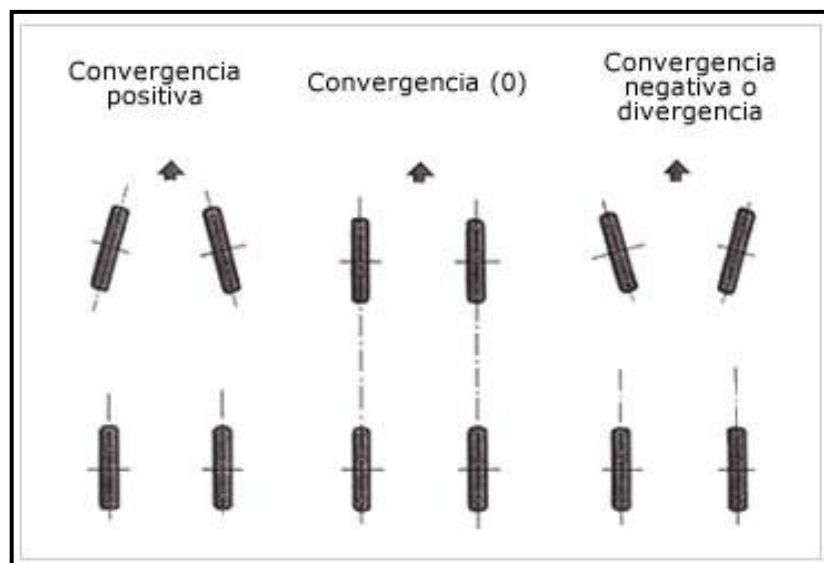


Figura 1.25. Convergencia positiva y negativa de las ruedas

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/direccion-geometria.htm>

La convergencia, determinada en función del resto de las cotas de dirección, debe mantenerse dentro de los límites establecidos por el fabricante ya que, cualquier alteración produce la inestabilidad en la dirección; además debe ser igual en las dos ruedas.

Una convergencia excesiva, al producir mayor tendencia en la orientación de las ruedas para seguir la trayectoria en línea recta, produce un desgaste irregular en los neumáticos que se manifiesta por el desgaste lateral que se produce en su banda de rodadura.

- En los vehículos con propulsión trasera, la resistencia a la rodadura de las ruedas delanteras crea un par que tiende a abrir ambas ruedas, para compensar este efecto, se contrarresta con un ángulo de convergencia positivo.
- En el caso de vehículos con tracción delantera, el problema es distinto, el esfuerzo de tracción de las ruedas produce un par que actúa en sentido contrario que en el caso anterior, es decir tendiendo a cerrar las ruedas en vez de abrirlas, por consiguiente para compensar esta tendencia será

necesario dar a las ruedas un ángulo de convergencia negativo (divergencia).

Una excesiva convergencia respecto a la que nos da el fabricante, provoca un desgaste lateral en la zona exterior de los neumáticos. Una convergencia insuficiente provoca un desgaste lateral en el interior de los neumáticos.

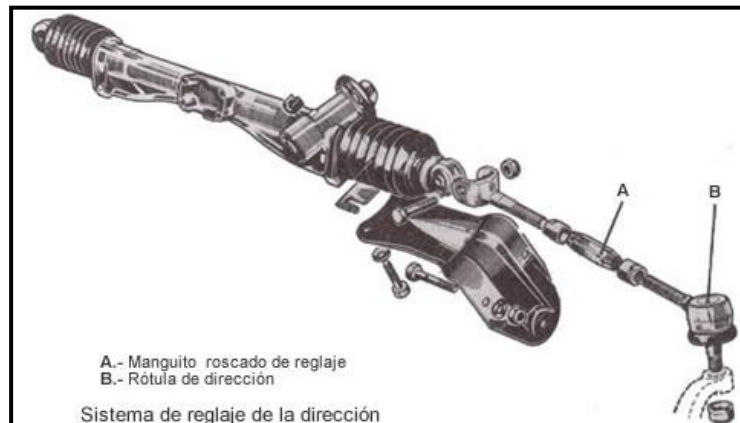


Figura 1.26. Componentes de alineación de la dirección

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/direccion-geometria.htm>

Suspensión independiente.

Las cotas de dirección varían de forma sustancial según sea el vehículo con dirección montada sobre eje rígido o sobre suspensión independiente. Excepto el ángulo de salida que apenas varia los demás ángulos varían sensiblemente, debido al diferente montaje de las ruedas, que se mueven y separan entre sí, de forma distinta a como lo hacen las montadas sobre eje rígido. Otra característica a tener en cuenta es el creciente aumento del grosor de los neumáticos y disminución de la presión de los neumáticos. Los constructores de automóviles han determinado experimentalmente para cada caso los valores más convenientes.

Así ocurre que el avance es mucho menor y en bastantes casos negativo, o sea, que el pivote va hacia atrás en vez de apuntar adelante. La caída es

prácticamente nula (de $3/4^{\circ}$ positivo a 1° negativo). La convergencia aun es positiva en la mayoría de automóviles (de 0 a 6 milímetros, como eje rígido); pero ya algunos la tienen negativa, o sea, que las ruedas abren hacia delante (divergencia).

Comprobación.

Así pues, salvo deformación aparente por largo uso, carga excesiva o golpe, las cotas que deben comprobarse son: avance, caída, y convergencia, y precisamente por este orden, pues cada una influye en las siguientes. Si se tiene cuidado de no dar golpes de refilón a las ruedas contra los bordillos, piedra grandes, etc., no es fácil que se desregle la dirección por torceduras del eje o doblado de las bielas y palancas de la dirección, y, por tanto, el ajuste se limitará casi siempre a la convergencia, la más sencilla de medir y corregir. La convergencia al ser una cota resultante directa de las otras tres cotas (salida, caída y avance), cualquier variación en cualquiera de ellas produce una desviación en la convergencia. Siendo esta cota la única fácil de corrección en el vehículo, para pequeñas desviaciones en la cotas de salida, caída y avance, en muchos talleres ante la dificultad de corrección en ellas se actúa corrigiendo la convergencia para compensar el efecto conjugado del conjunto.

Los síntomas que denuncian alteración de las cotas y que aconsejan revisión especial son los siguientes:

- Desgaste de las cubiertas más acentuado en una mitad de la banda de rodadura que en la otra: la causa será un ángulo de caída excesivo si el desgaste es hacia afuera del vehículo; si por el lado de dentro, caída insuficiente.
- Un achaflamiento con desgaste en borde afilado, si éste queda hacia dentro del vehículo denota exceso de convergencia; si por fuera, falta.

En general, cualquier anomalía en el desgaste de las cubiertas aconseja revisar inmediatamente la alineación de las ruedas.

1.2.11.- RADIO DE VIRAJE DE LA DIRECCIÓN.

a).- RADIO DE GIRO MÁXIMO.

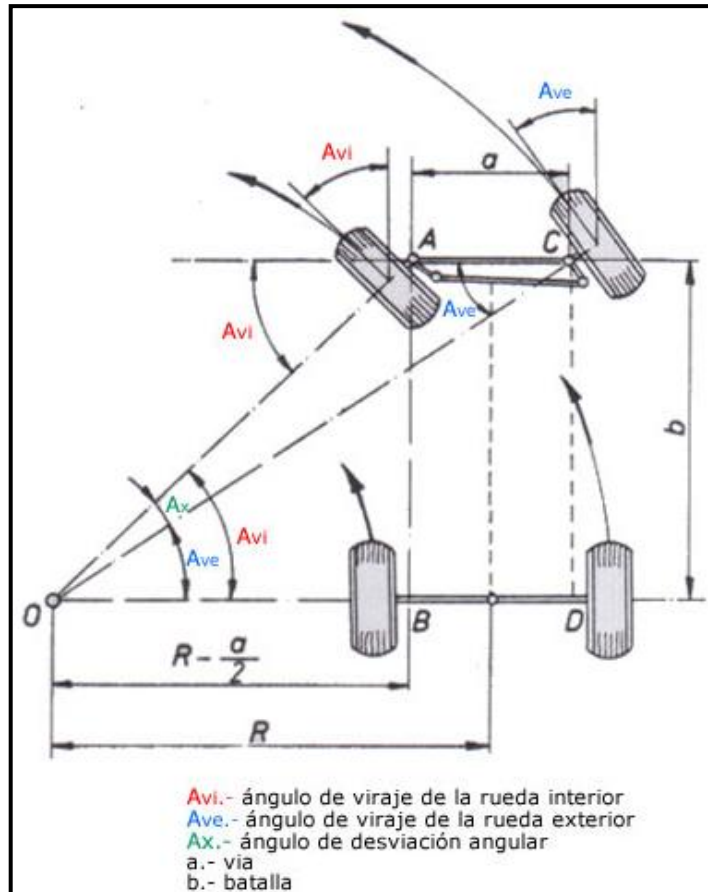


Figura 1.27. Ángulo de viraje de las ruedas

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/direccion-geometria.htm>

La distancia entre pivotes (a) que recibe el nombre de vía y la longitud e inclinación de los brazos de acoplamiento en función de la batalla (b) del vehículo, que corresponde a la distancia entre ejes, determinan una de las características de la dirección, como es su radio de giro máximo. Este radio viene determinado de forma que las ruedas puedan girar describiendo un círculo de diámetro cuatro veces mayor que la batalla del vehículo.

El ángulo de viraje (A_{vi}) para un determinado radio de giro (R), según los triángulos rectángulos OAB y OCD de la figura inferior, se obtiene por la función

trigonométrica de los ángulos que forman las ruedas en función de la batalla (b) del vehículo y del ancho de vía (a).

Teniendo en cuenta que el radio de giro mínimo en los vehículos suele ser aproximadamente el doble de la batalla o distancia entre ejes: $R = 2 b$. El ángulo de viraje máximo entre las ruedas es:

Ecuación 3:

$$\operatorname{tg} (A_{vi}) = \frac{2 b}{4b - a}$$

Ecuación 4:

$$\operatorname{tg} (A_{ve}) = \frac{2 b}{4b + a}$$

1.2.12.- INFLUENCIA DEL ESTADO DE LOS NEUMÁTICOS EN LA DIRECCIÓN.

Se ha estudiado, al explicar las cotas de dirección, la gran influencia de una presión del neumático defectuosa. Un neumático con presión baja es el peor defecto que puede permitirse en las ruedas, en cuanto a su economía. Además de desgastarse desigualmente, por los bordes de la banda de rodadura, según se muestra en la figura inferior, detalle 1, la destrucción es muy rápida, por la gran deformación a que está sometida la cubierta que, al rodar, produce tensiones y deformaciones con roces en los flancos que elevan su temperatura produciendo el corte de los tejidos que sirven para reforzar la goma.

Una presión excesiva hace que la dirección sea más suave, pero aumenta las trepidaciones y aumenta la fatiga en todas las articulaciones, desgastando la cubierta desigualmente por el centro de la banda de rodadura.

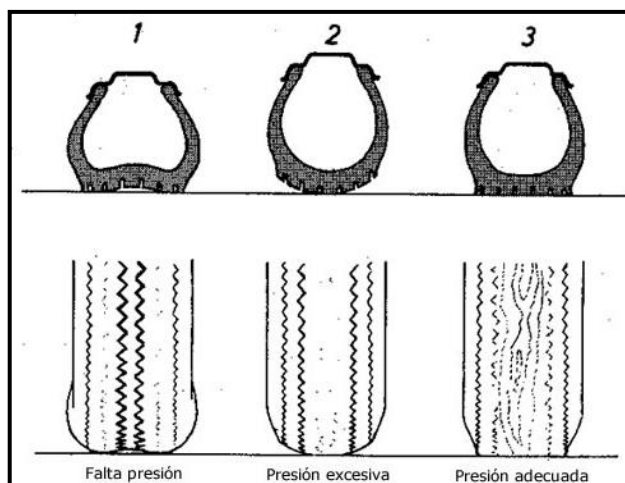


Figura 1.28. Presión de inflado de neumáticos

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/direccion-geometria.htm>

Los defectos en la alineación de las ruedas influyen mucho en el desgaste rápido y desigual de las cubiertas e incluso con la sola observación de una rueda prematuramente desgastada un técnico puede deducir, aproximadamente la cota o cotas que han dado lugar al desgaste anormal.

En líneas generales podemos decir que, excepto el avance que aunque sea excesivo no produce desgaste de los neumáticos, las otras cotas suelen producir los siguientes:

- Una caída anormal tanto positiva como negativa, crea en el neumático diámetros variables lo que hace que el diámetro más pequeño frote contra el suelo desgastando con gran rapidez los bordes de la banda de rodadura (parte exterior con exceso de caída y parte interior con exagerada caída negativa).
- La salida suele ser fija en casi todos los vehículos modernos, e influye en la caída por lo tanto si la primera se deforma, los desgastes producidos por la salida son los mismos que los que se deben a la caída.
- La convergencia, por poco que varíe, influye mucho en el desgaste de las cubiertas, si ésta es pequeña desgasta la parte interior del neumático derecho y si es superior a la debida desgasta la parte exterior del neumático izquierdo, en vehículos con conducción por la izquierda y lo

contrario, en aquellos que ruedan por la derecha. El desgaste debido a esta cota, produce un leve reborde que puede apreciarse, pasando la mano por la banda de rodadura de dentro hacia fuera, y el debido a una divergencia anormal se aprecia pasando la mano en sentido contrario.

Los desgastes anormales son siempre producidos por frote de la cubierta con el pavimento y es muy difícil establecer con exactitud la causa que puede producirlo, pues pueden ser varias a la vez. Además de las mencionadas por defecto de las cotas, influyen también, de una forma muy acusada, el "shimmy", presión de inflado, deformación del chasis, etc.

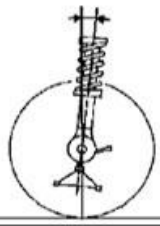
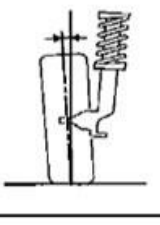
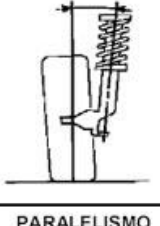
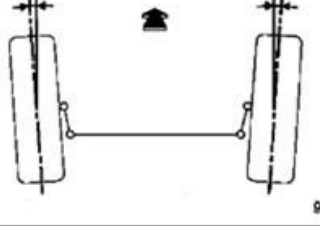
ÁNGULOS	VALORES	POSICIÓN DEL TREN DELANTERO	REGLAJE
<p>AVANCE</p>  <p>93012-1S</p>	$3^{\circ}26'$ $3^{\circ}56'$ $4^{\circ}26'$ } $\pm 30'$ Diferencia derecha / izquierda maxi = 1°	H5 - H2 = 39 mm H5 - H2 = 19 mm H5 - H2 = -1 mm	NO REGULABLE
<p>CAÍDA</p>  <p>93013-1S</p>	$-0^{\circ}06'$ $-0^{\circ}14'$ $-0^{\circ}22'$ } $\pm 30'$ Diferencia derecha / izquierda maxi = 1°	H1 - H2 = 139 mm H1 - H2 = 135 mm H1 - H2 = 151 mm	NO REGULABLE
<p>PIVOTE</p>  <p>93014-1S</p>	$12^{\circ}12'$ $12^{\circ}30'$ $12^{\circ}52'$ } $\pm 30'$ Diferencia derecha / izquierda maxi = 1°	H1 - H2 = 139 mm H1 - H2 = 135 mm H1 - H2 = 151 mm	NO REGULABLE
<p>PARALELISMO</p>  <p>93011-1S</p>	(Para 2 ruedas) Divergencia $+0^{\circ} \pm 10'$ $+1 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$	EN VACÍO	Regulable por rotación de los casquillos de la bieleta de dirección 1 vuelta = $30'$ (3 mm)

Tabla 1.1. Valores reales de las cotas de reglaje de un automóvil.

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/direccion-geometria.htm>

1.3.- BASE ELECTRÓNICA DEL SISTEMA.

Los datos suministrados por el captador de par de giro constituyen una información crucial para las leyes de control del motor eléctrico.

En consecuencia, el transmisor está duplicado (dos señales de par), y las dos señales obtenidas son comparadas permanentemente por el programa memorizado en el microprocesador. En caso de desacuerdo, la asistencia es suprimida inmediatamente.

Una parte del programa abarca el auto diagnóstico y el modo de funcionamiento de emergencia.

En cuanto al mando de potencia del motor eléctrico, está constituido por un tren de impulsos (puente en H para un motor de corriente continua), denominado también modulación de amplitud PWM -Pulse Width Modulation- (Modulación de ancho de pulso).

El principio de esta regulación de corriente es el mismo que el de la relación cíclica de apertura (RCO), utilizado por ejemplo para comandar una electroválvula: un pulso cuadrado se modifica en un pulso de pico, lo que permite abrir más o menos la válvula. Por lo demás, el bus CAN -Controller area network- (Controlador de área de red) transmite al calculador electrónico los parámetros (la velocidad del vehículo, etc.) que intervienen en el cálculo del grado de asistencia.

En el futuro, la comunicación entre los órganos de un vehículo se efectuará de manera tan natural que la dirección asistida eléctrica estará integrada en el conjunto de los equipamientos de seguridad: frenado electrohidráulico (EHB), regulador de velocidad (ACC).

- **Características.**

El sistema de dirección asistida electrónicamente consta de varias particularidades en su funcionamiento que sirven para protección del sistema y seguridad de los ocupantes.

A continuación explicaremos las particularidades más importantes en el sistema de dirección EPS.

- **Baterías Descargadas.**

El sistema detecta tensiones bajas y reacciona ante éstas. Si la tensión de la batería desciende por debajo de los 9 voltios se reduce la servoasistencia para la dirección hasta llegar a su desactivación y se enciende el testigo luminoso en rojo. Si surgen caídas breves de tensión por debajo de 9 voltios el testigo luce en amarillo.

- **Diagnosis.**

Los componentes del sistema de la dirección asistida EPS son susceptibles de auto diagnosis. Mediante un escáner se puede tomar los DTC (Diagnostic Trouble Code) que indica el área de problema y su posible solución

- **Auto adaptación de los topes de la dirección.**

Para evitar topes mecánicos secos de la dirección se procede a limitar el ángulo de mando por medio de software. El «tope de software» y, con éste, la amortiguación del mando se activan al llegar el volante a un ángulo de aprox. 5° antes del tope mecánico. El par de servoasistencia se reduce durante esa operación en función del ángulo y par de dirección.

1.3.1.- DIAGRAMAS ELÉCTRICOS DEL SISTEMA EPS.

Los diagramas siguientes nos muestran como está organizado el circuito electrónico del sistema de asistencia de dirección de un Hyundai Accent MC y muestran también la organización, numeración y nomenclatura de los conectores que intervienen en su funcionamiento.

El diagrama siguiente (figura 1.29) muestra la numeración de los terminales de la EPSCM, la cual está conectada a los sensores de par, velocidad del vehículo,

RPM además al motor de asistencia, la alimentación de la batería y a la línea de diagnóstico que manda la señal a la computadora principal ECM .

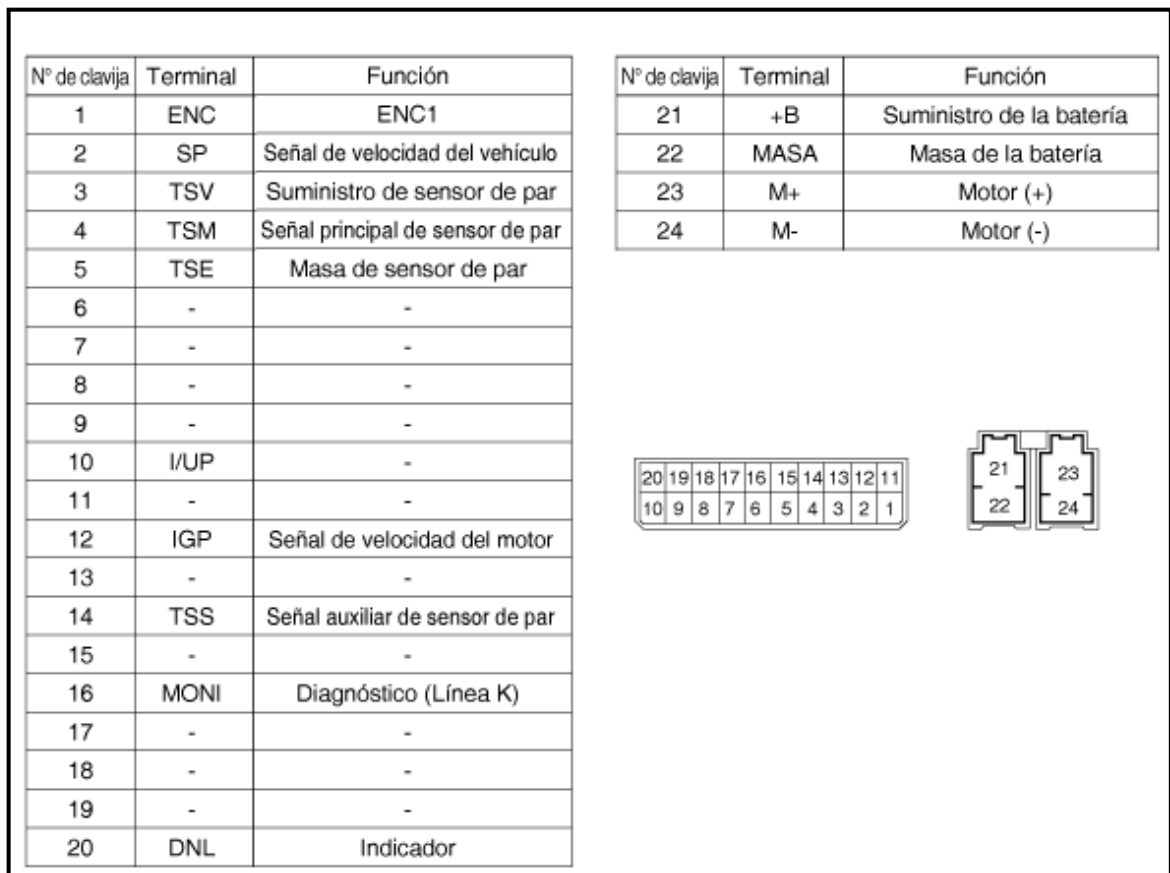


Figura 1.29. Diagrama de terminales de PINES de EPSCM

FUENTE: Hyundai Motor Company, Manual de Taller tomo 2, 2006, Korea

La figura 1.30 nos muestra la conexión del controlador con los conectores de los sensores que intervienen en el funcionamiento.

El pin 1 del conector M62-1 (figura1.31.) lleva la alimentación de la batería; los pines 3,4,14,45 llevan alimentación y señales del sensor de torque; del mismo conector el pin 12 y el pin 2 llevan la señal de pulsos de los sensores de RPM del motor y Velocidad del vehículo; los pin 20 lleva la señal de DNL del indicador o testigo de avería y por ultimo en este conector el pin 16 lleva las señales seriales de diagnóstico o línea K.

Así mismo los pines de los conectores M62-1 y M62-2 (figura 1.31.) 21, 22, 23 y 24 son los que llevan la alimentación del motor eléctrico y señal de giro del mismo, la cual entrega la variación de corriente y sentido de polos para el cambio de giro del motor.

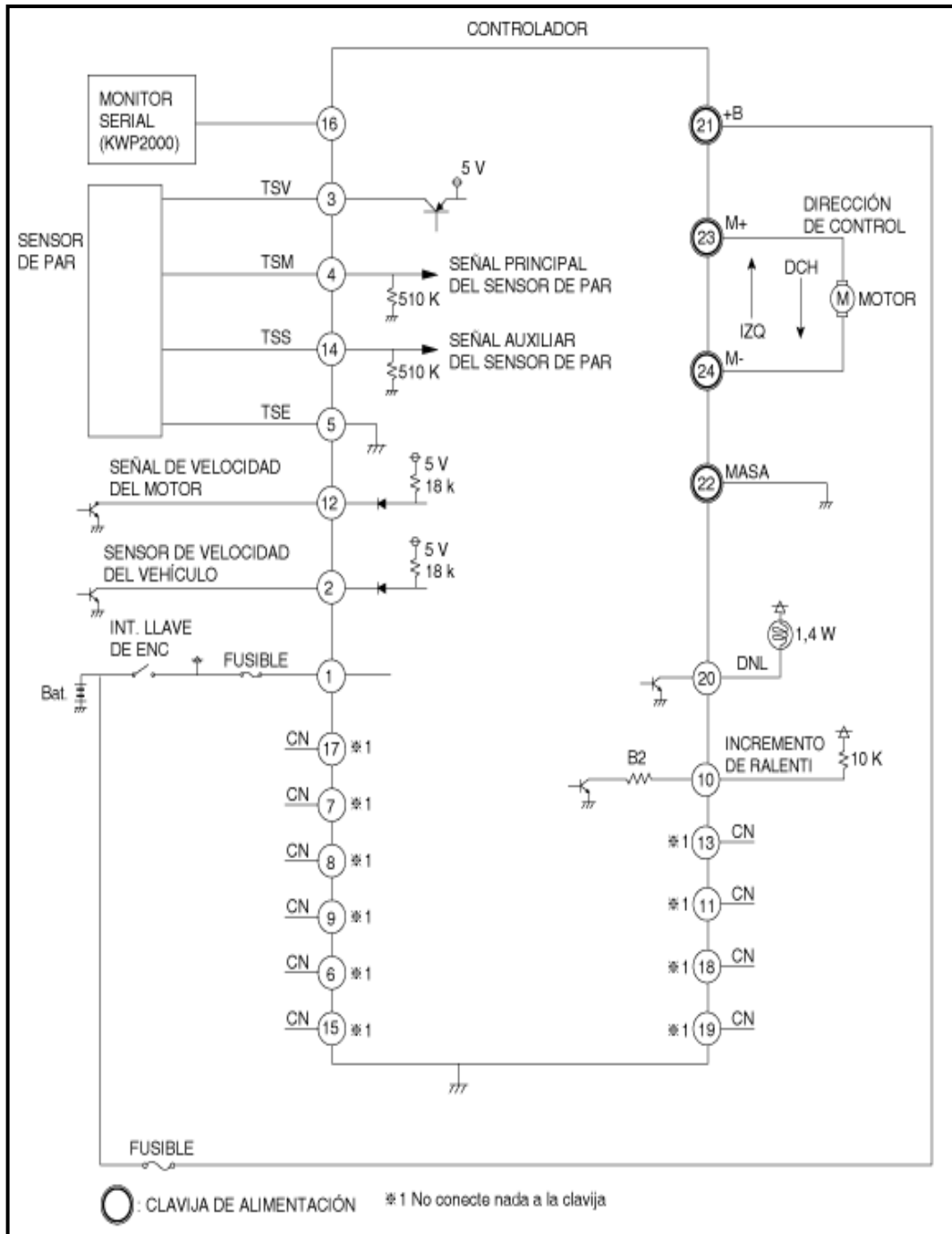


Figura 1.30. Diagrama de conexiones del sistema EPS

FUENTE: Hyundai Motor Company, Manual de Taller tomo 2, 2006, Korea

Nomenclatura de los Conectores del Sistema.

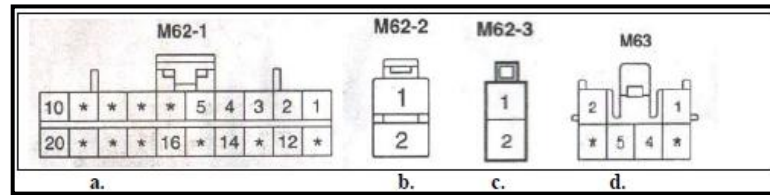


Figura 1.31. Conectores **a.** M62-1; **b.** M62-2; **c.** M62-3; **d.** M63

FUENTE: Hyundai Motor Company, Manual de Taller tomo 2, 2006, Korea

1.3.2.- ESQUEMAS DE CONEXIÓN.

En la figura 1.32 se puede observar el esquema básico de funcionamiento de la dirección EPS. Las señales de entrada proceden del sensor de par y del motor eléctrico, las señales de salida son para controlar el par suministrado por el motor eléctrico y el las señales del CAN (Controler Area Network) bus de datos son provenientes de la velocidad del motor y del vehículo.

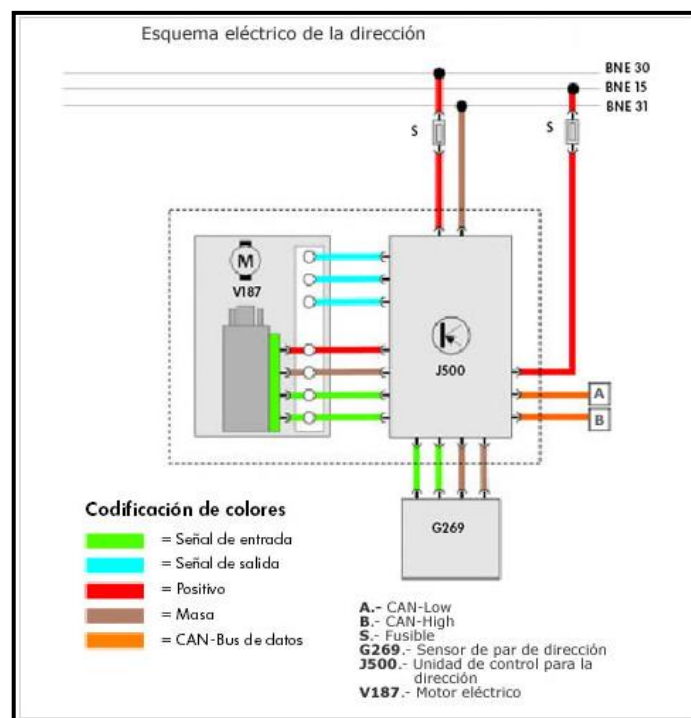


Figura 1.32. Esquema eléctrico de la dirección EPS

Fuente: Sistema de dirección- Dirección electromecánica de asistencia variable,2007, www.mecanicavirtual.org/direccion-asistida-electr.htm

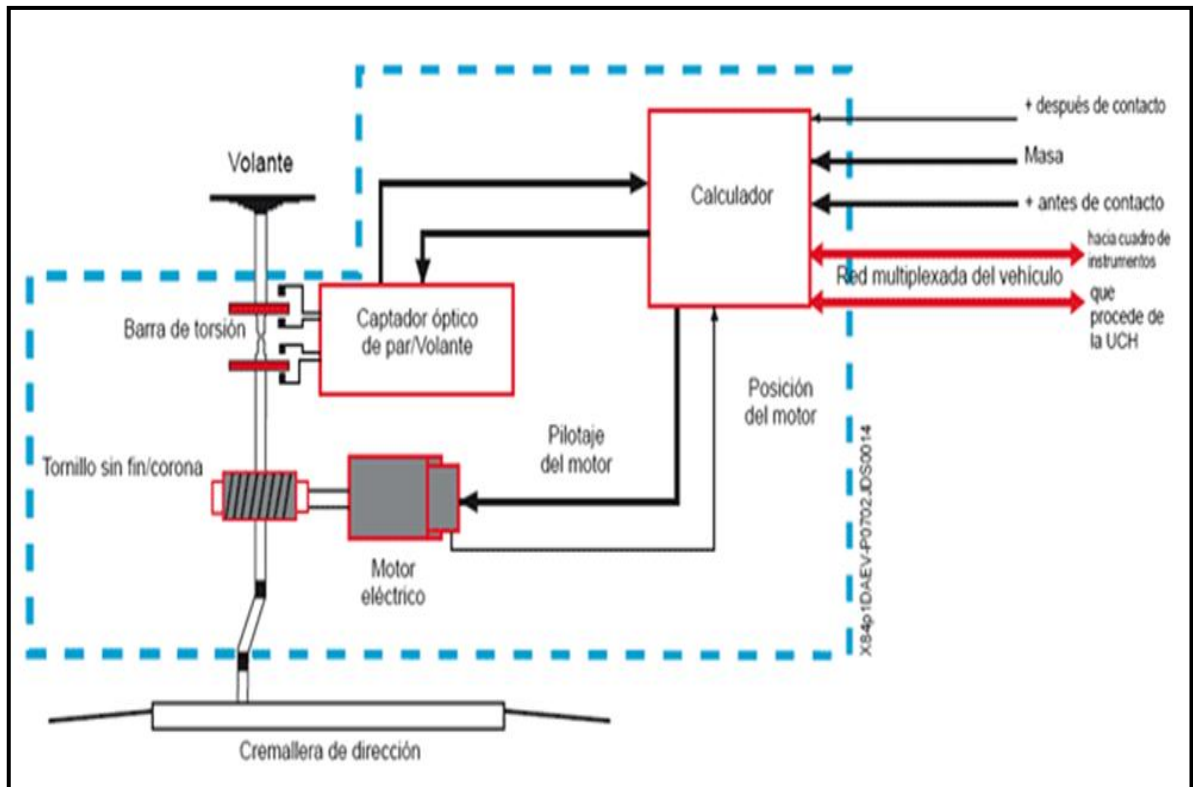


Figura 1.33. Esquema de señales de la dirección EPS

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

1.4.- PARÁMETROS DE ASISTENCIA SEGÚN LA VARIACIÓN DE VELOCIDAD.

1.4.1.- VARIACIÓN DE ASISTENCIA.

Para calcular el par que el motor eléctrico debe proporcionar, la unidad electrónica de la dirección asistida tiene en cuenta el par ejercido sobre el volante y la velocidad del vehículo, estando estas dos magnitudes físicas medidas respectivamente por el captador de par de giro y el captador de velocidad.

Para alimentar el motor eléctrico, el mando de potencia del calculador electrónico produce una corriente eléctrica de asistencia que corresponde al par calculado. De la misma manera, la dirección puede estar muy asistida a baja velocidad para

facilitar las maniobras, y netamente más dura a alta velocidad para mantener la trayectoria.

1.4.2.- VELOCIDAD NORMAL.

Funcionamiento de la dirección al aparcar:

- El conductor gira bastante el volante para poder aparcar.
- La barra de torsión se tuerce. El sensor del par de dirección detecta la torsión e informa a la unidad de control de que se está aplicando al volante un par de dirección intenso.
- El sensor de ángulo de dirección avisa que hay un ángulo de dirección pronunciado y el sensor de régimen del rotor informa sobre la velocidad del mando actual de la dirección.
- Previo análisis de las magnitudes correspondientes al par de dirección, la velocidad de marcha del vehículo de 0 km/h, el régimen del motor de combustión, el pronunciado ángulo de dirección, la velocidad de mando de la dirección y, en función de las curvas características implementadas en la unidad de control para $v = 0$ km/h, la unidad de control determina la necesidad de aportar un intenso par de servoasistencia y excita correspondientemente el motor eléctrico.
- En las maniobras de aparcamiento se aporta de ese modo la servoasistencia máxima para la dirección a través del segundo piñón que actúa paralelamente sobre la cremallera.
- La suma del par aplicado al volante y el par de servoasistencia máximo viene a ser el par eficaz en la caja de dirección para el movimiento de la cremallera en maniobras de aparcamiento.

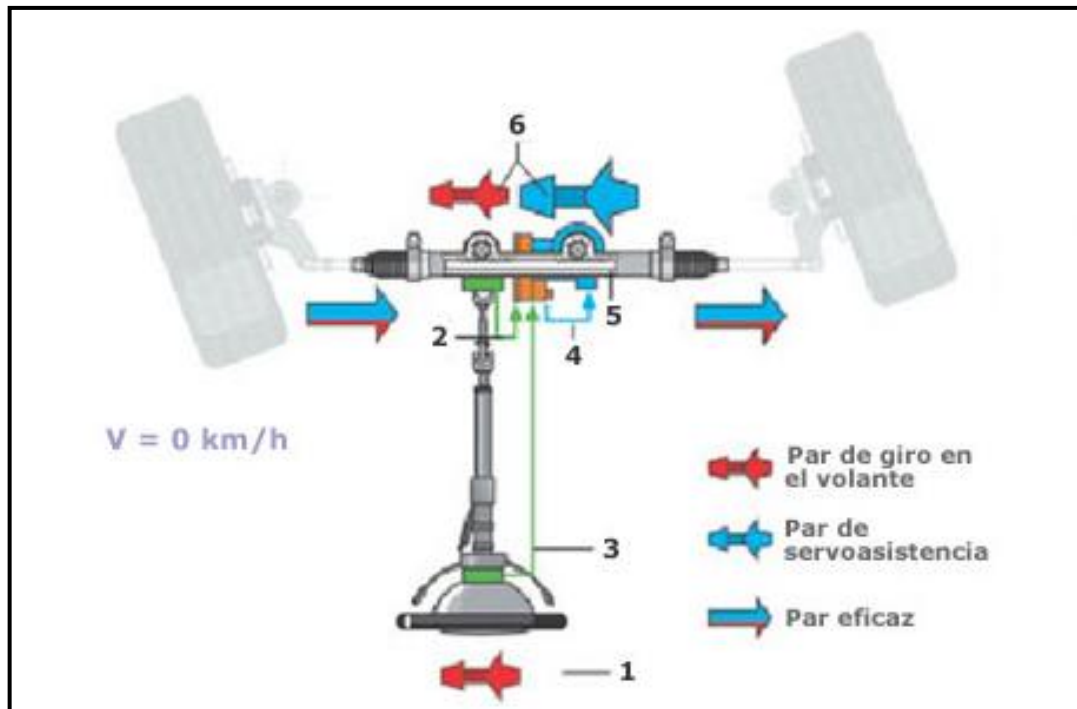


Figura 1.34. Asistencia de la dirección EPS al aparcarse

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

1.4.3.- VELOCIDAD MEDIA.

Funcionamiento de la dirección circulando en ciudad:

- El conductor mueve el volante al recorrer una curva en tráfico urbano.
- La barra de torsión se tuerce. El sensor de par de dirección detecta la torsión y avisa a la unidad de control de que hay un par de dirección, de mediana intensidad, aplicado al volante de la dirección.
- El sensor de ángulo de dirección avisa que hay un ángulo de dirección de mediana magnitud y el sensor de régimen del rotor informa sobre la velocidad momentánea con que se mueve el volante.

- Previo análisis del par de dirección de mediana magnitud, la velocidad de marcha del vehículo de 50 km/h, el régimen del motor de combustión, un ángulo de dirección de mediana magnitud y la velocidad con que se mueve el volante, así como en función de las curvas características implementadas en la unidad de control para $v = 50 \text{ km/h}$, la unidad de control determina la necesidad de aportar un par de servoasistencia de mediana magnitud y excita correspondientemente el motor eléctrico.
- Al recorrer una curva se produce así una servoasistencia de mediana magnitud para la dirección a través del segundo piñón, que actúa paralelamente sobre la cremallera.
- La suma compuesta por el par de giro aplicado al volante y el par de servoasistencia de mediana magnitud viene a ser el par eficaz en la caja de la dirección para el movimiento de la cremallera al recorrer una curva en el tráfico urbano.

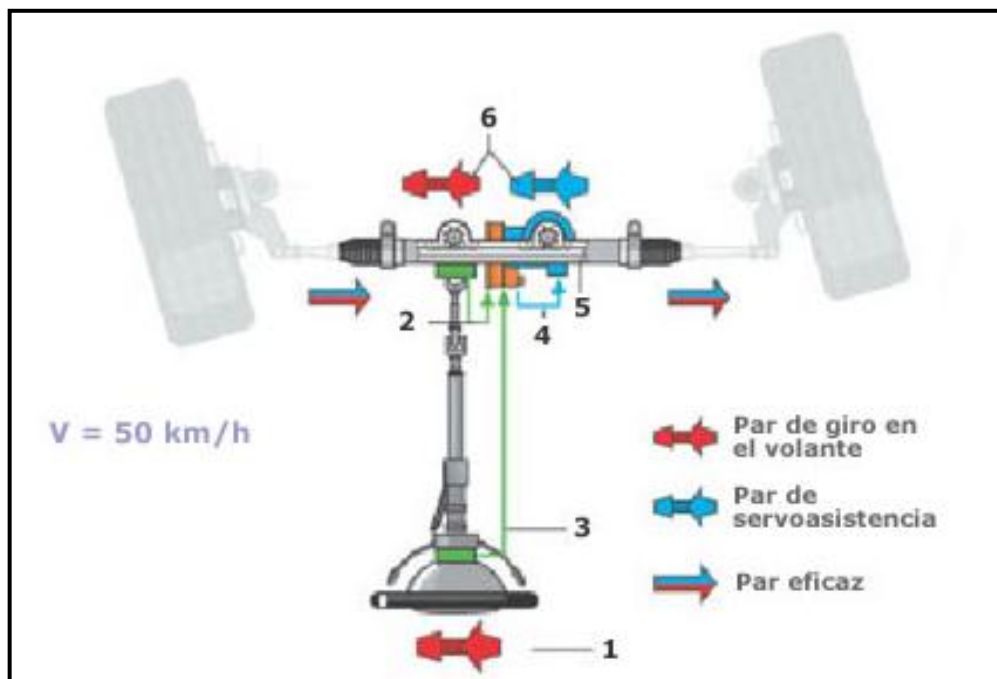


Figura 1.35. Asistencia de la dirección EPS en ciudad

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

1.4.4.- MÁXIMA VELOCIDAD.

Funcionamiento de la dirección circulando en autopista:

- Al cambiar de carril, el conductor mueve el volante en pequeña magnitud.
- La barra de torsión se tuerce. El sensor de par de dirección detecta la torsión y avisa a la unidad de control de que está aplicado un leve par de dirección al volante.
- El sensor de ángulo de dirección avisa que está dado un pequeño ángulo de dirección y el sensor de régimen del rotor avisa sobre la velocidad momentánea con que se acciona el volante.
- Previo análisis del par de dirección de baja magnitud, la velocidad de marcha del vehículo de 100 km/h, el régimen del motor de combustión, un pequeño ángulo de dirección y la velocidad con que se acciona el volante, y en función de las curvas características implementadas en la unidad de control para $v = 100$ km/h, la unidad de control determina la necesidad de aportar ya sea un par de dirección leve o no aportar ningún par de dirección, y excita correspondientemente el motor eléctrico.
- Al mover la dirección circulando en autopista se realiza de esta forma la servoasistencia de baja magnitud o bien no se aporta ninguna servoasistencia a través del segundo piñón que actúa paralelamente sobre la cremallera.
- La suma compuesta por el par de giro aplicado al volante y un mínimo par de servoasistencia viene a ser el par eficaz para el movimiento de la cremallera en un cambio de carril.

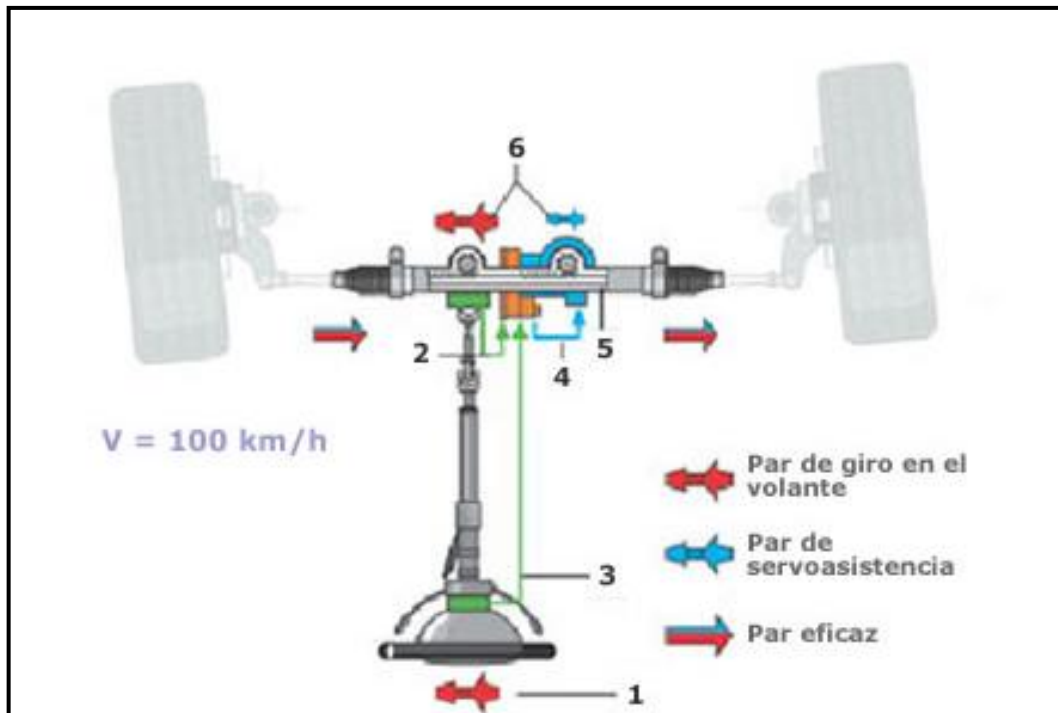


Figura 1.36. Asistencia de la dirección EPS en autopista

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

1.5.- PARÁMETROS DE CONSUMO EN COMPARACIÓN CON OTROS SISTEMAS.

1.5.1.- VENTAJAS DEL SISTEMA EPS.

El sistema EPS según sus condiciones de diseño y comportamiento en carretera presenta las siguientes ventajas:

- Mejora el consumo de combustible: 2~3 %
- Protección al medio ambiente: Libre de aceite de dirección
- Realce del desempeño de la dirección: Manipulación exacta
- Reducción de peso: a 2.4 Kg aproximadamente.
- Facilidad de ensamblaje

1.5.2.- CARACTERÍSTICAS MEDIOAMBIENTALES.

Las direcciones asistidas eléctricamente y electrónicamente presentan ventajas en la conservación del medioambiente, debido a su construcción y su funcionamiento son los sistemas de dirección más utilizados en vehículos que se ajustan a las normas ambientales más estrictas que son las que generalmente rigen en Europa.

MDPS: Dirección asistida eléctrica



Figura 1.37. Características medioambientales del sistema de dirección EPS

Fuente: Hyundai service training, Dirección Electrónica Asistida de Columna, 2006

1.5.3.- TENDENCIA DE MERCADO DE LA DIRECCIÓN EPS.

La evolución de los sistemas de dirección siempre apunta hacia lograr mayor seguridad activa para los ocupantes de los vehículos. Además de mejorar la seguridad en vehículos, se quiere lograr reducir los recursos empleados en su fabricación y mantenimiento. Los sistemas de dirección por lo tanto, además de lo ya mencionado son diseñados de tal manera que ayuden a reducir la contaminación ambiental, reducir el peso del vehículo y permitan un mejor rendimiento del vehículo.

A futuro se espera que la totalidad de vehículos medianos y livianos lleven consigo el sistema de asistencia electrónica, además se espera que la mayoría de vehículos pesados utilicen sistemas electrohidráulicos (EHPS) por la imposibilidad de utilizar sistemas totalmente eléctricos.

Por el momento no existe algún sistema más eficiente que el de tipo electrónico. Según la figura 1.38 se puede apreciar una extrapolación de la tendencia al equipamiento del sistema de dirección EPS, para el 2010 un treinta por ciento de la totalidad de los vehículos tendrá equipado este sistema en el mismo. También se observa que la mayoría de automotores llevaran a futuro equipados los sistemas EPS de columna de dirección.

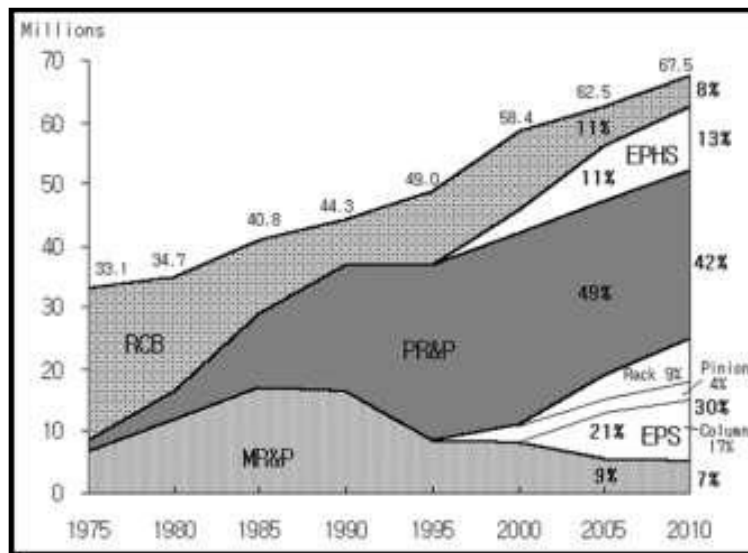


Figura 1.38. Evolución en tecnologías de sistemas de dirección

Fuente: Hyundai Service Training. Dirección Electrónica Asistida de Columna, 2006

1.6.- RENDIMIENTO DE LA DIRECCIÓN ASISTIDA CON CONTROL ELECTRÓNICO.

1.6.1.- ESTABILIDAD EN CARRETERA.

El figura 1.39 se muestra un diagrama de trabajo de la asistencia del EPS, el cual varía según la velocidad de circulación del vehículo en cuestión, para velocidades

bajas de circulación e incluso nula se obtiene la mayor corriente que va hacia el motor por lo tanto la mayor asistencia, y en el caso de velocidades relativamente elevadas la asistencia baja.

Este comportamiento nos permite tener un control, estabilidad y seguridad mayor en conducción.

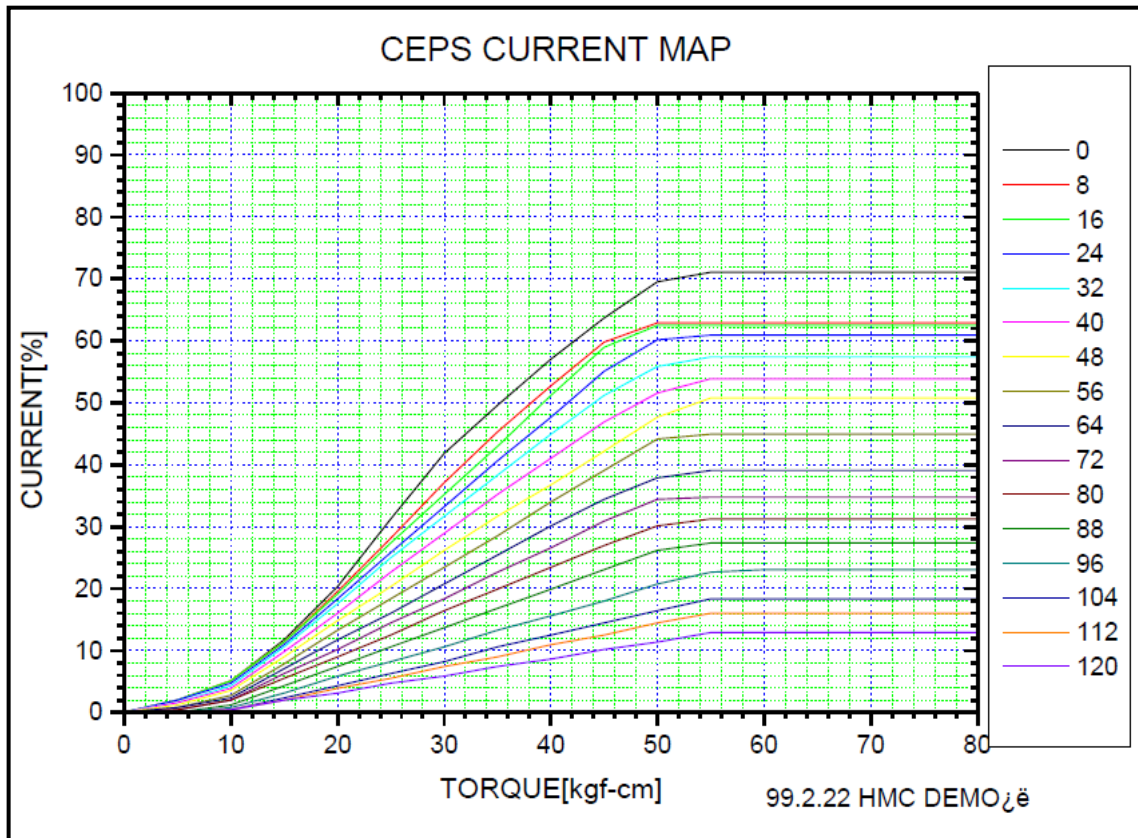


Figura 1.39 Diagrama de comportamiento del EPS

Fuente: Hyundai service training, Dirección Electrónica Asistida de Columna, 2006

1.6.2.- SISTEMA DE RECUPERACIÓN AUTOMÁTICA.

a).- RETORNO ACTIVO.

Cuando el conductor suelta el volante a la salida de una curva, la dirección asistida eléctrica ejerce un par de retorno, que alinea las ruedas más

rápidamente. Este par de retorno, denominado también retorno activo, depende evidentemente del ángulo de giro de las ruedas y de la velocidad del vehículo.

El calculador determina el par de retorno (o corriente de retorno) en función del ángulo de giro para una velocidad dada, a menos que se graben un conjunto de valores en su memoria.

b).- COMPENSACIÓN DE INERCIA.

A causa de la masa que el motor eléctrico añade a la dirección, ésta es menos ligera. Para compensar la falta de reacción, hace falta girar el volante más rápido suministrando antes corriente eléctrica al motor: es la compensación de inercia. Cuando el conductor gira rápidamente el volante (de 0 a 20 grados) para evitar un obstáculo, la compensación de inercia interviene en función de la velocidad del vehículo y de la velocidad de rotación del motor eléctrico.

c).- AMORTIGUACIÓN.

Entre los sistemas de seguridad con que cuenta una asistencia eléctrica, la amortiguación permite evitar el eventual fenómeno de embalamiento de la asistencia. El par de amortiguación (o corriente eléctrica de amortiguación) está calculado en una cartografía memorizada en el calculador.

CAPÍTULO II

2.- ELEMENTOS Y COMPONENTES DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN ASISTIDA CON CONTROL ELECTRÓNICO.

2.1.- COMPONENTES Y FUNCIONAMIENTO.

El sistema de dirección asistida electrónicamente “**EPS**” varía según su año de fabricación, la marca y modelo del vehículo siguiendo siempre el principio básico de funcionamiento a continuación se exponen los componentes que intervienen en totalidad de sistemas: sensores de ángulo del volante, sensor de par, sensores de velocidad, módulo de control, etc.

2.1.1.- SENSOR DE ÁNGULO DE DIRECCIÓN

Este sensor proporciona la señal para la determinación del ángulo de dirección, destinándola a la unidad de control electrónica de la columna de dirección.

Por lo general el sensor de ángulo de dirección va situado detrás del anillo retractor con el anillo colector para el sistema airbag como se muestra en la figura 1.9. Se instala en la columna de dirección, entre el mando combinado y el volante.

Podemos resaltar que algunas marcas no disponen de este sensor, se la obvia esta señal de acuerdo a la configuración del programa utilizado por cada marca.

Figura 2.1. Sensor de ángulo de dirección

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

Los componentes básicos del sensor de ángulo de dirección son:

- Un disco de codificación con dos anillos.
- Parejas de barreras luminosas con una fuente de luz y un sensor óptico cada una.

El disco de codificación consta de dos anillos, el anillo exterior de valores absolutos y el anillo interior de valores incrementales.

El anillo de incrementos está dividido en 5 segmentos de 72° cada uno y es explorado por una pareja de barreras luminosas. El anillo tiene almenas en el segmento. El orden de sucesión de las almenas es invariable dentro de un mismo segmento, pero difiere de un segmento a otro. De ahí resulta la codificación de los segmentos. El anillo de absolutos viene a determinar el ángulo. Es explorado por 6 parejas de barreras luminosas.

El sensor de ángulo de dirección puede detectar 1044° de ángulo (casi 3 vueltas de volante). Se dedica a sumar los grados angulares. De esa forma, al sobrepasar la marca de los 360° reconoce que se ha ejecutado una vuelta completa del volante. La configuración específica de la caja de la dirección permite dar 2,76 vueltas al volante de la dirección.

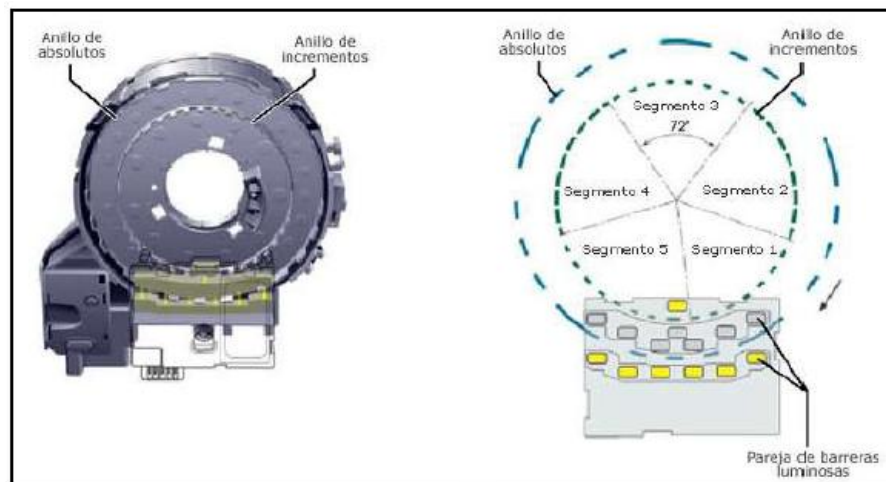


Figura 2.2. Esquema de un sensor de ángulo de dirección

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

Su principio de funcionamiento contempla solamente el anillo de incrementos, se aprecia por un lado del anillo la fuente luminosa y por el otro el sensor óptico.

La medición del ángulo se realiza según el principio de la barrera luminosa. Cuando la luz incide en el sensor al pasar por una almena del anillo se engendra

una señal de tensión. Al cubrirse la fuente luminosa se vuelve a interrumpir la tensión de la señal. Al mover ahora el anillo de incrementos se produce una secuencia de señales de tensión.

De esa misma forma se genera una secuencia de señales de tensión en cada pareja de barreras luminosas aplicadas al anillo de valores absolutos.

Todas las secuencias de señales de tensión se procesan en la unidad de control para electrónica de la columna de dirección.

Previa comparación de las señales, el sistema puede calcular a qué grados han sido movidos los anillos. Durante esa operación determina también el punto de inicio del movimiento en el anillo de valores absolutos.



Figura 2.3. Principio de funcionamiento del sensor de ángulo

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

2.1.2.- SENSOR DE PAR DE DIRECCIÓN.

El sensor de par de dirección tiene la misión de cuantificar el grado de esfuerzo que se está realizando en cada instante por parte del conductor, con este dato se proporcionará la asistencia que deberá proporcionar el sistema según los parámetros establecidos en el procesador actualmente la mayoría de marcas pone especial atención en este sensor pues la correcta utilización de este elimina la necesidad del sensor de posición del volante.

El par de mando a la dirección se mide con ayuda del sensor de par de dirección directamente en el piñón de dirección. El sensor de par puede trabajar de varias maneras según el principio magneto resistivo, resistencia por

contactos, o también de forma óptica con el principio lumínico resistivo.

Está configurado de forma doble (redundante), para establecer el mayor nivel de fiabilidad posible.

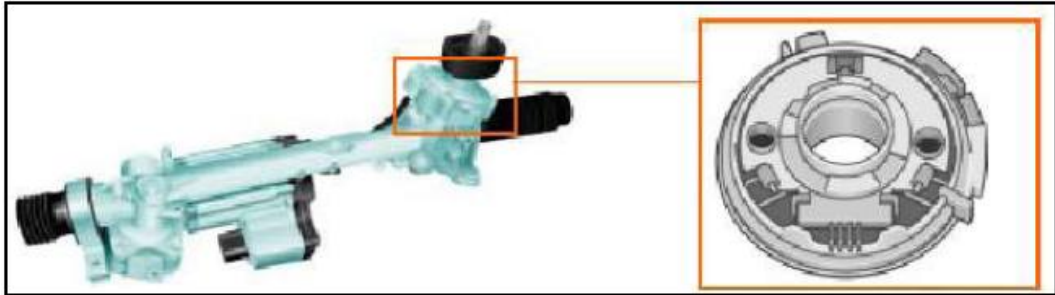


Figura 2.4. Sensor de par de dirección

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

El sensor del par de giro acopla la columna y la caja de dirección a través de una barra de torsión.

2.1.3.- SENSOR DE RÉGIMEN DEL MOTOR.

El sensor de régimen del motor tiene la misión de determinar la cantidad de vueltas del cigüeñal por minuto. Esta importante magnitud de entrada se calcula en la unidad de control del motor, puede magnificarse a partir de la señal del sensor inductivo de revoluciones del cigüeñal, por las revoluciones del alternador, o la inductancia de los cables de bujía.

El sensor de régimen del rotor es parte integrante del motor para la dirección asistida electromecánica. No es accesible por fuera.

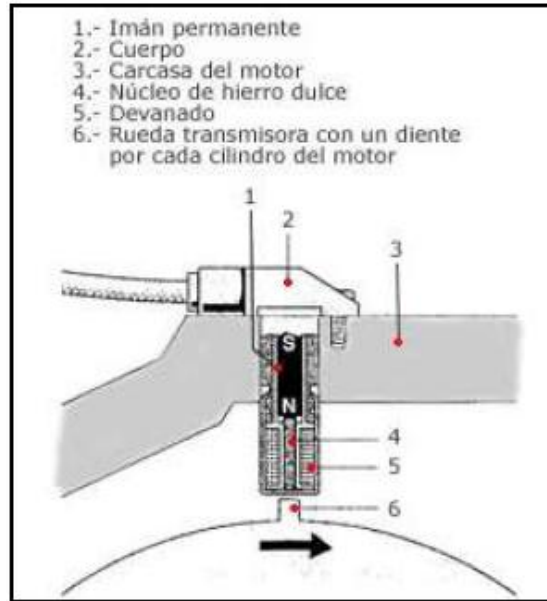


Figura 2.5. Sensor de revoluciones del cigüeñal

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

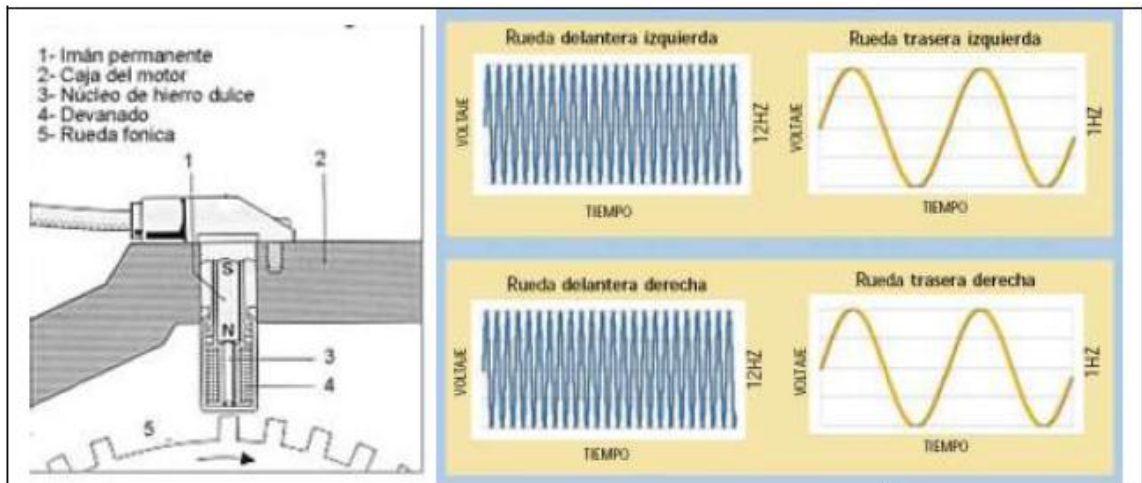
2.1.4.- SENSOR DE VELOCIDAD DE MARCHA DEL VEHÍCULO.

El parámetro de la velocidad del vehículo es uno de los principales parámetros tomados por el calculador ECU del EPS para adaptar la asistencia de la dirección en todo momento de funcionamiento del vehículo.

La señal de la velocidad de marcha del vehículo puede ser suministrada por la unidad de control para ABS en caso de tenerlo, de un sensor magneto resistivo en el eje de salida de la caja de cambios.

Para calcular la velocidad lineal del vehículo se dispone en las ruedas generalmente no motrices un sensor inductivo que envía una señal permanente de pulsos por lo medio de la cual se puede calcular la velocidad instantánea en todo momento del automotor.

En la figura siguiente se puede apreciar la forma de onda producida por el sensor inductivo en las ruedas no motrices (sistema con ABS), con base en la frecuencia de esta señal mediante el calculador electrónico se puede calcular la velocidad instantánea del vehículo en todo momento.



a) Sensor inductivo

b) Forma de señal

Figura 2.6. Sensor de velocidad del vehículo en ruedas no motrices (ABS)

Fuente a: <http://www.mecanicavirtual.org/sensores2.htm>

Fuente b: <http://www3.mapfre.com/cesvimaprevista/revista45/pdfs/SeguridadVial.pdf>

2.1.5.- UNIDAD DE CONTROL PARA LA DIRECCIÓN.

La unidad de control para dirección asistida generalmente va fijada directamente al motor eléctrico y al sensor de par, con lo cual se suprime un cableado complejo hacia los componentes de la servodirección.



Figura 2.7. Módulo de control DPS EAS (BMW)

Fuente: Bharat Electronics Limited, Nandambakkam, Chennai 600 089

e-mail: muruganr@bel.co.in; nandakumars@bel.co.in; mohiyadeenms@bel.co.in

Basándose en las señales de entrada, tales como señal de sensor:

- La señal del sensor de ángulo de dirección,
- La señal del sensor de régimen del motor,
- El par de dirección y el régimen del rotor,
- La señal de velocidad de marcha del vehículo
- La señal de que se identificó la llave de contacto en la unidad de control.

La unidad de control calcula las necesidades momentáneas de servoasistencia para la dirección. Calcula la intensidad de corriente excitadora y excita correspondientemente el motor eléctrico.

La unidad de control tiene integrado un sensor térmico para detectar la temperatura del sistema de dirección. Si la temperatura asciende por encima de los 100 °C se reduce de forma continua la servoasistencia para la dirección.

Si la servoasistencia a la dirección cae por debajo de un valor de 60%, el testigo luminoso para dirección asistida se enciende en amarillo y se inscribe una avería en la memoria



Figura 2.8. Unidad de control de dirección asistida Volkswagen

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

2.1.6.- TESTIGO LUMINOSO DE AVERÍAS.

El testigo luminoso se encuentra en la unidad indicadora del cuadro de instrumentos. Se utiliza para avisar sobre funciones anómalas o fallos en la dirección asistida electromecánica.

En algunas marcas el testigo luminoso puede adoptar dos diferentes colores para indicar funciones anómalas. Si se enciende en amarillo, significa un aviso de menor importancia. Si el testigo luminoso se enciende en rojo hay que acudir de inmediato a un taller.

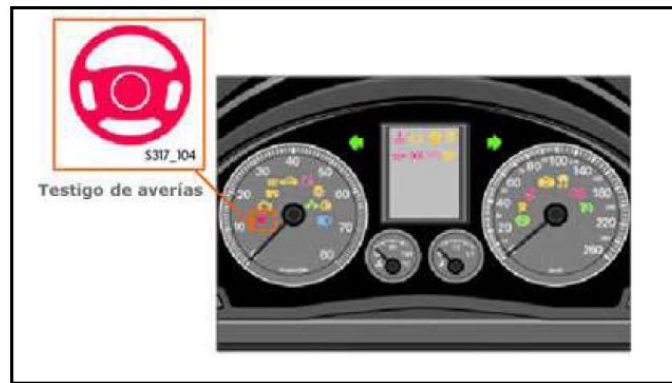


Figura 2.9. Luz testigo de averías del sistema EPS

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

Al conectar el encendido, el testigo se enciende, porque el sistema de la dirección asistida electromecánica lleva a cabo un ciclo de auto chequeo. Sólo a partir del momento en que llega la señal procedente de la unidad de control para dirección asistida, según la cual el sistema trabaja de forma correcta, es cuando el testigo se apaga. Este ciclo de auto chequeo tarda unos dos segundos. El testigo se apaga de inmediato en cuanto se arranca el motor.

2.2.- ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES ELECTRÓNICOS Y PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS COMPONENTES ELECTRÓNICOS.

2.2.1.- SENSOR DE TORQUE.

La principal diferencia entre del sistema MDPS con el resto de sistemas empleados en las diferentes marcas, recae en el sensor de torque, como hemos visto usualmente se utilizaba sensores de torque de tipo óptico o magneto resistivo, pero Hyundai introduce la utilización de un sensor de torque tipo potenciómetro, es decir una resistencia variable debido a que este tiene una

estructura simple y el costo es menor. El ángulo de giro de la barra se transforma en diferencial de voltaje. Este sensor consiste en dos rotores unidos por una barra de torsión, un rotor de posición y un rotor de torque, al igual que el resto de sistemas este sensor entrega dos señales: una señal principal y otra secundaria, ambas señales son iguales y opuestas y muestran el par de giro aplicado en el volante. Así cuando el volante se encuentra en posición neutral indica que no existe torque aplicado y genera un voltaje de 2,5 V equivalente al 50% de la señal.



Position rotor

Torque rotor

Figura 2.10. Posición de los rotores del sensor de torque

Fuente: MDPS (Motor Driven Power Steering) Chonan Technical Service Training Center

El sensor entrega una señal de voltaje limitada por el rango de rotación del eje interno (barra de torsión) este es restringido por un tope. El ángulo máximo de detección es de $\pm 8^\circ$ pero actualmente esta limitación es de $\pm 4.5^\circ$ la razón es su estructura mecánica.

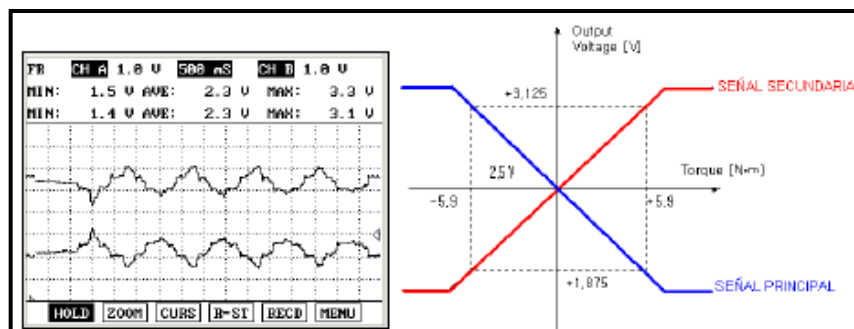


Figura 2.11. Señales de salida principal y secundaria del sensor

Fuente: MDPS (Motor Driven Power Steering) Chonan Technical Service Training Center

La señal de torque es fundamental para el funcionamiento de la asistencia electrónica, e interviene directamente con la seguridad activa del vehículo, por lo tanto si este sensor falla, el motor eléctrico se apaga inmediatamente y la dirección funciona manualmente como una dirección netamente mecánica para asegurar la integridad de sus ocupantes.

Especificaciones Técnicas del sensor:

- Temperatura de operación: -40° a 85°C
- Voltaje de alimentación: 5V
- Rango de resistencia: $540\text{K}\Omega$
- Histéresis: 1% Vcc
- Marca: Delphi-BI technology

2.2.2.- SEÑAL DE VELOCIDAD DEL VEHÍCULO.

Dependiendo de la velocidad del vehículo, la corriente del motor controlará el óptimo desempeño de la dirección. Cuando la velocidad del vehículo incrementa la corriente del motor disminuye a medida que el esfuerzo necesario para maniobrar el vehículo también disminuya.

El sensor de velocidad que se encuentra ubicado en el piñón arrastre del velocímetro de la caja de cambios (figura 2.12), aplica el principio de efecto Hall. El eje de salida de la transmisión gira, la rotación del rotor, que es el sensor adentro, genera el efecto Hall y emite impulsos digitales. El EPS CM detecta la velocidad del vehículo basada en la señal del impulso digital y controla el corriente de la válvula solenoide que controla la fuerza de conducción del volante.

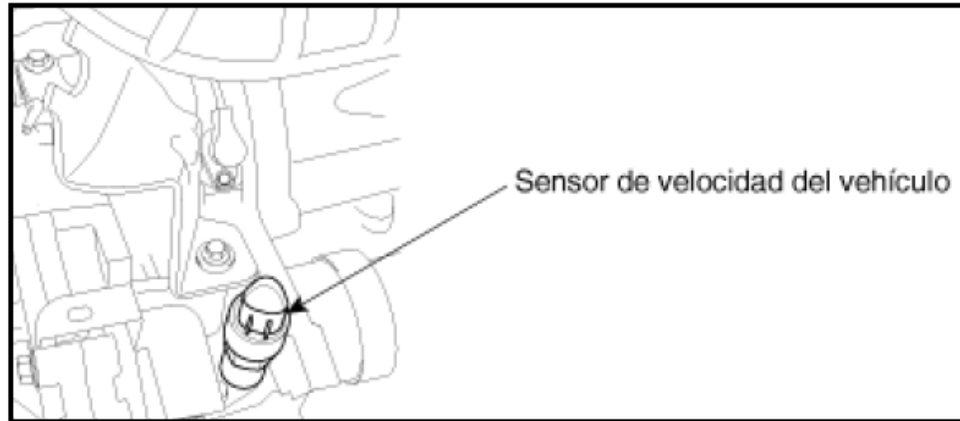


Figura 2.12. Ubicación del sensor de velocidad

Fuente: Hyundai Motor Company, Manual de Taller tomo 2. 2006. Korea

La señal de velocidad del vehículo no es un factor crítico para la seguridad en el sistema por lo tanto el motor de asistencia no se apagará aunque el sensor de velocidad falle sin embargo la corriente decrecerá en el orden en que el esfuerzo en la dirección se incrementa.

2.2.3.- SEÑAL VELOCIDAD DEL MOTOR.

El motor del vehículo inicia la operación del EPS, la señal es transferida por la PCM Power Control Module (módulo de control electrónico) al sistema de asistencia.

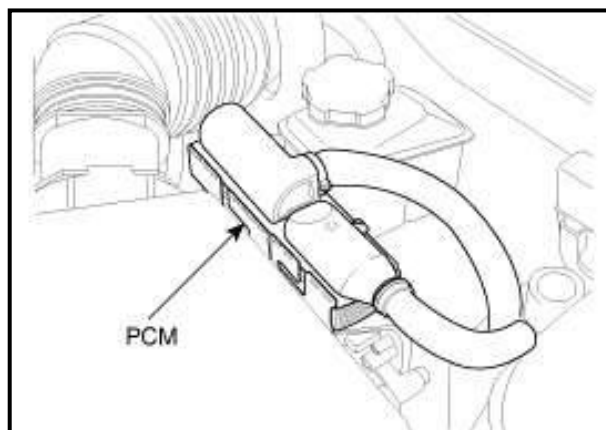


Figura 2.13. Ubicación del PCM

Fuente: Hyundai Motor Company, Manual de Taller tomo 2. 2006. Korea

El módulo de control de la dirección confirma la intención del conductor al recibir la señal de rpm del motor de el ECM (módulo de control electrónico) mientras juzga el fallo del sensor de velocidad del vehículo. Si el motor opera en ralentí o las rpm del motor disminuye debido a una carga de generador excesivamente alta, el motor se detiene o la batería se descarga. Para evitar esta situación, cuando el motor consume más de 25A con el motor en ralentí, el ESP CM conecta a masa 12 V, que se transmiten desde ECU y emite la señal de ralentí al motor ECU. Si el motor consume menos de 20A, o la velocidad del vehículo es superior a 5 Km/h, el EPS CM desactiva la señal de ralentí.

2.2.4.- MOTOR ELÉCTRICO.



Figura 2.14. Motor eléctrico de asistencia de dirección

Fuente: MDPS (Motor Driven Power Steering) Chonan Technical Service Training Center

Se utiliza un motor para generar la fuerza de asistencia de conducción en la columna de dirección del volante cuando éste es girado por el conductor. El motor está instalado en el centro de la columna de la dirección y opera la columna de la dirección. El motor puede dañarse durante el desmontaje o extracción, por esta razón deberá desmontar o extraer la unidad completa si es necesario.

La tensión y la corriente del motor son comandadas por la EPSCM mediante un puente H y con un PWM que trabaja según el estado en que se encuentre trabajando el vehículo.

Características Técnicas.

Corriente Máxima	65	A
Diámetro [D]	$\Phi 76$	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.m2

Tabla 2.1 Características técnicas del motor de asistencia

FUENTE: MDPS (Motor Driven Power Steering) Chonan Technical Service Training Center

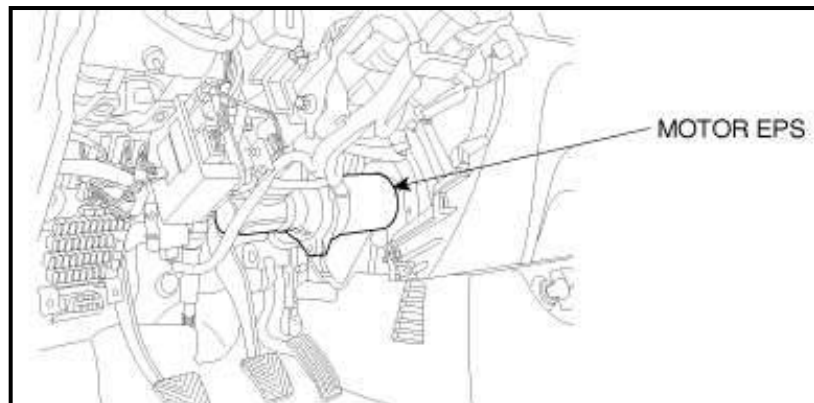


Figura 2.15. Ubicación del motor de asistencia a la columna

Fuente: Hyundai Motor Company, Manual de Taller tomo 2. 2006. Korea

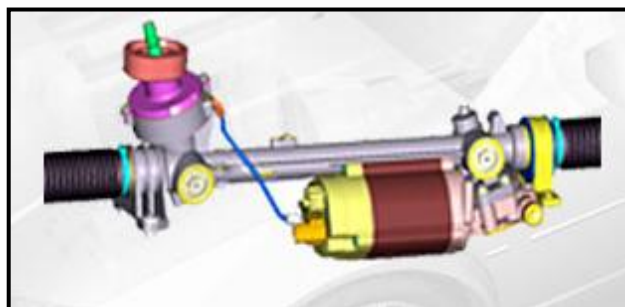


Figura 2.16. Ubicación del motor de asistencia a la cremallera

Fuente: <http://rb-kwin.bosch.com/es/es/powerconsumptionemissions/gasolinesystems/eps.html>

2.2.5.- MÓDULO DE CONTROL CM-EPS MDPS.

El módulo de control (figura 2.17) es el encargado de gobernar todas las tareas que realiza el sistema, compara señales de sensores, comanda el motor de asistencia y apaga los dispositivos cuando detecta fallas.

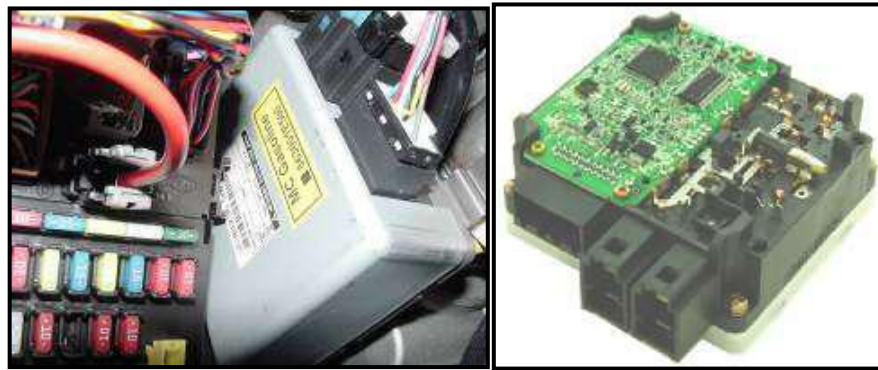


Figura 2.17. Módulo de control EPS

Fuente: MDPS (Motor Driven Power Steering) Chonan Technical Service Training Center

Además cuenta con un termistor el cual apaga el sistema cuando detecta temperaturas inferiores a -20°C y superiores a 80°C .

El ESP CM mide el par operativo cuando el conductor opera el volante. El EPS CM controla la corriente del motor EPS en proporción a la velocidad del vehículo y el par operativo del volante además suministra o corta la corriente (según determina el relé de seguridad ante fallos relé de control de motor dentro del EPS CM) a la fuente operativa del motor eléctrico y la fuente de suministro.

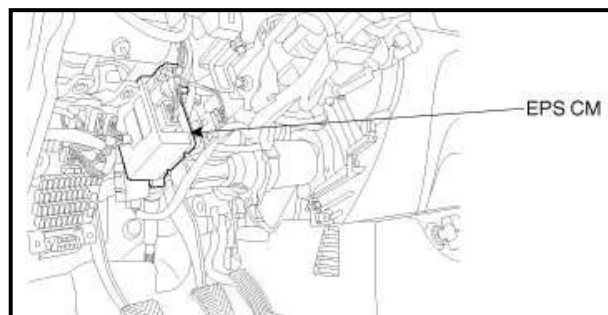


Figura 2.18. Ubicación del CMEPS Hyundai Accent MC

Fuente: Hyundai Motor Company, Manual de Taller tomo 2. 2006. Korea

Todos los códigos de avería pueden ser borrados mediante el escáner de la marca, o son borrados automáticamente después de 60 ciclos de apagado y encendido sin presentar la falla.

a).- DIAGRAMA DE BLOQUE ECU.

En la figura 2.19 se puede observar un diagrama de bloques propio de este sistema en donde las señales de entrada ingresan por el conector A que es la entrada del sistema, señales como: regulación de voltaje, señal de torque, velocidad del vehículo, velocidad del motor y luz testigo de funcionamiento. En base a las señales de ingreso el procesador calcula la salida del corriente para el motor eléctrico de asistencia, este está conectado por medio del conector B.

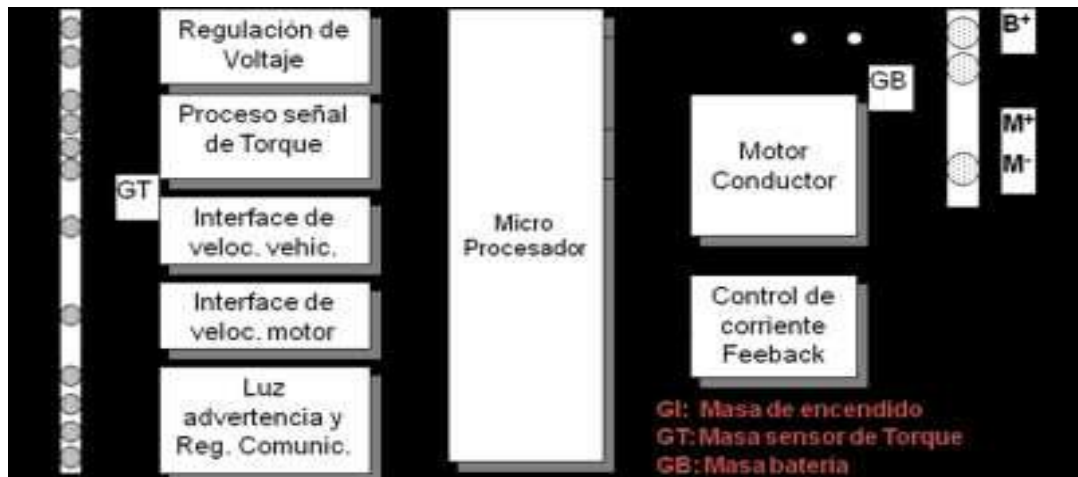


Figura 2.19 Diagrama de bloques EPS

Fuente: Hyundai service training, Dirección Electrónica Asistida de Columna, 2006

2.3.- DIAGNÓSTICO DE AVERÍAS DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN ASISTIDA CON CONTROL ELECTRÓNICO.

2.3.1.- EVALUACIÓN DEL PROBLEMA.

El sistema de dirección asistida electrónicamente, es un avance muy importante en lo que tiene que ver con seguridad activa del vehículo, pues este sistema no sólo 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, por esta razón es importante haber estudiado este sistema, y ahora revisar las fallas que el sistema de EPS en particular y detectar las posibles soluciones locales.

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

Muchos de los usuarios, entre ellos la mayoría conductores de taxis, expresan su intranquilidad al ver que a determinado kilometraje la dirección de tipo electrónica sufre algunos inconvenientes, “al carro se le endurece la dirección y hay que apagarlo y nuevamente prenderlo para funcione bien”, y sienten que está en peligro su integridad.

Pero lo importante y lo que cabe recalcar es que la marca Hyundai ya dispone de un procedimiento para solucionar el problema, que consiste en el cambio de toda la columna de dirección del sistema incluyendo la computadora EPSCM, todo este procedimiento se lo realiza gratuitamente y procede como garantía del vehículo.

De acuerdo a un boletín de la marca para los concesionarios se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos para revisar el sistema de dirección electrónico del vehículo.

Este boletín proporciona los números de serie de recambio nuevos de las piezas de la columna de dirección y de la unidad ECU y el código de reparación incluyendo el procedimiento de reparación.

2.3.2.- SÍNTOMAS DE LOS PROBLEMAS SURGIDOS DEL SISTEMA EPS.

Los síntomas de falla del vehículo son los siguientes:

- Endurecimiento del volante y advertencia testigo EPS

- Ruido o traqueteo al girar el volante
- Asistencia únicamente a un lado de giro

a).- ENDURECIMIENTO DEL VOLANTE Y ADVERTENCIA TESTIGO EPS.

El endurecimiento del volante es quizá el síntoma más molesto y común el cual genera más preocupación en el usuario y quejas, consecuentemente una preocupación para el fabricante.

Una vez que el computador del Sistema detecta el código de falla, el relé de seguridad se desconecta y el motor eléctrico de la dirección deja de asistir, razón por la cual la dirección se comporta como una dirección mecánica sin asistencia, y se endurece de tal manera que se dificulta la maniobrabilidad a la cual está acostumbrada el conductor del vehículo. La razón por la cual el sistema electrónico deja de funcionar y se convierte en un sistema netamente mecánico está contemplado por el fabricante y esto ocurre por seguridad de los ocupantes y nunca quede el vehículo inmanejable.

Una vez que se presenta esta falla, se puede apagar el vehículo y luego encenderlo, luego de lo cual el sistema se restablece y funciona normalmente, puede que la falla vuelva a aparecer posteriormente una vez que el sistema detecta el código de falla del sensor EPS por primera vez.

b).- RUIDO O TRAQUETEADO AL GIRAR EL VOLANTE.

Otro de los problemas o síntomas que se presentan en el vehículo una vez que la computadora principal ECU ha detectado el código de avería del sensor EPS, **es un sonido o traqueteo al momento de girar el volante, este sonido se asemeja al roce de un elemento interno de la dirección.**

La causa de este sonido se debe a la leve intención del motor eléctrico de generar asistencia hacia un sentido, mientras el conductor está intentando virar hacia el otro, esto hace que exista una especie de roce entre el piñón de asistencia y tornillo sinfín de la columna.

c).- ASISTENCIA ÚNICAMENTE A UN LADO DE GIRO.

A veces cuando ocurre este problema es posible que la asistencia de giro se realice únicamente en un sentido de giro, y en el otro sentido haya poca o ninguna asistencia y la dirección se mantenga dura.

Puede ocurrir también que mientras se conduzca se tenga la impresión de que la dirección este desalineada, y tengamos la sensación de que esta “halando la dirección en un sentido” como comúnmente se dice.

2.3.3.- DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN EPS.

Es importante tener presente que en un sistema electrónico pueden aparecer fallas visibles al igual que fallas invisibles, como puntos de soldadura en el circuito defectuosos o sobrecargas en el circuito que puedan haber quemado pistas o líneas de corriente, incluso la humedad puede causar problemas eléctricos en el motor de asistencia o en el sensor de par, por lo cual es importantísimo tener la herramienta adecuada para la determinación de la falla. Además se recomienda tener las siguientes precauciones al momento de realizar el diagnóstico.

- No golpear las partes electrónicas, si se caen o se golpean, sustituirlas por otras nuevas.
- Evitar el calor y la humedad de las partes electrónicas.
- No tocar el terminal de conexión para evitar deformaciones y electricidad estática.
- No golpear las partes del motor y el sensor de par, si se caen o golpean, sustituirlas por otras nuevas.

Cuando en el vehículo se escucha un ruido anómalo cerca del volante y el EPS funciona incorrectamente, primero se debe comprobar las otras posibles causas. Antes de llevar a cabo el procedimiento de detección de la falla, primero se debe comprobar el DTC (Data Trouble Code) con Hi-Scan (Scanner proporcionado por la marca) o GDS (Sistema de Diagnóstico Global).

Si no se detecta ningún DTC relacionado con el sistema EPS, se debe reparar en primer lugar el sistema relacionado con el DTC.

SÍNTOMA/CONDICIÓN	CAUSAS POSIBLES	SOLUCIÓN
<p>Ruido de roce</p> <p>- Cuando se gira el volante con el vehículo a poca velocidad, se produce un ruido de roce procedente de la columna de dirección y de la unidad ECU o una diferencia de esfuerzo entre el giro a la derecha y el giro a la izquierda.</p>	<p>▶ Desgaste anómalo del cepillo dentro del sensor de par de tipo contacto</p>	<p>Sustituya la columna de dirección y la unidad ECU según el Procedimiento de mantenimiento en este TSB.</p>
<p>Ruido de fricción</p> <p>- Ruido de fricción o interferencia con otras piezas</p>	<p>▶ Casquillos de goma de las fijaciones inferiores desgastados o rotos</p> <p>▶ Interferencia entre el volante de dirección y las piezas cercanas al ESP (interruptor multifunción, control de oscilación del volante, cubierta de refuerzo, módulo del airbag, etc.)</p> <p>▶ Interferencia entre la cubierta de polvo de la junta universal y el componente del chasis</p> <p>▶ etc.</p>	<p>En este caso, no es necesario sustituir el EPS.</p>
<p>Ruido de traqueteo</p>	<p>▶ Cuando se produzca un traqueteo, primero inspeccione las piezas cercanas al EPS.</p> <p>- Instalación de los pernos de montaje de los componentes inferiores de la carrocería, como la caja de engranaje o el amortiguador.</p> <p>- Instalación de los pernos de montaje de las piezas cercanas.</p> <p>▶ Ruido de traqueteo desde el EPS</p> <p>- Ruido producido por la holgura anómala entre el engranaje helicoidal y el eje de transmisión helicoidal</p> <p>- Ruido producido por la holgura entre acoplador del amortiguador y la estría del motor</p>	<p>Tras verificar la causa, repare el problema según lo indicado en el manual del taller.</p> <p>Sustituya la columna de dirección y la unidad ECU según el Procedimiento de mantenimiento en este TSB.</p>

Sonido de funcionamiento del motor EPS	▶ El sonido de funcionamiento del motor EPS es normal al girar el volante.	En este caso, no es necesario sustituir el EPS.
Gran esfuerzo en la dirección	▶ Al girar en exceso el volante, la temperatura del motor EPS puede aumentar debido al funcionamiento excesivo del motor EPS. En este momento, se detecta el DTC 1630 y el motor EPS se ve limitado para impedir que se dañe. (Esto significa que la dirección necesita un gran esfuerzo.)	En este caso, no sustituya ninguna borra el DTC 1630 y espere entre 30-40 minutos hasta que la temperatura del motor EPS disminuya hasta que sea normal.
	▶ En caso de darse otros problemas, inspeccione primero el sistema eléctrico. - Cortocircuitos, circuitos abiertos y la instalación de los conectores vinculados al motor, al sensor del par y al suministro de potencia. - Bajo voltaje de batería	Tras verificar la causa, repare el problema.

Tabla 2.2 Diagnóstico de fallas del sistema EPS

Fuente: Boletín de servicio ccc Hyundai (customer care center)

El reconocimiento y análisis del la dirección se la realizará mediante la herramienta de chequeo GDS proporcionado por la marca, el GDS son las siglas de SISTEMA DE DIAGNÓSTICO GLOBAL.

2.3.4.- DETECCIÓN DE FALLA (GDS).

Es una herramienta que permite la localización de averías de los sistemas electrónicos del vehículo con una PC y una interfaz de comunicación con el vehículo, la cual nos proporciona información de códigos de falla con actualización frecuente de información, manuales de servicio actualizado y conexión a internet.



Figura 2.20. Interfaz de diagnóstico GDS

Fuente: MIAMI TECHNICAL CENTER HYUNDAI

a).- PROCEDIMIENTO DE REVISIÓN DEL SISTEMA.

El diagnóstico se lo realiza en un vehículo con sistema de asistencia a la dirección EPS, el cual empezó a mostrar en el tablero la luz de falla EPS, y en una ocasión la dirección se endureció (perdió la asistencia), como dato adicional se explico que la falla de dio mientras transitaba en un terreno irregular.



Figura 2.21. Conexión de la herramienta de rastreo de fallas GDS.

Fuente: MIAMI TECHNICAL CENTER HYUNDAI

En condiciones normales, la luz testigo de advertencia EPS se ilumina al conectar la llave de encendido y luego de algunos segundos de auto chequeo el testigo se apaga automáticamente. El testigo de advertencia EPS se ilumina si se produce una falla en el sistema de asistencia. La luz de aviso del EPS puede encenderse en varios casos, según la falla que se produzca como ya se vio en el apartado 1.3.8.3.

A continuación mostramos el procedimiento mediante el cual se verificó el código de falla del vehículo. Con la utilización del sistema GDS se conecta la interfaz vehículo- PC.



a.



b.



c.

Figura 2.22. a. Conexión a puerto OBDII; **b.** Interfaz de conexión GDS; **c.** PC y Interfaz GDS.

Fuente: MIAMI TECHNICAL CENTER HYUNDAI

El sistema GDS inmediatamente después de conectarlo al vehículo nos muestra una pantalla (figura 2.23), en la cual se debe seleccionar el modelo del vehículo, el año, el motor y el sistema que se quiere diagnosticar. En este caso se ha seleccionado Accent MC (correspondiente al modelo New Accent), año 2009, motor G 1.6 DOHC correspondiente al modelo del vehículo en el cual se hizo el diagnóstico y se selecciona el sistema EPS que estamos verificando.



Figura 2.23. Pantalla de selección de vehículo y sistema en GDS

Fuente: MIAMI TECHNICAL CENTER HYUNDAI

Una vez seleccionados los datos del vehículo y el sistema que se desea chequear, el programa nos muestra una pantalla (figura 2.24), la cual nos muestra los datos del sistema EPS (tensión de batería, señal de par, señales de velocidad del vehículo y del motor, corriente consumida por el motor de asistencia) y como está trabajando, también esta pantalla nos indica si en la memoria se ha registrado un código de falla, debido a algún problema con el sistema EPS.

En nuestro caso, podemos observar los datos de funcionamiento del sistema con el vehículo encendido sin dar marcha, a 760 RPM y sin mover el volante.



Figura 2.24. Pantalla DTC con presencia de código de avería

Fuente: MIAMI TECHNICAL CENTER HYUNDAI

Es evidente que en la sección de DTC, con anterioridad se ha registrado un código de avería. El GDS nos permite observar gráficamente como se están comportando los componentes del sistema de dirección asistida como se puede observar en la figura 2.25. En la figura se muestra la tensión de la batería, el par aplicado al volante, la corriente consumida por el motor eléctrico, la velocidad del vehículo y el régimen de velocidad del motor. En este caso el vehículo está encendido, sin dar marcha, a ralentí y se le ha dado movimiento al volante para que sea observable como varía la señal de par, y el consumo de corriente del motor de asistencia cuando el sistema trabaja.

Una vez que hemos obtenido la referencia de identificación del código de falla la cual nos ubica en el sensor de par: C1192 FALTA DE CORRESPONDENCIA ENTRE SENSOR PRINCIPAL Y SENSOR SECUNDARIO.

- **C1292 Torque sensor Main and sub signal failed (Fallo de diferencia de señal de sensor de par entre principal y auxiliar)**

Esta falla es detectada si el valor absoluto de (Sensor Principal – Sensor auxiliar) > 0.527V

Control de Falla Segura: Motor de asistencia apagado, Sistema de asistencia apagado, luz de advertencia encendida. El sistema se restaura una vez que se desconecta el suministro de energía.

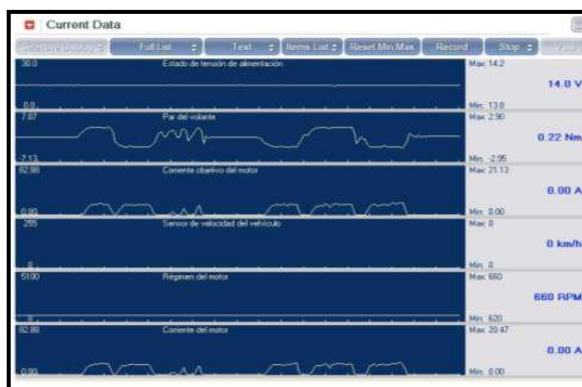


Figura 2.25. Graficas de componentes del sistema EPS

Fuente: MIAMI TECHNICAL CENTER HYUNDAI

El control de falla segura explica el porqué una vez que se da la falla, se pierde la asistencia y una vez que se apaga el vehículo la falla desaparece al encender el vehículo nuevamente.

b).- VERIFICACIÓN DE FORMAS DE ONDA Y DATOS DE SEÑAL DEL SENSOR DE PAR.

El sensor que interviene en el sistema entrega señales y datos definidos por el calculador para un correcto funcionamiento que deben ser verificadas en caso de falla.

Sensor de Par:

“Para realizar la comprobación del circuito electrónico del sistema EPS, es necesario tener el interruptor de encendido del vehículo en OFF.

- Desconectar el conector del sensor de par y el conector EPS CM.
- Medir la resistencia entre el Terminal 2 del conector del mazo de cables del sensor de par y el terminal 4 del conector del mazo de cables de EPS CM (Rm, valor de resistencia del mazo de cables del sensor principal).
- Medir la resistencia entre el terminal 4 del conector de mazo de cables del sensor de par y el terminal 14 del conector de cables del mazo de cables

de EPSCM (R_s , valor de resistencia del mazo de cables del sensor principal).

ESPECIFICACIÓN: $[R_m - R_s] < 0,8\Omega$

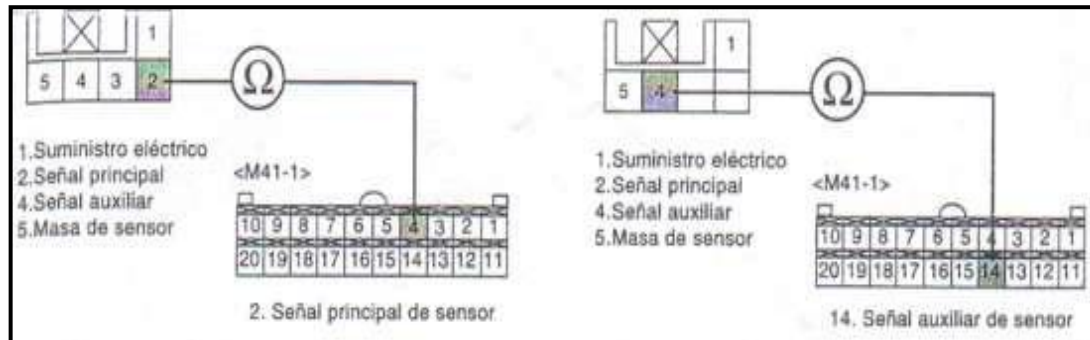


Figura 2.26. Comprobaciones sensor de par

Fuente: Hyundai Motor Company, Manual de Fallas Eléctricas, 2006, Korea

Las dos señales del sensor de par como sabemos deben ser simétricas y opuestas, por lo que es necesario verificar las señales del sensor de par mediante sus gráficas.

Así mismo es necesario medir la tensión que entrega a salida de cada señal cuando el volante de dirección este en estado neutral. Además la señal del sensor principal nunca debe estar fuera de este rango (Señal principal de par $> 4.6V$ ó < 0.4)

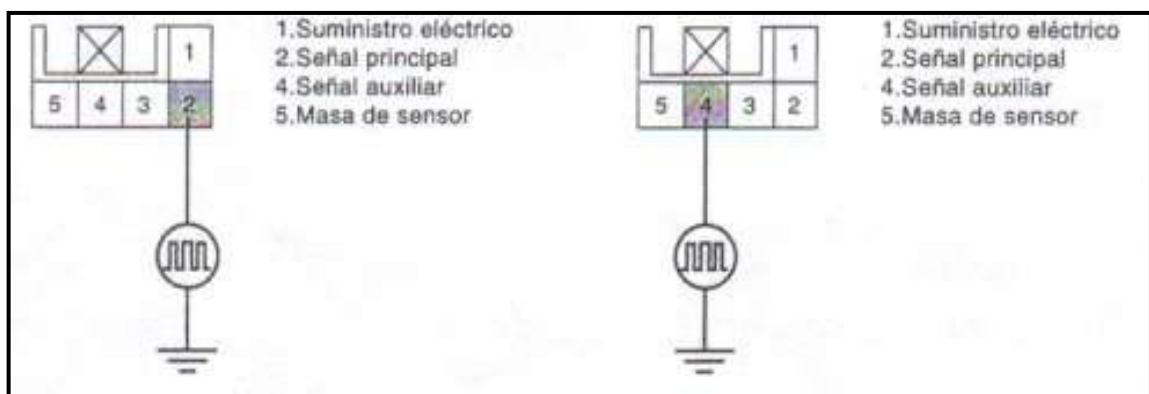


Figura 2.27. Tomas de señal del conector de par señales principal y secundaria

Fuente: Hyundai Motor Company, Manual de Fallas Eléctricas, 2006, Korea



FIGURA 2.28. Señales principal y secundaria del sensor de par

Fuente: MIAMI TECHNICAL CENTER HYUNDAI

Cuando el volante se encuentre en estado neutral el valor absoluto de “(señal principal-señal auxiliar) < 0.527V”

Podemos observar en la figura 2.28 las señales cumplen la características de ser opuestas y simétricas, lo que indica que la falla de falta de correspondencia de las señales principal y secundaria se da de forma intermitente y más bien se da cuando el carro esta desplazándose por carreteras irregulares.

Lo que nos hace suponer que la falla se encuentra en los conectores o los contactos del sensor de par.

Si la falla persiste se debe comprobar que el sensor de par no esté contaminado, deteriorado o dañando, para lo cual se debe sustituir una columna de dirección en buen estado y comprobar el funcionamiento.

Como ya habíamos dicho por razones de mejorar costos se había cambiado el sensor magneto resistivo que normalmente se usaba en los otros sistemas por un sensor de tipo potenciómetro de precisión de contacto mecánico y por ende está sujeto a desgaste, en consecuencia el hecho de que el volante es un instrumento

que está sujeto a movimientos rotativos, que aunque no es un trabajo fuerte tiende a desgastarse.

Esto en primera instancia nos llevaría a concluir la falla se da por el desgaste normal del sensores, pero es necesario recalcar que el sensor si está calculado para no tener problemas de desgaste.

En virtud de ello es necesario realizar el despiece de la columna de dirección, para visualizar el defecto físico que tiene el sensor.

c).- VERIFICACIÓN VISUAL DEL SENSOR DE PAR.

Es necesario aclarar que la columna de dirección es un componente el cual no se debe desarmar pues se trata de un sistema de precisión ensamblado a presión el cual una vez desarmado no vuelve a tener las mismas características al ser ensamblado nuevamente, es por eso que el manual de fabricante recomienda que cuando el sensor de par tenga alguna anomalía, se debe realizar el cambio de toda la columna de asistencia de dirección.



Figura 2.29. Columna de dirección MDPS

Fuente: MIAMI TECHNICAL CENTER HYUNDAI

Es por eso que indicamos que el despiece de este componente se lo realiza únicamente por motivo de esta investigación y para verificar como se encuentran los contactos del sensor de par.

- **Desmontaje del módulo de control de la dirección asistida eléctrica EPS.**



Figura 2.30. Desmontaje de la EPSCM

Fuente: MIAMI TECHNICAL CENTER HYUNDAI

- **Desmontaje del eje principal y carcasa:** Después de retirar la carcasa queda expuesto el eje principal el cual se divide en dos ejes unidos con ajustes a presión así mismo se ve una segunda etapa, la cual cubre el piñón reductor que esta solidario al eje y unido mediante la barra de torsión al sensor de par .



Figura 2.31. Desmontaje de la carcasa

Fuente: MIAMI TECHNICAL CENTER HYUNDAI

La figura 2.31 muestra el eje principal y las tapas que cubren el resto de componentes internos.

- **Desmontaje del eje y piñón reductor:** A continuación (figura 2.32) se observan el eje separado del principal y el piñón de arrastre que está unido al eje que va a hacia la cremallera, este piñón se mueve por el accionamiento de un tornillo sinfín el cual esta transmite el giro del motor eléctrico de asistencia.



Figura 2.32. Desmontaje del eje y piñón reductor

Fuente: MIAMI TECHNICAL CENTER HYUNDAI

- **Desmontaje de la barra de torsión:** El piñón de reductor y el sensor de par están también unidos a presión y mediante seguros, una vez retirados estos dos componentes queda a la vista la barra de torsión (figura 2.33), esta delgada barra está construida de un material elástico y está unida al sensor de par para poder medir el esfuerzo de giro.



Figura 2.33. Desmontaje de la barra de torsión

Fuente: Miami technical center hyundai

- **Despiece del sensor de par:** En la figura 2.34 se pueden observar los contactos del sensor de par principal y auxiliar de tipo potenciómetro, los cuales están sometidos a desgaste.



Figura 2.34. Desmontaje del sensor de torque

Fuente: Miami technical center Hyundai

Se observa que hay un desgaste excesivo de los contactos del sensor, este desgaste no se debe al trabajo normal que realiza al momento de girar el volante pues como se dijo este sensor está calculado para que no afecte dicho a trabajo a los contactos.

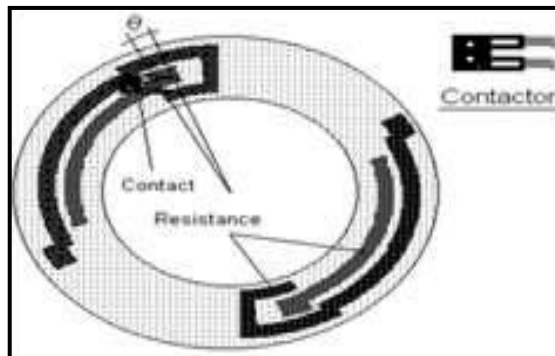


Figura 2.35. Rotor principal de par y contactor

Fuente: Hyundai Service Training, Dirección Electrónica Asistida de Columna, 2006

La causa por la cual los contactos esta desgastados prematuramente, es porque el mismo sensor está sometido a las vibraciones creadas por el terreno y transmitidas directamente al sistema de la dirección. Razón por la que el mismo sistema implementado en otros países en los cuales cuentan con carreteras de excelente calidad no tienen ningún inconveniente, el golpeteo y vibración hacen que un momento determinado uno de los contactos (primario o secundario) dejen de entregar señal y se dé una inconcordancia de señales.

d).- FALLA DEL SENSOR DE PAR.

Una vez que hemos identificado que la falla del sistema se produce en el sensor de par, el siguiente paso es verificar si este sensor es el adecuado para la tarea que debe realizar y el porqué de dicha falla.

Como ya advertimos este sensor es de tipo potenciómetro es decir tiene contactos mecánicos, que se deslizan a través de pistas de carbón.

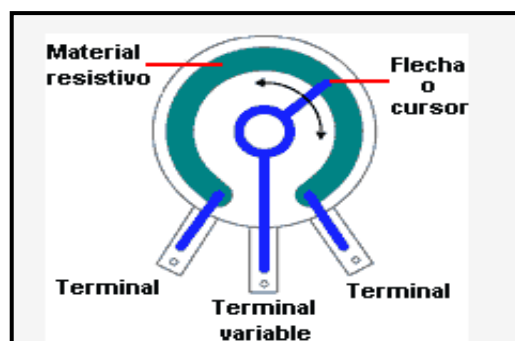


Figura 2.36. Esquema funcionamiento potenciómetro

Fuente:

http://www.unicrom.com/Tut_ruido_fondo_soldabilidad_disipacion_potencia_resistencia.asp

La figura siguiente muestra el mecanismo esquemático de funcionamiento del sensor de torque de tipo contactos en los sistemas de Asistencia Electrónica.

Como podemos observar el eje que está unido al volante entrega el giro a la barra de torsión la diferencia de giro entre el rotor de torque y rotor de posición genera la diferencia de resistencia y por ende una resistencia de voltaje.

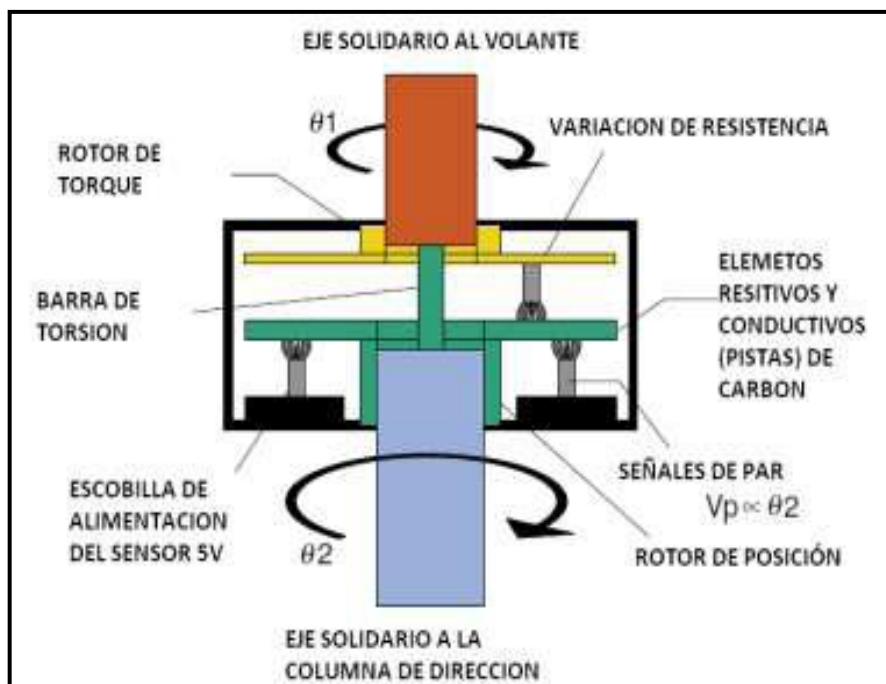


Figura 2.37. Mecanismo del sensor de torque

Fuente: Development of a Steering Angle and Torque Sensor of contact Type. AKIRA Noguchi, Yosuke Yamawaki, Toshiro Yamamoto, Tomoaki Taratani.

Por la naturaleza del elemento, los potenciómetros aumentan el ruido y degradan la señal, más aún cuando este sensor está sometido a vibraciones, creadas no solamente por el motor de combustión, sino por estar unidas directamente a la columna de dirección y ser receptoras directas de las vibraciones creadas las irregularidades del terreno y transmitidas al sistema de dirección.

Los principales problemas del potenciómetro son:

- El contacto entre el contacto deslizante y la pista de carbón es sumamente malo.
- El carbón se corrompe, muy especialmente con la humedad, se erosiona, se crea polvo debido a la fricción entre pistas.

Por consiguiente se provocan surcos debido al rozamiento constante con las pistas las pistas de contacto, lo que hace que con el paso del tiempo la comunicación de señales eléctricas se vuelva más difícil y disminuya la calidad.

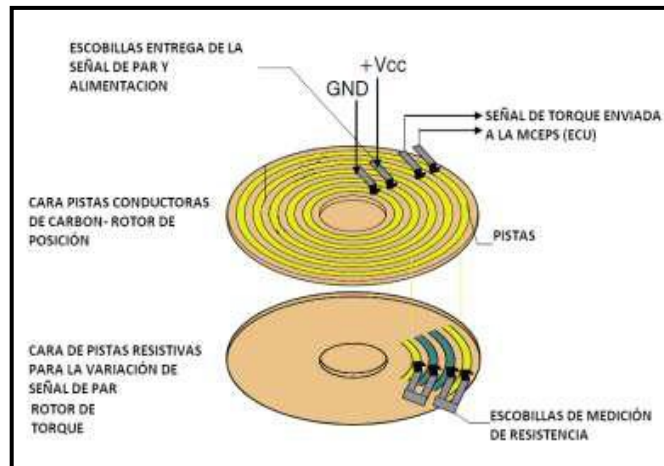


Figura 2.38. Mecanismo del sensor de torque

Fuente: Development of a Steering Angle and Torque Sensor of contact Type. AKIRA Noguchi, Yosuke Yamawaki, Toshiro Yamamoto, Tomoaki Taratani.

Por tanto en algún momento (el menos oportuno, claro) el potenciómetro comenzará a introducir desagradables ruidos provocados por su uso y tendremos roturas irreparables en su interior. En las figuras siguientes podemos observar la comparación de dos pistas de sensor de par la primera esta erosionada por el uso y la segunda no posee erosiones porque es relativamente nueva.

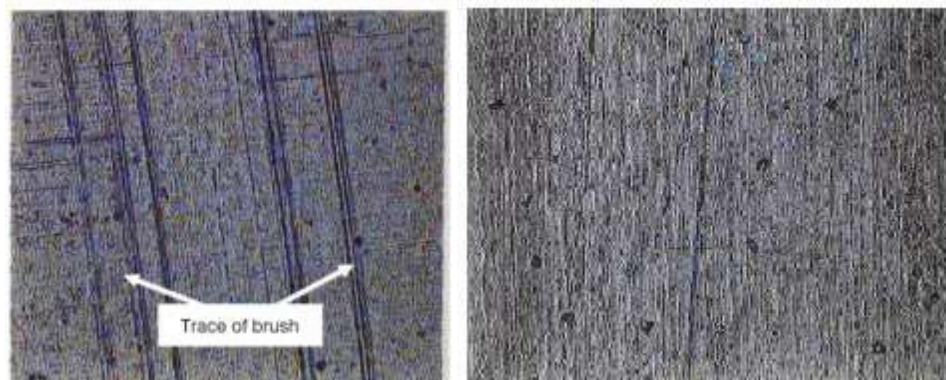


Figura 2.39. Comparación entre las pistas de un sensor de torque de uso severo con un nuevo

Fuente: Development of a Steering Angle and Torque Sensor of contact Type. AKIRA Noguchi, Yosuke Yamawaki, Toshiro Yamamoto, Tomoaki Taratani.

Por otra parte el rango dinámico de un potenciómetro es pobre y sobre todo, se llega a una gran degradación de señal. Este rango está limitado por la resistencia parásita del contacto, que está entre 10 y 50 Ohm, dependiendo de si es lineal, logarítmico y del valor.

Por si todo esto fuera poco, existe otro factor, la capacidad parásita entre el contacto deslizante y otras partes del potenciómetro, ayudado por la misma pista de carbón. Esto hace que el cable que se suele usar hasta la siguiente entrada de alta impedancia debe tener una muy alta calidad, cuando lo que normalmente encontramos es pista de circuito impreso, sin protección contra ruido eléctrico y sin nada que reduzca los efectos de la capacidad con una alta impedancia. Cuanto más largo sea ese cable, más calidad se perderá.

e).- EFECTOS DE LAS VIBRACIONES Y EL ROZAMIENTO EN EL SENSOR DE PAR.

Con los inconvenientes mencionados anteriormente de los potenciómetros de contactos es claro que en algún momento de la vida útil de estos elementos van a fallar por los desgastes mecánicos a los que están sometidos, sumado a esto sabemos que por tratarse de un elemento automotriz está sujeto a todos los elementos dañinos ya mencionados (polvo, humedad) pero en este de forma más severa y sobre todo a constantes vibraciones que son comunicadas directamente por los elementos mecánicos de la dirección, teniendo como única amortiguación los neumáticos.

Un automóvil tiene miles de piezas. Siempre que un elemento esté colocado junto a otro y sin soldadura que los una, existe la posibilidad de que choquen entre sí, y causen las mencionadas vibraciones. Esto constituye un problema común en los vehículos. Las principales fuentes generadoras de vibraciones de un automóvil, son varias y diversas. En primer lugar está el motor, que lo hace a través de las explosiones en los pistones, la rotación del cigüeñal, etc.

A esto también hay que sumar la admisión y el escape, que funcionan igual que instrumentos musicales de viento al aspirar y expirar aire por los colectores. Otra

fuerza importante es el rozamiento entre los neumáticos y la calzada es la que más afecta a los sistemas de dirección y suspensión. Por el mero hecho de desplazarse, el frotamiento con el aire también genera vibraciones.

- **VIBRACIONES.**

Es una oscilación mecánica alrededor de una posición de referencia. Esta oscilación puede ser periódica (repetitiva) o no. En las máquinas la vibración puede ser generada por fuerzas dinámicas que aparecen como producto de su funcionamiento.

En un automóvil las vibraciones producidas son muy complejas y es casi imposible predecir cómo y en que magnitudes éstas afectaran a los elementos mecánicos y electrónicos. Vibration School “las frecuencias de vibración a las que están sometidas un vehículo oscilan entre los 20 y 20000 Hz, incluso pudiendo duplicar el valor máximo en terrenos extremos”.

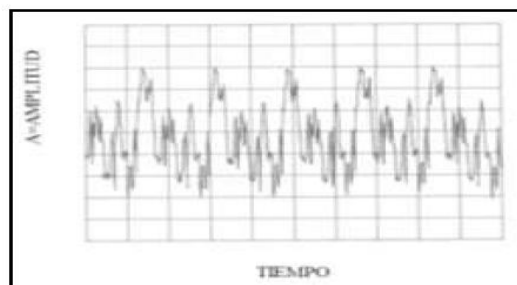


Figura 2.40. Vibración en maquinaria

Fuente: Medición y Análisis de Vibraciones Prof. Sergio E. Díaz Laboratorio de Dinámica de Máquinas Universidad Simón Bolívar

Las vibraciones a las que está sometida la dirección del vehículo debería ser absorbidas totalmente por los neumáticos, pues como se puede observar en la figura 2.41., el mecanismo de la dirección de este vehículo no posee ninguna articulación flexible que ayude a disipar la energía cinética producida por las vibraciones del vehículo.

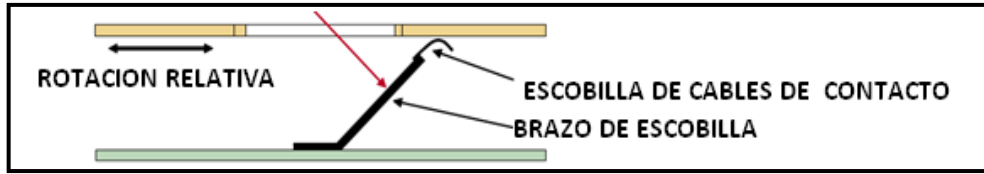


Figura 2.42. Contactor de sensor de par

Fuente: Development of a Steering Angle and Torque Sensor of contact Type. AKIRA Noguchi, Yosuke Yamawaki, Toshiro Yamamoto, Tomoaki Taratani.

En la figura 2.42 podemos observar de qué manera la escobilla de contacto, comunica la variación de resistencia, siendo este contacto de tipo elástico y el encargado de soportar las vibraciones críticas en el sistema.



Figura 2.43. Contactor de sensor de par

Fuente: Development of a Steering Angle and Torque Sensor of contact Type. AKIRA Noguchi, Yosuke Yamawaki, Toshiro Yamamoto, Tomoaki Taratani.

Estos contactores o escobillas son las sufren todos los esfuerzos de las vibraciones, el material elástico del cual están formados estas escobillas como todo material que está sometido a esfuerzos de rozamiento y vibración constantes, con el tiempo tiende a debilitarse y muchas de las veces a deformarse.

- **ROZAMIENTO.**

El otro problema mayor es el de rozamiento entre escobillas de contacto y las pistas, las escobillas de contacto están constituidas por una aleación en la que predomina la plata por sus características conductoras y no se oxida con facilidad, el problema de este material es que es más plástico que elástico, por lo cual es susceptible a deformaciones rápidamente. Además los contactores esta configuradas como escobillas es decir como hilos de aleación de plata lo que la

hace más sensible a las deformaciones. Como se puede observar en la figura 2.44 los contactores están deshilados en el sensor de par defectuoso por lo que la señal que entrega está muy degradada.

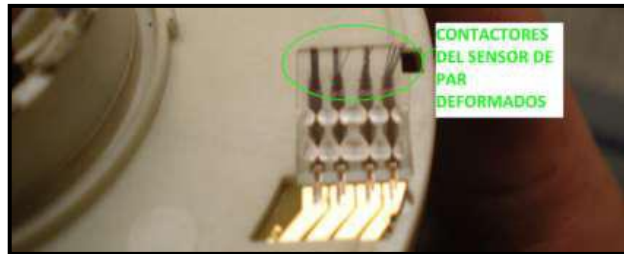


Figura 2.44. Contactos deformados del sensor de par

Fuente: Development of a Steering Angle and Torque Sensor of contact Type. AKIRA Noguchi, Yosuke Yamawaki, Toshiro Yamamoto, Tomoaki Taratani.

Las escobillas de contacto en algún punto llegan a deformarse pues están sometidas a fuerzas de fricción estática y dinámica de hasta 3gf (gramos fuerza) y las fuerzas de compresión producidas por las vibraciones.

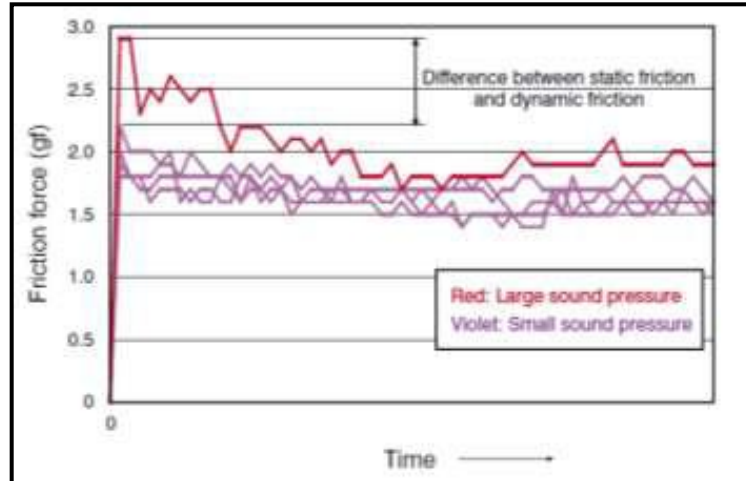


Figura 2.45. Fuerzas de fricción aplicadas a escobillas y pistas de contacto

Fuente: Development of a Steering Angle and Torque Sensor of contact Type. AKIRA Noguchi, Yosuke Yamawaki, Toshiro Yamamoto, Tomoaki Taratani.

Las pistas sobre las cuales se deslizan estos contactores también sufren rozamiento y desgaste por la rotación relativa de las pistas en contacto con las escobillas y también por las vibraciones.

En la figura 2.46 es evidente el desgaste que tienen las pistas que están sometidos a constante trabajo de fricción en comparación con las pistas que no son utilizadas en el funcionamiento del sensor y por tanto no tienen desgaste visible.



Figura 2.46. Fuerzas de fricción aplicadas a escobillas y pistas de contacto

Fuente: Development of a Steering Angle and Torque Sensor of contact Type. AKIRA Noguchi, Yosuke Yamawaki, Toshiro Yamamoto, Tomoaki Taratani.

En la figura siguiente 2.47 se puede observar la comparación de dos sensores de par, el primero que producía la falla y el segundo que no produce falla, los efectos del desgaste por rozamiento y por las vibraciones en la señal de par son evidentes en la degradación de la señal que se da en un sensor de par que ha sido sometido a uso severo (aprox. 75000 Km) en comparación con un sensor nuevo instalado en la maqueta funcional de prácticas. La señal que entrega el sensor de par desgastado entrega una señal que la computadora la interpreta como errónea y en algún momento esta se pierde o sale fuera del rango admisible.

SENSOR DE PAR DEFECTUOSO

SENSOR DE PAR NO DEFECTUOSO

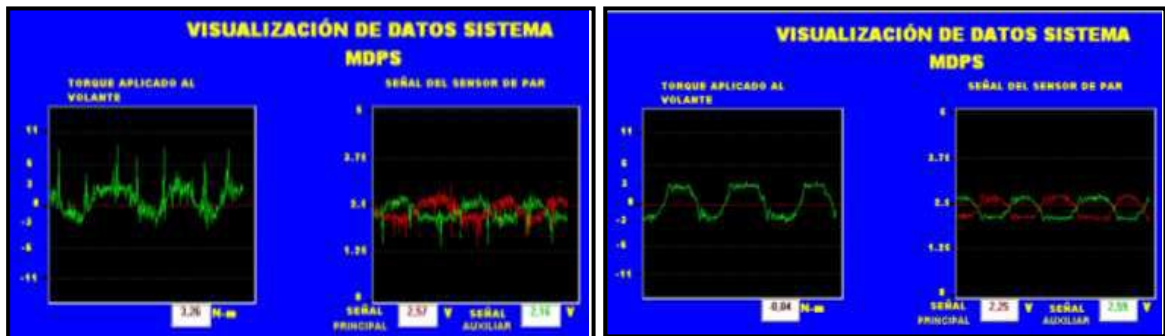


Figura 2.47. Comparación de la señal de dos sensores de par uno con desgaste severo y el segundo relativamente nuevo

Fuente: Miami technical center hyundai

2.3.5- CONCLUSIÓN DE LA FALLA.

Como se indico desde algunas secciones anteriores este tipo de potenciómetros de contactos no es el adecuado para este tipo de tareas de precisión, pues como se trata de elementos mecánicos están sujetos a desgaste y a deformaciones producidas por el trabajo.

Los contactores de aleación de plata deberían ser sólidos y no de hilos y con una forma mucho más curva, para que cuando se produzca el retroceso no se enclaven en las pistas como se ve en la figura 2.48.

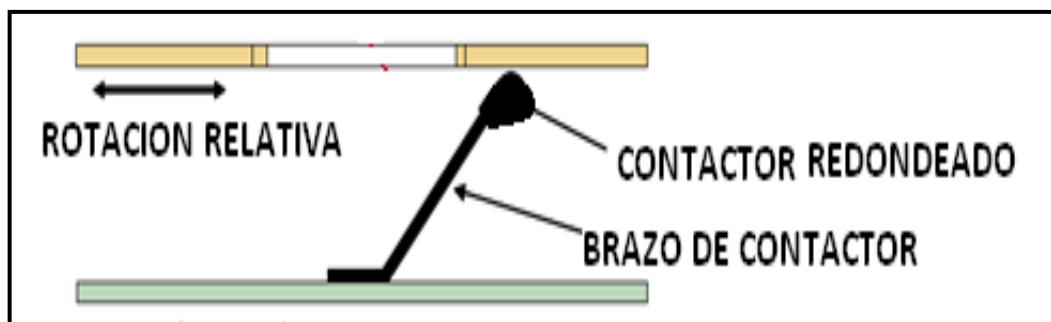


FIGURA 2.48. Contactores redondeados para evitar deformaciones

Fuente: Miami technical center hyundai

Además sería comprensible que para prevenir los efectos del rozamiento continuo sería necesario la utilización de algún tipo de lubricante conductor, pero este sensor no posee ninguna clase de grasa que ayude a evitar la degradación prematura, es por eso que en las pistas de contacto se producen surcos microscópicos que con el paso del tiempo degradan la señal.

Sumado a todo esto las vibraciones a las que está sometido este sensor son muy severas, pues no hay ningún elemento amortiguador que le ayude a disiparlas, y el desgaste producido por la fricción de elementos (contacto y contactor) se acelera dramáticamente ocasionando que antes de llegar a los 100000 Km el sensor empiece a dar señales erróneas.

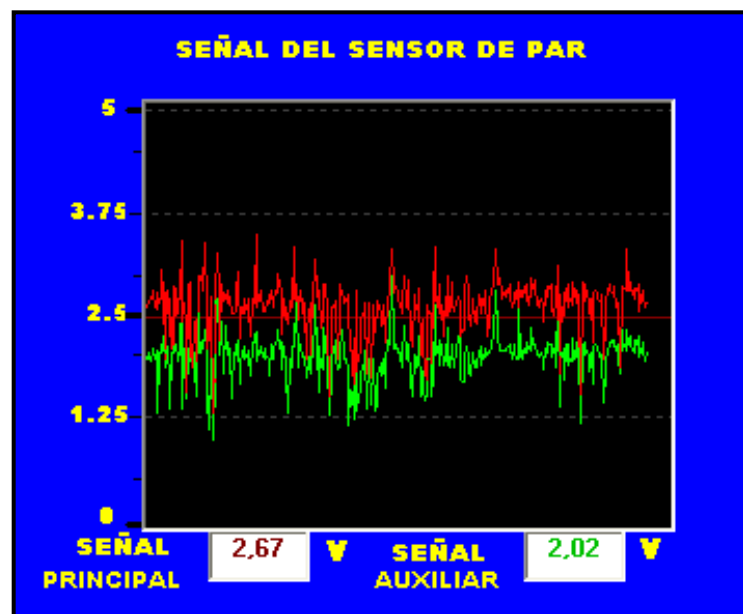


Figura 2.49. Señal del sensor de par sometida a vibraciones

Fuente: Miami technical center hyundai

Por último este tipo de elementos (potenciómetros de contactos) nunca deberían estar fijados a soportes rígidos más aun cuando están sometidos a tal cantidad de vibraciones, como es el caso del sensor de par de este sistema.

ELEMENTO	DEFECTO	OBSERVACIONES
ESCOBILLAS DE CONTACTO	Constituida de hilos de plata	El material es plástico por lo que está sujeto a deformaciones debido al rozamiento y vibraciones, la disposición en forma de hilos hace que se enclaven en las pistas.
PISTAS RESISTIVAS	Construidas en carbón	Susceptible a desgaste y formación de surcos y polvo por la naturaleza el material.
PISTAS DE CONTACTO	Construidas en carbón	Susceptible a desgaste y formación de surcos y polvo por la naturaleza del material.
AISLAMIENTO ACUSTICO Y VIBRATORIO	No posee asilamiento	Permite que las vibraciones hasta de 20000 Hz sean transmitidas a los elementos mecánicos del sensor
SOPORTE	Sujeción rígida	Permite que las vibraciones sean transmitidas a los elementos del sensor sin atenuación
LUBRICACIÓN	No posee lubricante conductor	Acelera el desgaste de las pistas de carbón

Tabla 2.3. Defectos constructivos en la implantación del sensor de par

Fuente: Boletín de servicio ccc hyundai (customer care center)

El sensor de torque falla, no solo por su naturaleza mecánica que trae todos los inconvenientes ya indicados, sino sé que se agrava debido al medio tan riguroso al que está sometido.

2.3.6.- POSIBLES SOLUCIONES.

Después revisar de analizar la falla que afecta a los vehículos Hyundai New Accent MC y haber revisado el funcionamiento del mismo, estamos claros que la falla se da por problemas del sensor de par, podemos sugerir algunas formas de

corregir el problema, hay que hacer hincapié que Hyundai, ha venido resolviendo en problema entregando por concepto de garantía direcciones nuevas a sus clientes en todo el país.

Se han planteado las siguientes posibilidades de solución:

- Cambio del sistema de asistencia
- Reemplazar el sensor de par
- Cambio de la columna de dirección

a).- CAMBIO DEL SISTEMA DE ASISTENCIA.

Una de las posibilidades, la que se puede decir es la menos recomendada es la adaptación de un sistema de dirección hidráulica, esto aunque posiblemente solucionaría el problema, probablemente acarrea otra serie de inconvenientes como dificultad de acople del sistema, ruidos, pérdida de potencia del vehículo y sobre todo perder todas las ventajas que trae consigo la dirección asistida electrónicamente.

Este procedimiento ya se lo ha realizado en varias unidades de este modelo de vehículo, con resultados no muy satisfactorios, pues como lo ya dicho anteriormente trae consigo otros problemas que a la larga hasta se pueden convertir en un peligro para los ocupantes del vehículos.

b).- REMPLAZAR EL SENSOR DE PAR.

Esta es quizá la forma más económica y eficiente de desvanecer el problema de la falla del sensor de par provocada por las irregularidades de las carreteras de nuestro medio, reemplazando el sensor de par de tipo potenciómetro por un sensor de par sin contactos de tipo magneto resistivo. Con el único inconveniente que es necesario para realizar este cambio, el desarmado de la columna de dirección, lo cual no es recomendable.

A continuación (figura 2.50.) se muestra un sensor de par que se puede conseguir en el mercado (**Bourns Sensors GmbH**)



Figura 2.50. Sensor de par sin contactos Burns Sensors

Fuente: NON-CONTACTING TORQUE SENSOR FOR ELECTRIC POWER STEERING/BURNS.COM

Este sensor de torque no posee contactos mecánicos y sirve para ser utilizado en cualquier arquitectura de sistemas EPS (column, rack and pinion drive electric power steering systems). Entrega también dos señales de salida necesarias para el funcionamiento del sistema.

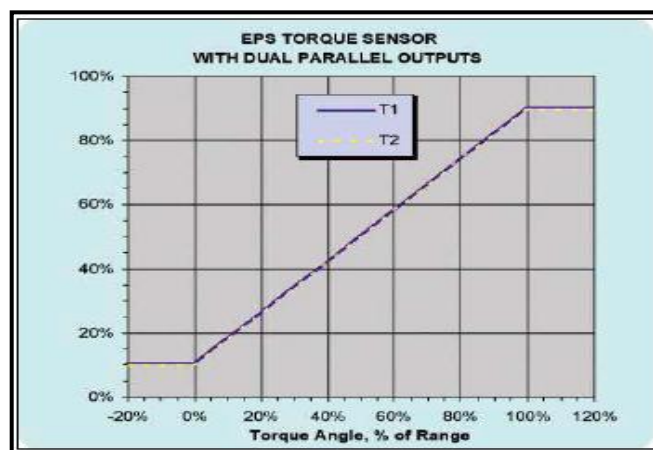


Figura 2.51. Salidas en porcentaje del sensor de par BURNS

Fuente: NON-CONTACTING TORQUE SENSOR FOR ELECTRIC POWER STEERING/BURNS.COM

Como podemos observar en la figura 2.51 como el sensor de BURNS entrega las dos señales iguales por lo que una de las dos señales hay que tratarla e invertirla para que sea utilizable para el sistema EPS.

Las dimensiones del sensor son las típicas de todos los sistemas de dirección EPS, el conector también consta de 4 cables dos para la alimentación y dos más para las salidas del sensor.

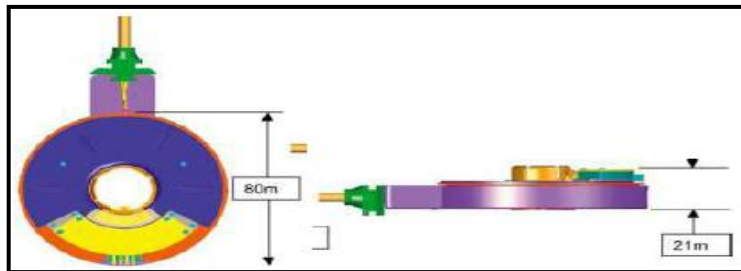


Figura 2.52. Dimensiones del sensor de par BURNS

Fuente: NON-CONTACTING TORQUE SENSOR
FOR ELECTRIC POWER STEERING/BURNS.COM

Es posible adaptar un sensor de par genérico al sistema EPS teniendo en cuenta los parámetros del sistema.

c).- CAMBIO DE LA COLUMNA DE DIRECCIÓN.

El cambio de toda la columna de dirección es el procedimiento que se está llevando a cabo en todos los concesionarios de Hyundai del país para los vehículos que han presentado la falla, esto se lo está haciendo mientras se desarrolla en Corea un nuevo sensor de par. Este procedimiento se lo realiza en los concesionarios autorizados de Hyundai, con personal técnico capacitado.

2.3.7.- CÓDIGOS DE AVERÍA DEL SISTEMA EPS.

Los códigos de avería del sistema EPS se lo puede reconocer únicamente con la herramienta (Escáner) autorizada por un concesionario de la marca del vehículo,

para obtener los códigos avería se debe conectar un escáner OBD II (On Board Diagnostic – Diagnostico a bordo) en la toma de diagnostico del vehículo.

Los dígitos que muestra un escáner se indican a continuación:

Primer dígito:

Pxxxx para el área de la tracción

Bxxxx para el área de la carrocería

Cxxxx para el área del tren de rodaje y

Segundo dígito:

P0xxx Códigos de avería libremente seleccionables, definidos según SAE (Society Automotive Engineers – Sociedad de Ingenieros Automotrices), que pueden ser utilizados por el sistema de diagnostico y que poseen textos descriptivos específicos. (A partir del modelo 2000: P0xxx y P2xxx)

P1xxx Códigos de avería libremente seleccionables por cada marca, ofrecidos adicionalmente por parte del fabricante, que no poseen textos descriptivos específicos (A partir del modelo 2000: P1xxx y P3xxx)

Tercer dígito:

Px1xx Dosificación de combustible y aire

Px2xx Dosificación de combustible y aire

Px3xx Sistema de encendido

Px4xx Regulación suplementaria de los gases de escape

Px5xx Regulación de velocidad y ralentí

Px6xx Señales de ordenador y señales de salida

DTC		Fallo estándar
Sensor de par	C1290	Fallo de señal principal del sensor de par
	C1291	Fallo de señal auxiliar del sensor de par
	C1292	Fallo de diferencia de señal de sensor de par entre
	C1112	Fallo de voltaje de suministro de sensor de par
Velocidad del vehículo	C1212	Fallo de señal del sensor de velocidad del vehículo
Velocidad del motor	C1272	Fallo de señal del sensor de velocidad del motor
Motor	C2412	Fallo de voltaje de terminal del motor
	C2413	Fallo de corriente de motor (en caso de que se esté en el
	C2414	Fallo de corriente de motor
	C2415	Fallo de corriente de motor
Voltaje	C1101	Fallo de voltaje de la batería
	C1102	Fallo de voltaje de la batería
Unidad de control	C1704	Relé de seguridad ante fallo atascado
	C1604	Fallo de voltaje de salida de suministro
		Fallo de control I/F de voltaje de terminal del motor
		Fallo de ASIC(memoria)
		Fallo de voltaje I/F del sensor de par
	Fallo de termistor	

Tabla 2.4. Códigos de avería

Fuente: NON-CONTACTING TORQUE SENSOR
FOR ELECTRIC POWER STEERING/BURNS.COM

En la tabla 2.4 muestra todos los códigos de avería con sus respectivas interpretaciones, que puede enviar el sistema EPS al escáner para su reparación.

a).- FALLAS DE FUNCIONAMIENTO SENSOR DE TORQUE.

Existen cuatro tipos de códigos de avería relacionados con el sensor de torque. Estas fallas se restauran cuando el sistema es apagado.

- **C1290 Torque sensor main signal failed (Fallo de señal principal del sensor de par)**

Esta falla es detectada si la salida de voltaje de la señal principal es mayor a 4.6V o menor a 0.4V

Control de Falla Segura: Motor de asistencia apagado, sistema de asistencia apagado, luz de advertencia encendida.

(Relay means the failsafe relay built in the control module)

- **C1291 Torque sensor sub signal failed (Fallo de señal auxiliar del sensor de par)**

Esta falla es detectada si la salida de voltaje de la señal principal es mayor a 4.6V o menor a 0.4V

Control de Falla Segura: Motor de asistencia apagado, sistema de asistencia apagado, luz de advertencia encendida.

- **C1292 Torque sensor Main and sub signal failed (Fallo de diferencia de señal de sensor de par entre principal y auxiliar)**

Esta falla es detectada si el valor absoluto de (Sensor Principal – Sensor auxiliar) > 0.527V

Control de Falla Segura: Motor de asistencia apagado, Sistema de asistencia apagado, luz de advertencia encendida.

- **C1112 Torque sensor power supply failed (Fallo de voltaje de suministro de sensor de par)**

Esta falla es detectada si el voltaje de alimentación del sensor de torque es $> 5.7V$ o $< 4.3V$

Control de Falla Segura: Motor de asistencia apagado, Sistema de asistencia apagado, luz de advertencia encendida.

b).- FALLAS DE FUNCIONAMIENTO SEÑAL DE VELOCIDAD DEL VEHÍCULO.

- **C1212 Vehicle speed signal failed (Fallo de señal del sensor de velocidad del vehículo)**

Esta falla es detectada por la EPSCM si la velocidad del vehículo es de 0Km/h cuando la velocidad del motor es superior a 2500rpm o más por 20 segundos. Si el motor del vehículo esta únicamente encendido pero sin dar marcha, la EPSCM interpreta la falla y espera las siguientes condiciones para iniciar el control de seguridad de fallas.

Velocidad del Vehículo = 0km/h, Régimen del motor $> 4,000rpm$ por 5 minutos.

Control de Falla Segura: El motor de asistencia es controlado como si el vehículo estuviera a 255 km/h, Relay de asistencia encendido, luz de advertencia apagada.

Esto se restaura si la velocidad del vehículo es mayor a 5 km/h o si el sistema de alimentación es reiniciado.

c).- FALLAS DE FUNCIONAMIENTO DE SEÑAL DE VELOCIDAD DEL MOTOR.

El motor del vehículo de estar encendido para que la MDPS esté operando esta señal es enviada desde la EPSCM.

- **C1272 Engine speed signal failed (Señal de velocidad del motor falló)**

Esta falla es detectada si el motor esta a un régimen menor a 330rpm cuando la velocidad del vehículo es mayor a 50km/h por 20 segundos o si se pierde por completo la señal de velocidad del motor.

Control de Falla Segura: Motor de asistencia apagado, Sistema de asistencia encendido (razón por la cual si la señal vuelve es sistema se restaura sin necesidad de apagar el vehículo), Luz de advertencia encendida. Esto se restaurará si la velocidad del motor es superior a 525rpm o la alimentación del sistema se cortada.

d).- FALLAS DE FUNCIONAMIENTO DE MOTOR DE ASISTENCIA.

Existen cuatro tipos de código de falla relacionados con el motor, los cuales serán restaurados una vez que se reinicie el sistema.

- **C2412 Error in the motor voltage (Fallo de voltaje de terminal del motor)**

Esta falla es detectada cuando el motor no está operando (en reposo) y si el voltaje en uno de sus bornes es superior a 8.5V o $< 0.2V$ durante 0.5 segundos. Normalmente esta magnitud debe encontrarse en 1V aproximadamente.

Control de Falla Segura: Motor de asistencia apagado, sistema de asistencia apagado, luz de advertencia encendida.

- **C2413 Error in the motor current (Fallo de corriente de motor en caso de que se esté en el modo de exceso de corriente)**

Esta falla es detectada cuando (la corriente de consumo de motor – la corriente objetivo) $> 10A$

Control de Falla Segura: Motor de asistencia apagado, Sistema de asistencia apagado, luz de advertencia encendida.

- **Código de falla: C2414 Excessive motor current (Fallo de corriente de motor)**

Esta falla es detectada cuando la corriente de consumo del motor de asistencia es mayor a 73 A.

Control de Falla Segura: Motor de asistencia apagado, Sistema de asistencia apagado, luz de advertencia encendida.

- **Código de Falla: C2415 Measured motor current error (Fallo de corriente de motor)**

Esta falla es detectada si la medida de corriente del motor es menor a $< 2A$ cuando la corriente objetivo es mayor que 4A por 2.4 segundos o más.

Control de Falla Segura: Motor de asistencia apagado, Sistema de asistencia apagado, luz de advertencia encendida.

e).- FALLAS DE ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA.

- **Código de falla: C1101 (Voltaje de suministro excesivo)**

Esta falla es detectada si el voltaje del sistema es superior a 17.5 V

Control de Falla Segura: Motor de asistencia apagado, sistema de asistencia encendido y lámpara de advertencia encendida.

El sistema será restaurado cuando el voltaje del sistema sea inferior a 15.5V.

- **Código de falla: C1102 (Nivel de voltaje de suministro bajo)**

Esta falla es detectada si el voltaje del sistema desciende a menos de 9V por 5 segundos o más.

Control de Falla Segura: Motor de asistencia apagado, sistema de asistencia encendido y lámpara de advertencia encendida.

El sistema será restaurado una vez que el voltaje de la batería sea superior a 10V.

f).- FALLAS DEL MÓDULO DE CONTROL.

Existen dos códigos de diagnóstico soportados por el módulo de control, pero estas tienen pequeñas diferencias en la falla segura y la causa.

- **C1704 Failsafe relay stuck (Relé de seguridad ante fallo atascado)**

Esta falla es detectada si el voltaje de contacto de falla 5.5V por 5segundos.

Control de Falla Segura: Motor de asistencia apagado, sistema de asistencia encendido, lámpara de advertencia encendida.

Esto será restaurado cuando el sistema sea apagado.

- **C1604 (MDPS control module internal failure)**

Este código de avería es detectado en varias circunstancias:

- **Fallo de voltaje de salida de suministro. Internal „step-up“ power supply output voltage < Battery voltage for 2seconds or more.**

Control de Falla Segura: Motor Off, Relay ON, Warning lamp ON

- **Fallo de control I/F de voltaje de terminal del motor. The voltage at the motor monitoring interface terminal > 23V or < -3V**

Control de Falla Segura: Motor Off, Relay Off, Warning lamp ON

- **ASIC failure** Fallo de ASIC (memoria)

Failsafe control: Motor Off, Relay Off, Warning lamp ON

- **Torque sensor interface failure (Fallo de voltaje I/F del sensor de par)**

Control de Falla Segura: Motor de asistencia apagado, Relé apagado, Luz de advertencia encendida.

- **Thermistor failure (Falla del termistor)**

Temperatura detectada < -50°C

Control de Falla Segura: Motor de asistencia controlado como a 60°C, sistema de asistencia encendido, luz de advertencia apagado.

- **ROM or RAM failure (No DTC)**

Control de Falla Segura: Motor de asistencia apagado, relé encendido, luz de advertencia encendido.

Todos estos códigos de diagnóstico podrán ser borrados por el scanner, o si se cumple la siguiente condición: que el sistema sea encendido y apagado sin presentar el código de falla por 60 ciclos o más”

2.4.- CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN.

La regulación de la servo asistencia para la dirección se lleva a cabo recurriendo a una familia de características almacenada en la memoria permanente de programas de la unidad de control. Esta memoria abarca hasta 16 diferentes familias de características. Por ejemplo, en el caso del Golf 2004 se utilizan 8 familias de características de entre todas las disponibles.

En la figura 2.53 se muestra un gráfico de las curvas características de servo asistencia esta nos indica en las abscisas el torque detectado por el sensor de par y en las ordenadas el par de asistencia proporcionado por el motor eléctrico. Por ejemplo par una velocidad cero km/h se obtiene el mayor nivel asistencia del motor debido a que cuando el vehículo esta estático se requiere un mayor esfuerzo para girar la dirección.

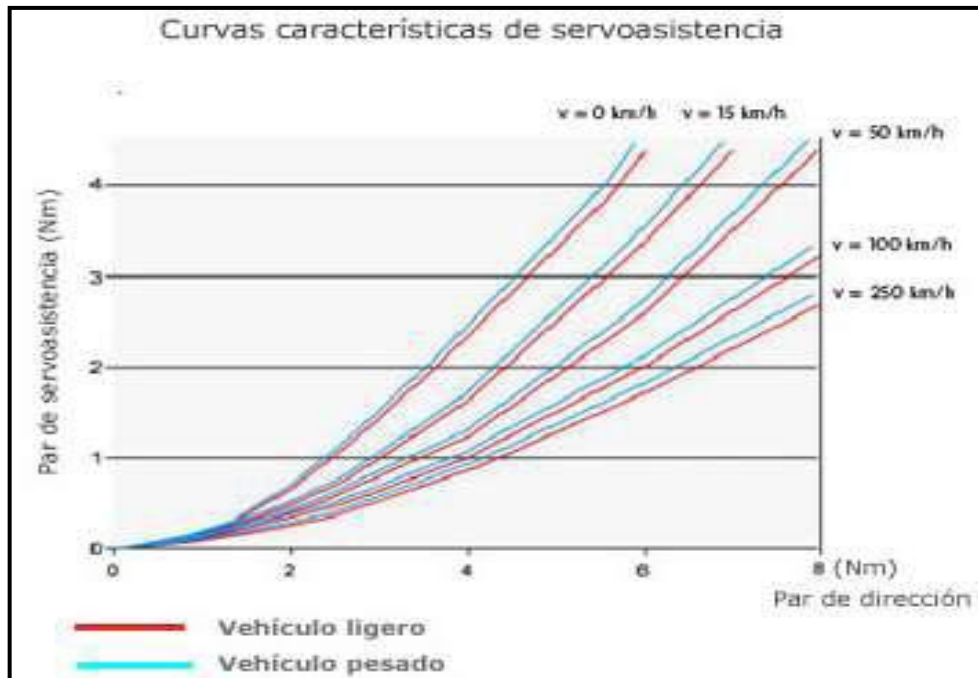


Figura 2.53. Curvas características de servoasistencia

Fuente: Sistema de dirección- Dirección electromecánica de asistencia variable,2007,www.mecanicavirtual.org/direccion-asistida-electr.htm

Si se avería la unidad de control para dirección asistida se la puede sustituir completa. La familia de características correspondiente en la memoria no volátil para programas de la unidad de control tiene que ser activada por medio del sistema de diagnosis.

CAPÍTULO III

3.- CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE DIRECCIÓN ASISTIDA CON CONTROL ELECTRÓNICO “EPS”.

3.1.- OBJETIVO GENERAL.

Construir un prototipo de sistema de dirección asistida con control electrónico EPS para determinar condiciones de operación y parámetros de funcionamiento.

3.1.1.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Analizar la operación, mantenimiento del sistema de dirección asistida con control electrónico.
- Analizar esquemas eléctricos de conexión en el sistema de dirección asistida.
- Determinar las fallas frecuentes que se originan en sistemas de dirección asistida con control electrónico.
- Analizar el rendimiento del sistema de dirección asistida con control electrónico en comparación con otros sistemas de dirección.
- Establecer el comportamiento de este tipo de dirección asistida con control electrónico en comparación con otros sistemas de dirección, determinando su rendimiento, consumo de combustible, estabilidad y otros posibles factores que pueden ayudarnos a conocer el comportamiento de este sistema
- Seleccionar elementos eléctricos, electrónicos, mecánicos para la elaboración del mencionado proyecto.

3.2.- JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROBLEMA A RESOLVER.

Las direcciones eléctricas o EPS (Electrical Powered Steering) son el tipo más reciente de dirección asistida, utilizan un motor eléctrico para generar la asistencia en la dirección. Su ventaja frente a las hidráulicas y electro-hidráulicas es que, al no utilizar energía hidráulica son más ligeras y simples al eliminar la instalación y bomba hidráulica. Este dispositivo reduce el gasto energético, aumenta la fiabilidad y el respeto por el medio ambiente; también mejora sensiblemente la manera de conducir el automóvil.

El avance tecnológico en los automóviles en lo concerniente a las aplicaciones eléctricas y electrónicas ha creado la necesidad de contar con técnicos automotrices en el área de sistemas de la electricidad y electrónica aplicadas en los modernos automóviles.

La realización de este proyecto es muy importante ya que el estudio de este tema logrará que como futuros ingenieros crear una cultura de investigación en las áreas de electrónica y eléctrica aplicadas en el automóvil con este proyecto queremos ganar mayor experiencia que luego pondremos en práctica en nuestro desarrollo profesional en la reparación, construcción, adaptación y optimización de los diferentes sistemas del vehículo.

Contando con el recurso profesional, laboratorios de Autotrónica, talleres de mantenimiento, proponemos el siguiente plan, tomando en cuenta que la educación en la ESPE - Latacunga se fundamenta en la excelencia académica, el cultivo de valores humanos, equilibrio de la teoría con la práctica, e incorporando tecnología actualizada es posible y factible el desarrollo del presente proyecto.

3.3.- METAS DEL PROYECTO.

- Implementar en el Laboratorio de Autotrónica un prototipo de dirección asistida con control electrónico, permitiendo que los estudiantes, técnicos y docentes se familiaricen con los esquemas eléctricos de conexión en este sistema.
- Realizar un documento que permita conocer las más frecuentes fallas que se puedan encontrar en los sistemas de dirección asistida eléctrica.

3.4.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El sistema de dirección asistida electrónicamente, es un avance muy importante en lo que tiene que ver con seguridad activa del vehículo, pues este sistema disminuye 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, por esta razón es importante haber estudiado este sistema.

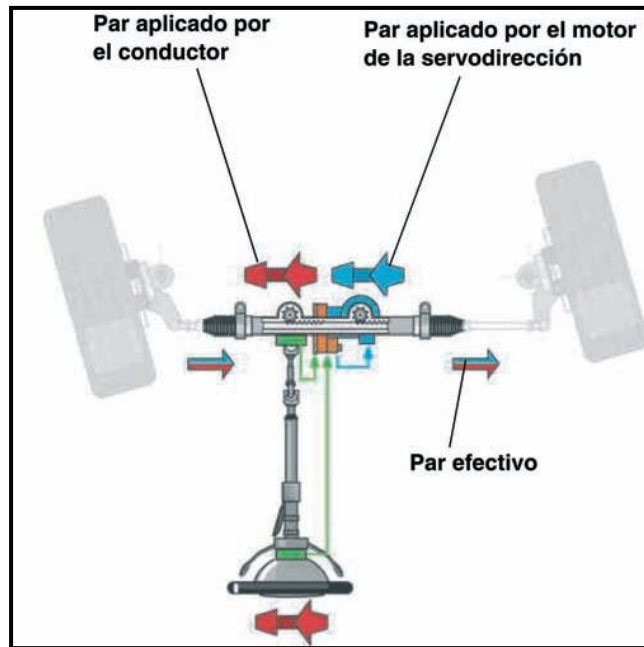


Figura 3.1. Fuerzas aplicadas en el sistema de asistencia EPS

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

Hacer este diseño además de que implica la construcción de un circuito electrónico que haga funcionar una dirección de asistencia electrónica EPS en forma autónoma, también comprende un diseño pedagógico, es decir que el sistema electrónico que construimos nos permita cumplir un objetivo didáctico, que la maqueta nos dé la posibilidad de entregar conocimientos sobre este sistema a las personas que realizan las prácticas; este diseño electrónico debe dar la posibilidad de realizar mediciones de los componentes, recrear fallos y permitir verificaciones para la realización de prácticas de entrenamiento, así mismo se debe garantizar la durabilidad del equipo mediante la instalación de seguridades eléctricas. Por lo que a continuación se describe la creación de todos los dispositivos electrónicos que se aplicarán en el diseño del circuito.

A la relación entre el operario y los objetos de trabajo se la llama relación Persona- Máquina (P-M), entonces lo que hemos querido lograr es que la

construcción de este instrumento sea de fácil manejo, permita al usuario visualizar y manipular todos los componentes.

En la figura 3.2 se muestra la interrelación entre los instrumentos de control, medición y manipulación de una máquina.

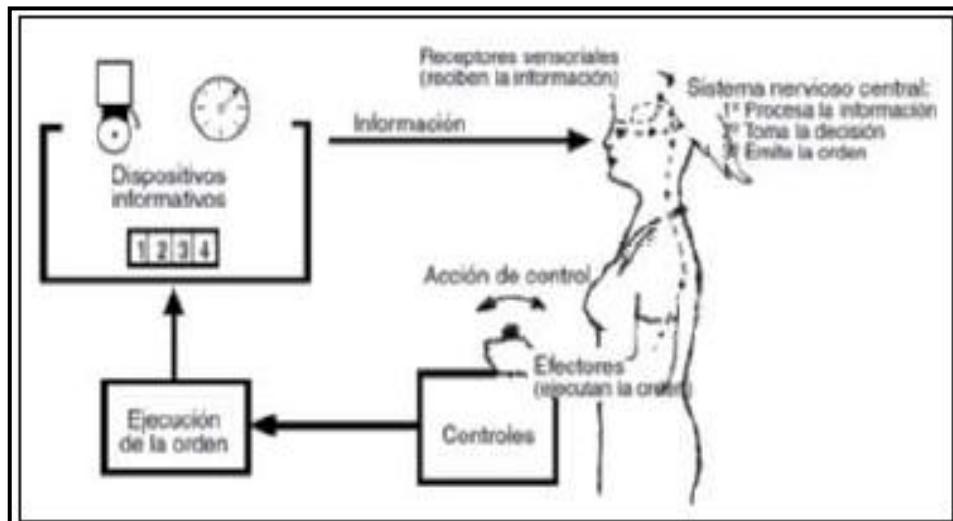


Figura 3.2. Interrelación entre los instrumentos de control

Fuente: Sistema de dirección- Dirección electromecánica de asistencia variable,2007, www.mecanicavirtual.org/direccion-asistida-electr.htm

3.5.- CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA.

Para la construcción de nuestra maqueta didáctica funcional lo que hicimos es tomar el sistema de dirección asistida eléctricamente EPS que generarán todas las señales necesarias para darle un funcionamiento autónomo que implica tener en cuenta que se trata de un equipo didáctico, un sistema que pueda ser operado por una o varias personas, que permita la realización de mediciones y la observación de los componentes del sistema, además el diseño mecánico de la maqueta debe permitir representar las fuerzas de oposición creadas por los neumáticos del vehículo al momento de realizar el viraje; de la correcta relación entre el sistema y el que opera el sistema depende la calidad y eficiencia de las practicas que se realiza.

3.6.- SELECCIÓN DE COMPONENTES DE LA DIRECCIÓN.

Para la construcción de nuestro prototipo de sistema de dirección asistida con control electrónico EPS, se utilizó componentes del sistema de dirección asistida EPS de la marca AUDI y HYUNDAI respectivamente como se describirá a continuación.

3.6.1.- COMPONENTES MECÁNICOS.

- **Cremallera.-** para la construcción se utilizó una cremallera de un sistema de asistencia de dirección de un AUDI.

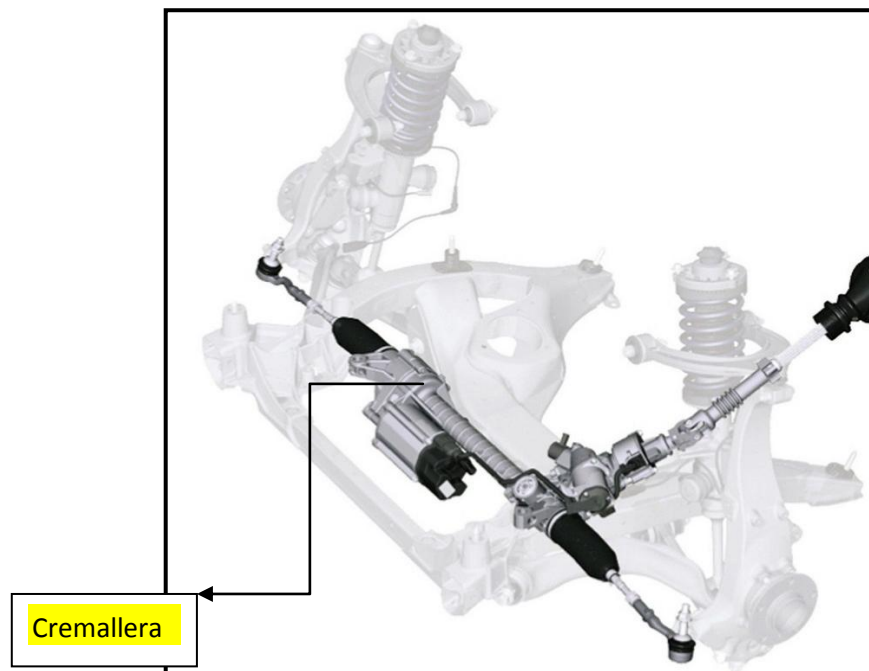


Figura 3.3. Componentes mecánicos

Fuente: <http://www.cohepasion.net/2010/12/servoDIRECCIÓN-electrica.html>

- **Columna.-** se incorporó una columna con articulaciones para enlazar el volante de la dirección con la cremallera, también esta columna lleva un sistema de poleas y bandas acopladas a dos potenciómetros para detectar el par aplicado por el conductor y el ángulo de giro del volante.



Figura 3.4. Columna

Fuente: <http://4c2010rlldc.blogspot.com/2010/05/volante-DIRECCIÓN-colapsable.html>

- **Volante.-** se incorporó en este prototipo un volante de un vehículo Yaris el cual nos servirá para realizar el giro de derecha a izquierda y viceversa con lo que se puede visualizar el funcionamiento del sistema EPS.



Figura 3.5. Volante

Fuente: <http://www.arpem.com/coches/coches/toyota/yaris/fotos/2008/toyota-yaris-volante.html>

- **Suspensión de Chevrolet SAN REMO.-** para la demostración del sistema de dirección EPS del prototipo se la realizó en una suspensión que costa

de mesas superior e inferior, manzana de neumático, discos de frenos, espirales y un puente de suspensión.

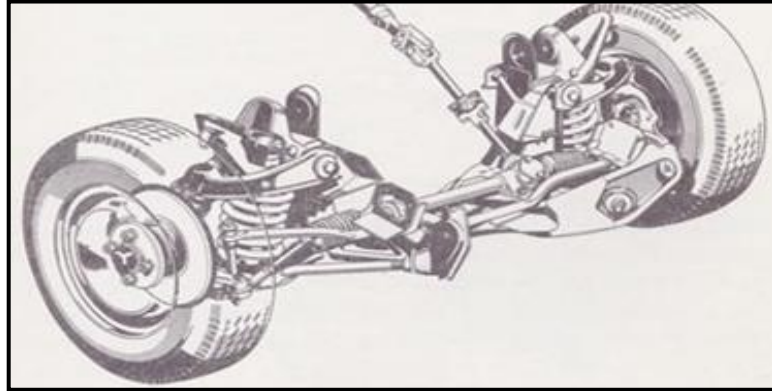


Figura 3.6. Suspensión

Fuente: <http://multiservicioautomotriz3h.blogspot.com/2011/02/que-es-la-suspension-en-un-vehiculo.html>

3.6.2.- COMPONENTES ELECTRÓNICOS.

- **Motor eléctrico.-** para la construcción del prototipo de sistema de dirección asistida EPS se utilizó un motor eléctrico DE 12 V Y 65 A con una potencia de 420 W del sistema de asistencia de un HYUNDAI ACCESS que genera la fuerza de asistencia de conducción en la cremallera de dirección cuando éste es girado por el conductor.

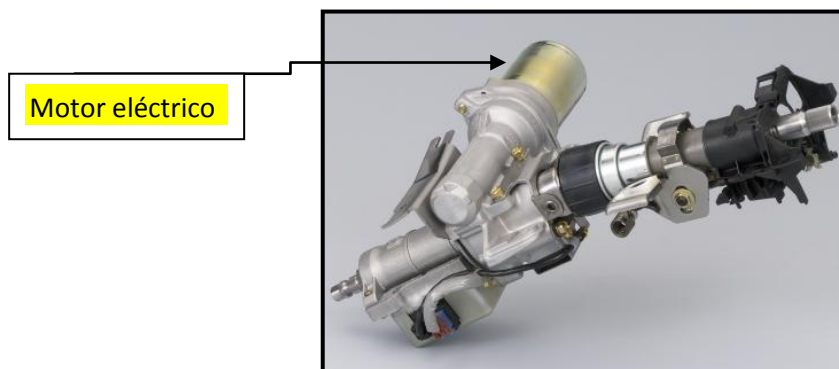


Figura 3.7. Motor Eléctrico

Fuente: http://nskeurope.es/cps/rde/xchg/eu_es/hs.xsl/DIRECCIÓN-de-asistencia-electrica.html

- **Potenciómetros.-** un potenciómetro es un resistor cuyo valor de resistencia puede ser ajustado. De esta manera, indirectamente, se puede controlar la intensidad de corriente que fluye por un circuito si se conecta en paralelo, o la diferencia de potencial al conectarlo en serie. Normalmente, los potenciómetros se utilizan en circuitos de poca corriente. Para circuitos de corrientes mayores, se utilizan los reóstatos, que pueden disipar más potencia. Los potenciómetros pueden ser usados solos, o pueden conectarse a un sensor mecánico para convertir un movimiento mecánico en una variación eléctrica, mediante este principio utilizaremos 2 potenciómetros que van acoplados a dos poleas de 5 in que a su vez mediante una banda en V transmitirá el movimiento de un par de poleas de 1 in de diámetro que van colocadas en la columna de la dirección que este sistema de poleas realizarán las funciones de un sensor de giro del volante y sensor de par para transmitir la señal eléctrica a la placa de control que producirá la activación del sistema EPS.

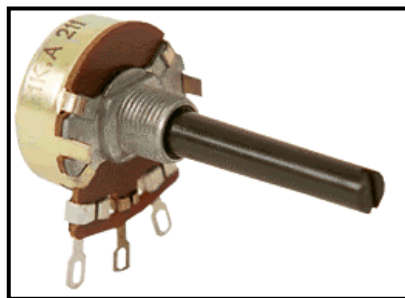


Figura 3.8. Potenciómetro

Fuente: <http://electrnikmv.blogspot.com/2010/07/potenciometro-un-potenciometro-es-un.html>

- **Resistencias.-** una resistencia eléctrica (R) de un elemento eléctrico es la oposición que presenta ese elemento al paso de la corriente. La unidad de la resistencia en el Sistema Internacional de Unidades es el ohmio (Ω). De acuerdo con la ley de Ohm, la resistencia de un elemento (R) puede definirse como la división entre el voltaje (V) de un elemento entre la intensidad de corriente (I):

$$R = \frac{V}{I}$$

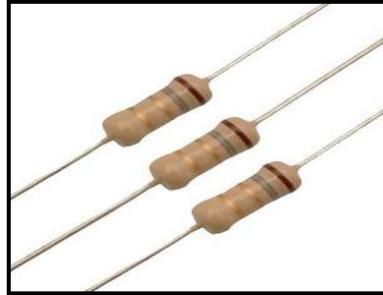


Figura 3.9. Resistencias

Fuente: <http://miguelangelmadrid.blogspot.com/2010/11/resistencias.html>

Para la construcción de la placa de control del sistema EPS de este proyecto de tesis se utilizaron resistencias de: 10 K Ω , 5,6 K Ω , 330 Ω .

- **CIRCUITO IMPRESO.-** Es un medio para sostener mecánicamente y conectar eléctricamente componentes electrónicos, a través de rutas o pistas de material conductor, grabados en hojas de cobre laminadas sobre un sustrato no conductor, comúnmente baquelita o fibra de vidrio que utilizaremos para realizar la placa de control.

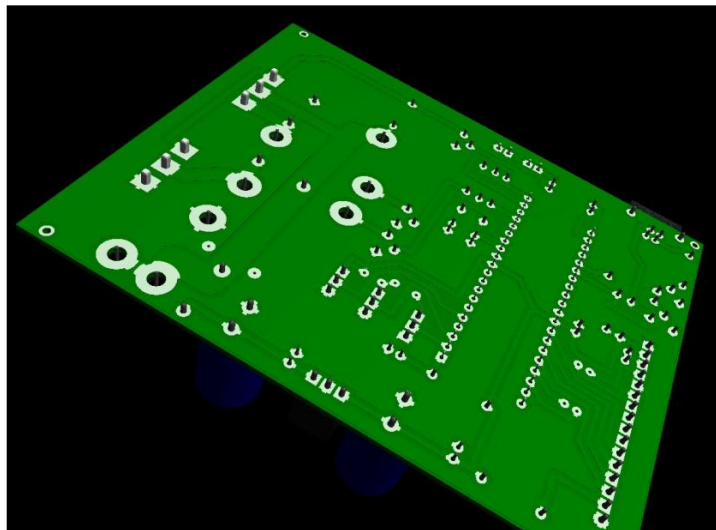


Figura 3.10. Circuito impreso

Fuente: Los Autores (Plaqueta del Circuito)

- **CAPACITORES.-** se llama capacitor a un dispositivo que almacena carga eléctrica. El capacitor está formado por dos conductores próximos uno a otro, separados por un aislante, de tal modo que puedan estar cargados con el mismo valor, pero con signos contrarios utilizando esta característica para la construcción de la placa de control utilizaremos capacitores de 1000 μ F y 100 μ F.

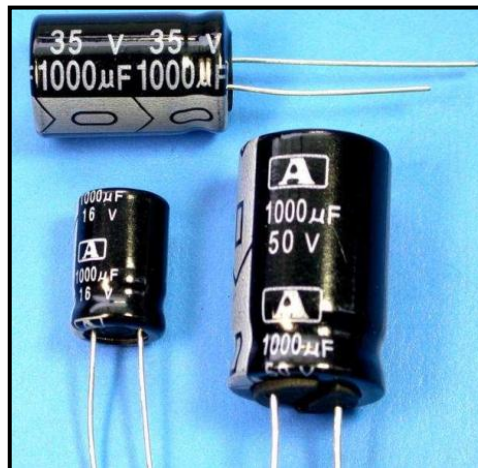


Figura 3.11. Capacitores

Fuente: <http://www.elemon.com.ar/elemon/BuscarRubros.aspx?Grupold=CA>

- **REGULADOR DE VOLTAJE 7805.-** es un regulador de tensión positiva de 5 Volts a 1A, la tensión justa y mucho más corriente de la que necesita PIC de la placa de control. Se sabe que el buen funcionamiento del firmware que grabemos en el PIC está sujeto, no sólo a la buena programación que hayamos hecho a la hora de diseñarlo, sino que también a una alimentación fija, constante y regulada a la hora de ejecutarlo.

Entonces la manera más segura, económica y sencilla de obtener ese voltaje, es la utilización de un integrado regulador de voltaje 7805 ya que mantendrá fija la tensión en 5V, siempre y cuando en su entrada reciba al menos 6V. Por lo tanto a la entrada podremos despreocuparnos de la alimentación superando por mucho el voltaje de trabajo del PIC.

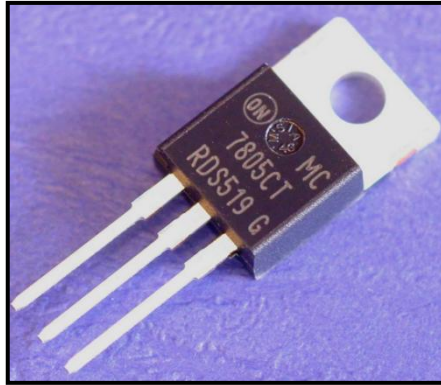


Figura 3.12. Regulador de voltaje

Fuente: <http://microcontroladores195.blogspot.com/2011/02/regulador-de-voltaje-7805.html>

- **MICROCONTROLADOR PIC16F877.-** se denomina microcontrolador a un dispositivo programable capaz de realizar diferentes actividades que requieran del procesamiento de datos digitales y del control y comunicación digital de diferentes dispositivos. Los microcontroladores poseen una memoria interna que almacena dos tipos de datos; las instrucciones, que corresponden al programa que se ejecuta, y los registros, es decir, los datos que el usuario maneja, así como registros especiales para el control de las diferentes funciones del microcontrolador. Utilizamos este PIC programable para guardar la programación del sistema EPS y poder realizar el control del sistema en la maqueta física.



Figura 3.13. Microcontrolador PIC16F877

Fuente: <http://tijuana.olx.com.mx/vendo-pic16f877-iid-132169553>

- **DIODO 1N4007.-** es un diodo rectificador de 1Amper que se utiliza en la placa de control del sistema EPS para la protección del circuito, ante la alimentación con polaridad invertida.

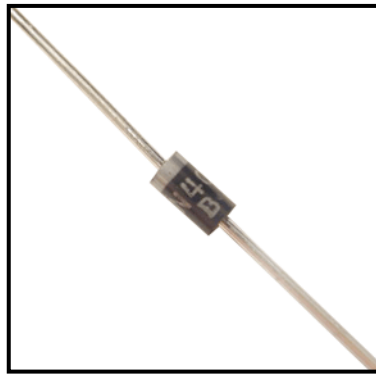


Figura 3.14. Diodo 1N4007

Fuente: <http://www.xcitingclub.es/viewtopic.php?p=100907&highlight=>

- **TRANSISTOR MOSFET IRFZ44N.-**

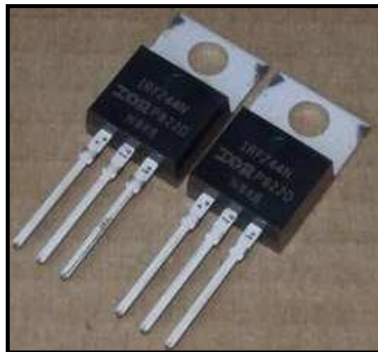


Figura 3.15. Transistor Mosfet

Fuente: <http://mx.ioffer.com/c/Transistors-1001982/>

3.7.- DISEÑO ELECTRÓNICO.

3.7.1.- DIAGRAMA GENERAL DE DISEÑO

A continuación observamos (figura 3.12.) nos muestra la configuración en bloques

que tiene el diseño electrónico de la maqueta funcional de la dirección electrónica en construcción.

El circuito electrónico que estamos diseñando tiene como misión realizar dos tareas:

- Emular las señales del vehículo necesarias para el correcto funcionamiento del sistema de asistencia electrónica EPS.
- Mostrar los datos de funcionamiento del sistema, es decir de las señales que permanentemente están interviniendo en el desempeño del sistema de asistencia.

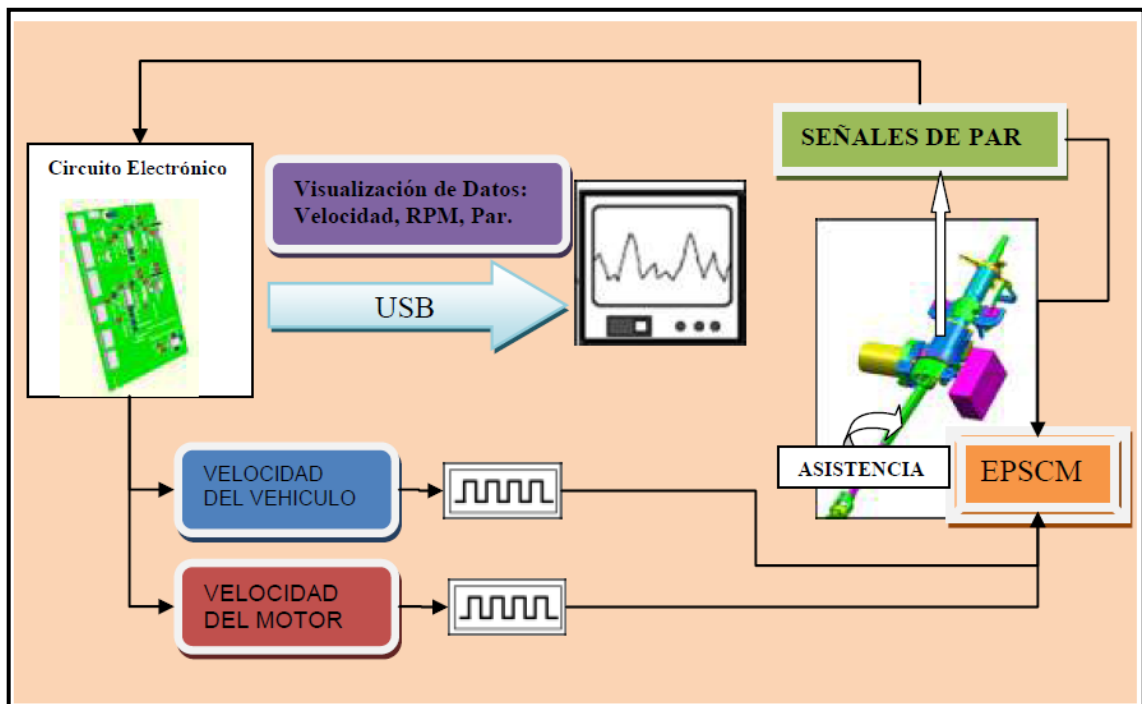


Figura 3.16. Esquema general de diseño del electrónico de la maqueta

Fuente: Los Autores (Diagrama de bloques)

Para ello lo que el circuito electrónico hace es simular dos señales que normalmente provienen del vehículo (velocidad del vehículo y velocidad del motor), estas dos señales son de tipo pulsante (frecuencia variable) para ingresarlas a la EPSCM, también la señal de par es captada del sensor de par ubicada en la misma columna de dirección para ser enviada a la EPSCM, con

estas señales se hace posible la asistencia en la dirección, luego estas tres señales son enviadas nuevamente al circuito electrónico para ser transmitidas por un cable USB a una computadora y poder ser visualizadas para analizar el desempeño de la dirección.

3.7.2.- PARÁMETROS TÉCNICOS CONSIDERADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ACTIVACIÓN Y CONTROL DE ASISTENCIA SEGÚN LA VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD.

Para diseñar la parte electrónica necesitamos simular las mismas señales que intervienen en el funcionamiento del sistema de asistencia EPS las cuales son captadas por módulo de control de la dirección asistida eléctrica EPSCM, esto implica la construcción de un circuito electrónico físico que satisfaga los requerimientos del sistema, es decir las señales que obtengamos con nuestro circuito deben tener las mismas características que las señales que nos dan los sensores del vehículo, además el circuito nos debe dar la posibilidad de comandar las señales y simular cambios que se dan en el desempeño real del vehículo así de esta manera se pueda representar de forma muy exacta funcionamiento y fallas del sistema para que la maqueta se convierta en una potente herramienta pedagógica.

Como ya hemos revisado anteriormente el sistema el funcionamiento de sistema EPS, depende directamente de tres señales principales:

- Señal de par
- Señal de velocidad del vehículo
- Señal de velocidad del motor

Estas tres señales gobiernan el funcionamiento de la dirección asistida siendo las más importantes las dos primeras.

Partiendo de este punto debemos tener claro qué tipo de señal es la necesaria para entregar información EPSCM y que esta información sea válida y comprensible para el calculador, a continuación evaluamos las tres señales e

indicamos como las trataremos o crearemos para el funcionamiento del sistema.

3.8.- DISEÑO DE LA ESTRUCTURA.

Se construye una estructura metálica que debe soportar el peso de la columna de dirección EPS, una cremallera mecánica, un motor eléctrico de corriente continua de alto torque y bajas RPM, además sobre esta estructura está montada la placa de control del sistema EPS que muestra la información del estado de funcionamiento del sistema.

Este prototipo tiene un mecanismo que representa el radio de giro de los neumáticos ya que se lo instalo sobre una suspensión de un vehículo Chevrolet San Remo para visualizar la simulación de funcionamiento del sistema EPS



Figura 3.17. Maqueta de dirección asistida.

Fuente: Los autores (maqueta)

CAPÍTULO IV

4.- CONSTRUCCIÓN, ANÁLISIS Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN ASISTIDA CON CONTROL ELECTRÓNICO.

4.1.- DISEÑO DEL DIAGRAMA ELECTRÓNICO PARA EL PROTOTIPO.

4.1.1.- DIAGRAMA ELECTRÓNICO DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN ASISTIDA.

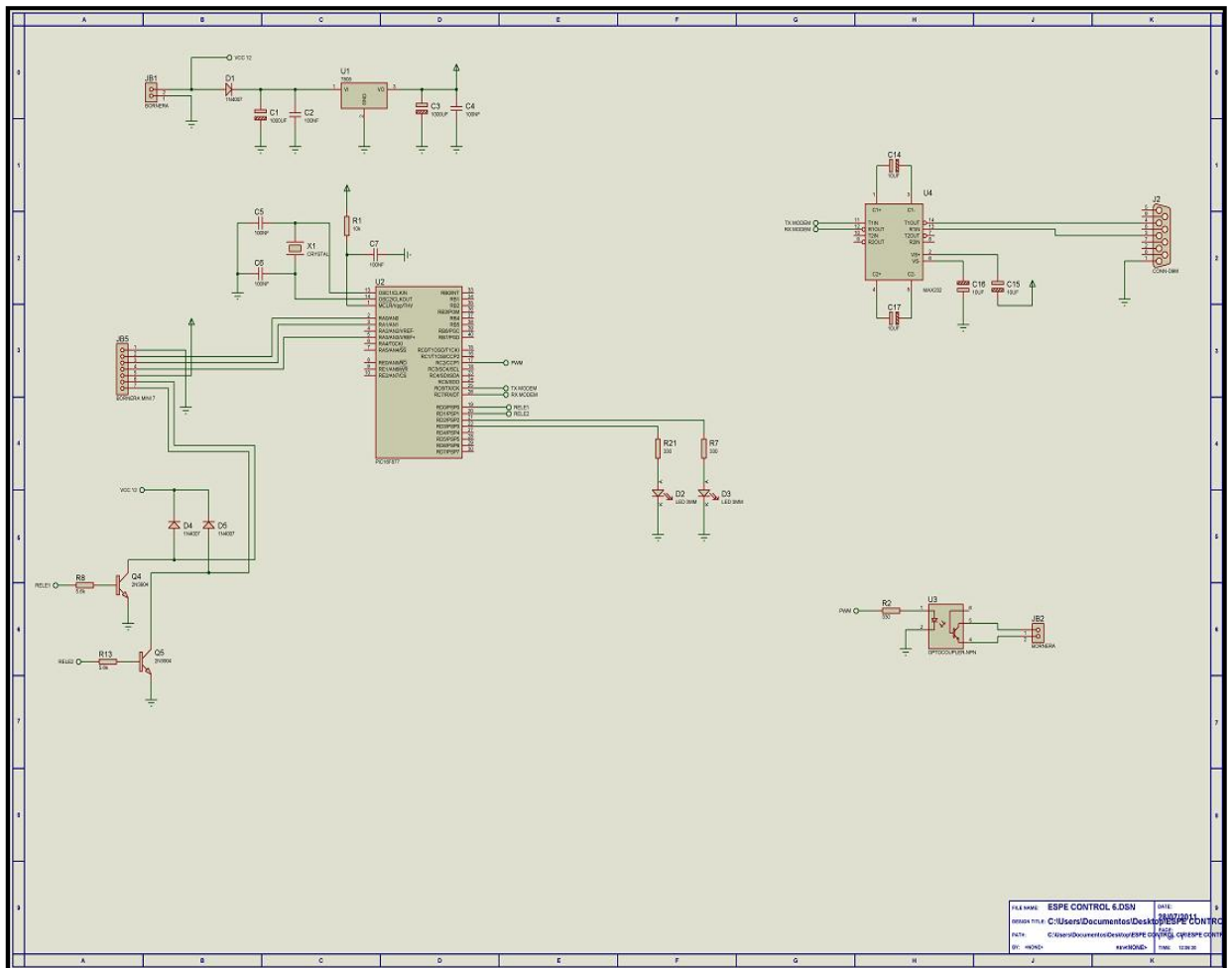


Figura 4.1. Diagrama Electrónico del sistema

Fuente: Los Autores

- Diagrama Electrónico del sistema desplegado

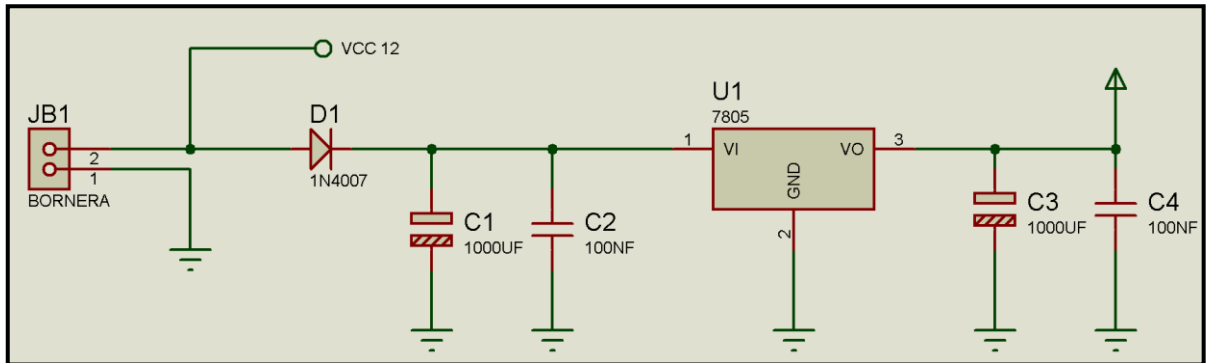


Figura 4.1.1. Despiece del diagrama electrónico

Fuente: Los Autores

La función del primer circuito es de regular el voltaje de entrada mediante el regulador de voltaje U1 7805, se encuentra alimentada mediante cables solido desde una fuente de 12V VCC, también posee un Diodo rectificador 1N4007 que protege al circuito por caídas de tensión o cortocircuitos.

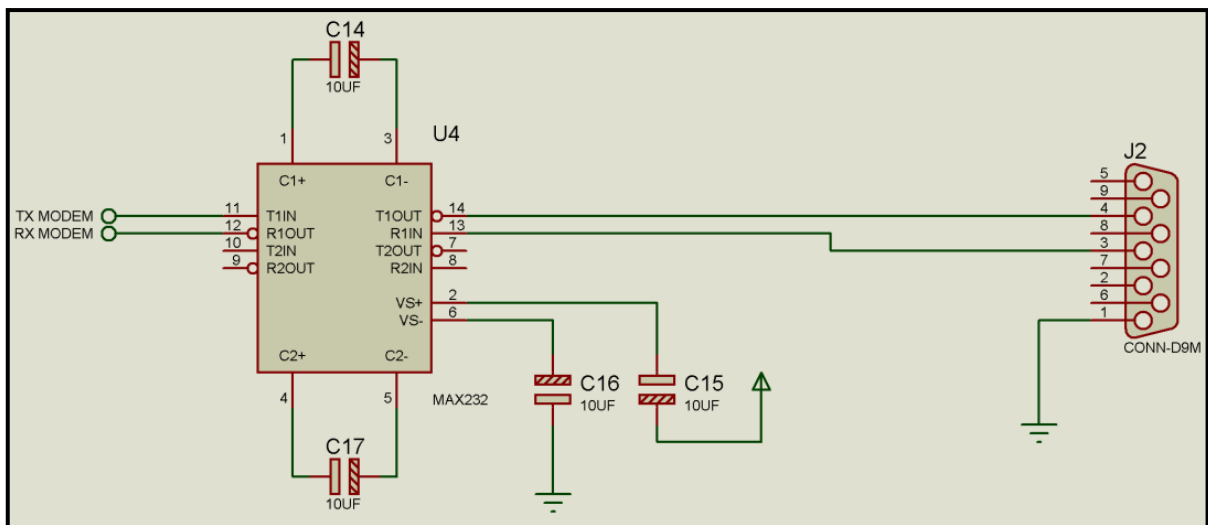


Figura 4.1.2. Despiece del diagrama electrónico

Fuente: Los Autores

La función del siguiente circuito integrado MAX232 convierte las señales de un puerto serial en señales lógicas para la comunicación que se da entre el modulo de control y la computadora.

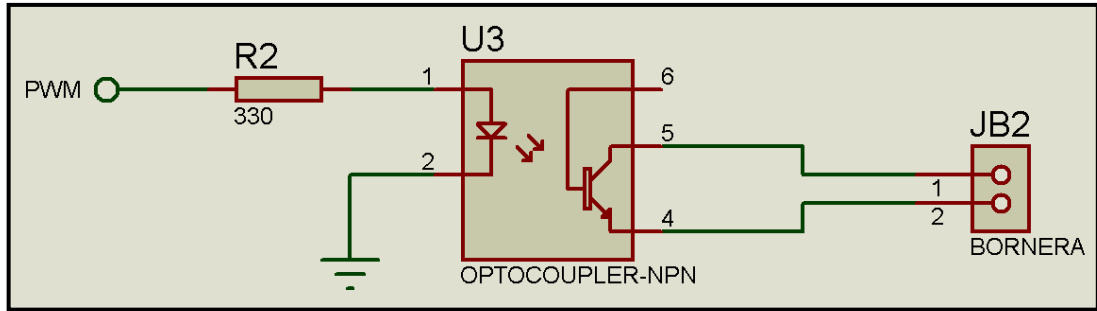


Figura 4.1.3. Despiece del diagrama electrónico
Fuente: Los Autores

En este circuito se nos muestra la conexión del transistor NPN U3 desde la bornera JB2 mediante cable solido y la salida del diodo del transistor tiene una resistencia R2.

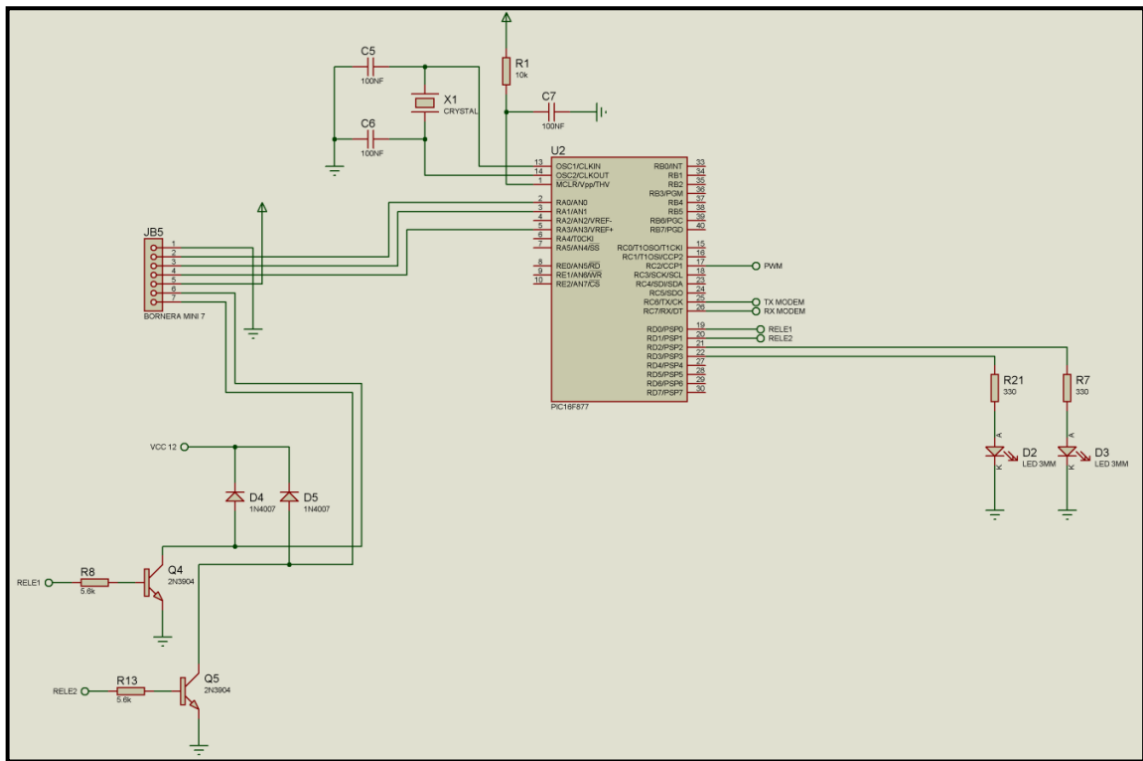


Figura 4.2. Diagrama electrónico del sistema desplegado
Fuente: Los Autores

En este diagrama podemos mirar la conexión del microcontrolador PIC16F877 el cual es en encargado de los diferentes mandos que se da al sistema de dirección eléctrica.

4.1.2.- CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO IMPRESO.

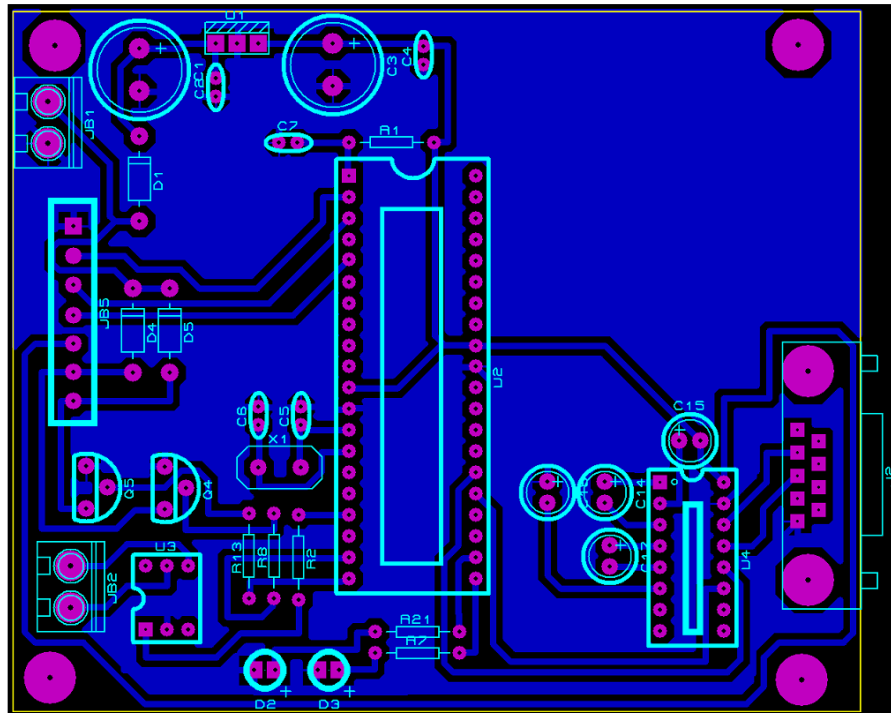


Figura 4.3. Diagrama de circuito Impreso
Fuente: Los autores (plaqueta de circuito impreso)

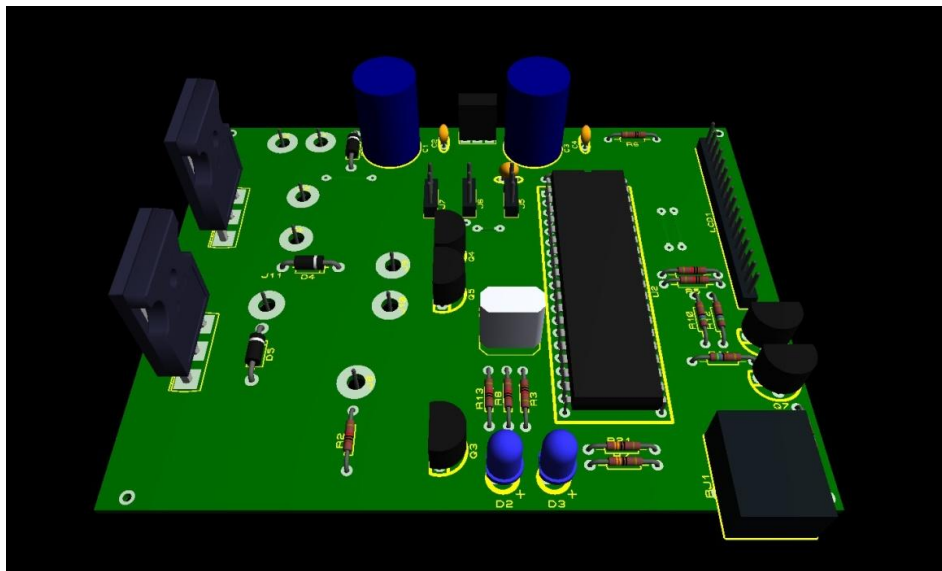


Figura 4.4. Diagrama de circuito impreso en 3D
Fuente: Los autores (plaqueta de circuito impreso en 3D)

4.2.- PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR.

4.2.1.- PROGRAMACIÓN DEL SIMULADOR DEL SISTEMA EN VISUAL STUDIO 6.0

Les presentamos la programación realizada para la simulación del sistema de dirección electrónica EPS:

Option Explicit

Dim RPM_x100 As Integer

Dim RPM_PI As Double

Dim RPM_ramX As Double

Dim RPM_ramY As Double

Dim FUEL_x100 As Integer

Dim FUEL_PI As Double

Dim FUEL_ramX As Double

Dim FUEL_ramY As Double

Dim TEM_x100 As Integer

Dim TEM_PI As Double

Dim TEM_ramX As Double

Dim TEM_ramY As Double

Dim SPEED_x100 As Integer

Dim SPEED_PI As Double

Dim SPEED_ramX As Double

Dim SPEED_ramY As Double

Dim CAdena As String

Dim lim_rpm As Integer

Dim ram_mm As Integer

Private Sub Presentar_new()

'////////////////////////////////////

RPM_x100 = RPM_x100 + 1

FUEL_x100 = FUEL_x100 + 1

TEM_x100 = TEM_x100 + 1

'SPEED_x100 = SPEED_x100 + 1

'TEM_x100 = 50

'FUEL_x100 = 50

'////////////////////////////////////

If RPM_x100 > lim_rpm + 5 Then RPM_x100 = lim_rpm

RPM_PI = ((RPM_x100 * 2.65) / 100) + 2.5

RPM.Picture = RPM_OLD.Picture

RPM_ramX = 2300 * Math.Cos(RPM_PI) + 2475

RPM_ramY = 2300 * Math.Sin(RPM_PI) + 2820

RPM.Line (2475, 2820)-(RPM_ramX, RPM_ramY), vbRed

RPM.Line (2475 + 40, 2820)-(RPM_ramX, RPM_ramY), vbRed

RPM.Line (2475 - 40, 2820)-(RPM_ramX, RPM_ramY), vbRed

RPM.Line (2475, 2820 + 40)-(RPM_ramX, RPM_ramY), vbRed

RPM.Line (2475, 2820 - 40)-(RPM_ramX, RPM_ramY), vbRed

'////////////////////////////////////

If FUEL_x100 > 81 Then FUEL_x100 = 78

FUEL_PI = ((FUEL_x100 * 1.4) / 100) + 4

FUEL.Picture = FUEL_OLD.Picture

FUEL_ramX = 1400 * Math.Cos(FUEL_PI) + 1800

FUEL_ramY = 1400 * Math.Sin(FUEL_PI) + 2490

FUEL.Line (1800, 2490)-(FUEL_ramX, FUEL_ramY), vbRed
FUEL.Line (1800 + 40, 2490)-(FUEL_ramX, FUEL_ramY), vbRed
FUEL.Line (1800 - 40, 2490)-(FUEL_ramX, FUEL_ramY), vbRed
FUEL.Line (1800, 2490 + 40)-(FUEL_ramX, FUEL_ramY), vbRed
FUEL.Line (1800, 2490 - 40)-(FUEL_ramX, FUEL_ramY), vbRed

'////////////////////////////////////

If TEM_x100 > 55 Then TEM_x100 = 53

TEM_PI = ((TEM_x100 * 1.4) / 100) + 4

TEM_ramX = 1400 * Math.Cos(TEM_PI) + 3510

TEM_ramY = 1400 * Math.Sin(TEM_PI) + 3420

FUEL.Line (3510, 3420)-(TEM_ramX, TEM_ramY), vbRed
FUEL.Line (3510 + 40, 3420)-(TEM_ramX, TEM_ramY), vbRed
FUEL.Line (3510 - 40, 3420)-(TEM_ramX, TEM_ramY), vbRed
FUEL.Line (3510, 3420 + 40)-(TEM_ramX, TEM_ramY), vbRed
FUEL.Line (3510, 3420 - 40)-(TEM_ramX, TEM_ramY), vbRed

'////////////////////////////////////

If SPEED_x100 > 100 Then SPEED_x100 = 100

SPEED_PI = ((SPEED_x100 * 3.5) / 100) + 2.6

SPEED.Picture = SPEED_OLD.Picture

SPEED_ramX = 3100 * Math.Cos(SPEED_PI) + 3360

SPEED_ramY = 3100 * Math.Sin(SPEED_PI) + 3500

SPEED.Line (3360, 3500)-(SPEED_ramX, SPEED_ramY), vbRed
SPEED.Line (3360 + 40, 3500)-(SPEED_ramX, SPEED_ramY), vbRed

```

    SPEED.Line (3360 - 40, 3500)-(SPEED_ramX, SPEED_ramY), vbRed
    SPEED.Line (3360, 3500 + 40)-(SPEED_ramX, SPEED_ramY), vbRed
    SPEED.Line (3360, 3500 - 40)-(SPEED_ramX, SPEED_ramY), vbRed
'////////////////////////////////////
    End Sub
Private Sub Form_Load()

    Timer1.Enabled = True
    Timer1.Interval = 100
    RPM_PI = 2.5

    Timer2.Enabled = True
    Timer2.Interval = 200

    MSComm1.CommPort = 4
    MSComm1.Settings = "9600,N,8,1"
    MSComm1.InputLen = 0
    MSComm1.PortOpen = True
    MSComm1.RThreshold = 1
    MSComm1.SThreshold = 1
End Sub
Private Sub Image2_Click()
If SPEED_x100 <= 100 Then
    SPEED_x100 = SPEED_x100 + 1
    MSComm1.Output = Chr(SPEED_x100)
End If
If SPEED_x100 < 20 Then
    lim_rpm = 10
End If
If SPEED_x100 > 21 Then
    lim_rpm = 30
End If

```

```

If SPEED_x100 > 50 Then
    lim_rpm = 50
End If
If SPEED_x100 > 65 Then
    lim_rpm = 80
End If
End Sub
Private Sub Image3_Click()
If SPEED_x100 >= 1 Then
    SPEED_x100 = SPEED_x100 - 1
    MSComm1.Output = Chr(SPEED_x100)
End If
If SPEED_x100 < 20 Then
    lim_rpm = 10
End If
If SPEED_x100 > 21 Then
    lim_rpm = 30
End If
If SPEED_x100 > 50 Then
    lim_rpm = 50
End If
If SPEED_x100 > 65 Then
    lim_rpm = 80
End If
End Sub

Private Sub SPEED_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single,
y As Single)
SPEED.Picture = SPEED_OLD.Picture
Form1.BackColor = SPEED.Point(x, y)

Text1.Text = x

```

```

Text2.Text = y
'RPM.Line (2475, 2820)-(570, 3975), vbRed
SPEED.Line (1800, 2445)-(x, y), vbRed
SPEED.Line (1800 + 20, 2445 - 10)-(x, y), vbRed
SPEED.Line (1800 - 20, 2445 - 10)-(x, y), vbRed
End Sub
Private Sub Image1_Click()
    Unload Form1
End Sub
Private Sub Timer1_Timer()
    Presentar_new
End Sub
Private Sub Timer2_Timer()
Dim a As Integer
Dim cant As Integer
    CAдена = MSComm1.Input
    If Len(CAдена) > 0 Then
        Texto.Text = Texto.Text & CAдена & vbCrLf
        Texto.SelStart = Len(Texto.Text)
    End If
End Sub

```

4.2.2.- ELEMENTOS DEL SIMULADOR DEL SISTEMA EN VISUAL STUDIO 6.0

En el presente proyecto estamos utilizando Visual Studio 6.0 para la simulación del sistema de dirección electrónica EPS, les indicaremos la pantalla que se muestra en la simulación y explicaremos cada uno de sus elementos y sus funciones para que se tenga una idea más clara y sencilla de cómo trabajar el programa desde el computador.

- Ingresamos al sistema de Visual Studio y corremos el simulador en Proteus:

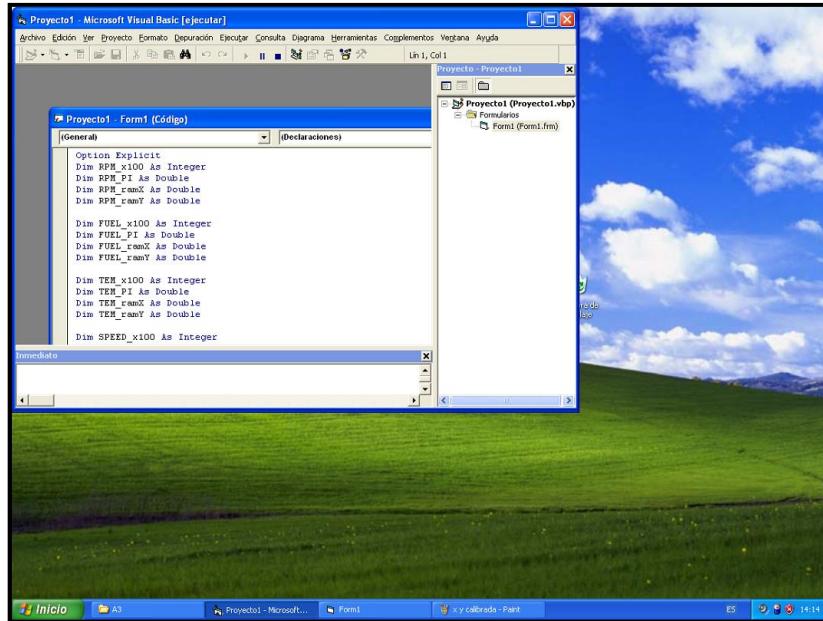


Figura 4.5. Ingreso a visual studio 6.0

Fuente: Los autores (visual studio)

- Se nos despliega la siguiente pantalla que representa la simulación del sistema

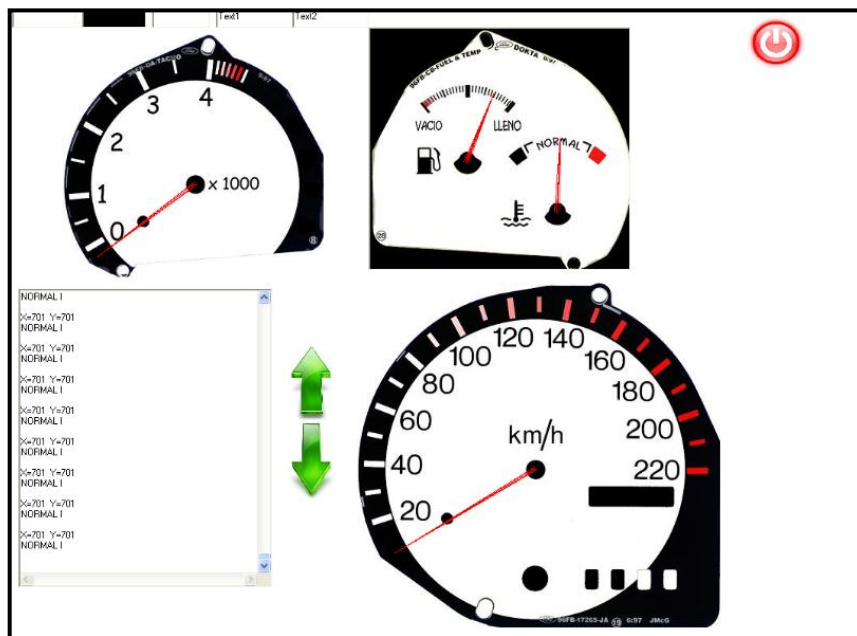


Figura 4.6. Pantalla simulador del sistema

Fuente: Los autores (programa simulador)

- Uno de los elementos de la pantalla del simulador es el tacómetro tiene un funcionamiento normal y únicamente nos va indicando una simulación de las revoluciones del motor.

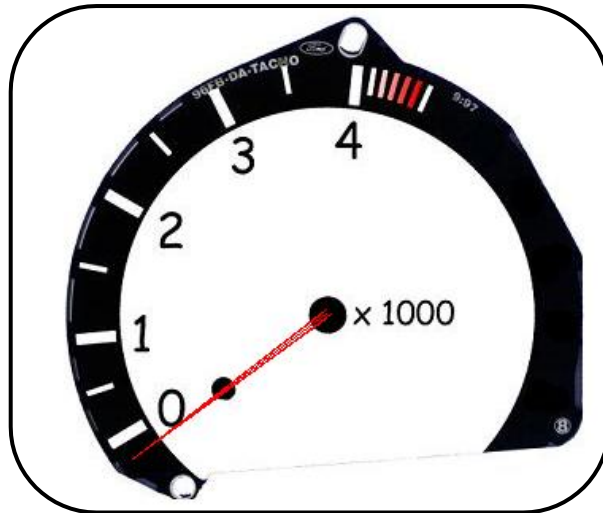


Figura 4.7. Elemento simulador del sistema tacómetro

Fuente: Los autores (programa simulador)

- Otro de los elementos de la pantalla del simulador nos muestra de igual manera una simulación de la temperatura del motor y la cantidad de combustible del vehículo.



Figura 4.8. Elemento simulador del sistema temperatura y combustible

Fuente: Los autores (programa simulador)

- Otro de los elementos del simulador es el velocímetro este ítem es muy importante ya que es controlado de forma manual por las flechas que se encuentran a su izquierda, nosotros damos la velocidad a lo que gira el vehículo y se va comprobando la asistencia del sistema de dirección ya que mientras más alta sea la velocidad menor será la asistencia del sistema y viceversa.

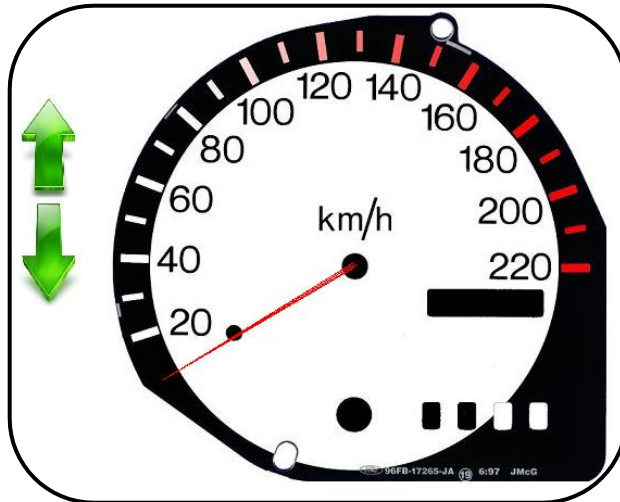


Figura 4.9. Elemento simulador del sistema velocímetro

Fuente: Los autores (programa simulador)

6.- También tenemos un cuadro que nos muestra la calibración del sistema.

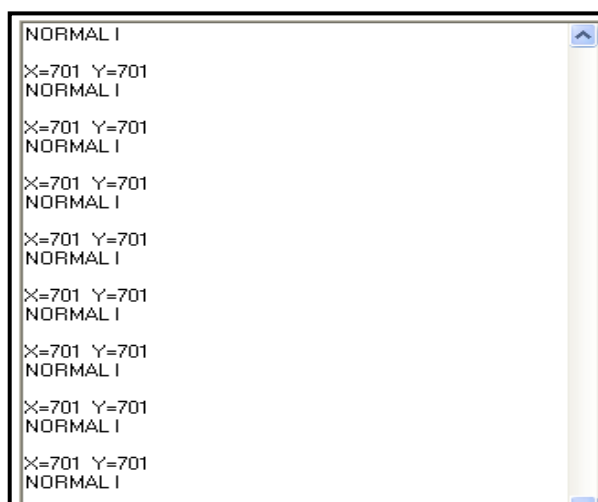


Figura 4.10. Elemento de calibración del simulador

Fuente: Los autores (programa simulador)

4.3.- CALIBRACIÓN DEL SISTEMA EPS

La calibración del sistema se debe realizar centrando los potenciómetros de la columna de la DIRECCIÓN hasta que se de un valor estable entre los rangos X y Y la siguiente es una muestra del sistema descalibrado y como se muestra en la simulación:

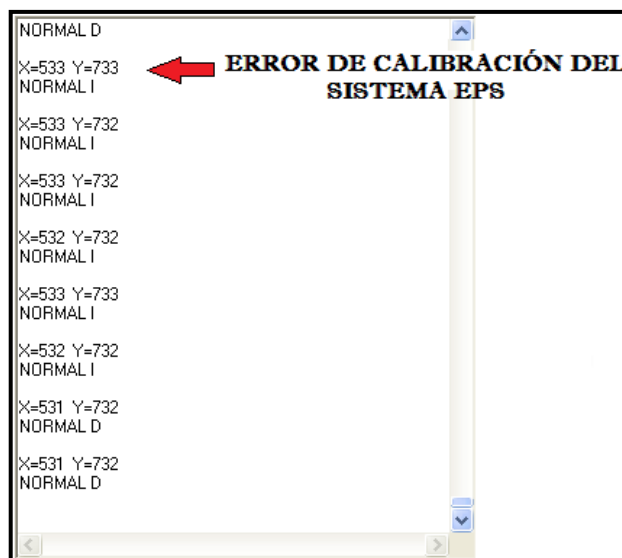
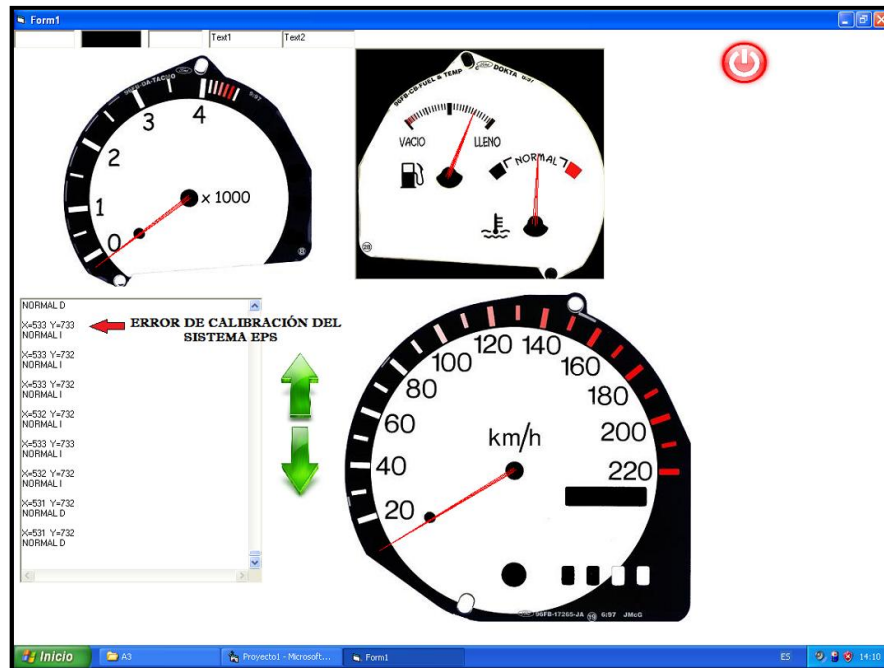


Figura 4.11. Diagrama del sistema descalibrado

Fuente: Los autores (programa simulador)

Para la calibración del sistema se deben mover poco a poco las poleas que se encuentran conectadas a los potenciómetros hasta hallar el valor aproximado entre los rangos X y Y del sistema simulador:

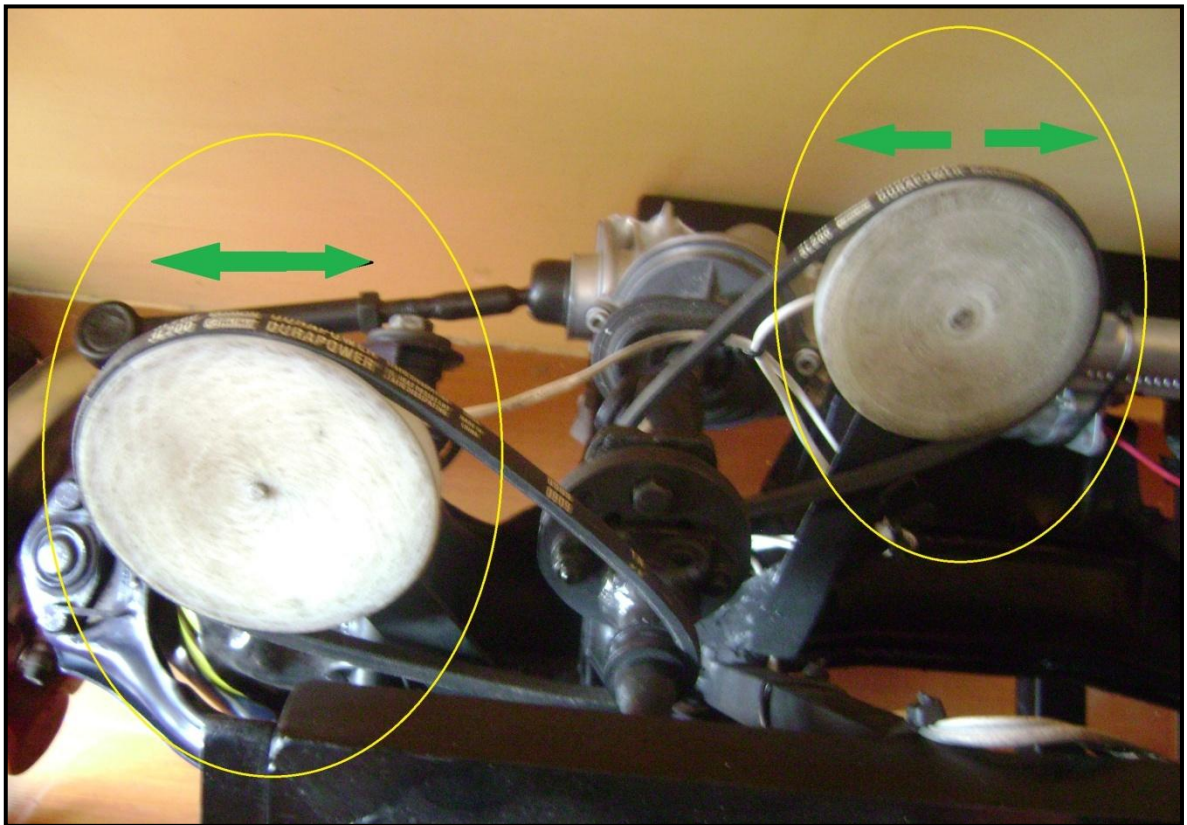


Figura 4.12. Proceso de calibración del sistema

Fuente: Los autores (maqueta)

Como se muestra en la figura se deben mover las poleas una por una con movimientos leves verificando siempre la simulación en el computador para cuadrando los valores de X y Y hasta que llegues a un valor aproximado de 700 pueden variar hasta una tolerancia de 5 a 8 pero no más cuando se encuentren los valores de X y Y en los datos deseados el sistema se calibra y por ende la columna, el volante quedan centrados.

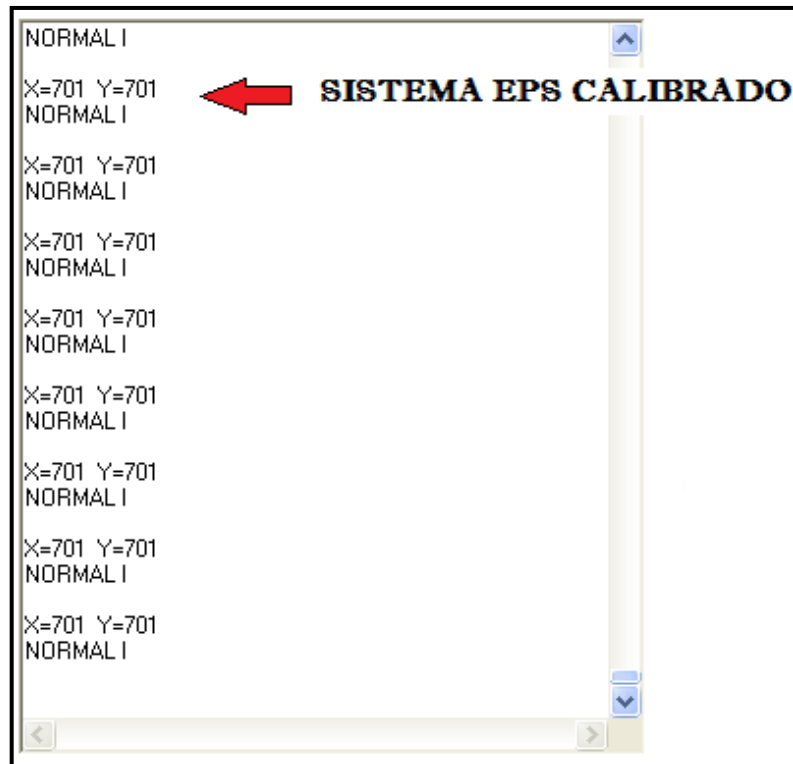
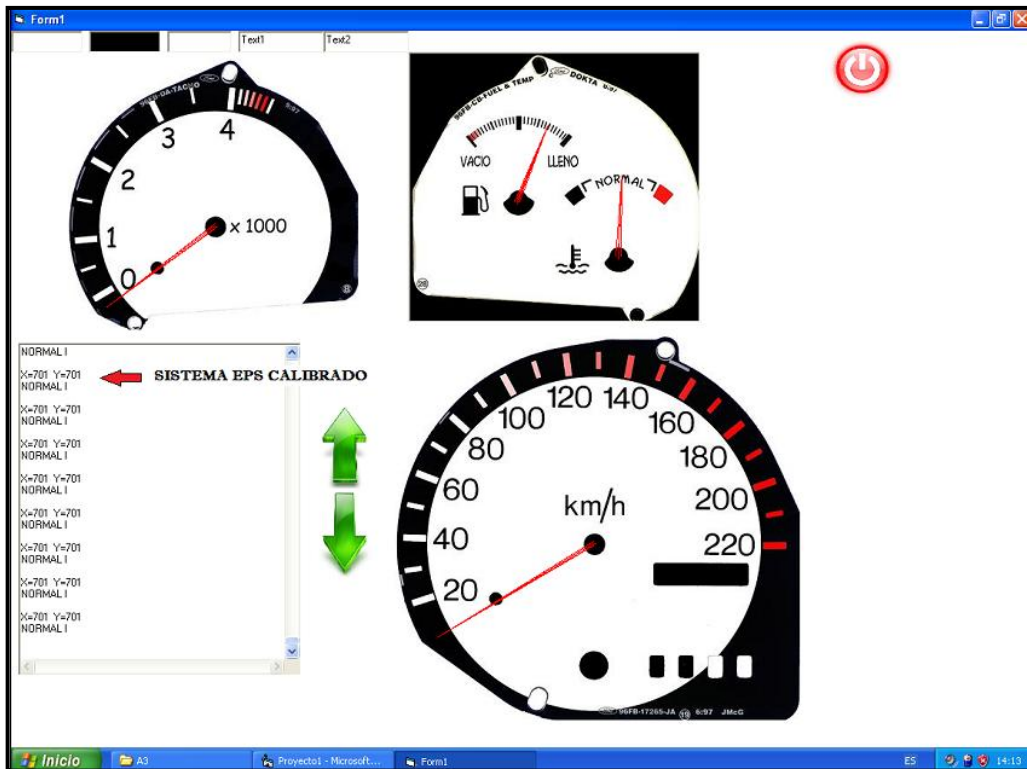


Figura 4.13. Diagrama del sistema calibrado.

Fuente: Los autores (programa simulador)

4.3.1.- DETALLE DE FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO.

La presente maqueta es muy fácil de utilizar, tenemos una placa que representa al modulo de control de la dirección que va conectado mediante un cable serial que es el que transmite la información del programa simulador al modulo para dar el mando a la dirección, la simulación nos muestra el porcentaje de asistencia del motor eléctrico en la dirección a diferentes velocidades del vehículo, las velocidades son controladas manualmente por el usuario directamente en el programa, al final les mostraremos los elementos utilizados en la realización de la maqueta.

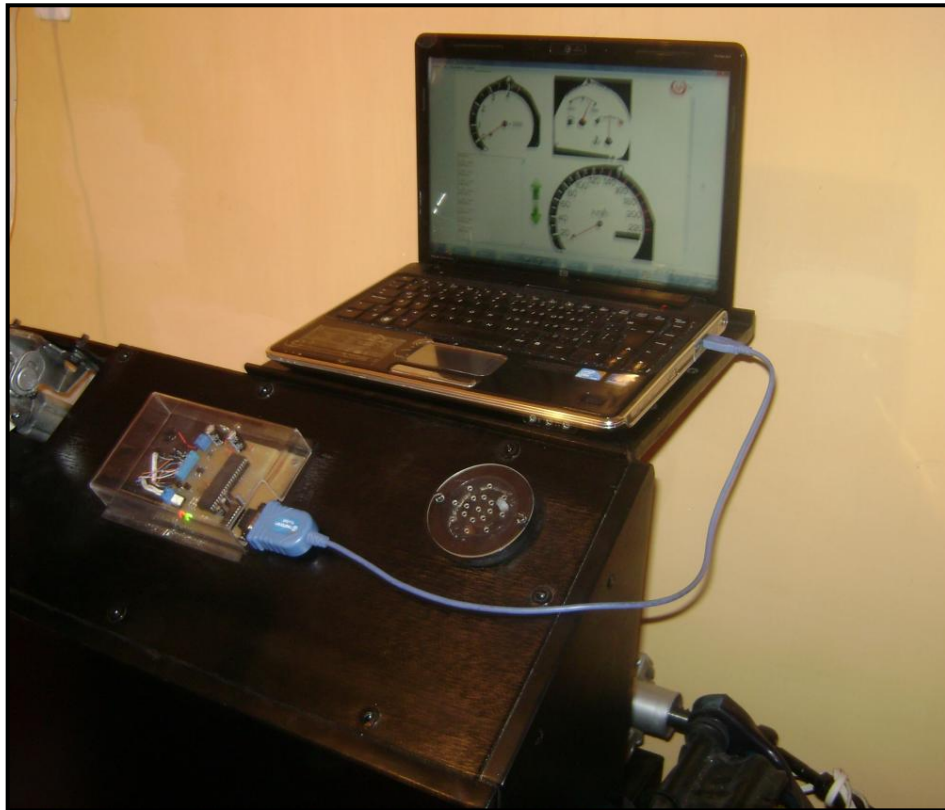


Figura 4.14. Maqueta de dirección asistida.

Fuente: Los autores (maqueta)

4.3.2.- ELEMENTOS DE LA MAQUETA DE SISTEMA DE DIRECCIÓN ASISTIDA CON CONTROL ELECTRÓNICO EPS.

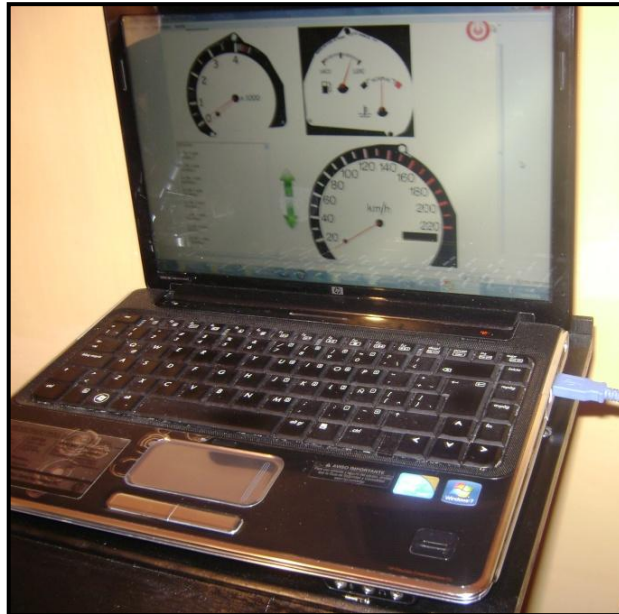


Figura 4.15. Computador “Programa simulador”.

Fuente: Los autores (maqueta)



Figura 4.16. Motor eléctrico del sistema de dirección.

Fuente: Los autores (maqueta)

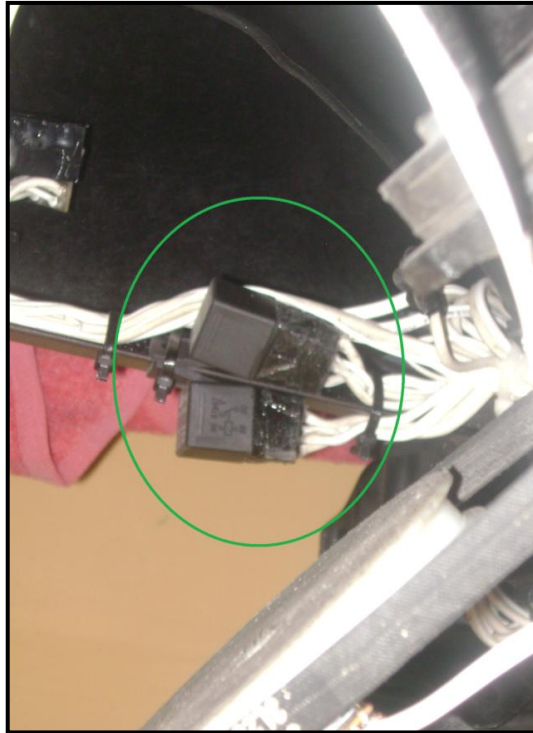


Figura 4.17. Relés automotrices.

Fuente: Los autores (maqueta)



Figura 4.18. Poleas conectadas a un potenciómetro.

Fuente: Los autores (maqueta)



Figura 4.19. Batería.

Fuente: Los autores (maqueta)



Figura 4.20. Placa del circuito controlador del sistema.

Fuente: Los autores (maqueta)



Figura 4.21. Sistema de suspensión y columna de la dirección.

Fuente: Los autores (maqueta)

CONCLUSIONES:

- Se construyó un sistema de dirección eléctrica EPS, para identificar componentes tanto mecánicos como electrónicos y su funcionamiento en el sistema, para poder construir un simulador que se adapte a las condiciones de estudio requeridas.
- Se establecieron parámetros de funcionamiento, y posibles códigos de falla que se originan en el sistema, por mal funcionamiento del motor eléctrico, averías en los sensores de par, sensor de posición y tarjeta electrónica.
- Se diseñó en proteus para simular las diferentes señales que ingresan al módulo de control para el funcionamiento del sistema.
- Se verificó que el sistema de dirección EPS ahorra en consumo de combustible en relación a sistemas de dirección hidráulicas por ende es una dirección ecológica, ya que produce menos emisiones de CO.
- Los sistemas de dirección para los vehículos han evolucionado desde la aparición de los mismos, desde manubrios mecánicos, pasando por desmultiplicaciones por tirantearía, sistemas hidráulicos, hasta llegar a los sistemas electrónicos que actualmente se utilizan en los vehículos más modernos.
- Los sistemas de dirección con asistencia electrónicamente EPS presentan numerosas ventajas, como simplicidad pues el sistema es mono bloque y elimina elementos como bomba y tuberías, colabora con el ahorro de combustible pues gestiona mucho mejor el carburante hasta un 0,3 litros por kilometro menos pues se eliminan las bandas elementos de arrastre, y la asistencia trabaja únicamente cuando es necesario, utiliza la corriente de la batería, solo cuando el conductor gira el volante.
- Con respecto al medio ambiente este sistema permite al vehículo disminuir las emisiones contaminantes, suprime la utilización de aceite hidráulico, el sistema EPS es más preciso pues este funciona de acuerdo al régimen de trabajo del vehículo y por ser de naturaleza electrónica el sistema funciona con un calculador que hace que la asistencia sea exacta.
- El nivel de asistencia varía según varios parámetros, particularmente en función de la velocidad del vehículo, es decir máxima asistencia a

bajas velocidades como para parquear el vehículo y una mínima asistencia a altas velocidades esto asegura que el conductor no pierda sensibilidad en el volante a una velocidad elevada.

- Las direcciones EPS, utilizan la corriente de la batería como energía de trabajo y solo funciona si el motor del vehículo está en funcionamiento.
- El esfuerzo aplicado al volante normalmente sirve para transmitir el giro a las ruedas en los sistemas mecánicos, con los sistemas EPS este esfuerzo es medido por un captador de par, esta medición es transmitida a un módulo de control EPSCM que controla el motor eléctrico de asistencia y este suministra al motor de asistencia una corriente en función principalmente del esfuerzo aplicado al volante, de la velocidad del vehículo y del régimen del motor del vehículo.
- La información es registrada en el módulo de control en una cartografía de datos, esto determina la cantidad de corriente que debe ser suministrada al motor de asistencia.
- La asistencia aumentará a medida que aumente el esfuerzo aplicado al volante y disminuirá a medida que aumente la velocidad del vehículo. Con esta información el módulo de control aporta un término complementario que se añade a la asistencia principal para confort del conductor con las siguientes funciones, amortiguación y ayuda al retroceso, estas funciones hacen que a baja velocidad el módulo de control aporte movimiento de retroceso al punto neutral y a altas velocidades genera un par contrario al movimiento del volante para evitar pasar el punto neutral por la inercia del motor de asistencia.
- El módulo de control vigila permanentemente la coherencia de las señales que recibe y de las operaciones que efectúa. En caso de fallo de una de ellas el módulo de control pasa a modo de emergencia.
- El sistema en tiempo real establece el suministro de asistencia de acuerdo con las leyes residentes del módulo de control, las fallas pueden ser de naturaleza diferente como falta de información, defecto de un sensor, falta de coherencia de las informaciones.

- El calculador determina si el fallo es puntual o repetitivo y según la naturaleza de la avería el modo de emergencia puede determinar una disminución de la asistencia o una asistencia nula esto dependiendo de la gravedad del incidente.
- El sistema de asistencia EPS es más inteligente, menos consumidora de energía, más económica, más compacta y más fiable, estas son razones que hacen pensar que la solución eléctrica constituye el futuro de la dirección asistida.
- El sistema de asistencia de dirección electrónica, se diferencia de sus antecesores en la utilización de un tipo diferente de sensor de par (tipo potenciómetro), las otras características son muy similares a las de los otros sistemas, la ubicación del sensor de par se encuentra en la columna de dirección mediante la utilización de una barra de torsión, unida a dos potenciómetros en sus extremos determina el par ejercido en el volante.
- Las señales de velocidad del motor y velocidad del vehículo vienen dadas de la ECM y el sensor de velocidad del vehículo ubicado en el eje secundario de la caja de cambios, respectivamente.

RECOMENDACIONES:

- Para la utilización del simulador se debe instalar el programa visual studio 6.0 en un computador que posea Windows XP, de no tenerlo se debe instalar un Windows virtual para poder correr el programa.
- En la conexión de la alimentación del prototipo tener cuidado con la polaridad de los cables, para evitar cortocircuitos o daños a la placa de control.
- Antes de la utilización de la maqueta tener cuidado con la calibración de los sensores de posición para evitar sobrecalentamiento en la placa de potencia que controla el funcionamiento del motor eléctrico.
- Al terminar la utilización del simulador dejar la posición de la cremallera en el centro para evitar sobre esfuerzo del motor eléctrico y posibles fallas que se puedan dar en este.

BIBLIOGRAFÍA

- ARIAS Paz. Manual de Automóviles 44^o Edición
- HERMOGENES, Gil. Manual CEAC del Automóvil, Grupo Editorial Ceac, Barcelona, 2003
- CROUSE, William, ANGLIN, Donald, Puesta a Punto y Rendimiento del motor, Editorial Alfaomega, México, 2002
- CASCAJOSA, Manuel, Ingeniería de vehículos, Editorial Alfaomega, México 2005
- MUÑOZ, Francisco, Cálculo Teórico, Práctico de los Elementos y Grupos del Vehículo Industrial y Automóvil, Editorial Dossat, Madrid 1974.
- SANZ GONZALES, Angel, Tecnología de la Automoción 2.3, Editorial Bruño- Edebe, Barcelona 1981.
- Hyundai Service training, Dirección Electrónica Asistida de Columna, 2006
- Hyundai Motor Company, Manual de Taller tomo 2. 2006. Korea
- Hyundai Motor Company, Manual de Fallas Eléctricas, 2006, Korea
- MDPS (Motor Driven Power Steering) Chonan Technical Service Training Center.
- BEER, Ferdinand, JOHNSTON, Russell, Mecánica de Materiales, Tercera Edición, Editorial Mc Gran Hill, 2004
- HIBBELER, Russell, Análisis Estructural, Tercera Edición, México, 1997

Bibliografía en Internet

- WIDEBER, Johan. Automoviles- Dirección. 2005, disponible en: www.esi2.us.es/GT/automoviles/pdf2005-06/Clase2-DIRECCIÓN.pdf
- Sistema de dirección- Dirección asistida, 2007, disponible en : <http://www.mecanicavirtual.org/DIRECCIÓN-asistida-hidra.htm>
- GAYARROLA Jorge, Dirección Asistida, 1999, disponible en: [www.escuelaindustrial.cl/ notes/Sist DIRECCIÓN%20asistida.pdf](http://www.escuelaindustrial.cl/notes/Sist_DIRECCIÓN%20asistida.pdf)

- BARRERA, Juan Carlos, Dirección Asistida Eléctricamente y Sistema ESP, 2006, disponible en : www.mecanicavirtual.org/DIRECCIÓN-asistida-electrica-y-control-de-estabilidad.ppt
- Sistema de dirección- Dirección electromecánica de asistencia variable, 2007, disponible en : www.mecanicavirtual.org/DIRECCIÓN-asistida-electr.htm.
- Sistema de dirección, Geometría de la dirección, disponible en: C:\Users\user\Desktop\compu desktop\pag. eps\Dirección, geometría y alineacion.mht
- Sistema de aparcamiento asistido, disponible en: C:\Users\user\Desktop\compu desktop\pag. eps\Sistema de Aparcamiento Asistido.mht.

ANEXOS

ANEXO A: MANUAL DE USUARIO

Prototipo de sistema de dirección asistida con control electrónico EPS

Introducción:

La parte culminante del proyecto y la razón de ser del mismo, consiste en que la investigación realizada y la maqueta que hemos diseñado se conviertan en una herramienta de aprendizaje de los sistemas de dirección asistida EPS, que cualquier estudiante o profesional del área automotriz encuentren en este equipo un instrumento útil para la realización de prácticas de entrenamiento y conocimiento de las partes.

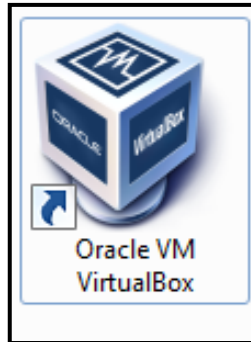
La Guía de Práctica es un documento orientador que permite unificar criterios básicos para la planificación y organización en nuestro proyecto, para el aprendizaje de los sistemas de dirección asistida electrónicamente, durante el proceso de formación de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz.

Se comenzara con la explicación de cómo ingresar al programa simulador y su funcionamiento, su forma de calibrarlo y todas las conexiones que se deben realizar para su funcionamiento.

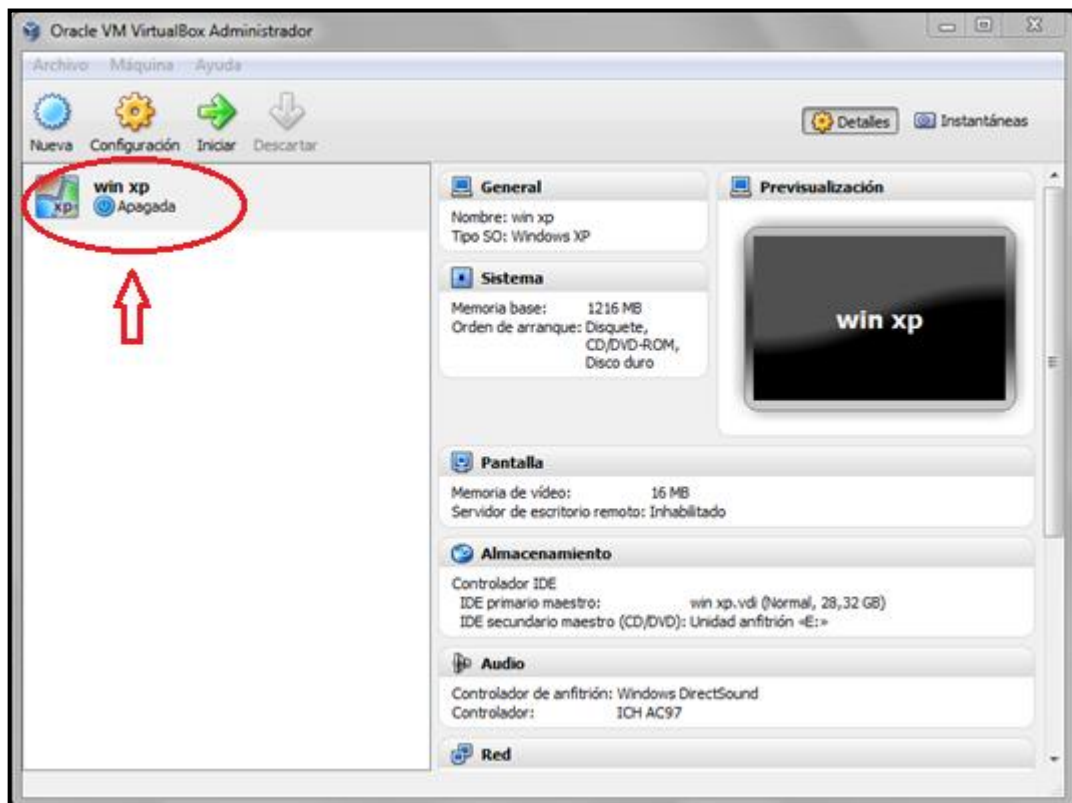
Procedimiento:

Como primer punto debemos ingresar al programa generado en visual studio 6.0, este programa se ejecuta en computadores con Windows XP, pero para nuestra presentación contamos con un computador que posee un Windows 7, para lo cual hemos instalado un programa que simula una entrada a Windows XP, el ingreso al programa es muy sencillo y se detalla a continuación:

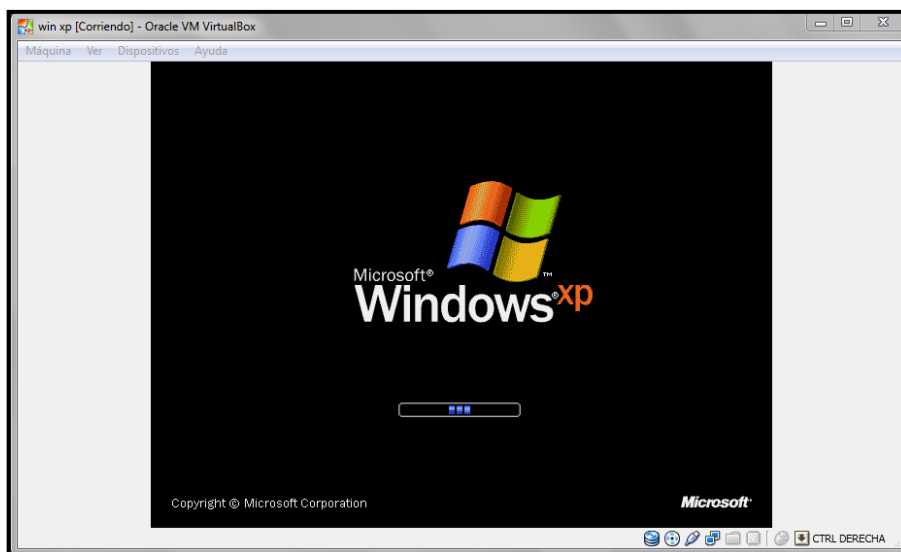
Se realiza doble clic en este icono para correr el programa simulador de Windows XP.



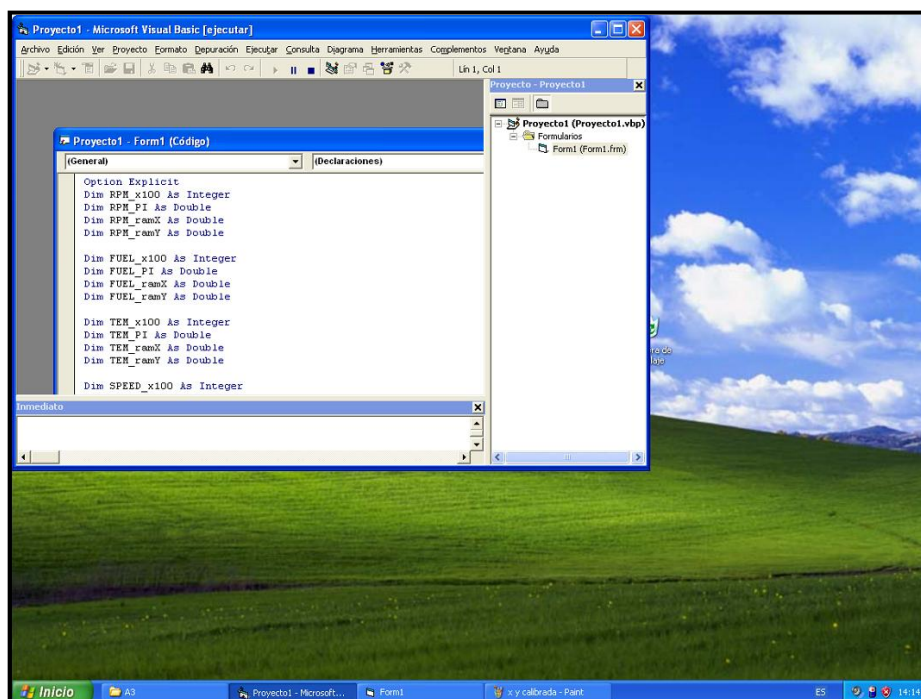
Se desplegará una pantalla como la detallada a continuación en la cual debemos seleccionar en el icono que nos dice **win xp** (Apagada), se realiza doble clic y automáticamente el programa correrá.



Aparecerá una pantalla donde se verifica que se está abriendo Windows XP, y tendremos que esperar hasta que se ejecute completamente.

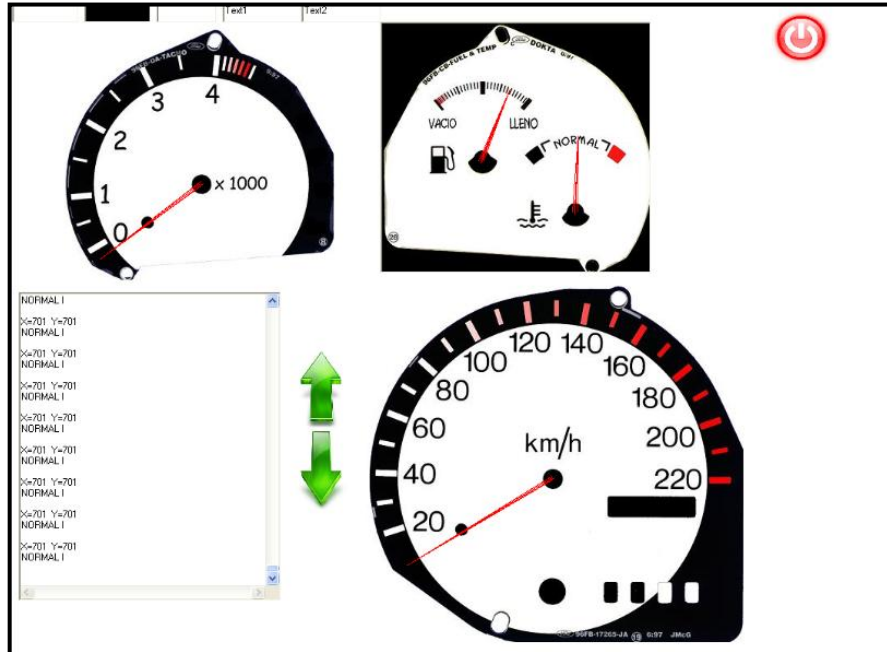


Luego una vez que ya se encuentre ejecutado el programa se procede a abrir el documento de visual studio 6.0, se nos desplegará una pantalla como la que se muestra a continuación:



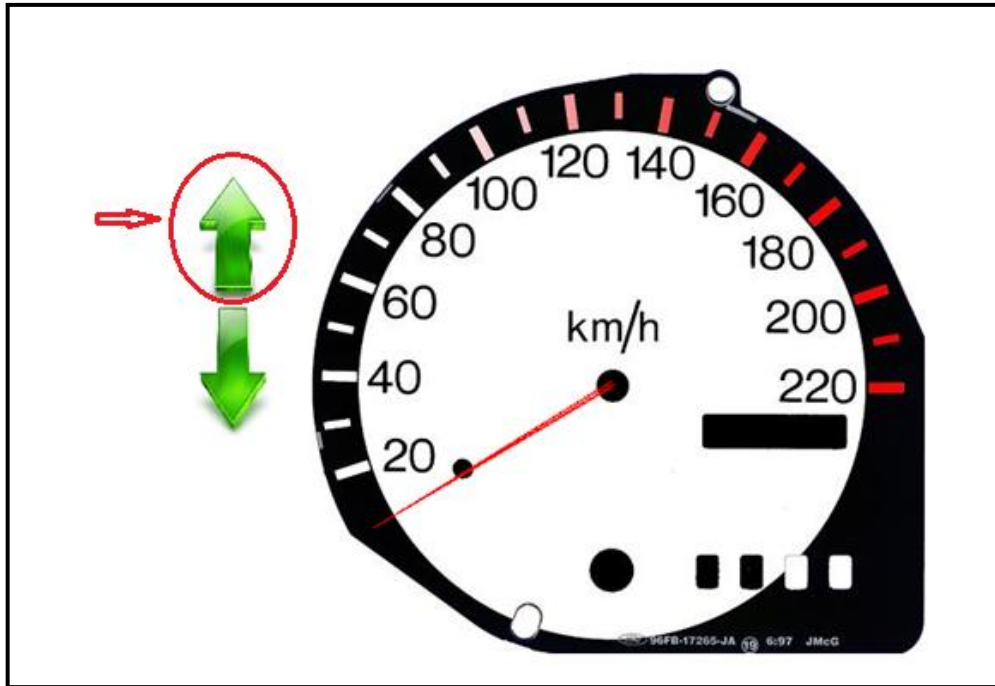
Cuando se encuentre abierto el programa lo ejecutados y aparecerá una pantalla como la siguiente figura, se trata de nuestra simulación y es la que controlara el

sistema, y controlara todas las ordenes que se den desde el computador hacia el modulo de control de la maqueta de la direcci3n.

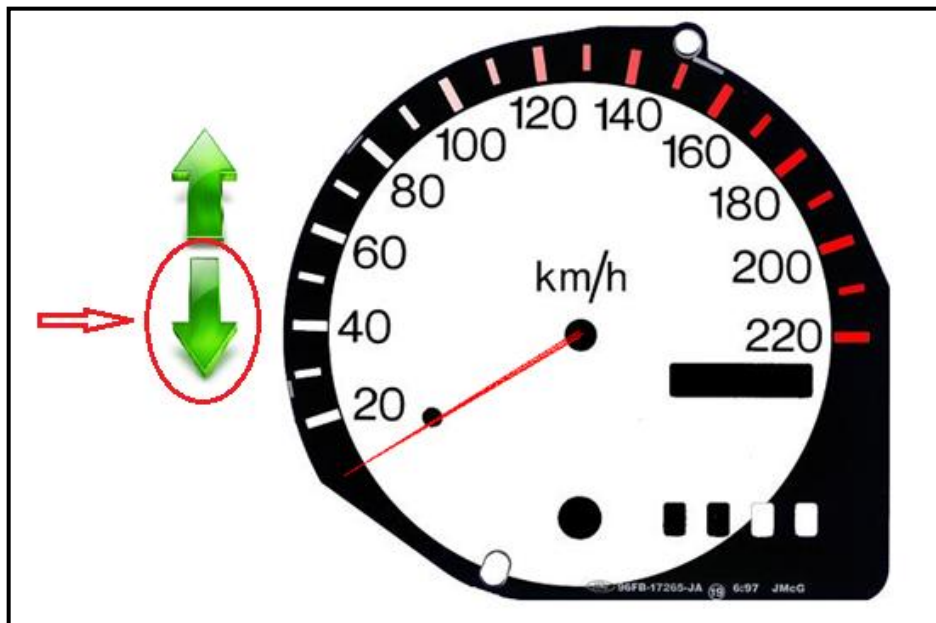


El m1s importante es el control del veloc3metro ya que este nos simula la velocidad a la que circula el veh3culo y por ende la asistencia que se da en la direcci3n, tenemos dos funciones en el control del veloc3metro la primera es la de proporcionar la velocidad necesaria para verificar la asistencia del motor el3ctrico en la direcci3n, tenemos que tener en cuenta que a menor velocidad la asistencia ser1 de casi el 100% al igual que cuando este detenido la asistencia ser1 completa pero del mismo modo cuando la velocidad del veh3culo siga aumentando la asistencia seguir1 bajando y por ende la direcci3n se har1 m1s dura, hasta que llegue a un punto donde a velocidades muy altas no se de la asistencia del motor el3ctrico hacia la direcci3n.

En nuestro programa simulador nosotros variamos la velocidad del veh3culo mediante clic que se le da al veloc3metro, para aumentarlo se le da clic en la siguiente flecha como muestra la figura, y se sentir1 como la direcci3n se hace m1s dura ya que su asistencia va bajando mientras aumenta la velocidad:



De igual manera para bajar la velocidad del vehículo realizaremos clics en la flecha indicada como muestra la figura y notaremos que la asistencia va aumentando y la dirección se torna más suave:

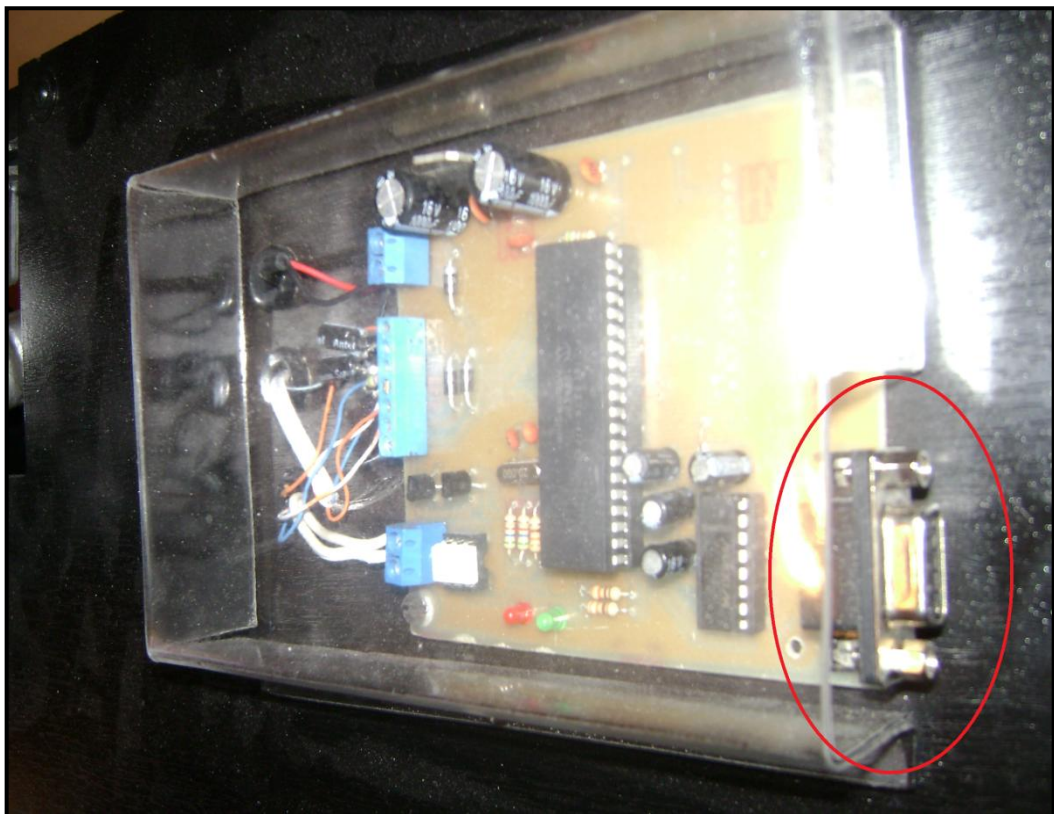


De esta manera se realiza la práctica para verificar el funcionamiento de la dirección eléctrica EPS, tenemos que tener en cuenta que para realizar la prueba

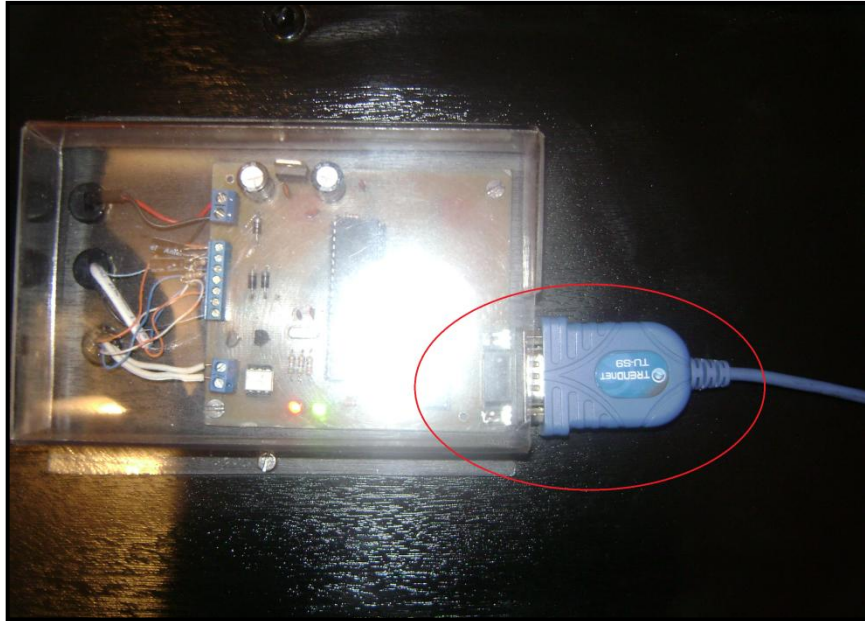
la maqueta se debe encontrar calibrada para no tener errores, la calibración se detalla en el capítulo IV paso por paso.

Hemos detallado como se usa el simulador del sistema de dirección eléctrica, pero ahora se detallara las conexiones entre el computador y la maqueta.

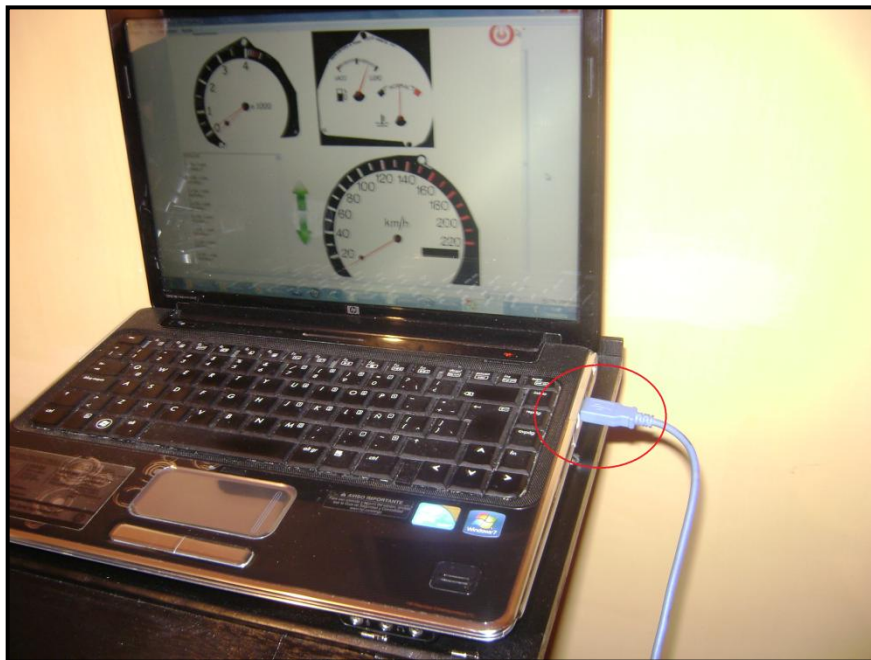
Primero debemos conectar el cable serial al modulo de control de la dirección, para que se realice la comunicación digital entre los dos procesadores, esta conexión nos permite visualizar el programa simulador en el computador y también si el sistema se encuentra calibrado o no:



En la figura se puede observar la forma correcta de conectar el cable serial al modulo de control de la dirección:



El otro extremo del cable debe ser conectado al computador es una conexión USB, que se puede conectar en cualquier entrada del computador:





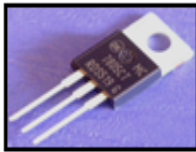

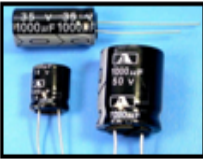

Aquí se muestra la correcta conexión entre el modulo de control y el computador con el programa simulador en marcha:





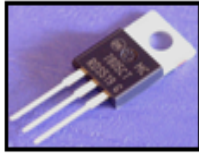

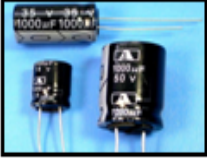

Les hemos mostrado la correcta conexión entre el sistema y el computador y la manera correcta de utilizar el programa simulador, esperamos que sea de mucha ayuda esta información y la maqueta didáctica para todos los que utilicen este sistema, para que conozcan las partes y funcionamiento de cada elemento de nuestro prototipo.

**ANEXO B: PRUEBAS DE TENSIÓN Y CORRIENTE DEL SISTEMA
“EPS”**

Los valores tomados fueron con la asistencia del motor al 100%:

ASISTENCIA AL 100%				
DESCRIPCIÓN	ELEMENTO	TENSIÓN	CORRIENTE	OBSERVACIÓN
MOTOR DC		12 V	58 Amp	Realiza la asistencia la sistema EPS para su funcionamiento
PIC 16F877		5 V	2,3 Amp	Guarda la programación del simulador para el control del sistema EPS.
REGULADOR DE VOLT. 7805		5 V	1 Amp	Regula el voltaje que ingresa al sistema de 12 V a 5V.
POTENCIÓMETRO		5 V		Trabaja como sensor de posición para la activación del sistema.
CAPACITORES		12V		Almacenamiento de voltaje en el módulo de control.
DIODO		12 V	1 Amp	Permite el flujo de corriente en un solo sentido

Los valores tomados fueron con la asistencia al 0%:

ASISTENCIA AL 0%				
DESCRIPCIÓN	ELEMENTO	TENSIÓN	CORRIENTE	OBSERVACIÓN
MOTOR DC		0V	58 Amp	Realiza la asistencia la sistema EPS para su funcionamiento
PIC 16F877		5V	2,3 Amp	Guarda la programación del simulador para el control del sistema EPS.
REGULADOR DE VOLT. 7805		5V	1 Amp	Regula el voltaje que ingresa al sistema de 12 V a 5 V.
POTENCIÓMETRO		5V		Trabaja como sensor de posición para la activación del sistema.
CAPACITORES		12V		Almacenamiento de voltaje en el módulo de control.
DIODO		12V	1 Amp	Permite el flujo de corriente en un solo sentido

Latacunga, Enero de 2012.

AUTORES:

Paolo Roberto Álvarez Columba

Edwin Roberto Ulco Guambi

DIRECTOR DE CARRERA:

Ing. Juan Castro Clavijo

UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTRO:

Dr. Rodrigo Vaca