

DISEÑO DE UN PROTOTIPO “CITY SAFETY VOLVO CAR” AUTO FRENADO PARA UN AUTOMOVIL

YEINS AMERICO AGUALIMPIA COPETE

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE TECNOLOGIAS  
TECNOLOGIA MMECANICA  
PEREIRA  
2017

DISEÑO DE UN PROTOTIPO “CITY SAFETY VOLVO CAR” AUTO FRENADO PARA UN AUTOMOVIL

YEINS AMERICO AGUALIMPIA COPETE

Proyecto de grado para optar al título de tecnólogo Mecánico.

Director  
Wilson Pérez Castro  
Ing. Mecatrónica

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE TECNOLOGIAS  
TECNOLOGIA MMECANICA  
PEREIRA  
2017

## CONTENIDO

	Pág.
CONTENIDO DE TABLAS.....	5
CONTENIDO DE FIGURAS .....	6
INTRODUCCION .....	8
1. CARACTERÍSTICAS, FUNCIONABILIDAD DE UN SISTEMA “City Safety Volvo car” y el sistema de frenos convencional de un vehículo .....	10
1.1 Marco referencial.....	10
1.2.1 “City safety” volvo car .....	12
1.2.2.1 Elemento periférico .....	14
1.3 SEGURIDAD ACTIVA Y PASIVA DE UN VEHICULO .....	17
1.3.1 Seguridad pasiva .....	18
1.4 SISTEMA DE FRENADO .....	19
1.5 FUERZAS DE FRENADO .....	21
1.6 SISTEMA DE ACELERACIÓN ELECTRÓNICA .....	28
2. SELECCIÓN DEL TIPO DE TECNOLOGÍA A UTILIZAR EN ORIENTACIÓN A LA AUTOMATIZACIÓN DEL MECANISMO DE ACCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE FRENO.....	32
2.1 DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO AUTO FRENADO .....	33
2.2 DISEÑO DEL SISTEMA AUTO FRENADO .....	33
2.3 SELECCIÓN DEL LA TECNOLOGIA ORIENTADA A LA AUTOMATIZCION DEL MECANISMO DEL SISTEMA DE FRENO .....	42
2.3.1 Central hidráulica compacta con un bloque de electroválvulas 3/2 tipo BWN... ..	43
2.4 DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO PARA EL ACCIONAMIENTO AUTOMÁTICO DEL SISTEMA DE FRENOS .....	48
2.3.1 Selección de los elementos del circuito hidráulico auto frenado.....	49
2.4 Selección de los sensores periféricos y unidad de control.....	51
2.4.3 Unidad de control .....	56
3. DISEÑO DE UNA UNIDAD DE CONTROL CONDISIONAL PARA EL PROTOTIPO AUTO FRENADO .....	60
3.1. Diseño del circuito electrónico .....	60
3.2 Funcionamiento del prototipo auto frenado.....	70
3.3 simulación del prototipo auto frenado .....	72

3.3.1 resultado de la simulación .....	76
4 RESULTADOS .....	79
CONCLUSIONES .....	82
BIBLIOGRAFÍA.....	84
Anexos .....	86

## CONTENIDO DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Nivel de tensión de los sensores APP.....	31
Tabla 2. Desaceleraciones y fuerzas de empuje en un instante de tiempo .....	36
Tabla 3. Características técnicas .....	38
Tabla 4. Dimensiones de los diámetros de los cilindros de frenos. ....	40
Tabla 5. Fuerza de fricción vs fuerza de empuje.....	42
Tabla 6. Características de los sistemas de fuerza Hidráulica y Fuerza electromotriz. ....	43
Tabla 7. Propiedades de la central compacta NPC.....	45
Tabla 8. Variables de la ecuación 18. ....	53
Tabla 9. Estructuras y funciones de programación utilizadas en Arduino.....	58
Tabla 10. Especificaciones del Arduino Mega 2560.....	59
Tabla 5. Fuerza de fricción vs fuerza de empuje.....	81

## CONTENIDO DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Estructura del sistema "City Safty" Volvo car .....	13
Figura 2. Sensor IIDAR .....	14
Figura 3. Válvula electromecánica en el servofreno .....	15
Figura 4. E.C.U .....	16
Figura 5. Indicador visual y auditivo .....	17
Figura 6. Freno de tambor .....	20
Figura 7. Freno disco .....	21
Figura 8. Fuerzas de fricción estática .....	22
Figura 9. Coeficientes de adherencia .....	23
Figura 10. Fuerzas en el pedal de frenos .....	23
Figura 11. Diámetros de la bomba y el bombín .....	24
Figura 12. Fuerzas y presión producida en los bombines de los frenos .....	25
Figura 13. Fuerzas de rozamiento en el freno de campana. ....	26
Figura 14. Sistema de aceleración electrónico .....	29
Figura 15. Pedal de aceleración. ....	30
Figura 16. Sensor APP de dos potenciómetros .....	30
Figura 17. Estructura del sistema a implementar. ....	32
Figura 18. Distancia de parada de un automóvil. ....	34
Figura 19. Diagrama de cuerpo libre .....	34
Figura 20. Generalidades del sistema de frenos del Vehículo Hyundai Accent 1998. ....	37
Figura 21. Fuerzas en el sistema de frenos .....	38
Figura 22. Pedal de frenos .....	39
Figura 23. Diagrama de cuerpo libre de un neumático .....	41
Figura 24. Central compacta de corriente continua NPC .....	44
Figura 25. Datos eléctricos de la central compacta NPC. ....	46
Figura 26. Dimensiones y circuito hidráulico de la mini central compacta NPC .....	47
Figura 27. Circuito Hidráulico diseñado para el accionamiento de los frenos .....	48
Figura 28. Símbolo de una electroválvula 3/2 con retorno de muelle. ....	49
Figura 29. Dimensión de la electroválvula BVG dimensiones en [mm] .....	49
Figura 30. Símbolo de una válvula selectora. ....	50
Figura 31. Dimensiones de la válvula selectora tipo WV [mm]. ....	50
Figura 32. Angulo y onda de sonido que puede generar un sensor ultrasónico. ....	51
Figura 33. Sensor ultrasónico. ....	52
Figura 34. Triangulo de distancia. ....	53
Figura 35. Dimensiones en [mm] y consumo de corriente del sensor SFR08. ....	54
Figura 36. Modulo sensor Hall A3144. ....	55
Figura 37. LCD 26X2. ....	56
Figura 38. Arduino 1 .....	57
Figura 39. Circuito eléctrico del prototipo auto frenado .....	60

Figuras 40. Conexiones del sensor ultrasónico.....	61
Figuras 41. Implementación de conexión del sensor ultrasónico .....	61
Figura 42. Adquisición de datos del sensor ultrasónico midiendo 5,17 m .....	62
<b>Figura 43.</b> Adquisición de datos del sensor ultrasónico cuando hay un objeto. ....	62
Figura 44. Conexión de los dos sensores ultrasónicos. ....	63
Figura 45. Adquisición de datos con los dos sensores conectados.....	63
Figura 46. Conexión del sensor efecto hall. ....	64
Figura 47. Muestra de velocidad y distancia recorrida. ....	65
Ilustración 48. Adquisición de datos.....	66
Ilustración 49. Código y adquisición de datos del sensor. ....	67
Figura 50. Conexión del relé 6.....	68
Figura 51. Relé de estado sólido de dos canales.....	69
Figura 52. Conexión relé 4 electroválvula central compacta .....	69
Figura 53. Regulador LM317. ....	70
Figura 54. Prototipo Auto Frenado. ....	71
Figura 55. Diagrama de flujo para control del prototipo Auto Frenado. ....	72
Figura 56. Circuito de simulación del prototipo .....	73
Figura 57 Código de control.....	74
Figura 58. Caculo de distancia y velocidad .....	75
Figura 59. Evaluación de la condiciones del algoritmo.....	76
Figura 60. Activación relay.....	77
Figura 61. Desactivación Relay .....	77
Ilustración 62. Distancia mayor a 5 metros .....	78
Figura 63 Grafica Aceleración vs Fuerza de empuje.....	80

## INTRODUCCION

La Organización Mundial de la Salud, OMS, en su boletín de septiembre 2009 expresa que todos los años fallecen más de 1.2 millones de personas en las vías de tránsito del mundo, y entre 20 y 50 millones sufren traumatismos no mortales.

En la mayoría de las regiones del mundo, esta epidemia de accidentes de tránsito sigue aumentando, Colombia por ser de ingresos bajos y medianos tienen tasas más altas de letalidad por accidentes de tránsito [1]. En Colombia en el año 2010, el total de víctimas fatales en zona urbana se redujo en 4,6%. De un total de 3.373 muertos, 1.340 fueron peatones, 1.312 motociclistas, 168 usuarios de transporte particular, 78 de transporte de pasajeros, 28 de transporte de carga, 209 de bicicletas, y 238 sin información de tipo de usuario.

Por otra parte la cronología de la accidentalidad vial en la población mayor de 60 años y edades, es una realidad presente y creciente que requiere cada vez más la atención permanente por parte del Estado y de la sociedad en general. Entre enero y septiembre del año 2011, el Instituto Colombiano de Medicina Legal y Ciencias Forenses registró 2.937 casos en los que las personas mayores de 60 años resultaron involucradas en accidentes de tránsito. De ellos, 747 desencadenaron en la muerte de la persona y 2.190 presentaron lesiones. Durante este mismo periodo del año 2012, Medicina Legal reportó 3.087 casos de accidentes de tránsito, 720 de ellos causaron la muerte de la persona y 2.367 generaron en ella diversas lesiones [2].

A pesar de todas las acciones hechas por tránsito, al dictar charlas, foros, cursos, de prevención de accidentes es muy poco lo que se ha logrado en el tema de seguridad en las vías, tanto para peatones como conductores de vehículos. La Organización Mundial de la Salud, OMS, en su boletín de septiembre 2009 expresa que todos los años fallecen más de 1.2 millones de personas en las vías de tránsito del mundo, y entre 20 y 50 millones sufren traumatismos no mortales.

Es Por lo cual es importante diseñar un prototipo de seguridad ciudadana basado en “City Safety” auto frenado que se adapté al sistema de freno de un automóvil, que brinde seguridad al conductor, peatón, que disminuya la accidentalidad de autos en la ciudad.

Metodología Empleada.

Se basó en el desarrollo de los tres objetivos específicos del proyecto.

1. Características, funcionabilidad de un sistema “city safety volvo car” y el sistema de frenos convencional de un vehículo.

Se consultaron libros, internet libros PDF, revistas, artículos sobre el tipo de tecnología de asistencia para el sistema de frenos de un vehículo y las fuerzas que se generan en un automóvil al momento de aplicar los frenos.

2. Selección del tipo de tecnología a utilizar en orientación a la automatización del mecanismo de accionamiento del sistema de freno.

Se consultó en libros, internet libros PDF, revistas, artículos sobre el tipo de sensores utilizados, microprocesadores utilizados en el desarrollo de frenos automáticos. De acuerdo a la consulta se seleccionarán los sensores, y microprocesadores a utilizar.

3. Diseño de una unidad de control condicional para el prototipo auto frenado.

Se consultó en libros sobre el tipo de microprocesadores utilizados en el desarrollo de frenos automáticos. De acuerdo a la consulta se desarrolló un esquema electrónico con todos los elementos que componen el prototipo auto frenado, se realizaron pruebas de funcionamiento y adquisición de datos de los sensores seleccionados y se desarrolló del algoritmo de control.

El proyecto tiene como objetivo diseñar un prototipo auto frenado basado en el sistema "City Safety Volvo car" auto frenado desde la tecnología mecánica. Para el desarrollo de este proyecto se desarrollaron los siguientes objetivos específicos:

- Determinar las características de funcionabilidad del sistema "City Safety Volvo car" y el sistema de frenos convencional de un vehículo.
- Seleccionar el tipo de tecnología a utilizar en orientación a la automatización del mecanismo de accionamiento del sistema de freno.
- Diseñar una unidad de control condicional que analicé los datos de los sensores y determiné el accionamiento del sistema de freno.

Este proyecto promueve el desarrollo, aplicación de nuevas tecnologías en el campo de seguridad y protección de los conductores de automóviles, peatones para prevenir un accidente o mitigar los traumas de una colisión de un vehículo que se vea involucrado en un accidente de tránsito. En este documento se aplica los conocimientos ya obtenidos de, Mecánica de máquinas, Resistencia de materiales, Dinámica, Estática, Electrónica e instrumentación y control.

## 1. CARACTERÍSTICAS, FUNCIONABILIDAD DE UN SISTEMA “CITY SAFETY VOLVO CAR” Y EL SISTEMA DE FRENOS CONVENCIONAL DE UN VEHÍCULO

En este capítulo se describe la importancia del sistema de freno de un automóvil, empezando con una breve historia de este, los accidentes que se presentaron en los primeros años de uso y la evolución de este sistema mediante la utilización de tecnologías que mejoran el funcionamiento de este sistema. A demás se detallará el sistema de seguridad “CITY SAFETY” de Volvo car, el cual es un sistema de frenado autónomo de emergencia diseñado para ayudar al conductor a evitar una colisión, o reducir su gravedad, a baja velocidad y por último los tipos de seguridad de un vehículo y la Dinámica del sistema de frenos.

### 1.1 MARCO REFERENCIAL

En este marco el tema principal fue la seguridad del conductor de un vehículo al momento de conducir por las vías principales de una ciudad, donde se establecen los mecanismos y sistemas de seguridad que brinda un vehículo.

#### 1.1.1 Marco histórico

A finales del siglo XIX, los sistemas de frenos existentes utilizaban una guaya como medio de accionamiento desde el pedal del freno, el bloqueo de las ruedas dependían de la fuerza aplicada por el conductor para lograr la detención del vehículo. El problema de este sistema es que el conductor debía tener muchísima fuerza para lograr parar el auto, cosa que no siempre lograba con éxito. Además, sólo se usaba el freno de atrás, pues se pensaba que, si un auto tenía frenos en su parte delantera, podría causar, al momento de la detención, un inevitable volcamiento.

Durante estos primeros años, se presentaron los primeros accidentes de tránsito de la historia. Henry Wells, *un prestante hombre de negocios de Nueva York, atropelló el 30 de mayo de 1896 a Evelyn Thomas, quien conducía una bicicleta. Aunque la mujer no sufrió lesiones graves gracias a la poca velocidad de los vehículos de entonces, sí fue ingresada al hospital para curarle algunas heridas. La peor parte la llevó el señor Wells, que fue aprehendido algunos días, después que la policía descubrió que aquel monstruo metálico y desconocido no se conducía solo.*

*La misma suerte no la corrió Bridge Driscoll, de 45 años. Caminaba por las calles de Londres cuando fue sorprendida por Arthur James Edsall, quien se encontraba manejando un auto de la Anglo French Car Company en una demostración para Alice Standing. Aunque Edsall alegó que sólo iba a 6.5 kilómetros por hora, Alice dijo que el*

*conductor había modificado el motor de su vehículo “para que este corriera como una bola de fuego”<sup>1</sup>.*

Después de estos accidentes los sistemas de frenos empezaron a evolucionar. A partir de los años 50, el sistema de frenos cambió de, frenos simples accionados por guayas para dar paso al servofreno o booster, un mecanismo que funciona aprovechando el vacío del motor, inyectando presión a un sistema hidráulico a través de mangueras que a su vez accionaban las pastillas de los discos de los frenos de los vehículos. Con esta mejora, el conductor no tenía que usar una gran fuerza para frenar el automóvil, gracias a los avances que ofrece la fuerza hidráulica actual.

*En 1965, Volvo añadió una válvula limitadora de presión. En 1963, Mercedes comenzó a instalar de serie sistemas de frenos con 3 circuitos. En la carrera por disipar mejor el calor, en 1966 Porsche lanzó el disco autoventilado. En 1985 comenzó a ofrecerse el ABS, en lo que fueron los inicios de la aplicación de la electrónica a los sistemas de frenado. Abierto ya el camino, la llegada de más sistemas electrónicos a los frenos fue cuestión de tiempo: en 1986 llegó el control de tracción (ASD y ASR) que funciona en 7conexión con el ABS; en 1994, el ESP; en 1996, y posteriormente la asistencia a la frenada<sup>2</sup>*

La tecnología actual ha llevado a que los vehículos modernos tengan frenos más efectivos y confiables. La empresa de Honda ha desarrollado para este año 2013 Honda City-Brake Active System, el sistema actuara a velocidades de hasta 30 k/h, si la velocidad es mayor a 30K/h se reducirá la velocidad del impacto ante una colisión. El primer carro en utilizar este dispositivo de seguridad será el compacto Fit, en el caso de que exista un riesgo de colisión, el sistema alertará al conductor mediante señales visuales y acuáticas, si no hay una reacción del piloto. Cuando el motor del vehículo este en marcha se activará el sistema de seguridad y agregado a este una función de arranque imprevisto actuará para evitar estos.

Al igual que la empresa de Honda el fabricante alemán de neumáticos, sistemas de frenos y control de estabilidad Continental ha desarrollado “*Post Crash Braking Technology (PCBT)*”.

*“PCBT “es capaz de detectar anomalías en los sensores del airbag del coche. Cuando esto ocurre, mediante un sistema electrónico se accionan los frenos automáticamente para minorar la velocidad del vehículo. Si el conductor no actúa sobre el pedal del freno, debido a desorientación o pérdida del conocimiento a consecuencia del primer impacto, el*

---

<sup>1</sup> Rueda, Jorge. (08 de febrero de 2013) Frenos: la historia. Tomado de Sura [3]  
<http://www.sura.com/blogs/autos/frenos-autos-historia.ax>

<sup>2</sup> Post Crash Braking Technology, frenos automáticos para detener el coche después de un accidente (26 de julio de 2012). Tomado de [4].  
<http://www.motorpasion.com/seguridad/post-crash-braking-technologyfrenos-automaticos-para-detener-el-coche-despues-de-un-accidente>

*sistema entrará en funcionamiento. El PCBT utilizará los datos del control de estabilidad para evitar derrapes o bloqueos de los frenos<sup>2</sup>*

La empresa Volvo cars presento el volvo XC60 como prototipo en el Salón del Automóvil de Detroit de 2007 y con el sistema de seguridad "City Safety". La versión de producción se mostró por primera vez en el Salón del Automóvil de Ginebra de 2008 y se puso a la venta en el tercer trimestre de 2008. Volvo ha realizado todo tipo de pruebas durante el desarrollo del sistema City Safety, tanto en pista como en carretera. En cada caso, se determinó si el sistema respondía o no correctamente: si el sistema de frenado se preparaba en el momento adecuado y si la colisión se evitaba o se producía la reducción de velocidad deseada antes del impacto. También se realizaron pruebas en carretera para garantizar que el sistema no detectaba amenazas ni accionaba los frenos en situaciones que no suponían una emergencia real. El sistema también se evaluó de forma independiente, sobre todo en lo referente a las reacciones y la acogida del conductor, y se ha descubierto que aumenta la sensación de seguridad [5]. En Colombia no se han desarrollado tecnologías o prototipos en base a estos sistemas de seguridad vial.

### **1.1.2 Marco contextual**

La investigación se realiza en Pereira (Risaralda) 1411 metros sobre el nivel del mar 4° 48' 0" N, 75° 41' 0" W, población metropolitana 654.116 habitantes, densidad 626 habitantes/km<sup>2</sup>.

## **1.2 MARCOTEÓRICO CONCEPTUAL**

A partir de este capítulo se tomó en cuenta toda la información para el diseño del prototipo de frenado automático para evitar un accidente o colisión a bajas velocidades.

### **1.2.1 "CITY SAFETY" VOLVO CAR**

City Safety es un sistema de frenado autónomo de emergencia diseñado para ayudar al conductor a evitar una colisión, o reducir su gravedad, a baja velocidad. A velocidades comprendidas entre los 3.6 km/h y los 30 km/h, el sistema City Safety utiliza un sensor LIDAR (detección y medición por láser) ubicado en la parte superior del parabrisas para controlar un espacio de 10 m delante del vehículo con objeto de detectar los vehículos que puedan representar una amenaza de colisión. Si la colisión es muy probable, el sistema City Safety prepara los frenos y hace que el sistema de servofreno de emergencia sea más sensible para que, si el conductor se percata del riesgo, el vehículo pueda responder con más rapidez a la frenada.

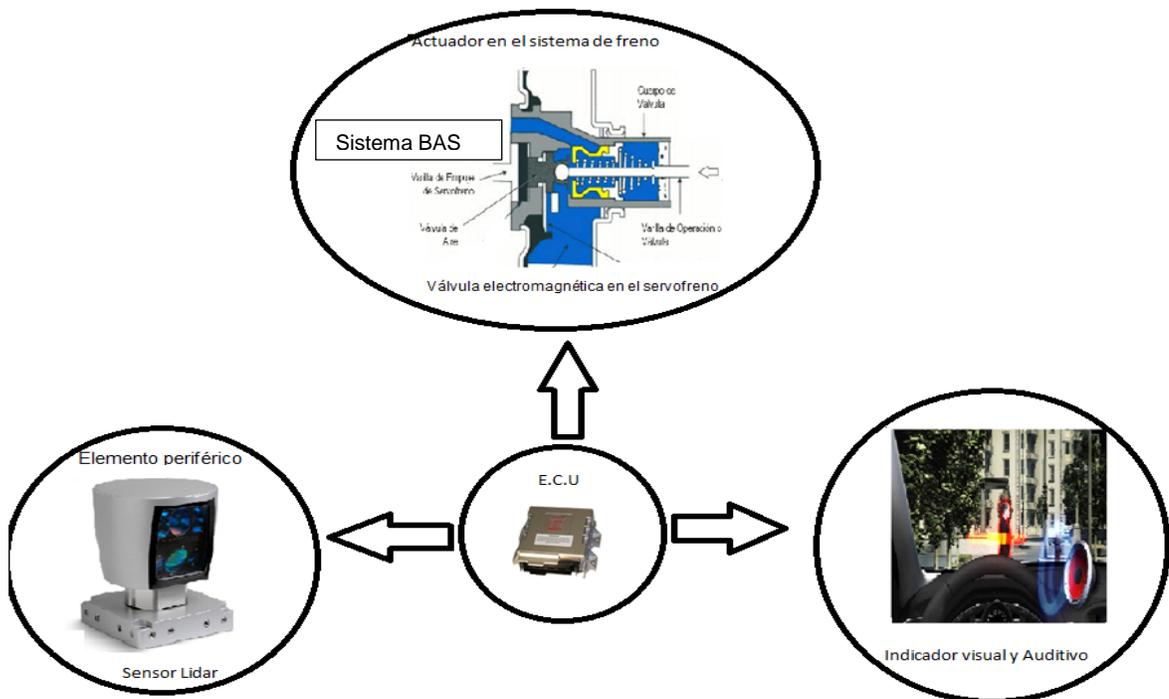
Un caso particular se da cuando el conductor no realiza ninguna acción y la colisión es inminente, el sistema City Safety accionará los frenos con contundencia de forma independiente. Si la velocidad relativa entre el vehículo y el obstáculo es inferior a los 15

km/h, el vehículo podrá detenerse y evitar la colisión. A velocidades superiores, el sistema City Safety no podrá evitar la colisión, pero reducirá la velocidad de impacto [5]. Este sistema de frenos automáticos actúa a velocidades menores de 30 km/h, en este rango el freno aplicado logra detener el vehículo para evitar la colisión, después de velocidades mayores de 30 km/h hasta 50 km/h el sistema reduce el impacto en el choque.

### 1.2.2 Estructura del sistema de seguridad "City Safety"

El sistema de seguridad ciudadana "City Safety" de Volvo cars, está conformado por un elemento periférico, indicador visual auditivo, E.C.U (computadora automotriz) y un sistema BAS (ver figura 1 ).

Figura 1. Estructura del sistema "City Safty" Volvo car



Este sistema está compuesto por elementos periféricos, Computadora, indicador visual y un sistema de asistencia al frenado BAS.

Fuente: Autor.

### 1.2.2.1 Elemento periférico

Está conformado por un Sensor-LIDAR. El cual es un sensor activo muy similar al RADAR, pero que mide la radiación devuelta, ya sea por la superficie terrestre o por las partículas que componen la atmósfera cuando se ilumina por una fuente de rayos laser.

Estos sensores están diseñados para la detección de obstáculos y la navegación de vehículos, su ángulo de campo de visión es de 360°, su velocidad de datos es alta, lo que hace que estos sensores sean los ideales para realizar la tarea de detención (Ver figura 2).

**Figura 2.** Sensor LIDAR



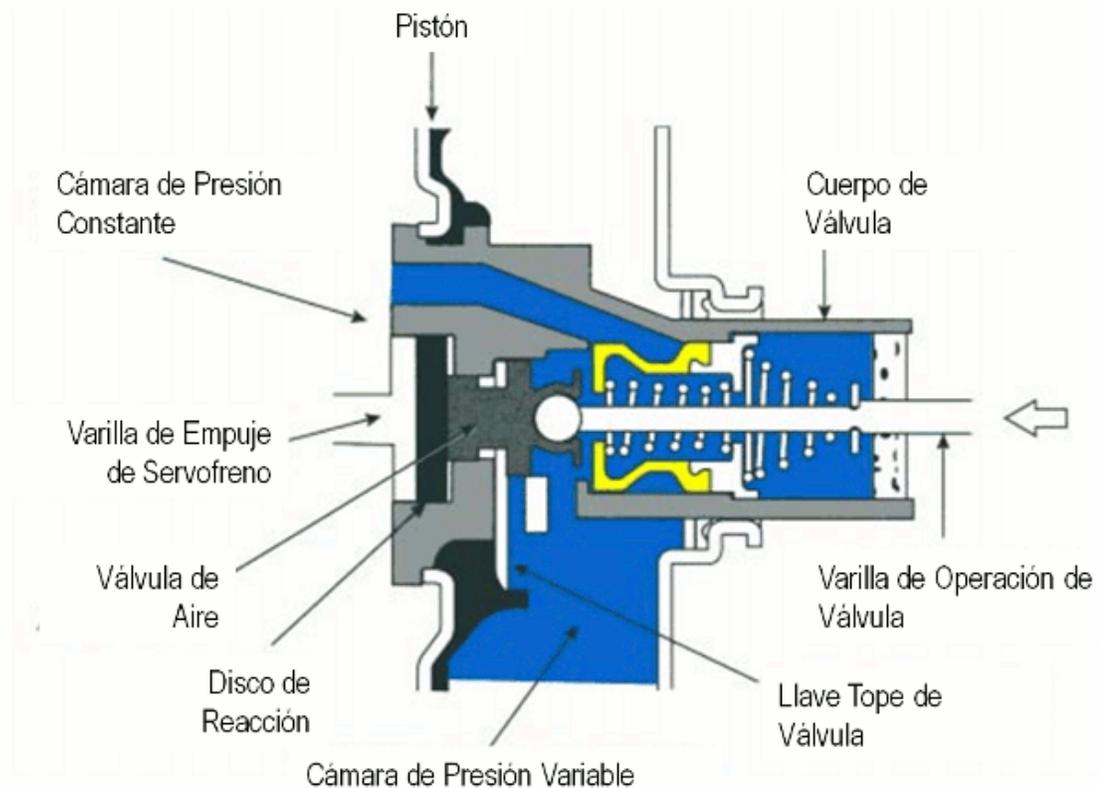
**Fuente.** ([http://es.euroncap.com/es/rewards/volvo\\_city\\_safety.aspx](http://es.euroncap.com/es/rewards/volvo_city_safety.aspx))

### 1.2.2.2 Accionamiento del sistema de servofreno de emergencia- sistema BAS

Cuando existe una posible colisión el sistema prepara los frenos activando el sistema de servofreno de emergencia, dejándolo sensible para cuando el conductor se percate y pise el pedal sea más eficaz la frenada. Para realizar esta acción se utiliza un sistema *BAS* el cual activa una válvula electromecánica situada normalmente en el servofreno para incrementar la presión en el circuito hidráulico de frenos, presión que se transmite instantáneamente a las pastillas y discos de freno.

El sistema *BAS* detecta las frenadas de emergencia mediante un sensor, o una combinación de sensores, que mide la velocidad o la fuerza con la que se pisa el pedal del freno [7], (ver figura 3) si el conductor no reacciona frente a la situación se accionarán los frenos de forma contundente.

**Figura 3.** Válvula electromecánica en el servofreno



**Fuente.** (<http://www.circulaseguro.com/que-es-el-bas/>)

### 1.2.2.3 Sistema de control E.C.U

La computadora (ECU) del automóvil es muy similar en funciones a la computadora del hogar, diferenciándose ambas en que, mientras la del hogar es capaz de procesar palabras, conectarse a Internet, etc. la del automóvil está especialmente creada para hacer más eficiente al mismo.

Estas computadoras tienen innumerables componentes electrónicos en su interior entre los que podemos mencionar a los microprocesadores, en gran número, montados en una placa impresa con cobre, que le permiten realizar cálculos de los más variados tendientes a mejorar la eficiencia del automóvil.

A medida que la tecnología avanza, estos micros se hacen cada vez más comunes y avanzados lo que permite el manejo de mucha información proveniente de los sensores.

Las capacidades de las computadoras de vehículos varían mucho en cuanto a sus prestaciones y modelos de éstos [10].

Es así que, en algunos automóviles las ECU pueden controlar únicamente la inyección de combustible y el sistema de ignición, mientras que, en otros, controlan además el tablero de instrumentos, la temperatura interior, el sistema de frenos, etc. (ver Figura 4.).

**Figura 4.** E.C.U



**Fuente.** ([http://www.nosso.com.ar/spanish/tech\\_topics/ecu\\_01.php](http://www.nosso.com.ar/spanish/tech_topics/ecu_01.php))

#### **1.2.2.4 Indicador visual y Auditivo**

Este se conforma de un Speaker, el cual emite un sonido de alarma para que el conductor se percate del obstáculo que tiene al frente y un indicador visual en el para brisa el cual se activa cuando hay presencia de algún transeúnte o una posible colisión (ver figura 5).

**Figura 5.** Indicador visual y auditivo



**Fuente.** ([http://es.euroncap.com/es/rewards/volvo\\_city\\_safety.aspx](http://es.euroncap.com/es/rewards/volvo_city_safety.aspx))

### **1.3 SEGURIDAD ACTIVA Y PASIVA DE UN VEHICULO**

Cuando se está delante del volante de un vehículo y se decide conducirlo, piensa en la comodidad, rapidez que este nos brinda para llevarnos al lugar que deseamos, además de estos aspectos también se piensa en la prevención como mejor manera de evitar un accidente de tránsito. Manejar a la velocidad adecuada o permitida, respetar las señales de tránsito, no realizar sobrepasos riesgosos o frenados bruscos, son algunas acciones que, como conductores preventivos, realizamos evitando vernos involucrados en un accidente fatal de tránsito.

Pero, ¿qué sucedería en caso de que ocurra, ¿Esta el Vehículo preparado para una colisión?

En Colombia ocurren miles de accidentes por año, la conducción se ha vuelto una actividad de alto riesgos, ya sea porque el conductor está en estado de embriaguez o no respeta las normas de tránsito, ocasionando accidentes embocados en daños, heridas y fallecimientos de conductores, pasajeros y transeúntes. Por eso, debemos conducir vehículos que no solo cuente con mecanismos necesarios para evitar un accidente de tránsito sino uno que, prevenga o en el caso de que ocurra, disminuya sus efectos en el conductor, sus ocupantes y los demás involucrados en este hecho [11]. Estos mecanismos están incluidos dentro de la seguridad Activa y pasiva de un vehículo.

### 1.3.1 Seguridad pasiva

Actúa automáticamente y tiene como finalidad reducir el número de las lesiones causadas por accidentes a los ocupantes del vehículo y demás usuarios de la vía protegiendo, dentro de lo posible, en todo momento su integridad física. Dentro de esta seguridad se encuentran presente los siguientes elementos de seguridad.

**Airbag:** Son bolsas de aire que se inflan en milésimas de segundo para disminuir el contacto del conductor o pasajeros con las partes internas del vehículo en caso de un fuerte impacto.

**Cinturones de seguridad:** Son los encargados de retener en una posición firme a los pasajeros de un vehículo e impedir que salgan disparados en caso de una colisión.

- Apoyacabezas: Evita, en un accidente de tránsito, el efecto llamado “latigazo” o lesión cervical que afecta el cuello y la espalda de la persona, debido a la hiperflexión o hipertensión del cuello al momento del accidente
- Volante deformable.
- Parabrisas laminado.
- Asientos seguros y anatómicos.
- Cinturón de seguridad con dispositivo de tensado en el momento del accidente.

### 1.3.2 Seguridad activa previniendo accidentes

Los elementos que hacen parte de la seguridad activa del vehículo son los encargados de mantener el control del mismo y realizar adecuadamente las acciones que realiza el conductor con el fin de evitar accidentes de tránsito. Entre ellos se encuentran:

**Frenos:** Son los encargados de detener el vehículo, ya sea para parquear, evitar un obstáculo.

**Llantas:** Garantizan la adherencia y control del vehículo, tienen un alto grado de influencia en el frenado del automóvil.

**Suspensión:** Garantizan el contacto de las cuatro ruedas con el piso y otorga estabilidad en el ejercicio de la conducción.

**Dirección:** Otorga la totalidad de maniobrabilidad necesaria al conductor para dirigir su vehículo de forma eficiente.

**Iluminación:** Proporciona al conductor la visibilidad, de ver y ser visto por otros conductores. Evita accidentes de tránsito en condiciones de baja o nula visibilidad [11].

## **1.4 SISTEMA DE FRENADO**

Una de las medidas preventivas más importante en la seguridad de un vehículo, es el sistema de freno. Son muy esenciales para la desaceleración, detención, estacionamiento del vehículo automotor y evitar o reducir el impacto de una colisión en un posible accidente.

### **1.4.1 Principio de funcionamiento de los frenos y componentes principales**

El funcionamiento básico en los frenos de un auto es la fricción, cuando un cuerpo entra en contacto con el otro en diferentes direcciones surge una fuerza llamada fricción que se opone al movimiento del mismo cuerpo. Esta fuerza depende de dos grandes factores: El área de contacto entre los cuerpos y la fuerza aplicada entre los mismos.

La fuerza de fricción es producida mediante el accionamiento de un pedal, por medio del pie el cual transmite una fuerza al pedal. Para detener un vehículo solamente con el pie se hace necesario que existan elementos que amplifiquen la fuerza. El servofreno o booster es uno de estos, que multiplica la fuerza ejercida en el pedal.

Para conseguir la multiplicación de la fuerza, se utiliza el método de palanca de "Arquímedes de Siracusa" y la fuerza hidráulica.

Palanca. Es una maquina simple cuya funcionalidad es transmitir fuerza y desplazamiento, compuesta por una barra rígida que gira libremente alrededor de un punto de apoyo permitiendo multiplicar la fuerza aplicada a un objeto.

La fuerza hidráulica: "consiste en que cuando se hace fuerza en un área, la resultante de ésta será proporcional al área donde será aplicada".

Esta fuerza multiplicada es transmitida a los frenos ya sean de disco o de tambor.

### **1.4.2 Clases de frenos**

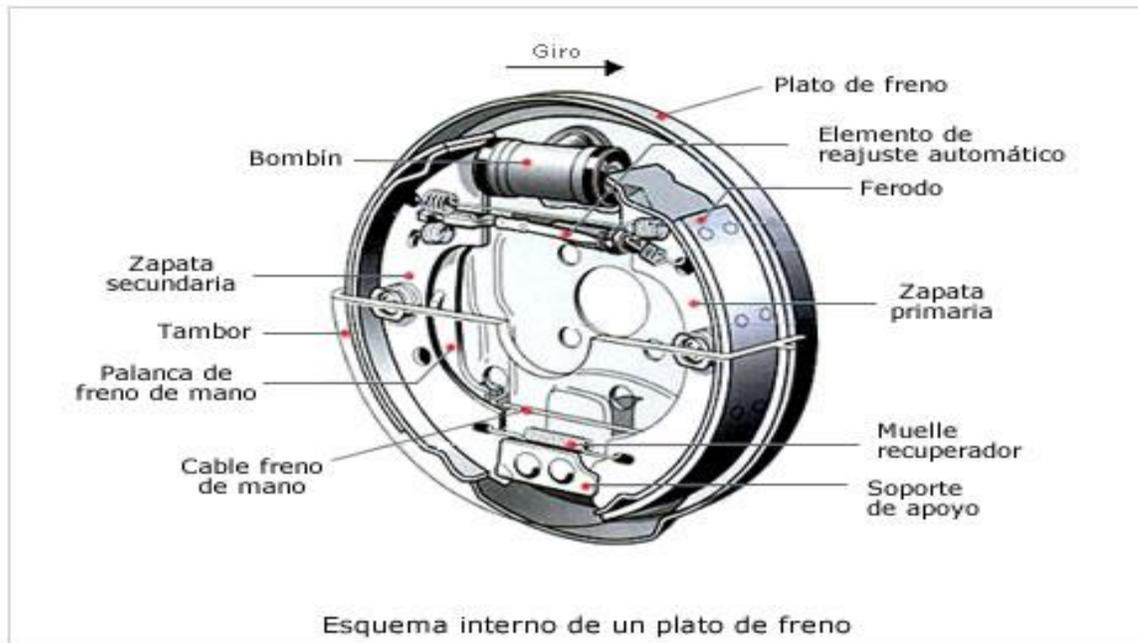
Existen dos tipos de frenos para vehículos: El de campana o tambor y disco.

#### **1.4.2.1 Freno de tambor**

Los frenos de tambor se ubican usualmente en las llantas traseras de un vehículo, permiten incorporar fácilmente el mecanismo de frenado de emergencia, compuesto por guayas y cables. Es un sistema poco eficiente debido a que no permite disipar el calor de manera rápida, afectando la eficiencia del frenado. Está compuesto de zapatas, resortes,

cilindros y bandas. A mediados de los años 30 fue incorporado el sistema hidráulico en este tipo de frenos, para luego darles paso a los frenos de disco, que cuentan con mayor efectividad de frenado y es por esto que se ubican en las llantas delanteras del carro que son las que detienen el vehículo [14] (Ver Figura 6.).

**Figura 6.** Freno de tambor

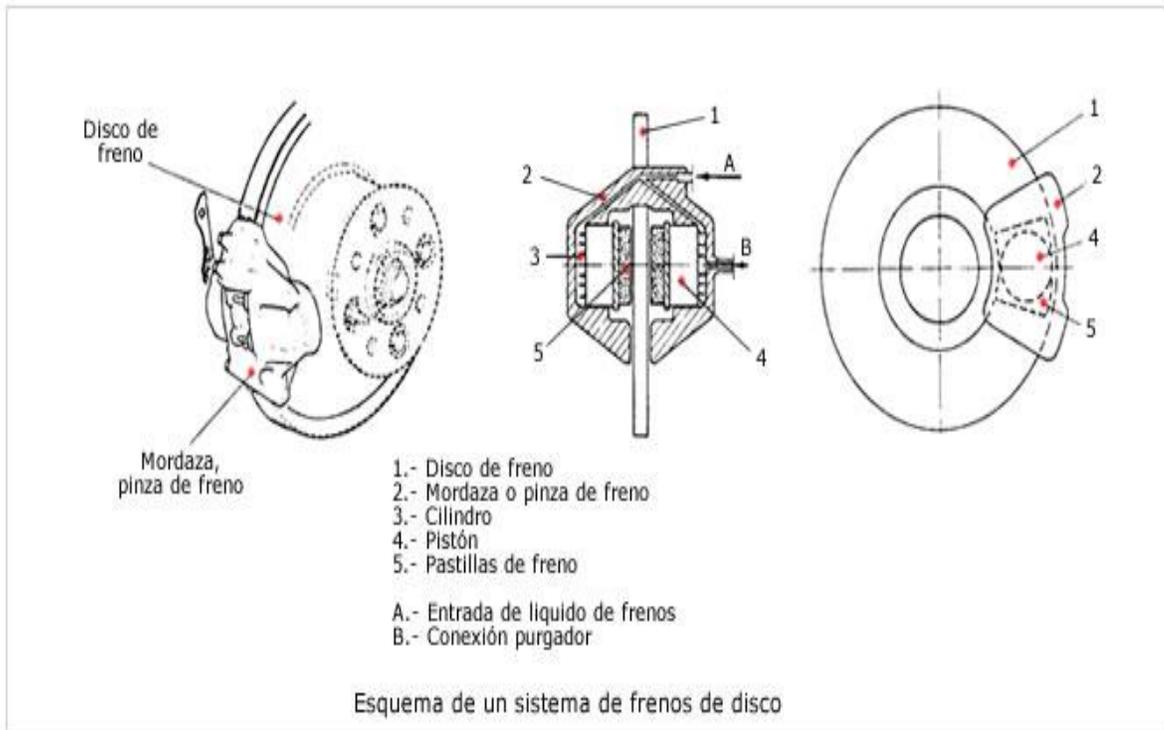


**Fuente.** (<http://www.aficionadosalamecanica.net/frenos-2.htm>)

#### 1.4.2.2 Frenos de discos

Los frenos de discos suelen ubicarse en las ruedas delanteras debido a que estas detienen el automóvil, a su alta eficiencia de frenado y alta disipación de calor. Funcionan por medio de presión hidráulica que permite el desplazamiento de unos mecanismos móviles en el interior de unos cilindros para luego oprimir las pastillas contra la cara del disco. Estas últimas son las encargadas de generar la fricción necesaria para detener el vehículo [14] (Ver figura 7).

**Figura 7.** Freno disco



**Fuente.** (<http://www.aficionadosalamecanica.net/frenos-3.htm>)

## 1.5 FUERZAS DE FRENADO

Las fuerzas de frenados que actúan para parar un vehículo en movimiento, se originan en dos instantes:

1. La fuerza producida al momento de presionar el pedal del freno, esta actúa a través de los pistones de los cilindros de rueda sobre los elementos frenantes, zapata-tambor o pastillas-disco, en los cuales se originan una fuerza de rozamiento que detienen la rueda.
2. la fuerza de fricción estática o rozamiento que se produce entre neumático-piso, luego de que las ruedas han sido detenidas a través del sistema principal de freno.

### 15.6.1 Fuerza de fricción estática o rozamiento entre rueda y terreno

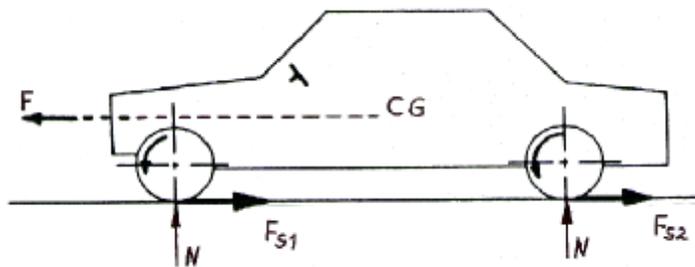
Es la fuerza producida entre cuerpos en contacto y por su naturaleza oponen resistencia a cualquier tipo de movimiento de uno respecto al otro. Dependiendo de la rugosidad, si esta es mayor o menor a si será la fuerza de fricción estática y el esfuerzo a realizar para mover un objeto.

Todas las superficies son rugosas y dependiendo de la naturaleza del suelo, se debe considerar la capacidad de un cuerpo, para soportar fuerzas tangenciales y normales en superficies de contacto, la fuerza tangencial es causada por la fricción.

En el automóvil la fricción, es la fuerza  $F_s$  de resistencia que opera sobre los neumáticos, la cual evita o retarda el movimiento de deslizamiento en relación con el suelo o superficie con la que se encuentra en contacto. Estas actúan en dirección tangente a los puntos de contacto entre neumático y el piso, dirigida de tal forma que se opone al movimiento posible o existente de la rueda en relación existente con estos puntos.

El movimiento de las ruedas sobre el piso se debe a la adherencia existente entre estos, sin embargo. Dependen de la fuerza aplicada al centro de gravedad de vehículo como se observa en la (figura 8), si la fuerza  $F$  de empuje es mayo a  $F_s$ . el vehículo se mueve, de lo contrario se quedará estático [14].

**Figura 8.** Fuerzas de fricción estática



*Figura 1. Fuerzas de fricción reteniendo el movimiento del automóvil.*

**Fuente.** (MUÑOZ GARCÍAS, Francisco, *Calculo teórico practico de los elementos y grupos del vehículo industrial y automóvil*. Madrid: Dossat, 1982)

La fuerza de fricción es directamente proporcional a la fuerza normal por el coeficiente de fricción ver ecuación (1).

$$F_s = N \times \mu_s \quad (1)$$

En donde  $N$  es la fuerza normal y  $\mu_s$  coeficiente de fricción estático entre las dos superficies.

El coeficiente de adherencia depende del tipo de neumático, de su estado de desgaste y la presión de la llanta y la calidad del pavimento [14] (ver figura 9).

**Figura 9.** Coeficientes de adherencia

TIPO DE SUELO	ESTADO	NEUMATICOS NUEVOS	NEUMATICOS USADOS
Hormigón	Seco	1	1
	Mojado	0,7	0,5
Asfalto grueso	Seco	1	1
	Mojado	0,7	0,5
Asfalto normal	Seco	0,8	0,8
	Mojado	0,5	0,3
	Barro	0,2	0,1
	Hielo	0,05	<0,05
Asfalto compacto	Seco	0,8	0,8
	Mojado	0,65	0,3

*Tabla 1 de valores del coeficiente de adherencia  $\mu_s$*

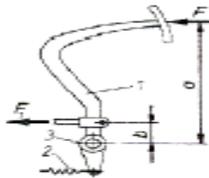
**Fuente.** (MUÑOZ GARCÍAS, Francisco, *Calculo teórico practico de los elementos y grupos del vehículo industrial y automóvil*. Madrid: Dossat, 1982)

### 1.5.2 Fuerzas de frenado

La presión que se le aplica a las pastillas o zapatas de los frenos se consigue, por el efecto de palanca debido a la fuerza que aplica el conductor con el pie al pedal.

El pedal de freno está compuesto por una palanca l, la cual es accionada por el pie del conductor, este ejerce una fuerza F, haciendo girar la palanca sobre su eje 3 transmitiendo este esfuerzo a la bomba, en sentido de F1, el muelle 2 permite que el pedal regrese a su posición original después que el conductor deje de presionar el pedal de freno (Ver figura 10).

**Figura 10.** Fuerzas en el pedal de frenos



**Fuente.** (MUÑOZ GARCÍAS, Francisco, *Calculo teórico practico de los elementos y grupos del vehículo industrial y automóvil*. Madrid: Dossat, 1982)

La fuerza  $F_1$ , es aplicada al vástago del embolo de la bomba de frenos, está la podemos calcular con la siguiente ecuación (2).

$$F_1 = \frac{F \cdot a}{b} \quad (2)$$

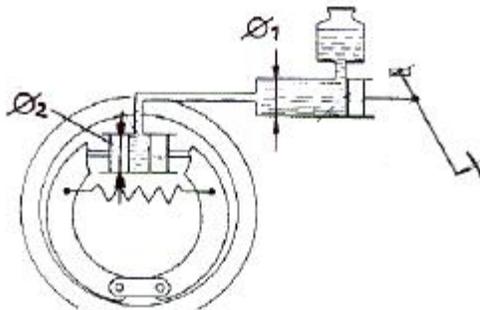
Siendo  $a$  la distancia desde el punto giratorio has la aplicación de la fuerza  $F$  ejercida por el pie del conductor,  $b$  la distancia entre el punto giratorio y el vástago del embolo de la bomba.

La fuerza  $F_1$  actúa en el circuito hidráulico, por lo cual es importante determinar la presión  $P_B$  que se genera en la bomba de frenos, esta está dada por la ecuación (3):

$$P_B = \frac{F_1}{\frac{\phi_1^2 \cdot \pi}{4}} \quad (3)$$

Donde  $\phi_1$  es el diámetro del embolo de la bomba de frenos (ver figura 11).

**Figura 11.** Diámetros de la bomba y el bombín



**Fuente.** (GONZALEZ SANZ, Ángel, Tecnología de la Automatización)

La presión  $P_b$  en los bombines está dada por la ecuación (4) (Ver Ilustración 12)

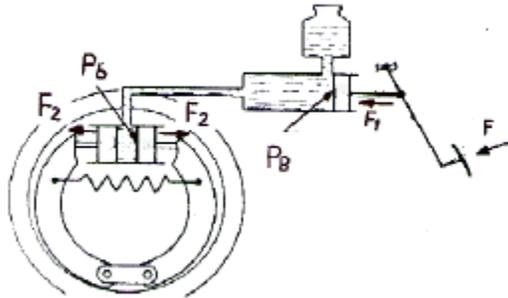
$$P_b = \frac{F_2}{\frac{\phi_2^2 \cdot \pi}{4}} \quad (4)$$

<sup>3</sup> [14] MUÑOZ GARCÍAS, Francisco, Calculo teórico Practico De los elementos y grupos del vehículo y automóvil.

<sup>4</sup> [15] GONZALEZ SANZ, Ángel, Tecnología de la Automatización. Pág. 22

Siendo  $\phi_2$  el diámetro del embolo del bombín y  $F_2$  la fuerza con la que los émbolos de los cilindros de rueda empujan a las zapatas contra el tambor o pastillas contra el disco para producir el bloqueo de las ruedas.

**Figura 12.** Fuerzas y presión producida en los bombines de los frenos



**Fuente.** (GONZALEZ SANZ, Ángel, Tecnología de la Automatización)

La fuerza  $F_1$  aplicada al vástago es amplificada por el sistema hidráulico, debido a que los líquidos son incompresibles y al principio de Pascal que dice: "la presión ejercida en un punto cualquiera de una masa líquida, se transmite íntegramente en todas direcciones", por lo cual la presión  $P_B$  que se obtiene en la bomba de freno es igual a la presión que llega en los cilindros de rueda o bombines, por lo tanto se puede calcular la fuerza  $F_2$  (5) [14].

$$F_2 = \frac{F_1 * \phi_2^2}{\phi_1^2} \quad (5)$$

La fuerza  $F_2$  depende de la relación en las secciones de los pistones de los cilindros de la bomba y bombín.

### 1.5.2.1 Fuerzas de rozamientos en la campana y disco de freno

Los frenos de discos o de tambor son los delegados de reducir o detener el automóvil. Debido a que estos son los elementos finales del sistema de freno se hace necesario determinar las fuerzas de rozamiento.

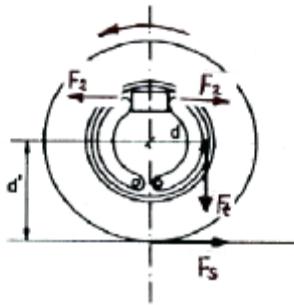
En los frenos de tambor, cuando las zapatas ejercen presión contra este se obtiene un par  $C$  de frenado que se opone al movimiento del tambor.

$$C = F_t * d \quad (6)$$

<sup>5</sup> [15] GONZALEZ SANZ, Ángel, Tecnología de la Automatización. Pág. 22

El par **C** de fuerza es el resultado de la aplicación de una fuerza **F<sub>t</sub>**, entre la zapata y el tambor, a una distancia **d** desde el centro del eje de la rueda hasta la posición de rozamiento entre los elementos frenantes [16] (Ver Figura 13).

**Figura 13.** Fuerzas de rozamiento en el freno de campana



**Fuente.** (ALONSO PEREZ, José Manuel, Técnicas del Automóvil CHASIS)

El par de fuerza **C** se puede calcular también por el producto de la fuerza **F<sub>s</sub>** y el radio **d'** (medida desde el centro del eje de la rueda hasta la posición de rozamiento entre neumático-piso), es decir  $C = F_s * d'$  (7):

$$F_t = \frac{F_s * d'}{d} \quad (7)$$

Siendo la fuerza de rozamiento **F<sub>t</sub>** igual al producto de la fuerza de adherencia **F<sub>s</sub>** del neumático con el suelo, por la relación de las distancias **d'/d** que por lo general se toma un valor aproximado de 2.

La fuerza **F<sub>t</sub>** debe valer la mitad que la fuerza de adherencia **F<sub>s</sub>**. Para una fuerza  $F_t > F_s$  se bloquea la rueda, por lo que no es conveniente en ningún caso para no producir derrape de automóvil.

Si **F<sub>2</sub>** es la fuerza de acoplamiento entre ambos bombines, tenemos;

$$F_t = F_2 * \mu \quad (8)$$

Siendo  $\mu$ , el coeficiente de rozamiento entre la zapata y el tambor que suele ser de 0.3.

<sup>6</sup> [16] ALONSO PEREZ, José Manuel, Técnicas del Automóvil CHASIS

<sup>7</sup> ALONSO PEREZ, José Manuel, Técnicas del Automóvil CHASIS. Pág. 297

<sup>8</sup> ALONSO PEREZ, José Manuel, Técnicas del Automóvil CHASIS. Pág. 297

<sup>9</sup> ALONSO PEREZ, José Manuel, Técnicas del Automóvil CHASIS

### 1.5.2.2 Distancia de parada

Es el espacio recorrido por el automóvil al momento de aplicar los frenos hasta la detención o parada. Esta depende de la presión que se ejerce sobre el pedal del freno, de la fuerza de adherencia del neumático con el piso, la velocidad con la que se mueve el vehículo al momento de frenar, de la fuerza y dirección del viento entre otros factores.

Algunos factores son variables y debido a esto el cálculo de la distancia exacta se puede obtener por una medida directa. Sin embargo, se puede calcular de forma aproximada mediante las siguientes ecuaciones.

$$v_f^2 + v_i^2 = 2\bar{a}x \quad (9)$$

La ecuación (9) hace referencia al movimiento de un cuerpo uniformemente acelerado, cuya velocidad experimenta aumentos o disminuciones iguales en tiempos iguales; Donde  $v_f^2$  es la velocidad final igual a cero;  $v_i^2$  es la velocidad inicial;  $\bar{a}$  es la aceleración y  $x$  es la distancia recorrida por el vehículo.

Despejando  $x$  de la ecuación (9) obtenemos la siguiente expresión:

$$x = \frac{v_i^2}{2 * g * \mu} \quad (10)$$

Como se puede observar la distancia de parada es independiente de la masa del vehículo, más sin embargo depende de la eficiencia de los frenos, condición de adherencia entre neumáticos-piso y además la desaceleración que dependen del coeficiente de adherencia y como máximo valor de este es de 1 entre piso y neumático en óptimas condiciones, por lo que la desaceleración máxima que se puede obtener es de  $9,81\text{m/s}^2$ .

### 1.5.2.3 Tiempo de frenado

Es el instante en que se demora el automóvil en detenerse por completo, cuando al vehículo se le aplica una fuerza contraria a la fuerza de empuje se producirá una desaceleración y siendo constante la masa de este tendremos las siguientes ecuaciones.

Despejando de la ecuación (9) la desaceleración es igual a:

$$\bar{a} = -\frac{v_i^2}{2x} \quad (11)$$

Por lo tanto, El tiempo de frenado  $t_f$  es:

---

<sup>10</sup> SERWAY Y BEICHNER. Física para ciencias e ingenierías. Tomo I. Quinta edición. Editorial Mc-Graw Hill

<sup>11</sup> GONZALEZ SANZ, Ángel, Tecnología de la Automatización. Pág. 187 y 188

$$t_f = \frac{v}{a} \quad (12)$$

Obteniendo el tiempo de frenado en función del coeficiente de adherencia neumático-piso.

$$t_f = \frac{v}{\mu * g} \quad (13)$$

## 1.6 SISTEMA DE ACELERACIÓN ELECTRÓNICA

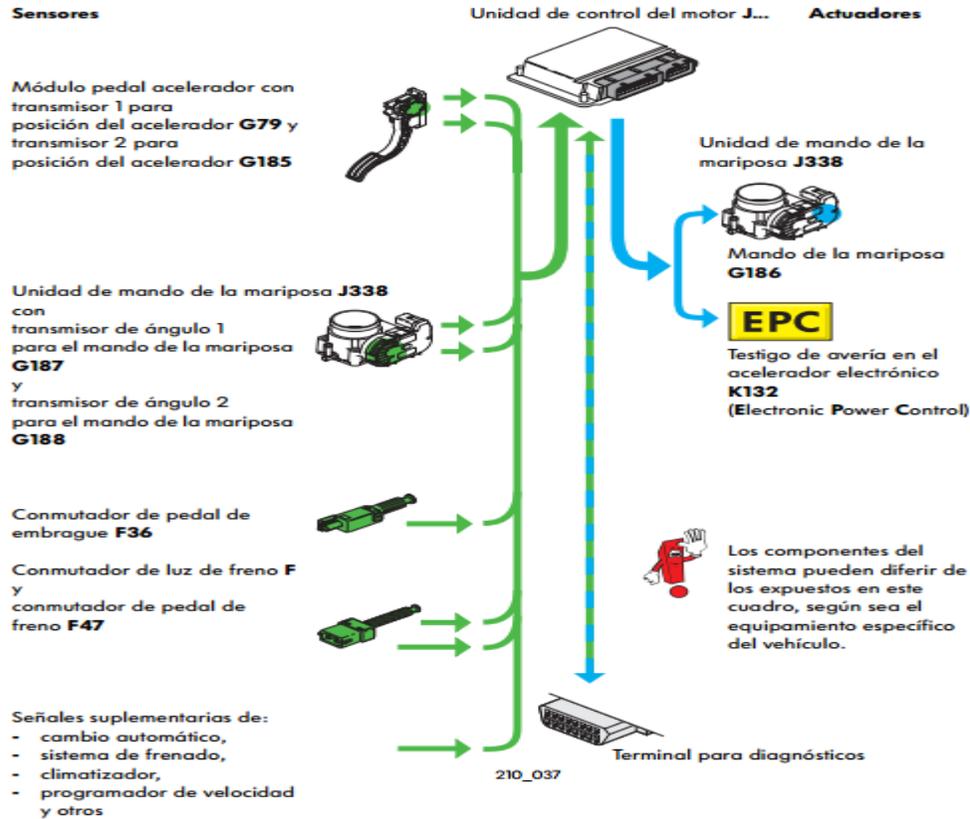
Tiene como función llevar una aceleración controlada, para la reducción de contaminación, consumo de combustible y proteger al motor en aceleraciones bruscas. Estos sistemas nacen por normas de protección del ambiente, la electrónica aplicada a este sistema permite un control seguro de la aceleración mediante una computadora logrando un nivel de emisiones de gases reguladas.

Hoy en día los sistemas de aceleración electrónica no necesitan de un cable conectado al pedal, actualmente el cuerpo de aceleración sin cable tiene grandes ventajas con respecto a los sistemas tradicionales que utilizaban cables, debido a que estos son ms eficientes. En la figura 14 se puede observar los componentes de un sistema de aceleración electrónico [23].

---

<sup>12</sup> GONZALEZ SANZ, Ángel, Tecnología de la Automatización. Pág. 190

Figura 14. Sistema de aceleración electrónico

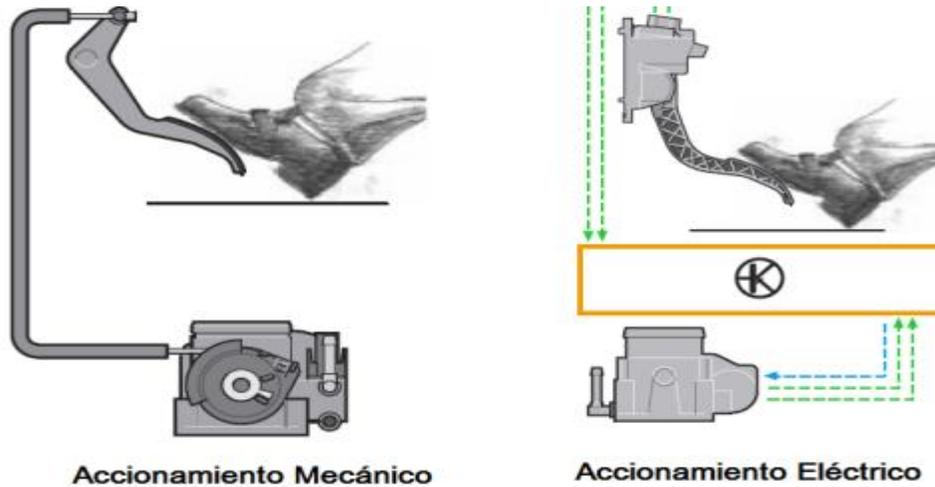


Fuente. (<http://www.umaservice.com/documentos/k469purutatdu.pdf>)

### 1.7.1 Pedal de posición de aceleración electrónico APP

El pedal de aceleración también tuvo un cambio, en él se aloja un potenciómetro que envía una señal de tensión a la computadora del motor ECM, la cual interpreta la señal de tensión y acciona un pequeño servomotor que abre y cierra la mariposa del acelerador. En la Figura 14 se puede observar las dos generaciones del pedal de aceleración [22].

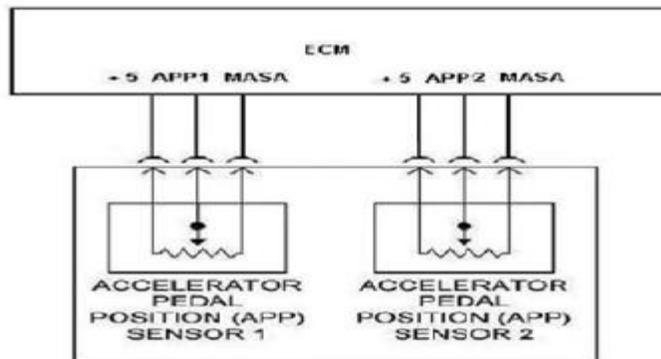
**Figura 15.** Pedal de aceleración



**Fuente.** (<http://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1445/1/T-UIDE-087.pdf>)

Existen sensores APP de dos o tres potenciómetros en la figura 16 se puede observar las conexiones de un sensor de dos potenciómetros.

**Figura 16. Sensor APP de dos potenciómetros**



**Fuente.** (<http://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1445/1/T-UIDE-087.pdf>)

Cada potenciómetro tiene tres cables dos de ellos para la alimentación y uno para el envío de señal de tensión a la computadora del motor ECM, por lo general cuando se tienen dos sensores o potenciómetros ubicados en el cuerpo del acelerador la señal de tensión que envía cada uno son diferentes una puede ser mayor o menor a la otra. En la tabla 1 se puede apreciar las tensiones que envía cada sensor según el porcentaje de movimiento del pedal del acelerador.

**Tabla 1.** Nivel de tensión de los sensores APP

Movimiento del Pedal de aceleración [%]	Nivel de tensión del sensor 1 APP [v] DC	Nivel de tensión del sensor 1 APP [v] DC
0	0,5	1,5
5	0,65	1,65
10	0,8	1,65
15	0,95	1,95
20	1,1	2,1
25	1,25	2,25
40	1,7	2,7
50	2	3
60	2,3	3,3
75	2,75	3,75
80	2,9	3,9
100	3,5	4,5

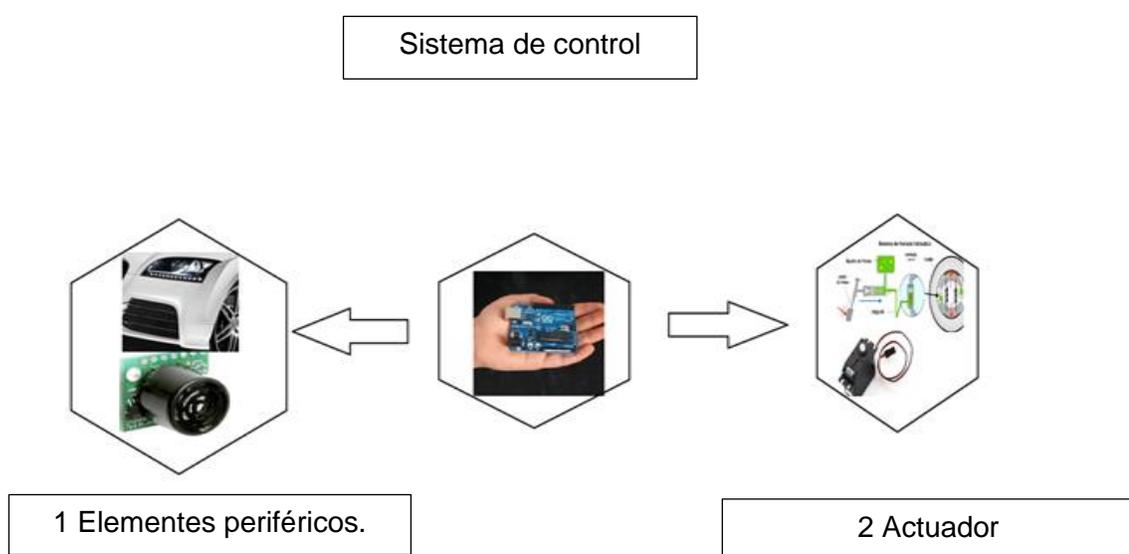
Valores de tensión tomados del Manual del fabricante GM Chevrolet Sail.

**Fuente.** Autor

## 2. SELECCIÓN DEL TIPO DE TECNOLOGÍA A UTILIZAR EN ORIENTACIÓN A LA AUTOMATIZACIÓN DEL MECANISMO DE ACCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE FRENO

Durante este capítulo se realizará la selección de la tecnología para la automatización del mecanismo de accionamiento automático del sistema de freno, (Ver la figura 17)

**Figura 17.** Estructura del sistema a implementar



1 Elementos periféricos, 2 Actuador.

**Fuente.** Autor

## **2.1 DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO AUTO FRENADO**

El prototipo estará conformado por una unidad central de proceso, la cual registrará las señales de los sensores de proximidad y velocidad del vehículo, además controlará el mecanismo del sistema de frenado. El sistema funcionara de la siguiente manera:

- Cuando este en ignición el vehículo, el sistema del prototipo auto frenado se iniciará y la unidad central registrará la distancia y la velocidad del vehículo, este se desactivará cuando se supere la velocidad de 35 km/h.
- Distancia de peligro: Si por alguna razón algún objeto o persona se cruza por el frente del vehículo y la distancia sea menor o igual a 5m ( $D \geq 5m$ ) el sistema central aplicara los frenos de forma contundente y pondrá el sistema de aceleración en modo ralentí hasta detener el vehículo y evitar una colisión, una vez pasado el inconveniente el sistema se regresará a su estado de partida, el sistema evitara colisiones a velocidades menores a 15 Km/h.

## **2.2 DISEÑO DEL SISTEMA AUTO FRENADO**

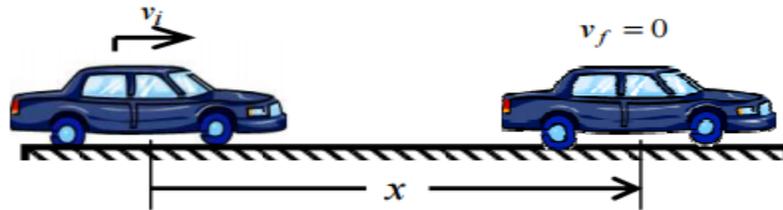
Se debe diseñarse un sistema capaz de reaccionar al momento en que un obstáculo aparezca en la zona límite de seguridad, accionando los frenos de forma contundente logrando frenar el automóvil para evitar una colisión o un accidenté, lo primero que debe hacerse es calcular la fuerza necesaria para detener el automóvil, seleccionar el actuador y posteriormente con estos datos entrar al diseño del sistema automático.

Se procederá a calcular las fuerzas que detienen el automóvil.

### **2.2.1 Calculo de las fuerzas que detienen el automóvil**

La fuerza de frenado se puede determinar por medida directa conociendo la distancia que debe recorrer el automóvil para detenerse aplicando la ecuación (9) de la cinemática para un movimiento uniformemente acelerado, puede cuantificarse la desaceleración necesaria para detener el vehículo (ver figura 18).

**Figura 18.** Distancia de parada de un automóvil



**Fuente.** (<http://biblioteca.ucp.edu.co/ojs/index.php/entrecei/article/viewFile/1637/1546>)

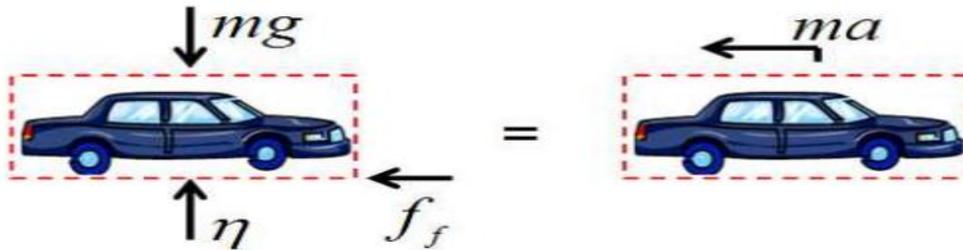
$$v_f^2 + v_i^2 = 2\bar{a}x \quad (9)$$

$$\bar{a} = -\frac{v_i^2}{2x} \quad (11)$$

$v_f^2$  : Velocidad final  
 $v_i^2$  : Velocidad inicial  
 $x$  : Distancia de frenado

Desarrollando el diagrama de cuerpo libre del vehículo

**Figura 19.** Diagrama de cuerpo libre



**Fuente.** (<http://biblioteca.ucp.edu.co/ojs/index.php/entrecei/article/viewFile/1637/1546>)

$f_f$  : Fuerza de fricción  
 $n$  : Fuerza normal  
 $m$  : Masa del vehículo  
 $a$  : Aceleración del vehículo

Aplicando la ley de Newton podemos determinar la fuerza de fricción (de frenado) (14).

$$\sum \vec{F} = m\bar{a}$$

$$f_f = -m\bar{a} \quad (14)$$

La fuerza de fricción suele relacionarse con la fuerza Normal de contacto de superficie.

$$f_f = un^{13}$$

Permaneciendo la fuerza normal constante se puede calcular dos coeficientes de rozamientos, dinámico  $u_d$  y estático  $u_e$ .

Se pretende conocer la desaceleración (11) del automóvil en 2 metros de distancia a una velocidad de 15 km/h.

$$\bar{a} = -\frac{v_i^2}{2x} \quad (11)$$

$$v_1 = 15 \frac{Km}{h} * \frac{0,27m}{s} = 4,05m/s$$

$$\bar{a} = -\frac{\left(4,05 \frac{m}{s}\right)_i^2}{2 * 2m} = 4,10 m/s^2$$

Teniendo en cuenta que la aceleración es igual a la velocidad sobre el tiempo podemos calcular el tiempo en que el automóvil se detiene con la siguiente ecuación (12)

$$a = \frac{v}{t}$$

$$t = \frac{v}{a} \quad (12)$$

$$t = \frac{4,05m/s}{4,1m/s^2} = 0,9878 s$$

La desaceleración en 2m es de  $4,10 m/s^2$  en un tiempo de 0,987s la fuerza de empuje  $F$  (14) que se produce con la desaceleración está dada por la siguiente expresión.

$$F = ma(14)$$

---

<sup>13</sup> Fuente. [18]<http://biblioteca.ucp.edu.co/ojs/index.php/entrecei/article/viewFile/1637/1546> [En línea] [citado el 26 de febrero de 2017 a las 15:28]

Fuerza de empuje producida a una velocidad de 15 Km/h con una desaceleración de  $4,10 \text{ m/s}^2$  con una masa del vehiculó de 1069 Kg.

$$F = 1069 \text{kg} * 4,10 \text{ m/s}^2$$

$$F = 4382,9 \text{N}$$

La aceleración está dada por la multiplicación de la gravedad por el coeficiente de fricción cinemático ( $u * g$ ), con esta expresión se puede calcular las desaceleraciones en cada instante de tiempo hasta detener el automóvil.

Teniendo en cuenta que la fuerza de ficción es igual a la masa por la aceleración.

$$f_f = -m\bar{a} \quad (15)$$

$$f_f = u * n \quad (16)$$

$$n = m * g \quad (17)$$

$$\bar{a} = u * g \quad (18)$$

Siendo  $u$  el coeficiente de fricción cinemático igual 0.8, en la tabla 2 se puede apreciar los tiempos, desaceleraciones, fuerzas de empuje que se producen durante la desaceleración del vehículo después de aplicar una fuerza en el pedal.

**Tabla 2.** Desaceleraciones y fuerzas de empuje en un instante de tiempo

Velocidad	Tiempo [s]	a [m/s <sup>2</sup> ]	F [N]
10 km/h	0,6438	4,1941	4483,44619
5 km/h	0,8158	1,6548	1769,0290
3 km/h	0,8846	0,9157	978,8560
2 km/h	0,9190	0,5876	628,1410
1 km/h	0,9534	0,2832	302,7372
0,5 km/h	0,9706	0,1391	148,6859
0,1 km/h	0,9844	0,0274	29,3215
0 km/h	0,9878	0,0000	0

Fuente. Autor

Teniendo en cuenta las fuerzas de empuje, se calcularon las fuerzas que se deben generar en el sistema de freno para detener el automóvil. ¿Si al pedal de frenos se le aplica un esfuerzo de 10kg cuál sería la fuerza resultante? ¿Es suficiente para detener el automóvil? (ver Figura 19).

Para realizar el cálculo de la fuerza que se generan en el sistema de frenos nos basaremos al manual del vehículo Hyundai Accent 1998. Este está equipado con el sistema ABS para evitar bloqueo en las ruedas cuando se está frenando, (Ver Figura 20).

**Figura 20.** Generalidades del sistema de frenos del Vehículo Hyundai Accent 1998

58-2

**GENERALIDADES**

**GENERALIDADES**

**ESPECIFICACIONES GENERALIDADES**

<b>Cilindro principal</b>	
Tipo	Tándem
I.D.	20,64 mm (0,813 pulg.)
Sensor de aviso del nivel de fluido	Provisto
<b>Servofreno</b>	
Tipo	Vacío
Diámetro efectivo	220 mm (8,66 pulg.)
Ratio de sobrealimentación	4,0:1
<b>Válvula dosificante</b>	
Presión de inserto (Punto divisorio)	3,43 MPa (35 Kg/cm <sup>2</sup> · 498 psi)
Ratio de decompresión	3,7:1
<b>Freno delantero</b>	
Tipo	Tipo flotante con disco ventilado
Disco O.D.	242 mm (9,53 pulg.)
Grosor del disco	19 mm (0,75 pulg.)
Grosor de la pastilla	8,8 mm (0,347 pulg.)
Cilindro I.D.	51,1 mm (2,01 pulg.)
<b>Freno trasero</b>	
Tipo	Tambor principal-trasero
Tambor I.D.	180 mm (7,09 pulg.)
Grosor del revestimiento del freno-Guia	4,8 mm (0,189 pulg.)
Grosor del revestimiento del freno Colgante	4,6 mm (0,181 pulg.)
Cilindro I.D.	19,05 mm (0,75 pulg.)
Ajuste del juego	Automático
<b>Freno de estacionamiento</b>	
Tipo	Freno mecánico que actúa en ruedas traseras
Tipo de frenado	Tipo de palanca (forma de leva)
Disposición del cable	Tipo V

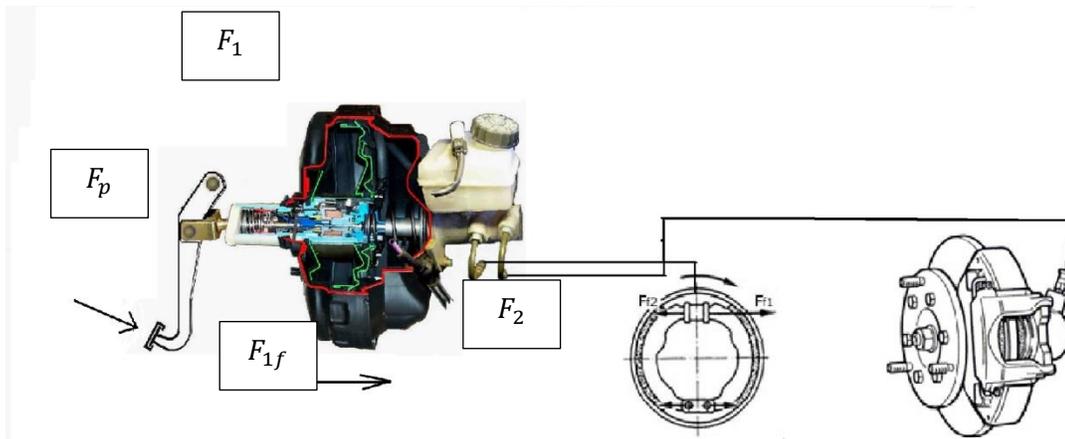
**Fuente.** (Manual de usuario Hyundai Accent 1998)

**Tabla 3.** Características técnicas

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Marca	HYUNDAI
Línea	ACCENT
Modelo	1998
Número de pasajeros	4
Tipo de frenos delantero	De disco con ventilación.
Tipo de frenos traseros	De tambor y zapatas.
Numero de ejes	2
Neumáticos estándar	155/80 R13
Tipo de Motor	I 4 G4N
Caja de Cambio	5 velocidades mecánica
Cilindraje	1341 cm3
Masa	926 kg

**Fuente.** Autor

**Figura 21.** Fuerzas en el sistema de frenos



**Fuente.** Autor

$F_p$  : Esfuerzo aplicado en el pedal.

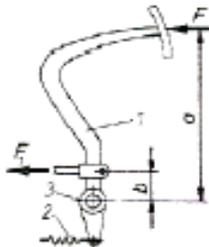
$F_1$  : Fuerza resultante por el esfuerzo aplicado en el pedal

$F_{f1}$ : Fuerza resultante por la multiplicación de la fuerza del servofreno

$F_2$  : Fuerza resultante de la bomba de frenos.

Si se aplica un esfuerzo de  $10\text{kg} \cdot 9.81\text{cm/s}^2$  la fuerza resultante aplicada al pedal será (Ver figura 22).

**Figura 22.** Pedal de frenos



**Fuente.** (MUÑOZ GARCÍAS, Francisco, Cálculo teórico práctico de los elementos y grupos del vehículo industrial y automóvil. Madrid: Dossat, 1982)

$a = 28,5$  cm tomado del manual Hyundai Accent 1998

$b = 8,5$  cm tomado del manual Hyundai Accent 1998

$$F_1 = \frac{F_p \cdot a}{b} \quad (2)$$

$$F_1 = \frac{98.1\text{N} \cdot 28.5 \text{ cm}}{8.5 \text{ cm}}$$

$$F_1 = 328.92\text{N}$$

El servofreno multiplica la fuerza 7X1 por lo que la fuerza final será

$$F_{1f} = 328.92\text{N} \times 7 = 2302,46\text{N}$$

Procederemos a calcular la fuerza  $F_2$  (4) en el líquido de frenos producida por el desplazamiento de los pistones de la bomba de freno.

$$F_2 = \frac{F_{1f} * \phi_2^2}{\phi_1^2} \quad (4)$$

$\phi_1$  Diámetro externo del pistón principal de la bomba de frenos.

$\phi_2$  Diámetro interno del cilindro de los frenos traseros delanteros.

Los valores de los diámetros están contenidos en la siguiente tabla 4, las dimensiones son tomadas del manual del usuario Hyundai Accent 1998

**Tabla 4.** Dimensiones de los diámetros de los cilindros de frenos

Diámetros	Dimensión [mm]	Elemento
$\phi_1$	20.64	Bomba de frenos
$\phi_2$	51.1	Freno delantero
$\phi_2$	19.05	Freno trasero

**Fuente.** Autor

Por lo tanto, la fuerza que se produce en cada llanta seria la siguiente

Fuerza en los frenos de tambor de los neumáticos traseros.

$$F_2 = \frac{2302,46N * (19,05)^2}{(20,64mm)^2} = 1961,39N$$

Fuerza en los frenos de discos de los neumáticos delanteros.

$$F_2 = \frac{2302,46N * (51,1mm)^2}{(20,64mm)^2} = 14112,84N$$

Después de calcular la fuerza  $F_2$ , procederemos a calcular la fuerza de rozamiento entre los elementos frenantes, es decir zapatas y plato de frenos en los frenos de campana y pastillas y el disco de freno la cual se calculará con la siguiente ecuación.

$$F_t = F_2 * \mu^{14} \quad (5)(5)$$

$F_t$ : Fuerza de rozamiento entre los elementos frenantes

---

<sup>14</sup> [16] ALONSO PEREZ, José Manuel, Técnicas del Automóvil CHASIS

$\mu$ : Coeficientes de rozamiento entre los elementos de frenos

Fuerza de fricción en los frenos delanteros

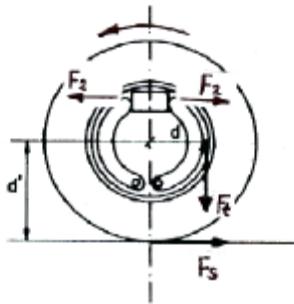
$$F_t = 14112.84N * 0.3 = 4233.85N$$

Fuerza de fricción en los frenos traseros

$$F_t = 1961.39N * 0.3 = 588.17N$$

Finalmente calcularemos la fuerza de rozamiento entre el neumático y el piso para lo cual nos basaremos en el diagrama de cuerpo libre de un neumático (Ver figura 23).

**Figura 23.** Diagrama de cuerpo libre de un neumático



**Fuente.** (MUÑOZ GARCÍAS, Francisco, Cálculo teórico práctico de los elementos y grupos del vehículo industrial y automóvil. Madrid: Dossat, 1982)

Dónde:

$F_s$ : Es la fuerza de fricción entre el neumático y el piso

$d'$ : Radio del neumático 310,075 cm

$d$ : Radio del tambor 9 cm y freno disco 12 cm

Valores tomados del manual de usuario Hyundai 1998

$$F_t = \frac{F_s * d'}{d} \quad (7)$$

Despejando  $F_s$  de la ecuación (7)

$$F_s = \frac{F_t * d}{d^l} \quad (8)$$

La fuerza de fricción en las ruedas traseras y delanteras sería:

$$F_s = \frac{(588,17N * 2) * 9cm}{31,075cm} = 340,69N$$

$$F_s = \frac{(4233,85N * 2) * 12,1cm}{31,075cm} = 3297,16N$$

La fuerza de fricción de todo el sistema de frenado es 3637.85N resultado de la suma de las fuerzas en cada neumático. Para que el automóvil se detenga se debe cumplir que  $F < F_s$ , comparando la fuerza de fricción con las fuerzas de empuje en cada instante de tiempo des pues de pisar el pedal o aplicar un esfuerzo de 10 kg se puede observar en la tabla 5 que a los 5 Km/h la fuerza de fricción es 2 veces mayor a la fuerza de empuje por lo que el automóvil se detiene a 5 km/h.

**Tabla 5.** Fuerza de fricción vs fuerza de empuje

Velocidad	Tiempo [s]	a [m/s <sup>2</sup> ]	F [N]	Fs. [N]
10 km/h	0,6438	4,1941	4483,44619	3637,85
5 km/h	0,8158	1,6548	1769,0290	3637,85
3 km/h	0,8846	0,9157	978,8560	3637,85
2 km/h	0,9190	0,5876	628,1410	3637,85
1 km/h	0,9534	0,2832	302,7372	3637,85
0,5 km/h	0,9706	0,1391	148,6859	3637,85
0,1 km/h	0,9844	0,0274	29,3215	3637,85
0 km/h	0,9878	0,0000	0	3637,85

**Fuente.** Autor

Según los cálculos, se infiere que se necesita un actuador que genere 10 kg fuerza en el pedal o una presión de 3 MPA.

### 2.3 SELECCIÓN DEL LA TECNOLOGIA ORIENTADA A LA AUTOMATIZCION DEL MECANISMO DEL SISTEMA DE FRENO

Teniendo en cuenta el esfuerzo generado en el pedal de frenos de 10 Kg o la presión de 3 MPA, se debe seleccionar un actuador o la configuración de algún tipo de tecnología que

genere la fuerza final necesaria para detener el automóvil. Esta fuerza puede provenir de dos fuentes, presión hidráulica y fuerza motriz eléctrica, conociendo los 2 tipos de sistemas a continuación se presenta una tabla comparativa de las características principales de cada uno de estos. Posteriormente se tomará la decisión adecuada sobre el tipo de actuador que será utilizado para generar la fuerza necesaria para detener el automóvil (Ver Tabla 6).

**Tabla 6.** Características de los sistemas de fuerza Hidráulica y Fuerza electromotriz

Sistema	Hidráulicos	Eléctricos
Energía	Aceite mineral (5-10 MPa)	Corriente eléctrica
Opciones	Cilindros	Corriente continua o Corriente alterna
	Motor de paletas	Servomotores
	Central hidráulica compacta	
	Motor de pistones axiales	Motor paso a paso
Ventajas	Rápidos	Precisos
	Alta relación potencia-peso	Fiabes
	Auto lubricantes	Fácil control
	Alta capacidad de carga	Sencilla instalación
	Estabilidad frente a cargas estáticas	Silenciosos
Desventajas	Instalaciones Especiales	Potencia limitada
	Costosos	

**Fuente.** Autor

Teniendo en cuenta las características de cada sistema y las fuerzas que se debe generar, se optó por elegir el sistema hidráulico una central hidráulica compacta con una electroválvula 3/2, debido que generan alta relación potencia-peso y una respuesta rápida.

### 2.3.1 Central hidráulica compacta con un bloque de electroválvulas 3/2 tipo BWN

pertencen al grupo de las centrales hidroeléctricas, es una máquina que incrementa la energía del fluido, su velocidad o su altura, todas estas relacionadas con el principio de Bernoulli, en general una bomba se utiliza para incrementar la presión de un líquido añadiendo energía al sistema hidráulico para mover el fluido de una zona de menor presión a mayor presión.

La central hidráulica compacta (Ver figura 24) destaca por tener un diseño muy compacto, debido a que el eje del motor eléctrico es el mismo de la bomba, esta contiene un motor de corriente continua, es una bomba de pistones radiales. Tiene como elemento principal

de trabajo un pistón que se mueve dentro de un cilindro; la succión del pistón aspira el líquido y el empuje del mismo lo envía con más o menos presión por la tubería. Para ello necesitan válvulas que, por el mismo empuje del líquido, cierran o abren las salidas.

**Figura 24.** Central compacta de corriente continua NPC



Fuente. (<https://www.hawe.com/es-es/productos/busqueda-de-productos-por-categoria/bomba-hidraulica/central-hidraulica/central-compacta/npc/>)

Esta central compacta trabaja a 12 Vol. DC y genera una presión máxima de 750 Bar con un caudal de 1,36 l/min (ver tabla 7). Además, cuenta con un bloque de electroválvulas 3/2.

**Tabla 7.** Propiedades de la central compacta NPC

Ventajas	Desventajas
Requiere muy poco espacio y su transporte es sencillo.	Poco tiempo de funcionamiento
Alimentación mediante corriente continua de 12V DC o 24V DC.	Debe tener su propio depósito de aceite.
Especialmente idóneo para usos móviles y en obras.	
Presión máxima de 750 bar.	
Caudal máximo 1,36 l/min	
Larga vida útil y gran fiabilidad gracias al uso de bombas de pistones radiales.	
Cuida el medio ambiente gracias a su reducido llenado de aceite y su fácil eliminación.	
Reducidos costes de líquido hidráulico.	
Gama de válvulas y accesorios especialmente diseñados procedentes del sistema modular.	

**Fuente.** Autor

### 2.3.1.1 Ficha técnica de la central compacta de corriente continua NPC.

En la figura 25 se puede observar los parámetros de funcionalidad de la central hidráulica compacta.

**Figura 25.** Datos eléctricos de la central compacta NPC

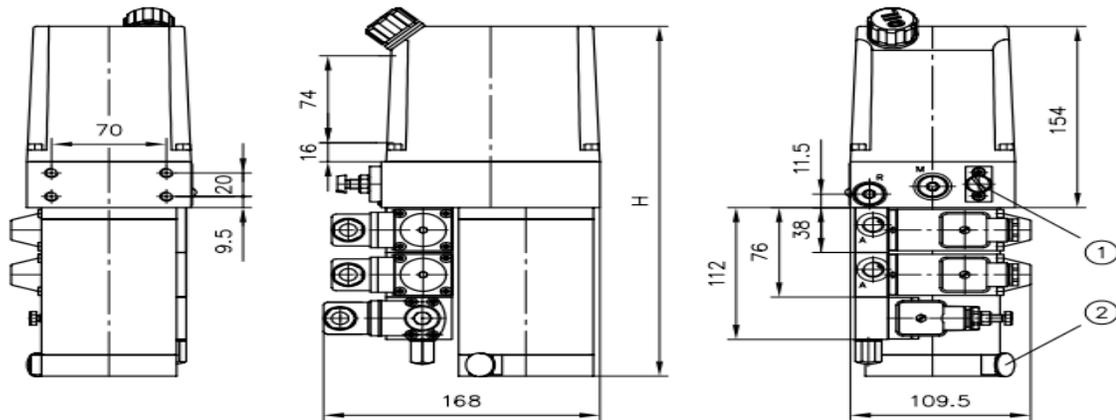
Datos eléctricos			
<b>NPC 11</b>			
Tensión nominal	$U_N$	24V	12V
Potencia nominal	$P_N$	0,1 / 0,3 kW	0,1 / 0,25 kW
Corriente nominal	$I_N$	5,6 / 22 A DC	10,5 / 35 A DC
<b>NPC 12</b>			
Tensión nominal	$U_N$	24V	12V
Potencia nominal	$P_N$	0,6 kW	0,6 kW
Corriente nominal	$I_N$	35 A DC	70 A DC
Núm. de revoluciones nominal	$n_N$	3000 / 2000 min <sup>-1</sup>	
Tipo de protección		IP 44	
Tipo de material aislante		F	
Conexión eléctrica		Conector plano 2 unidades 6,3x0,8	
Tiempos de carga permitidos		1 $p_{m\acute{a}x}$	ED ≤ 10%
		0,5 $p_{m\acute{a}x}$	ED ≤ 20%
		0,3 $p_{m\acute{a}x}$	ED ≤ 30%
Sección transversal recomendada		2x 4 mm <sup>2</sup>	(≤ 35 A)
		2x 6 mm <sup>2</sup>	(< 35 A)
Consumo de corriente real y curva característica de caudal	<p>El gráfico muestra la relación entre el consumo de corriente real (<math>I_a</math>) y el caudal (<math>Q_n/Q_0</math>) en función de la potencia hidráulica (<math>pV_g</math>). La curva de caudal (<math>Q</math>) es una línea recta que decrece de 1.0 a 0.25 a medida que <math>pV_g</math> aumenta de 0 a 125. La curva de corriente (<math>I</math>) es una línea recta que aumenta de 0 a 30 a medida que <math>pV_g</math> aumenta de 0 a 125.</p>		

Fuente. (<http://downloads.hawe.com/7/9/D7940-es.pdf>)

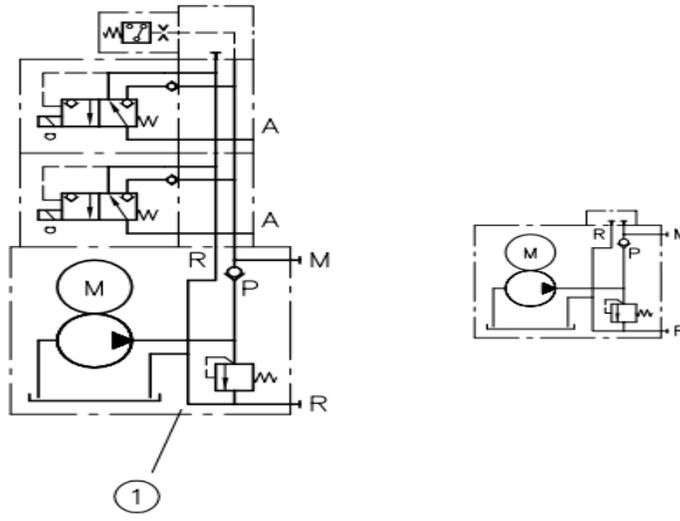
### 2.3.1.2 Dimensión y circuito hidráulico de la central Compacta NPC

En la figura 26 se detallan las dimensiones en [mm] de la mini central compacta con 2 electroválvulas y su circuito hidráulico.

**Figura 26.** Dimensiones y circuito hidráulico de la mini central compacta NPC



- 1 Válvula limitadora de presión
- 2 Conexión eléctrica



- 1 Bomba básica

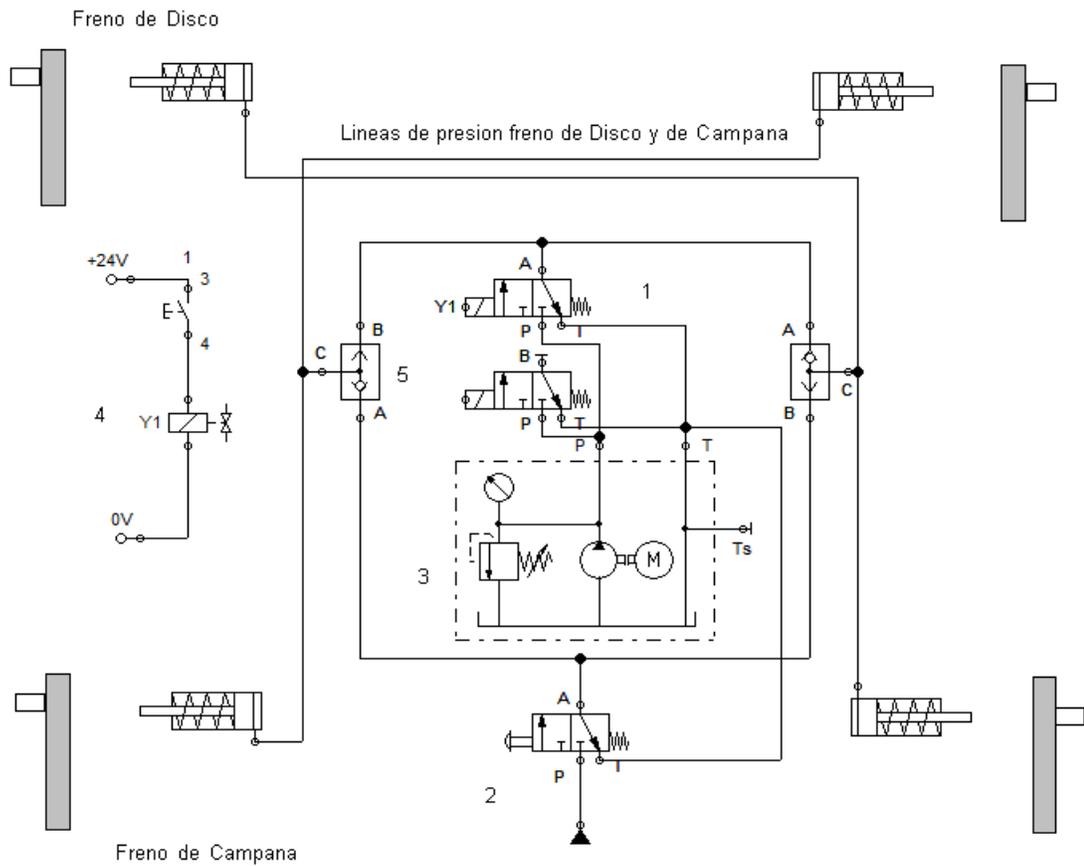
Mini central compacta con un bloque de 2 electroválvulas y un preso tato.

Fuente. (<http://downloads.hawe.com/7/9/D7940-es.pdf>)

## 2.4 DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO PARA EL ACCIONAMIENTO AUTOMÁTICO DEL SISTEMA DE FRENOS

Este sistema hidráulico se encargará de accionar los frenos y compartirá la misma tubería por donde fluye el líquido de frenos. Cuando se active el prototipo auto frenado, la mini central compacta tendrá una presión de 4 MPA, y se accionará una electroválvula 3/2 con retorno de muelle, ubicada en el cuerpo de la central la cual dará paso al líquido de frenos para accionar los frenos delanteros y traseros (Ver Figura 27).

**Figura 27.** Circuito Hidráulico diseñado para el accionamiento de los frenos



1 Electroválvula 3/2; 2 Sistema representación del sistema de freno; 3 Central compacta NPC; 4 Mando de la electroválvula; 5 Válvula selectora.

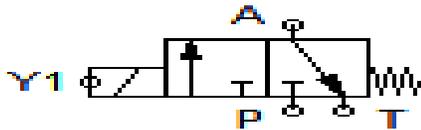
**Fuente.** Autor

### 2.3.1 Selección de los elementos del circuito hidráulico auto frenado

Se realizó la selección de los materiales y elementos hidráulicos para el adecuado funcionamiento del circuito auto frenado.

Válvula 3/2: Esta tiene 3 conexiones y 2 posiciones de conmutación. Las válvulas 3/2 se utilizan para el mando de cilindros de simple efecto o para el pilotaje de otras válvulas. En el símbolo de la válvula se ve las dos posiciones. Esta válvula será la encargada de dar accionamiento al circuito hidráulico del auto frenado (ver figura 28).

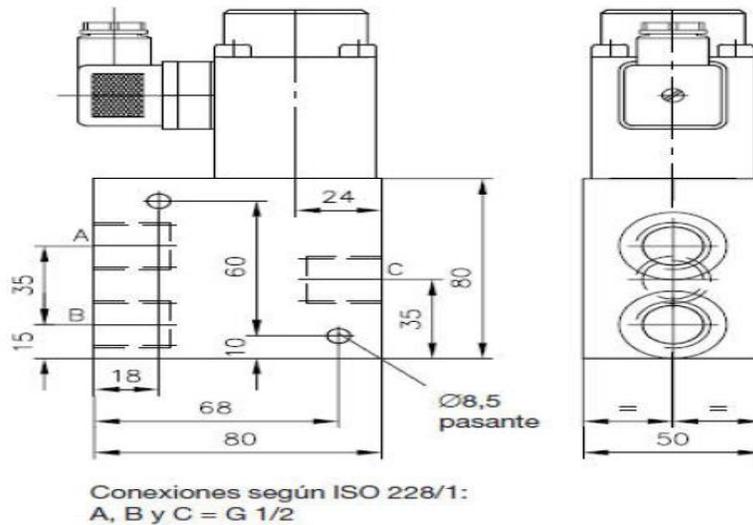
**Figura 28.** Símbolo de una electroválvula 3/2 con retorno de muelle



**Fuente:** (Tomado del software Fluidsim de Festo)

Se selecciona electroválvula 3/2 de la serie BVG del catálogo de HAWE HYDRAULIK, en la Figura 29 se muestra las dimensiones de la válvula.

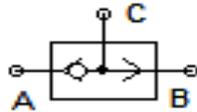
**Figura 29.** Dimensión de la electroválvula BVG dimensiones en [mm]



**Fuente.** (<http://pdf.directindustry.es/pdf/hawe-hydraulik/catalogo-productos/6183-413215.html>)

Válvula selectora: La válvula selectora se utiliza cuando se desea que coincidan en una tubería dos flujos provenientes de dos tuberías distintas sin que se produzcan interferencias entre los dos. Estas funcionan como una puerta lógica OR; es decir, si existe presión en una de las dos entradas, habrá presión a la salida (ver figura 30).

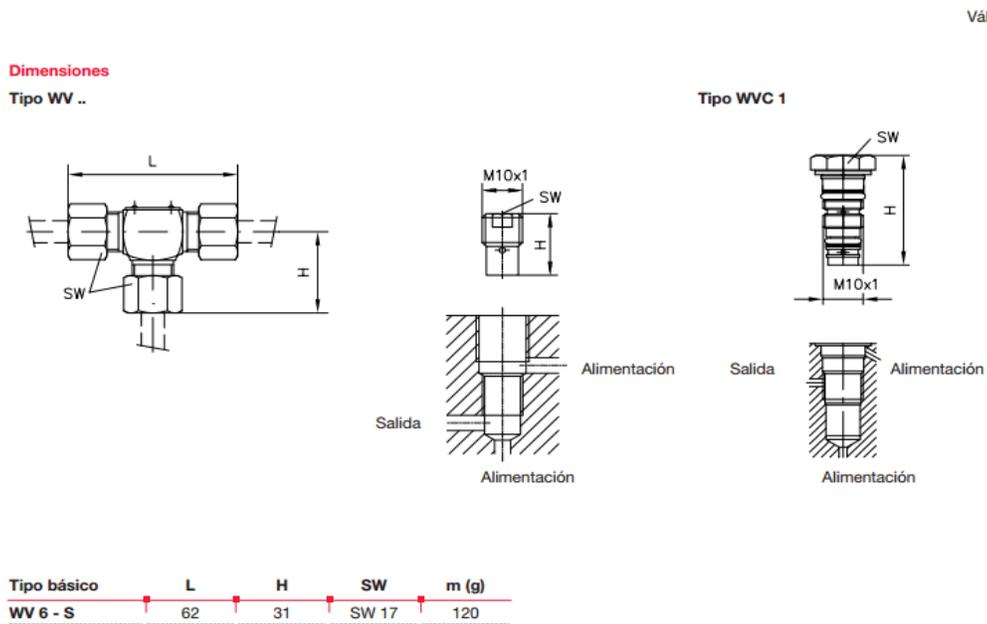
**Figura 30.** Símbolo de una válvula selectora



Fuente. (Tomado del software Fluidsim de Festo)

Se selecciona válvula selectora tipo WV HAWE HYDRAULIK, en la (Figura 31) se muestra las dimensiones de la válvula.

**Figura 31.** Dimensiones de la válvula selectora tipo WV [mm]



Fuente. (<http://pdf.directindustry.es/pdf/hawe-hydraulik/catalogo-productos/6183-413215.html>)

## 2.4 SELECCIÓN DE LOS SENSORES PERIFÉRICOS Y UNIDAD DE CONTROL

En este apartado se describieron los sensores que se utilizaran para el censado de la distancia de seguridad, velocidad del automóvil y unidad de control.

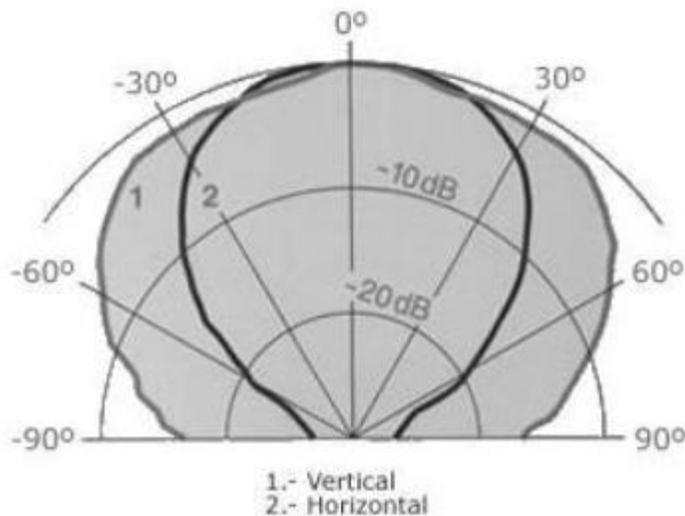
### 2.4.1. Sensores periféricos

Son los encargados de censar la distancia de seguridad y la velocidad de marcha del vehículo.

#### 2.4.1.1 Sensor ultrasónico

Los sensores ultrasónicos se utilizan para detectar a que distancia se encuentra posibles obstáculos y para vigilar un espacio, el tamaño del ángulo de abertura se obtiene según el número de sensores utilizados y ubicados en el para choque del vehiculó, en la (ver Figura 32) se puede observar el ángulo y onda de sonido que puede generar un solo sensor ultrasónico.

**Figura 32.** Angulo y onda de sonido que puede generar un sensor ultrasónico



**Fuente.** (Erich Zable. Sensores en automóviles)

Este tipo de sensor se compone de una caja de plástico con conexión por enchufe integrada, un convertidor de ultrasonidos (membrana de aluminio en cuyo lado interior hay pegada una pastilla piezocerámicos) y una placa de circuitos impresos con electrónica de emisión y evaluación (Ver Figura 33).

Dos de las cuatro líneas eléctricas de conexión a la unidad de control sirven para la alimentación de tensión. Por la tercera línea, bidireccional, se conecta la función emisora y se transmite la señal de recepción evaluada de vuelta a la unidad de control (conexión de colector abierto de alto potencial de reposo) [21].

**Figura 33.** Sensor ultrasónico

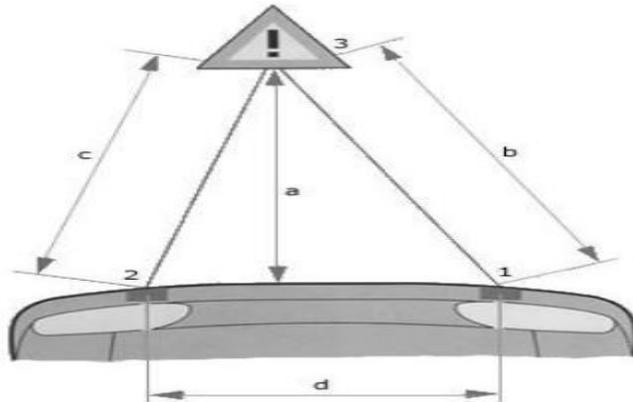


**Fuente.** (<http://bot-boss.com/tutorial-arduino-medir-distancia-sensor-ultrasonico-hc-sr04>)

El sensor ultrasónico funciona según el principio "impulso-eco" en combinación con la "triangulación". Cuando recibe de la unidad de control un impulso digital de emisión, el circuito electrónico excita la membrana de aluminio mediante impulsos rectangulares dentro de la frecuencia de resonancia para generar vibraciones típicas de aprox. 300 µs, emitiéndose entonces ondas ultrasónicas: la onda sonora reflejada por el obstáculo hace vibrar a su vez la membrana, que entretanto se había estabilizado (durante el período de extinción de aprox. 900µs no es posible ninguna recepción).

Al primer obstáculo detectado más cercano y a partir del tiempo de propagación del primer impulso de eco llegado y de velocidad del sonido, se calcula la distancia. En la (Figura 34) se observa el triángulo de distancia [21], y la ecuación de la distancia de detención del sensor (Ver tabla 18.).

**Figura 34.** Triangulo de distancia



**Fuente.** (Erich Zable. Sensores en automóviles)

$$a = \sqrt{c^2 - \frac{(d^2 + c^2 - b^2)^2}{4d^2}} \quad (18)$$

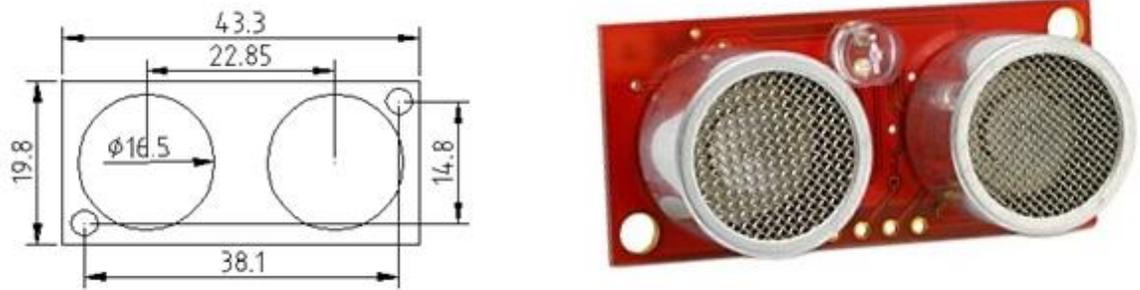
**Tabla 8.** Variables de la ecuación 18

a. Distancia parachoques/obstáculo.	1. Sensor emisor y receptor
b. Distancia sensor 1/obstáculo.	2. Sensor receptor.
c. Distancia sensor 2/obstáculo.	3. Obstáculo.
d. Distancia sensor 1/sensor 2.	

**Fuente.** Autor

Se seleccionan dos sensores ultrasónicos SRF08 S320112 en la Figura 35 se muestran la dimensiones y consumo eléctrico del sensor.

**Figura 35.** Dimensiones en [mm] y consumo de corriente del sensor SFR08



Tipo de operación realizada	Corriente	Duración
Comando de medición de la distancia recibido -Encendido	275mA	3uS
Estabilización del generador de +/- 10v	25mA	600uS
8 ciclos de "ping" 40kHz	40mA	200uS
Medición	1mA	65mS máx.
Modo de espera (Stand-by)	3mA	Indefinido

**Fuente.** Autor

#### 2.4.1.2 Sensor de velocidad de marcha del vehículo

Será el encargado de censar la velocidad de marcha del vehículo, mediante los giros de la rueda delantera, este sensor es muy importante debido a que según la velocidad censada el prototipo se pondrá en funcionamiento con un límite de funcionamiento de 35 km/h si se excede esta velocidad el dispositivo estará apagado.

Para el desarrollo del proyecto se seleccionó el sensor de efecto hall A3144.

##### 2.4.1.2.1 Sensor de Efecto Hall A3144

Este detecta un campo magnético intenso en ausencia de material, cuando el material se aproxima al sensor el campo magnético se debilita. Para determinar la velocidad de giro de la rueda se pone un imán de forma permanente a la rueda, cada vez que pase el imán por el sensor se enviara un pulso a la unidad de control la cual procesara la señal y calculara la velocidad.

Se elige un módulo sensor Hall A3144 (Ver figura 36), por que este tiene toda la etapa de acondicionamiento del sensor.

**Figura 36.** Modulo sensor Hall A3144



**Fuente.** (<https://spanish.alibaba.com/product-detail/hall-sensor-lm393-linear-hall-effect-sensitivity-detection-module-for-arduino-60475529287.html>)

Tiene dos salidas Hay dos salidas; salida en tiempo real AO y Hall DO salida de señal salón después de ser regulada por el comparador.

Características del módulo

- Fuente de alimentación: 3 a 5,5 V DC
- Tamaño pequeño: 32mm X 14mm
- Capacidad de salida Comparador: 16mA
- Con indicador de alimentación
- Con el indicador de salida del comparador

#### 2.4.2 LCD de 16X2

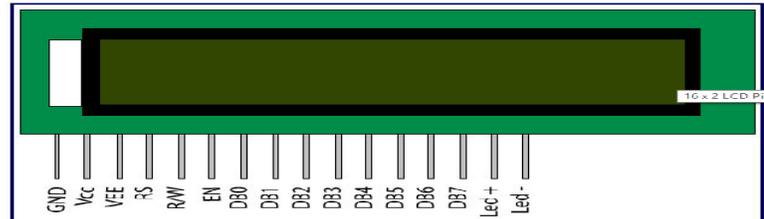
Pantalla LCD (pantalla de cristal líquido) es un módulo de pantalla electrónica la LCD 16x2 es un módulo muy básico, utilizado en muchos dispositivos y circuitos. Estos módulos se prefieren sobre siete segmentos y otros Leds de varios segmentos. Debido a que son: Económicos; De fácil programación; No tienen limitación de mostrar caracteres especiales e incluso personalizados (a diferencia de siete segmentos), animaciones entre otras.

16x2 significa que puede mostrar 16 caracteres por línea cuenta con 2 líneas. En esta pantalla LCD cada carácter se muestra en matriz de 5x7 píxeles. Existen dos, a saber, Comando y Datos.

El registro de comandos almacena las instrucciones de comando dadas a la pantalla LCD. Un comando es una instrucción dada a la pantalla LCD para hacer una tarea predefinida como inicializarla, borrar su pantalla, establecer la posición del cursor, controlar la

pantalla, etc. El registro de datos almacena los datos que se visualizarán en la pantalla LCD. Los datos son el valor ASCII del carácter que se mostrará en la pantalla LCD. Haga clic para obtener más información sobre la estructura interna de una pantalla LCD [25].

**Figura 37.** LCD 26X2



Pin No	Función	Nombre
1	Tierra (0V)	Suelo
2	Tensión de alimentación: 5V (4.7V - 5.3V)	Vcc
3	Ajuste del contraste: A través de una resistencia variable	V EE
4	Selecciona el registro de comandos cuando está bajo; Y los datos se registran cuando son altos	Registrarse Seleccionar
5	Bajo para escribir en el registro; Alto para leer del registro	Leer escribir
6	Envía datos a los pines de datos cuando se da un pulso alto a bajo	Habilitar
7	Clavijas de datos de 8 bits	DB0
8		DB1
9		DB2
10		DB3
11		DB4
12		DB5
13		DB6
14		DB7
15	Luz de fondo V <sub>CC</sub> (5V)	Led +
dieciséis	Tierra de retroiluminación (0V)	LED-

**Fuente.** (<https://www.engineersgarage.com/electronic-components/16x2-lcd-module-datasheet>)

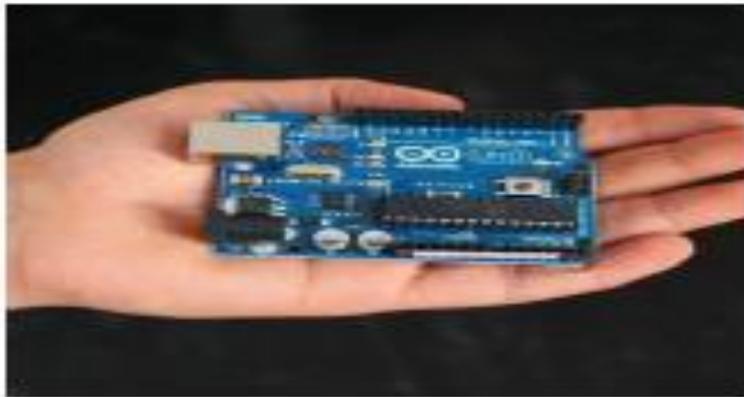
### 2.4.3 Unidad de control

Los dispositivos de asistencia para la frenada en los automóviles utilizan unidad de control electrónico, las informaciones captadas por los elementos periféricos sensores son tratadas por microprocesadores. El cual ejecuta el algoritmo donde el sistema toma decisiones, envía una señal amplificada a los actuadores asegurando la activación de estos. Para el desarrollo de este prototipo se utilizará una plataforma de control electrónica Arduino mega 2560.

### 2.4.3.1 Arduino

Arduino. Es una plataforma de electrónica abierta para la creación de prototipos basada en software y hardware flexibles y fáciles de usar (ver Figura 37). Se creó para artistas, diseñadores, aficionados y cualquiera interesado en crear entornos u objetos interactivos. Arduino puede tomar información del entorno a través de sus pines de entradas de toda una gama de sensores, controlando motores y actuadores. El micro controlador de Arduino se programa mediante un lenguaje de programación Arduino (basado en Wiring) y el entorno de desarrollo Arduino (basado en Processing). Los proyectos hechos con Arduino pueden ejecutarse sin necesidad de conectar a un ordenador, si bien tienen la posibilidad de hacerlo y comunicar con diferentes tipos de software (p.ej. Flash, Processing, MaxMSP) [9].

**Figura 38.** Arduino 1



Fuente. (<http://www.arduino.cc/>)

El lenguaje de programación de Arduino se basa en C/C++, estas son las variables, estructuras, funciones que más se utilizan Ver tabla 9.

**Tabla 9.** Estructuras y funciones de programación utilizadas en Arduino

Estructura	Variables	Funciones
setup() (inicialización)	<b>Constantes</b>	<b>E/S Digitales</b>
loop() (bucle)	HIGH   LOW	pinMode()
Estructuras de control	INPUT   OUTPUT	digitalWrite()
if (comparador si-entonces)	true   false	digitalRead()
if...else (comparador si...sino)	Constantes Numéricas	<b>E/S Analógicas</b>
for (bucle con contador)	<b>Tipos de Datos</b>	analogRead()
switch case (comparador múltiple)	boolean (booleano)	analogWrite() - PWM (modulación por ancho de pulso)
while (bucle por comparación booleana)	char (carácter)	<b>E/S Avanzadas</b>
do... while (bucle por comparación booleana)	byte	tone()
break (salida de bloque de código)	int (entero)	noTone()
continue (continuación en bloque de código)	unsigned int (entero sin signo)	shiftOut()
return (devuelve valor a programa)	long (entero 32b)	pulseIn()
<b>Sintaxis</b>	unsigned long (entero 32b sin signo)	<b>Tiempo</b>
: (punto y coma)	float (en coma flotante)	millis()
{ } (llaves)	double (en coma flotante de 32b)	micros()
// (comentarios en una línea)	string (cadena de caracteres)	delay()
/* */ (comentarios en múltiples líneas)	array (cadena)	delayMicroseconds()
<b>Operadores Aritméticos</b>	void (vacío)	<b>Matemáticas</b>
== (igual a)	<b>Conversión</b>	min() (mínimo)
!= (distinto de)	char()	max() (máximo)
< (menor que)	byte()	abs() (valor absoluto)
> (mayor que)	int()	constrain() (limita)
<= (menor o igual que)	long()	map() (cambia valor de rango)
>= (mayor o igual que)	float()	pow() (eleva a un número)
<b>Operadores Booleanos</b>		sq() (eleva al cuadrado)
&& (y)		sqrt() (raíz cuadrada)
(o)		<b>Trigonometría</b>
! (negación)		sin() (seno)
<b>Operadores de Composición</b>		cos() (coseno)
++ (incrementa)		tan() (tangente)
-- (decrementa)		<b>Números Aleatorios</b>
+= (composición suma)		randomSeed()
-= (composición resta)		random()
*= (composición multiplicación)		
/= (composición división)		

**Fuente.** Autor

### 2.4.2.1.1 Características del Arduino Mega 2560

En la tabla 10 se pueden observar las especificaciones del Arduino mega 2560.

**Tabla 10.** Especificaciones del Arduino Mega 2560

Especificaciones técnicas del Arduino Mega 2560	
Microcontrolador	Atmega2560
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7V-12V
Voltaje de entrada (límite)	6-20V
E / S digitales prendedores	54 (de los cuales 15 proporcionan salida PWM)
Pines de entrada analógica	Dieciséis
Corriente continua para Pin I / O	20 mA
Corriente CC para Pin 3.3V	50 mA
Memoria flash	256 KB, 8 KB utilizado por el gestor de arranque
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Velocidad de reloj	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Longitud	101,52 mm
Anchura	53,3 mm
Peso	37 g

**Fuente.** Autor



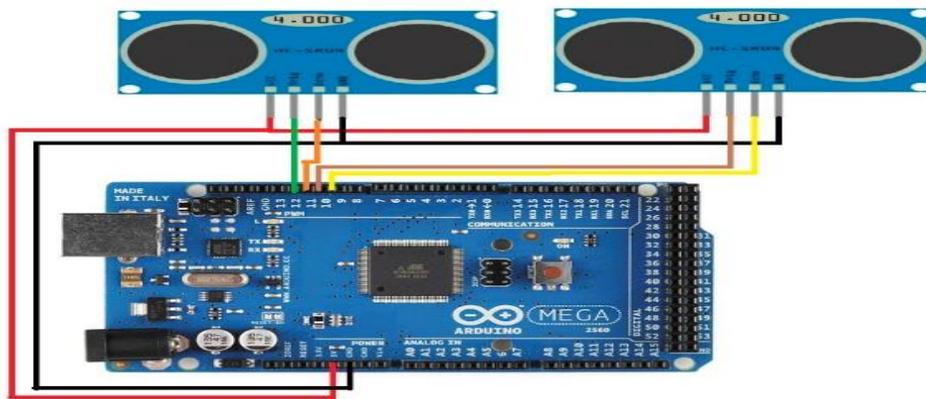
La alimentación del prototipo será de 5 v. a 2 A con esta fuente se garantiza el funcionamiento del Arduino el cual alimentará a los sensores ultrasónicos y de velocidad.

El Arduino Mega 2560 será la unidad de control, este recibirá la señal de los sensores y tomará la decisión de aplicar los frenos según la situación que se presente. Mientras que la velocidad del automóvil sea menor o igual a 35 km/h el sensor ultrasónico se activara y detectará cualquier objeto que se cruce en la distancia de seguridad, si esto sucede se activa de inmediato la electroválvula de la central compacta NPC dejando pasar liquido de freno con una presión de 7.328 MPA suficiente para detener el automóvil en menos de 2 metros.

### 3.1.1 Prueba de funcionamiento del sensor Ultrasónico HC-SR08

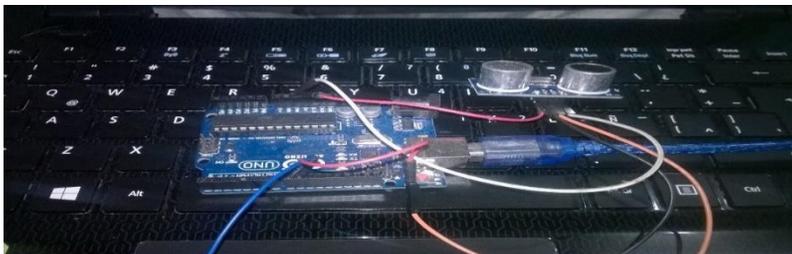
A continuación, se describe el ejercicio realizado con el sensor ultrasónico para observar la respuesta dada por este al momento en que se le interponga un objeto (Ver Figura 40 y 41.).

**Figuras 40.** Conexiones del sensor ultrasónico



**Fuente.** Autor

**Figuras 41.** Implementación de conexión del sensor ultrasónico

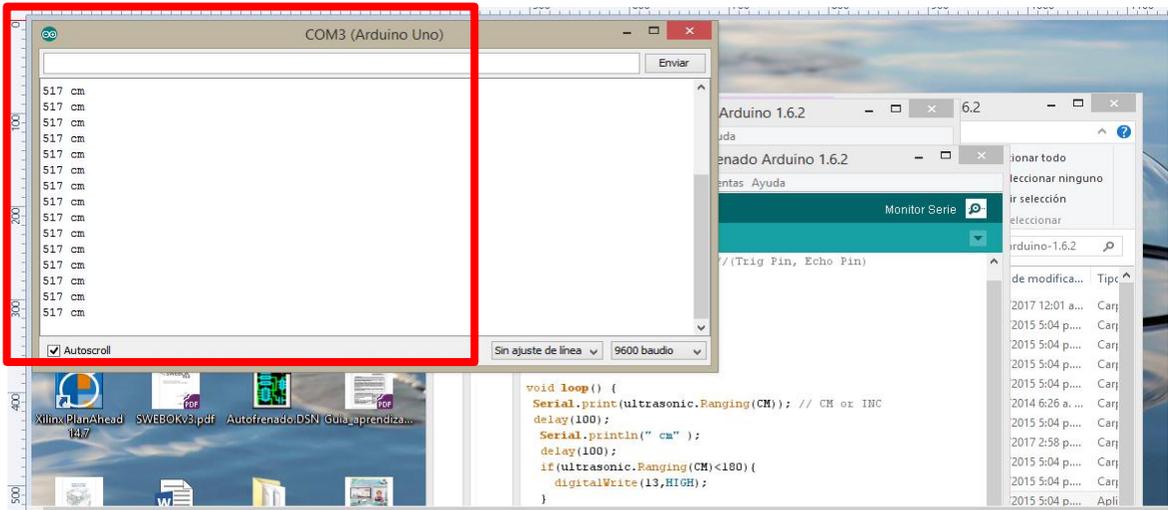


**Fuente.** Autor

Se implementó la conexión de un solo sensor.

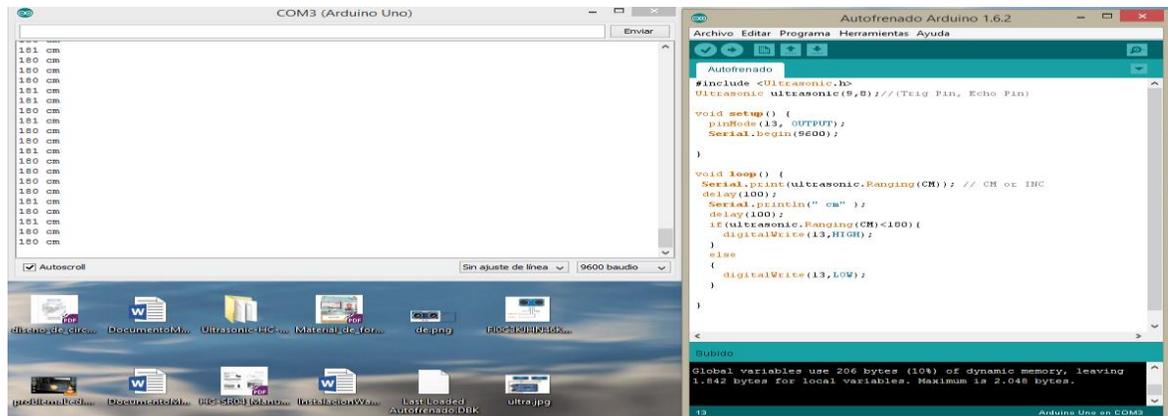
Se descargó la librería Ultrasonico para sensores ultrasónico SRFR mediante Library Manager, en una carpeta que contiene ejemplo del código de implementación del sensor después de hacer las conexiones con el Arduino como se observa en la (Figura 41), se procedió a realizar la adquisición de datos como se ve en las (Figuras 42 y 43).

**Figura 42.** Adquisición de datos del sensor ultrasónico midiendo 5,17 m



Fuente. Autor

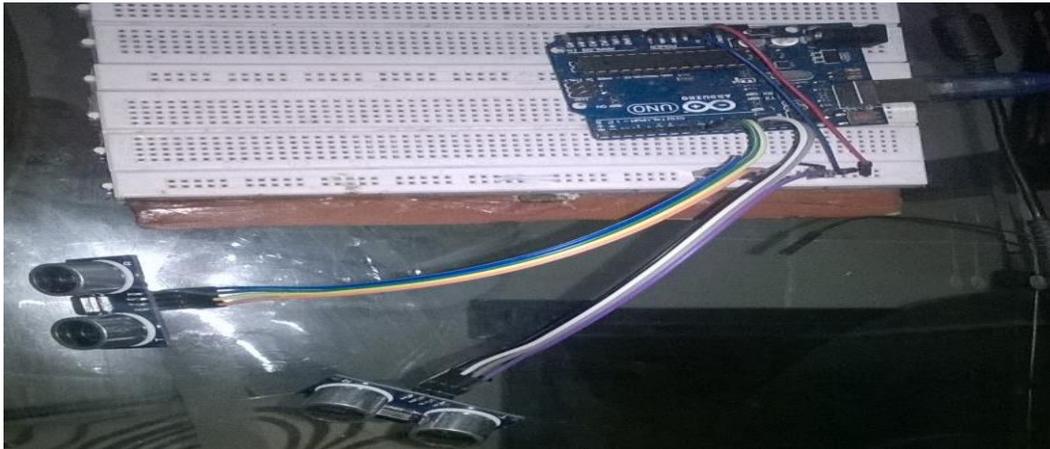
**Figura 43.** Adquisición de datos del sensor ultrasónico cuando hay un objeto



Fuente. Autor

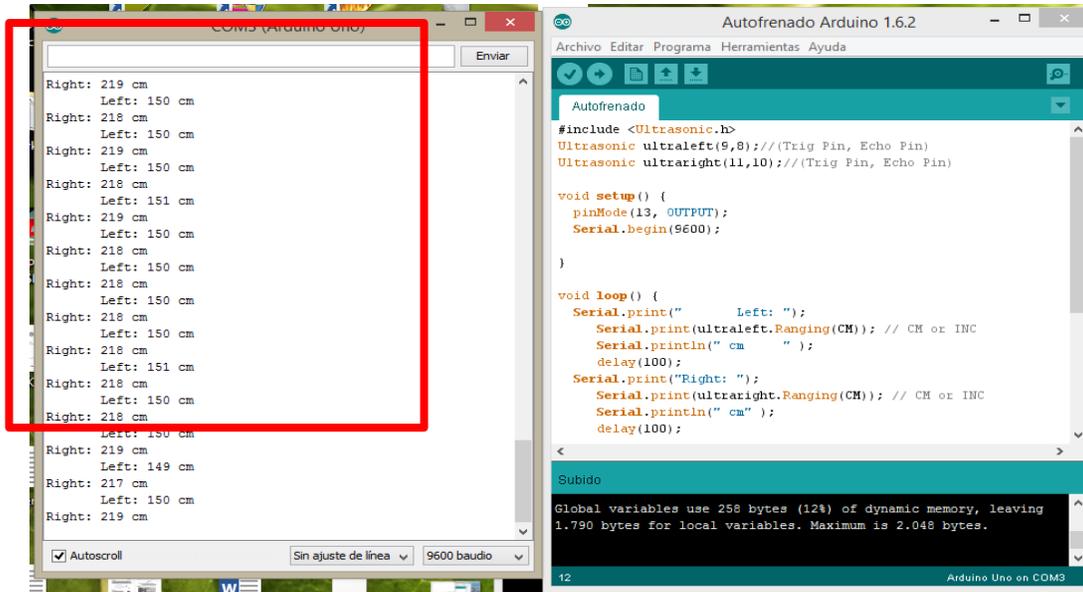
La lectura de los datos que enviaba el sensor se realizó por el pin 9 y 8 entradas digitales y salidas. Para aumentar el rango de detención del sensor ultrasónico se conectaron los dos sensores como se ploteo el diseño, a continuación, se observa las conexiones al Arduino, código utilizado y adquisición de datos (ver figura 44 y 45.).

**Figura 44. Conexión de los dos sensores ultrasónicos.**



Fuente: Autor

**Figura 45. Adquisición de datos con los dos sensores conectados**

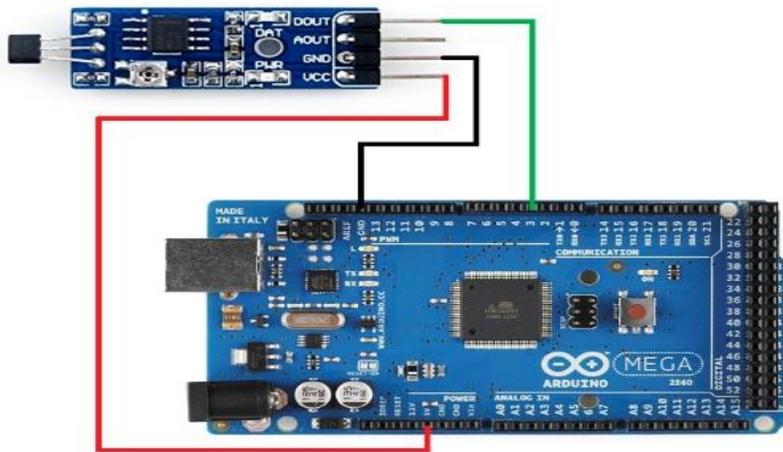


Fuente. Autor

### 3.1.2 Prueba de funcionamiento del sensor de velocidad efecto Hall

A continuación, se describe el ejercicio realizado con el sensor de efecto hall, para observar la respuesta dada por este al momento que perciba un campo magnético producido por un imán fijado en una rueda, con el pulso medido se determina las rpm de la rueda luego se multiplica por  $2\pi$  y se divide por 60 segundos para determinar la velocidad angular, la multiplicación del radio de la rueda por la velocidad angular es la velocidad lineal con que se mueve el vehículo.

**Figura 46.** Conexión del sensor efecto hall



**Fuente.** Autor

En la imagen 47 y 48 se puede observar el ejercicio realizado para determinar la velocidad de la rueda captada por el sensor efecto hall y la adquisición de datos del sensor.

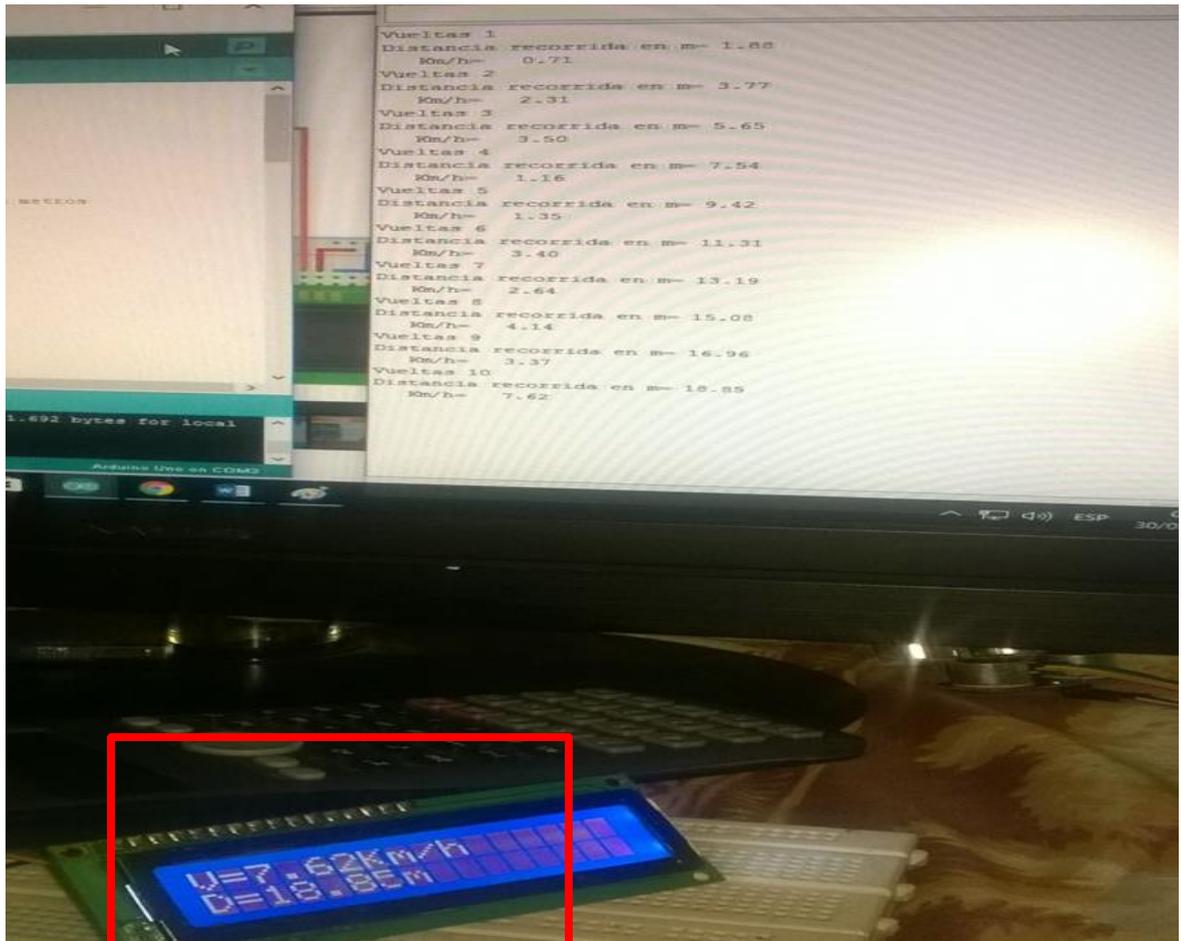
**Figura 47.** Muestra de velocidad y distancia recorrida



**Fuente.** Autor

Como se puede observar en la imagen 48, se realizó la lectura de la velocidad de la rueda se mostró en una LCD 16x2. En la imagen 49 se puede observar la adquisición de datos del sensor con el software de Arduino IDE.

### Ilustración 48. Adquisición de datos

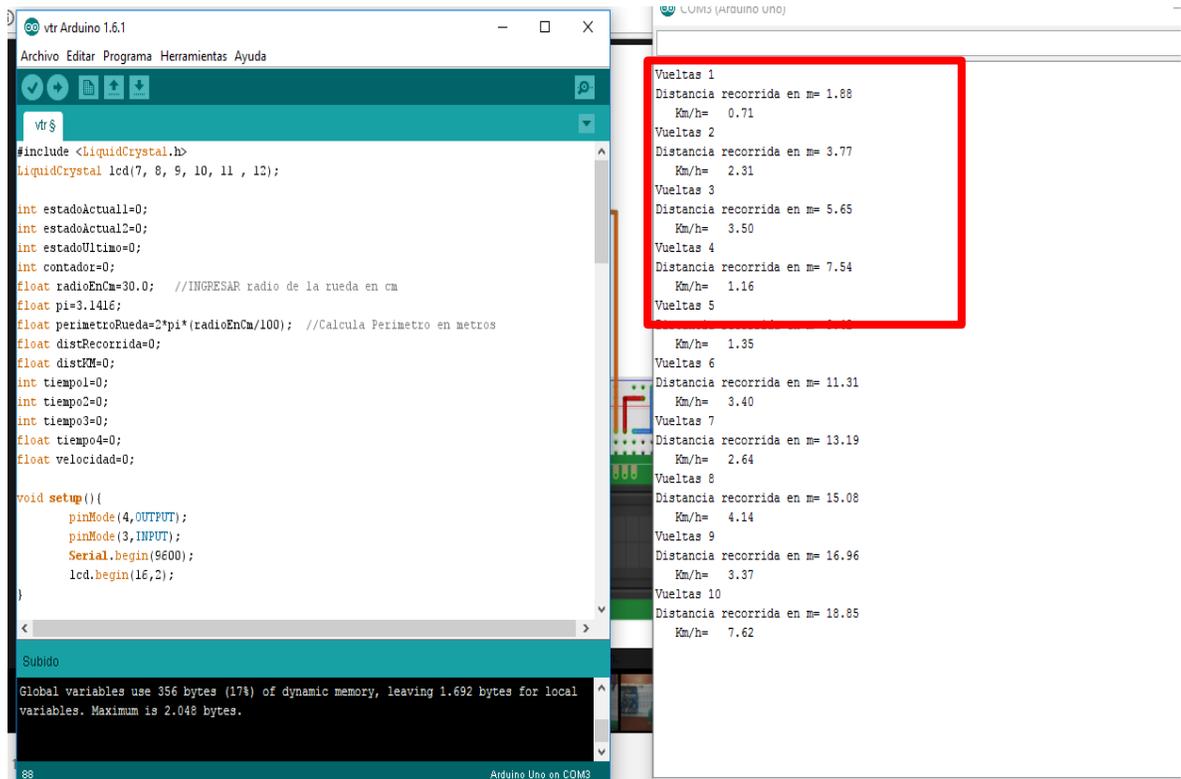


Se puede observar que lo que se está visualizando por el Display es igual a los datos adquiridos.

**Fuente.** Autor

En la imagen 49 se puede observar el código desarrollado para la adquisición de datos del sensor, se definió el pin 3 como entrada de señal del sensor, y 7;8;9;10;11 y 12 para conectar la LCD 16X2.

**Figura 49.** Código y adquisición de datos del sensor

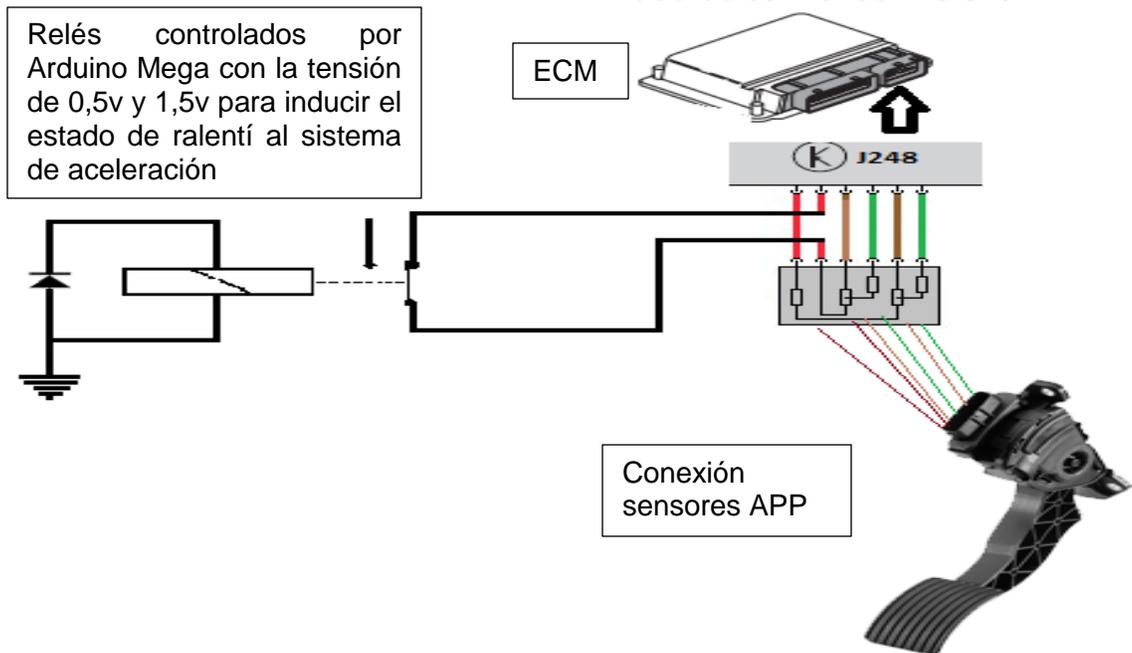


**Fuente.** Autor

### 3.1.3 Bosquejo de conexión y funcionamiento de los relé 6

Son los que se encargaran de activar el estado ralenti del sistema de aceleración del vehículo, estos se conectaran al cable de señal de posición de los dos sensores APP del pedal del acelerador, cuando se active la electroválvula que da paso del líquido de frenos para detener el automóvil también se activaran los relé con la tensión de 0,5 v y 1,5 v ya establecidas por la unidad de control, esta señal hará que el sistema de aceleración se ponga en ralenti ayudando a desacelerar el automóvil (ver figura 50).

**Figura 50.** Conexión del relé 6



Esquema de cómo se procedería a realizar la conexión de los relés con los cables de señal del pedal de aceleración.

**Fuente.** Autor.

### 3.1.3.1 Relé de estado sólido

Es un dispositivo interruptor electrónico que conmuta el paso de electricidad cuando en sus terminales de control se le aplica una pequeña corriente.

Los SSR (SSR en Ingles) consisten en un sensor que responde a una entrada apropiada (señal de control), un interruptor electrónico de estado sólido que conmuta el circuito de carga, y un mecanismo de acoplamiento a partir de la señal de control que activa este interruptor sin partes mecánicas. El relé puede estar diseñado para conmutar corriente alterna o continua. Hace la misma función que el relé electromecánico, pero sin partes móviles. Estos utilizan semiconductores de potencia como tiristores y transistores para conmutar corrientes hasta más de 100 amperios (Ver Figura 51) [30].

**Figura 51.** Relé de estado sólido de dos canales

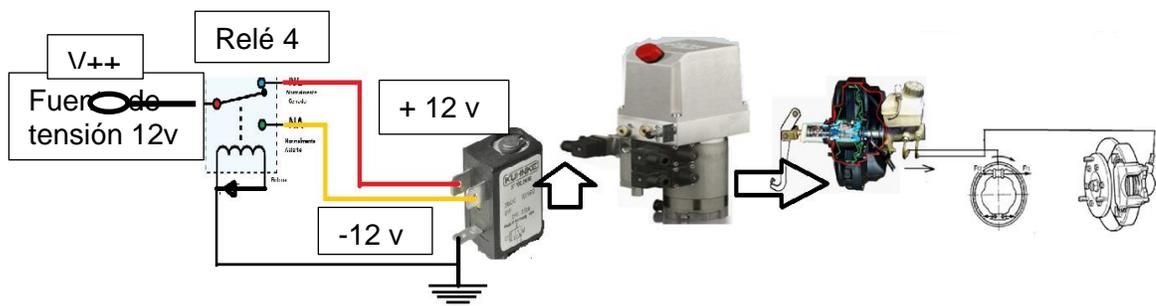


Fuente. (<http://www.prometec.net/reles-estado-solido/>)

### 3.1.4 Bosquejo de conexión y funcionamiento del relé 4 que activara la electroválvula de la central compacta NC

Es el encargado de activar a electroválvula que da paso al líquido de frenos para accionar los frenos de disco y campana logrando detener el automóvil, en la figura 52 se puede observar un bosquejo de la conexión a la electroválvula.

**Figura 52. Conexión relé 4 electroválvula central compacta**

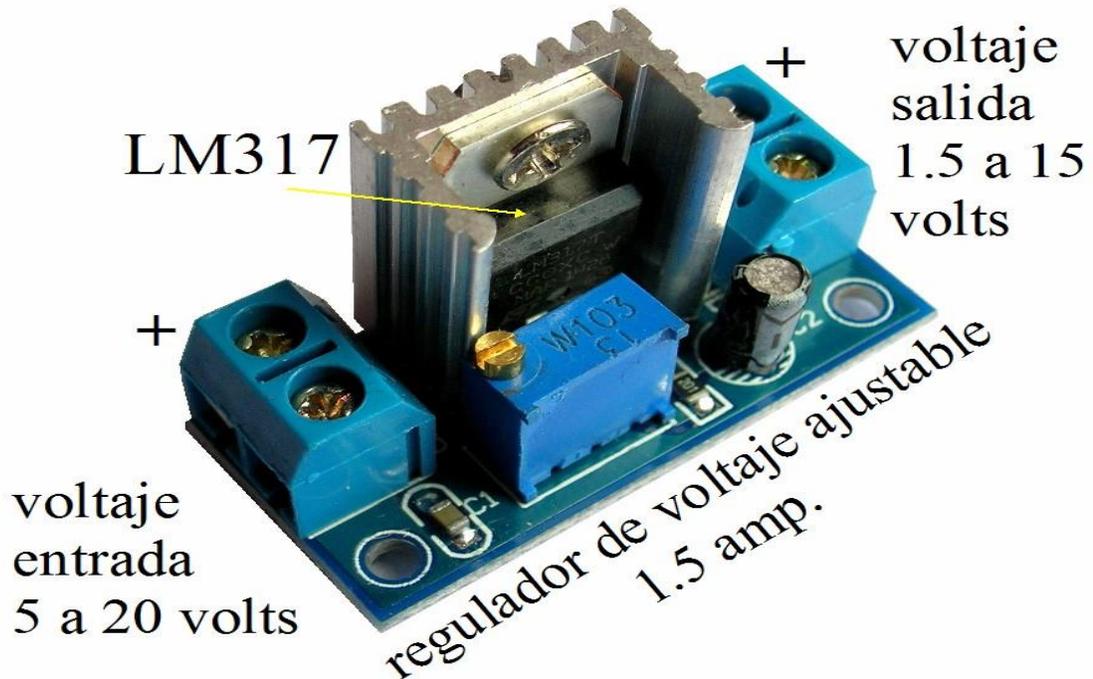


Fuente. Autor

### 3.1.5 Regulador de voltaje LM317

Es un módulo regulador de tensión con salida de voltaje regulable de 1,5 v a 15 v DC, entrada 5 a 20 V DC y corriente de 1,5 A será el encargado de alimentar el prototipo auto frenado (ver figura 53).

**Figura 53.** Regulador LM317



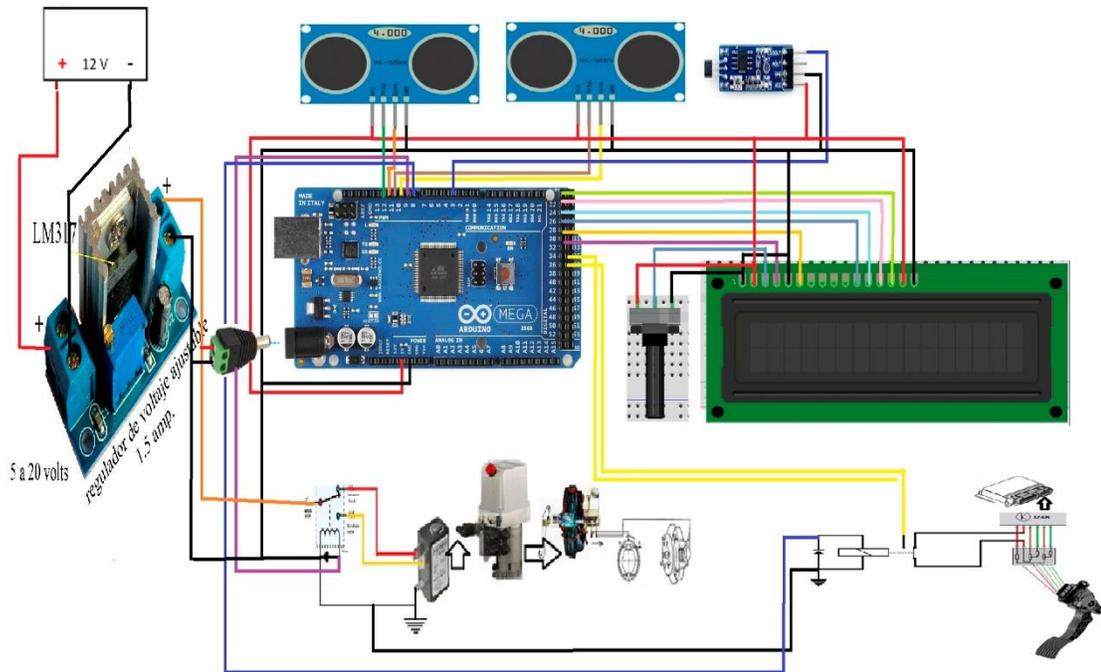
**Fuente.** (<http://www.puntofotante.net/MODULO-REGULADOR-DE%20VOLTAJE-LM317.htm>)

### 3.2 FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO AUTO FRENADO

La idea general del prototipo completo como se muestra en la figura 54 y se explica a continuación: Cuando se enciende el vehículo el prototipo también se enciende, el sensor de velocidad envía datos a la unidad de control la cual determina si la velocidad censada es menor o igual a 35 Km/h, activa el censado de la distancia mediante los sensor ultrasónico, este medirá la distancia de seguridad establecida de 6m, cuando se

interponga un objeto y se supere los 5m, la unidad activara los relés de la electroválvula de la central NPC para que pase líquido de frenos con una presión de 7,328 Mpa para detener el automóvil respaldado por la desaceleración del vehículo inducida por los voltajes (1,5 V 0,5V) que hacen que la computadora del Motor active el modo ralenti, estas tensiones serán enviadas por la unidad de control mediante dos relés conectados a los cables de señal de los sensores APP posición del pedal de acelerado, si se supera el límite de la velocidad el prototipo se desactiva.

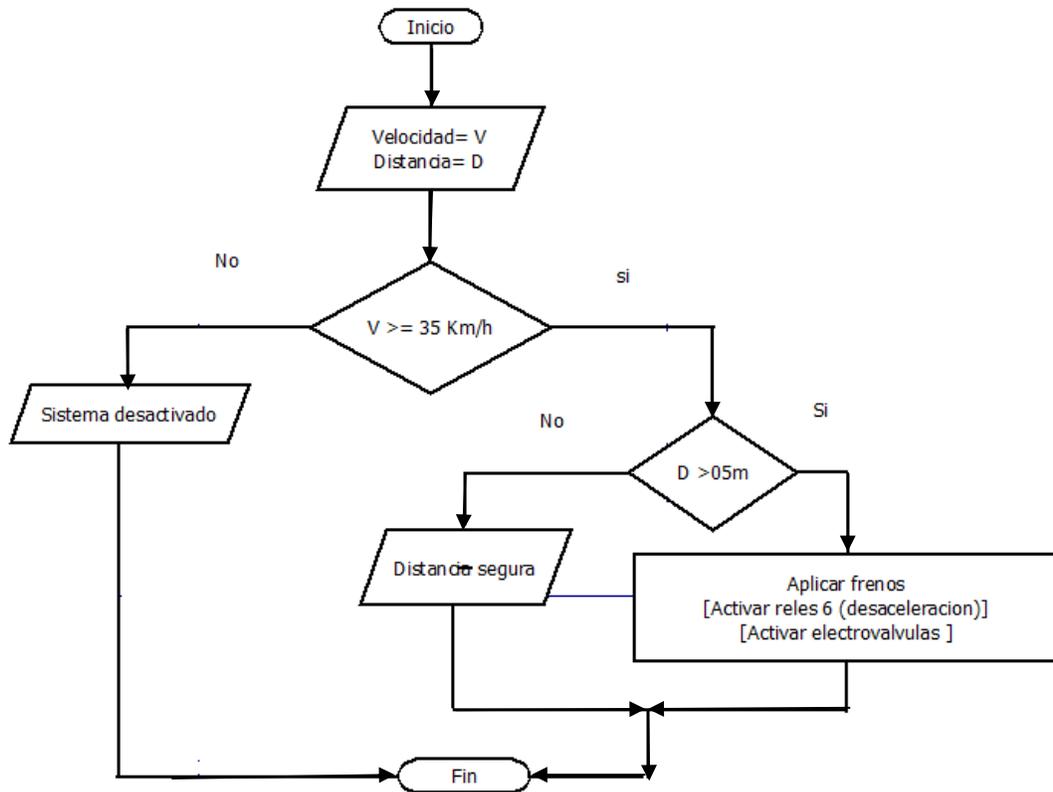
**Figura 54.** Prototipo Auto Frenado



**Fuente.** Autor

Para entender mejor la lógica del funcionamiento del prototipo se realizó el diagrama de flujo mostrado en la figura 55.

**Figura 55.** Diagrama de flujo para control del prototipo Auto Frenado

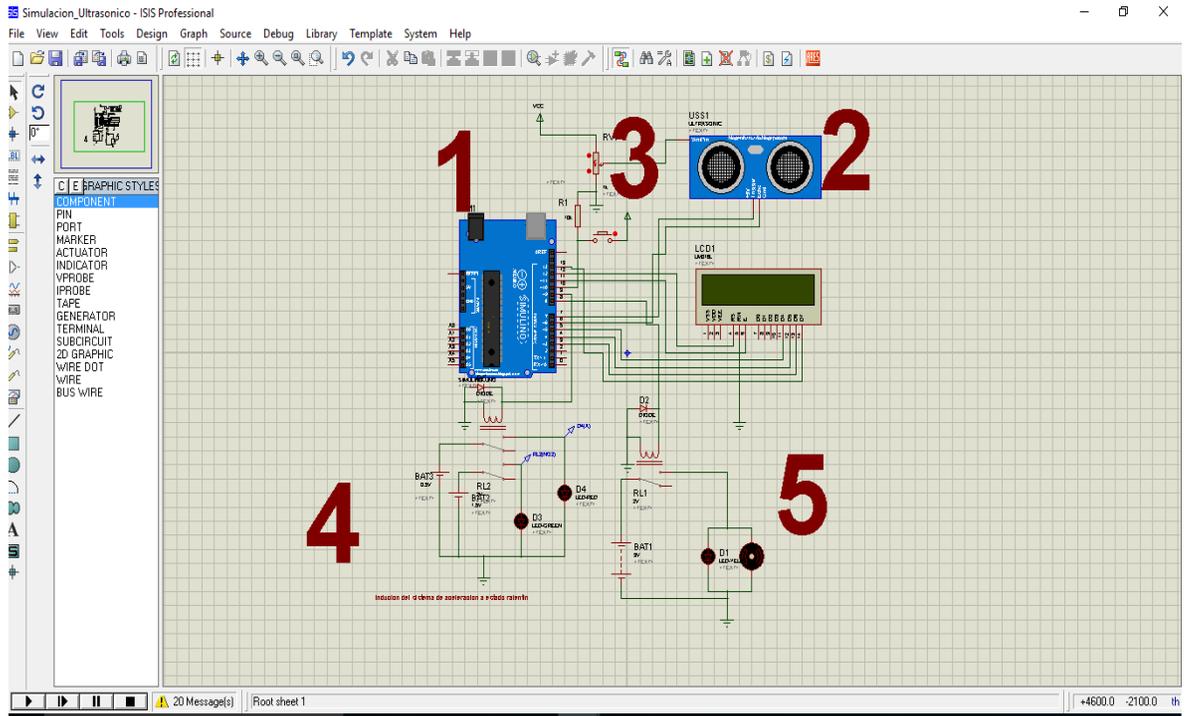


**Fuente.** Autor

### 3.3 SIMULACIÓN DEL PROTOTIPO AUTO FRENADO

En este apartado se simuló el funcionamiento del prototipo, poniendo a prueba el algoritmo de la unidad de control siguiendo las condiciones del Diagrama de flujo de la figura 55. A continuación se puede observar en la figura 56 el esquema del circuito implementado en Proteus.

**Figura 56.** Circuito de simulación del prototipo

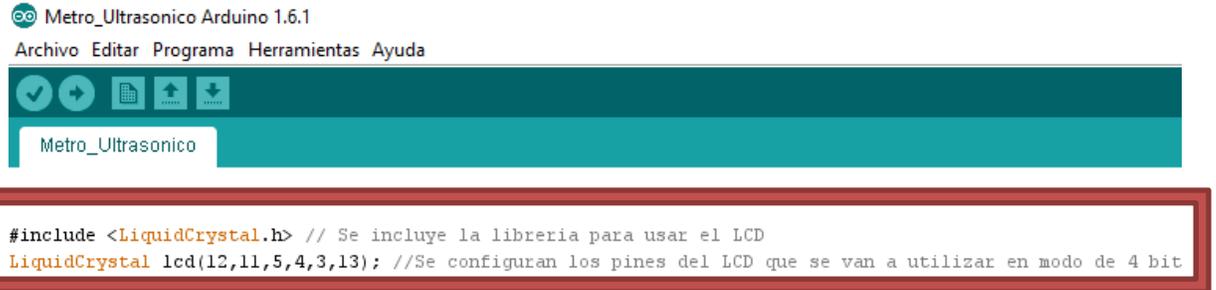


**Fuente.** (Imagen tomada del software proteus)

1 corresponde a la unidad de control un Arduino uno; 2 Sensor ultrasónico; 3 Simulación de un sensor de velocidad; 4 Relé para activar el estado de ralenti y activación de la electroválvula 3/2 de la central compacta NPC; 5 LCD 16x2.

El código utilizado para la simulación fue el siguiente (ver figuras 57,58,59):

**Figura 57.** Código de control



```
 Metro_Ultrasonico Arduino 1.6.1
 Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

 Metro_Ultrasonico

#include <LiquidCrystal.h> // Se incluye la libreria para usar el LCD
LiquidCrystal lcd(12,11,5,4,3,13); //Se configuran los pines del LCD que se van a utilizar en modo de 4 bit

//Declaración de variables globales
long tiempo=0; //Donde se va a guardar el tiempo de duración del pulso generado por el pin Echo
long distancia=0; //Donde se va a guardar la distancia calculada
int pinTrigger=7;
int pinEcho=6;
int stanterior=0;
int butt=10;
int contador=0;

void setup()
{
  lcd.begin(16,2); //Inicializacion LCD
  pinMode(pinEcho,INPUT); // Configuración del pin 6 como entrada
  pinMode(pinTrigger,OUTPUT); //Configuración del pin 7 como salida
  pinMode(8, OUTPUT);
  pinMode(9, OUTPUT);
  pinMode(butt, INPUT);
```

**Fuente.** Autor

En esta parte del código se llaman la librería para utilizar la LCD 16x2, variables globales para realizar la medición del eco del sensor ultrasónico y el registro de la velocidad.

En la figura 58, se realiza el cálculo de la distancia y la velocidad, para esta se simula un contador de pulso.

**Figura 58.** Caculo de distancia y velocidad

```
void loop()
{
  int lectura=digitalRead(butt);
  lcd.clear(); //Se borra o se limpia la pantalla del LCD
  digitalWrite(pinTrigger,LOW); //Se asegura un cero en el pin que se va a utilizar como Trigger
  delayMicroseconds(5); //Restardo de 5 microsegundo
  digitalWrite(pinTrigger,HIGH); //Se establece en alto el pin del trigger para comenzar el pulso de inicio del sensor
  delayMicroseconds(10); //retardo de 10 microsegundos (tiempo minimo para inicializar el trigger del sensor)
  digitalWrite(pinTrigger,LOW); //Se establece en bajo el pin del Trigger para terminar el pulso de inicio del sensor
  tiempo=pulseIn(pinEcho,HIGH); //Se inicia la función pulseIn para que mida el tiempo del pulso generado por el Echo del sensor
  distancia=tiempo*0.0343/2; //Calculo de distancia a la cual se encuentra el objeto
  //Impresión en el LCD
  lcd.setCursor(7,1); // Se ubica el cursor en la columna 0 y fila 1 del LCD
  lcd.print("dist= "); // Se imprime el texto Volt=
  lcd.setCursor(10,1); // Se ubica el cursor en la columna 0 y fila 1 del LCD
  lcd.print(distancia); // Se imprime el texto Volt=
  lcd.setCursor(14,1); // Se ubica el cursor en la columna 0 y fila 1 del LCD
  lcd.print("Cm"); // Se imprime el texto Volt=
  delay(50);

  //Simulador de velocidad//
  if(lectura!=st anterior){
    if(lectura==HIGH){
      -----
    }
  }
}
```

**Fuente. Autor**

En la figura 59 se realizó las evaluaciones de las condiciones, donde la velocidad es determinante para que el sistema esté en funcionamiento, si esta es menor o igual a 30 Km/h el sistema activa.

**Figura 59.** Evaluación de las condiciones del algoritmo



```
Metro_Ultrasonico Arduino 1.6.1
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

Metro_Ultrasonico $
if(lectura==HIGH){
  contador++;

  lcd.setCursor(5,0); // Se ubica el cursor en la columna 0 y fila 1 del LCD
  lcd.print("Vel= "); // Se imprime el texto Volt=
  lcd.setCursor(10,0); // Se ubica el cursor en la columna 0 y fila 1 del LCD
  lcd.print(contador); // Se imprime el texto Volt=
  lcd.setCursor(13,0); // Se ubica el cursor en la columna 0 y fila 1 del LCD
  lcd.print("Km/h"); // Se imprime el texto Volt=
  delay(50);
}

if(contador <=30){
if( (distancia <=500) &&(contador <=29) )
{
  digitalWrite(8, HIGH);
  digitalWrite(9, HIGH);
  lcd .clear ();
  lcd.setCursor(0,0); // Se ubica el cursor en la columna 0 y fila 0 del LCD
  lcd.print("Peligro");// Se imprime el texto Volt. con Arduino
  delay(50);
}
```

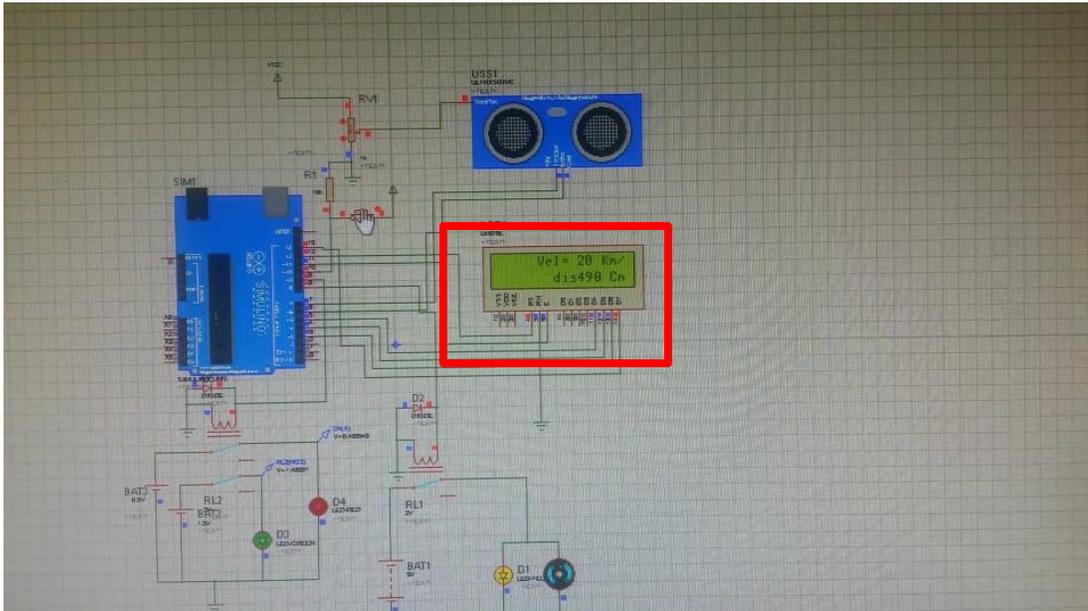
**Fuente.** Autor

### 3.3.1 RESULTADO DE LA SIMULACIÓN

En las siguientes figuras se puede observar los resultados obtenidos en la simulación del prototipo en Proteus.

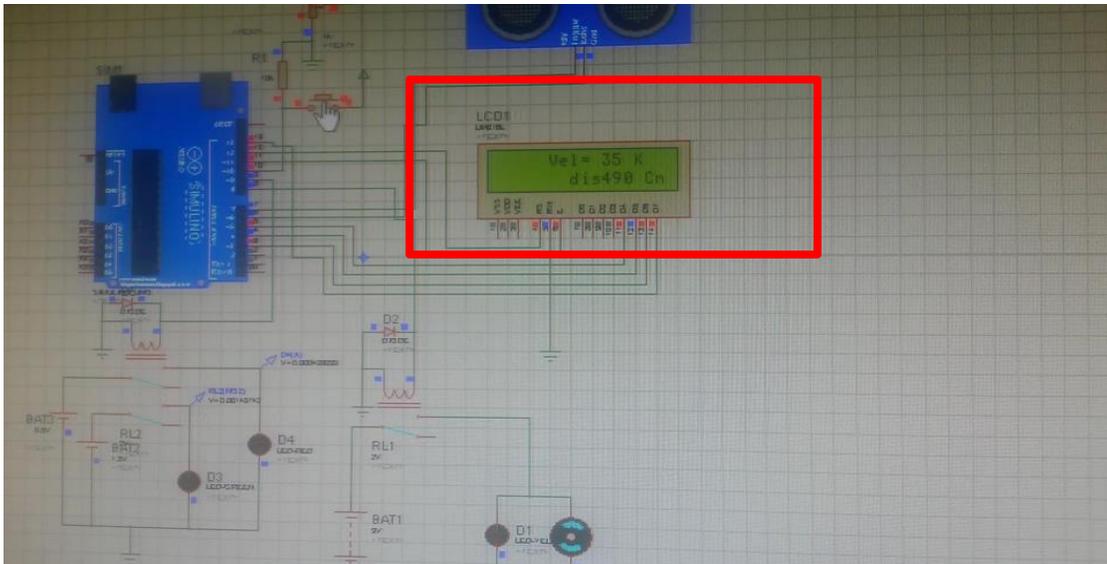
Se pudo simular los voltajes de inducción del estado ralenti del sistema de aceleración, en la figura 60 y 61 se puede observar la activación de los relé para la electroválvula y los voltajes de inducción del estado ralenti y la desactivación cuando se cumple la condición, de la velocidad mayor o menor a 31 km/h.

**Figura 60.** Activación relé



**Fuente.** Autor

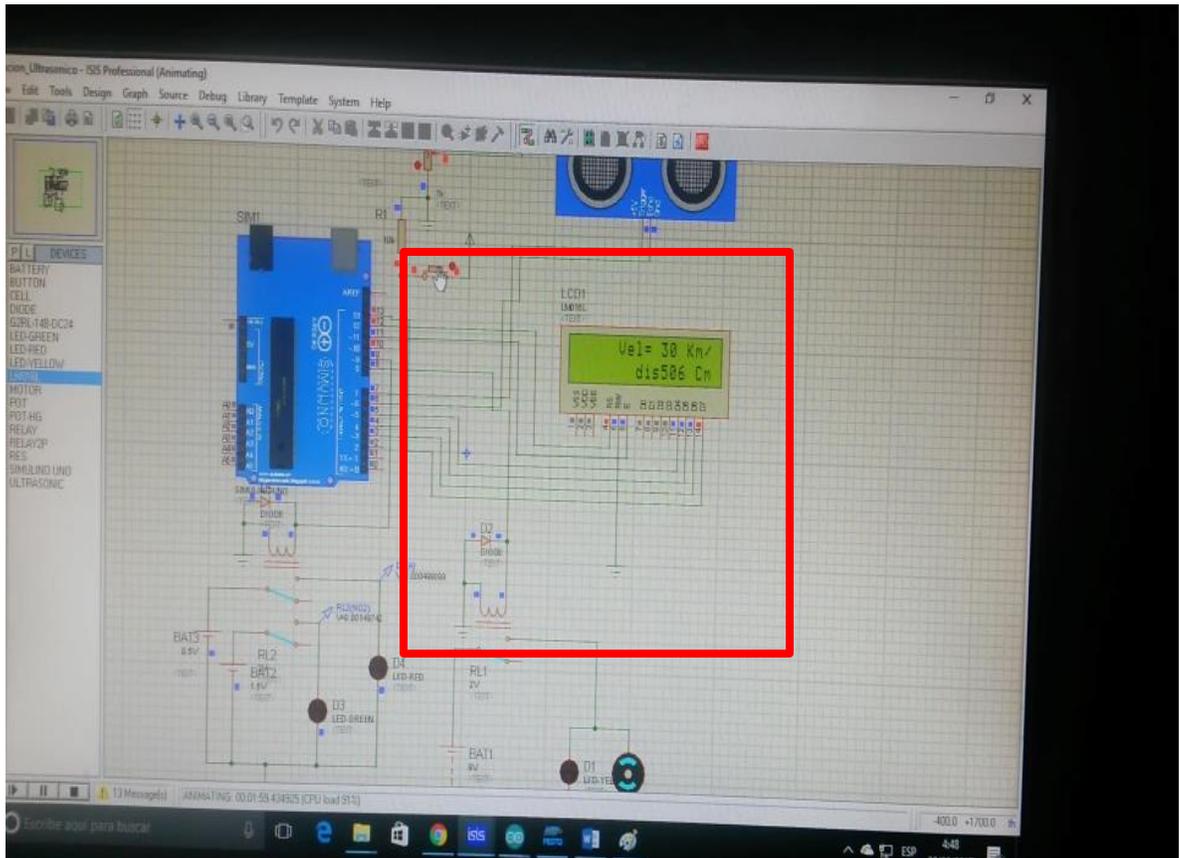
**Figura 61.** Desactivación Relé



**Fuente.** Autor

Se simulo una distancia de detención mayor a 5 metros, en esta situación la unidad de control desactiva el sistema en la figura se puede observar que la velocidad es 30km/h y la distancia 526 cm, por lo cual se cumplió la condición de que el sistema se debe apagar mientras que la distancia de seguridad sea mayor a 5 metros.

**Ilustración 62.** Distancia mayor a 5 metros



**Fuente.** Autor

## 4 RESULTADOS

En este capítulo se consignan los resultados obtenidos del diseño del prototipo Auto frenado.

En la actualidad los sistemas de frenos siguen evolucionando con la aplicación de tecnología como el sistema de ABS, este impide que las ruedas del vehículo se bloquen cuando se frena, permite tener una mejor adherencia de los neumáticos con el suelo y así evitar derrapés; "CITY SAFETY VOLVO CAR" El cual es una asistencia al sistema de frenos que se complementa con el sistema ABS, este sistema permite evitar accidentes a bajas velocidades.

La dinámica del sistema de freno de un vehículo automotor juega un papel importante para analizar las fuerzas que se generan en este, la fuerza de rozamiento de los elementos frenantes no puede ser mayor a la fuerza de rozamiento entre el piso y los neumáticos, debido a que si esto sucede las ruedas se bloquean.

Debido a esto se realizaron cálculos de las fuerzas que detienen el automóvil en una velocidad y distancia predeterminada. Con el funcionamiento del prototipo, estableciendo el parámetro de distancia de 5 metros como alarma de accionamiento del sistema auto frenado, para evitar un accidente a velocidades menores o igual a 35 km/h.

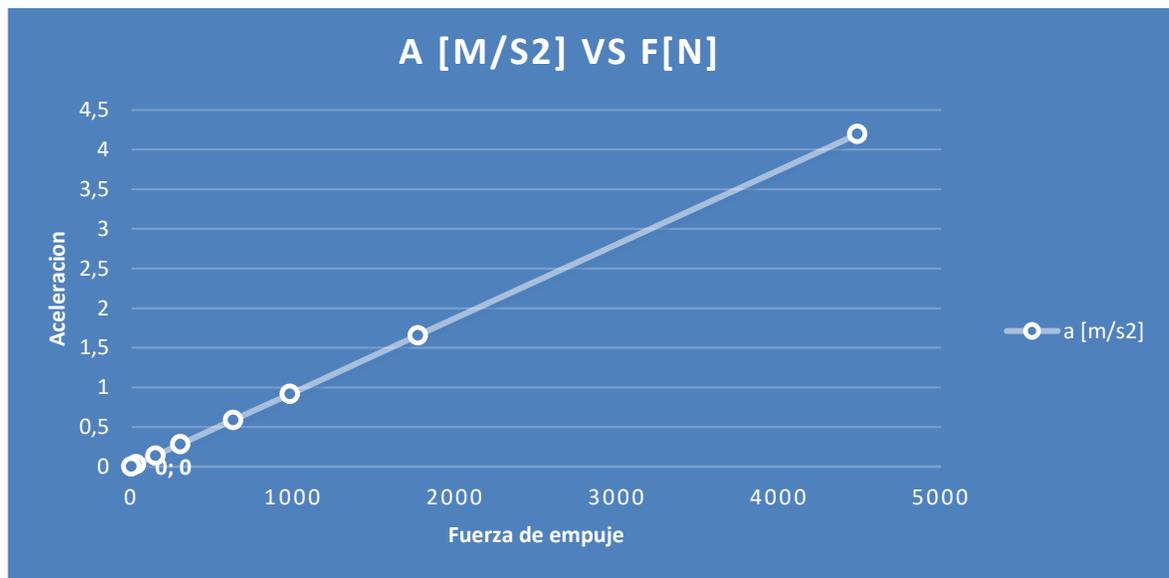
Las fuerzas que detienen un automóvil, se determinó por medida directa conociendo la distancia que debe recorrer el automóvil para detenerse. A una distancia de 2 metros, en un automóvil con un peso de 1069 kg a una velocidad de 15 Km/h la aceleración en el instante es de  $4,10 \text{ m/s}^2$  y produce una fuerza de empuje de 4382,9N en la siguiente tabla 2 (Desaceleraciones y fuerzas de empuje en un instante de tiempo) y grafica 56, se puede observar las fuerzas de empuje producidas en un instante de tiempo calculadas para el desarrollo del prototipo.

**Tabla 2.** Desaceleraciones y fuerzas de empuje en un instante de tiempo

Velocidad	Tiempo [s]	a [m/s <sup>2</sup> ]	F [N]
10 km/h	0,6438	4,1941	4483,44619
5 km	0,8158	1,6548	1769,0290
3 Km/h	0,8846	0,9157	978,8560
2 Km/h	0,9190	0,5876	628,1410
1 Km/h	0,9534	0,2832	302,7372
0,5 Km/h	0,9706	0,1391	148,6859
0,1 Km/h	0,9844	0,0274	29,3215
0Km/h	0,9878	0,0000	0

**Fuente.** Autor

**Figura 63.** Grafica Aceleración vs Fuerza de empuje



**Fuente.** Autor

La tendencia de los datos no indica que la fuerza de empuje de un automóvil es directamente proporcional a la aceleración que este tenga, a medida que crece la aceleración aumenta la fuerza de empuje y a medida que disminuye lo hace igual la fuerza de empuje.

La fuerza que debe realizar un conductor para detener un automóvil a una distancia de 2 metros y a una velocidad de 15 Km/h es de 10 kg-f y la que se produce en el circuito de freno debido al esfuerzo realizado por el pie del conducto es de 3637,85N, esto se observa en la tabla 11 fuerza de fricción vs fuerza de empuje del automóvil al momento en que se aplican los frenos.

**Tabla 11.** Fuerza de fricción vs fuerza de empuje

Velocidad	Tiempo [s]	a [m/s <sup>2</sup> ]	F [N]	Fs. [N]
10 km/h	0,6438	4,1941	4483,44619	3637,85
5 km/h	0,8158	1,6548	1769,0290	3637,85
3 Km/h	0,8846	0,9157	978,8560	3637,85
2 Km/h	0,9190	0,5876	628,1410	3637,85
1 Km/h	0,9534	0,2832	302,7372	3637,85
0,5 Km/h	0,9706	0,1391	148,6859	3637,85
0,1 Km/h	0,9844	0,0274	29,3215	3637,85
0Km/h	0,9878	0,0000	0	3637,85

**Fuente:** autor

Debido que la fuerza de fricción entre el piso y el neumático es el doble que la fuerza de empuje del automóvil cuando este tiene una desaceleración de 1,6548 m/s<sup>2</sup> a una velocidad de 5km/h, se cumple que si  $F_s > F$  el vehiculó se detiene, pero en este caso patinaría, en este caso no pasaría por que el vehiculó elegido tiene sistema ABS el cual no permitiría que se bloquearan las llantas.

Por lo tanto, la aceleración del automóvil va disminuyendo conforme va pasando el tiempo de frenado del vehículo y la fuerza de empuje del automóvil también baja hasta llegar a 0 deteniendo el vehículo.

El resultado de todos los cálculos realizado en el capítulo 2 nos arrojó los parámetros requerido para la selección de la tecnología para automatizar el sistema de freno, el cual debe tener un mecanismo o un elemento mecánico que genere una fuerza de 10 kgf en el pedal de frenos o una presión de 3 MPA en el circuito hidráulico.

## CONCLUSIONES

- El sistema de frenos de un vehículo automotor ha evolucionado desde el siglo XIX, pasando de un simple sistema de guaya más pedal de frenos, en el que el bloqueo de las llantas dependía de la fuerza que tenía el conductor para detener el automóvil. A la aparición del servofreno o Boster en los años, un mecanismo que funciona aprovechando el vacío del motor, inyectando presión a un sistema hidráulico a través de mangueras que a su vez accionaban las pastillas de los discos de los frenos de los vehículos. Disminuyendo así el esfuerzo realizado por el conductor para lograr detener el vehículo.
- Las fuerzas necesarias para detener un automóvil actúan, cuando el conductor aplica un esfuerzo en el pedal, donde se multiplica la fuerza aplicada debido al principio de la palanca de **Arquímedes**, esta fuerza es transmitida a la bomba de freno la cual da paso al líquido de frenos con una elevada presión haciendo que los émbolos de los frenos de campana y disco produzcan una fuerza de fricción con los elementos frenantes, logrando detener el automóvil por la oposición de la fuerza de fricción neumático – piso, con la fuerza de empuje del vehículo.
- La distancia de parada de un automóvil depende de la presión que se ejerza sobre el pedal del freno, de la fuerza de adherencia del neumático con el piso, de la velocidad con la que se mueva el vehículo en el momento de frenar, de la fuerza y dirección del viento.
- A velocidades menores a 15 km/h un automóvil puede detenerse en menos de 2 metros, teniendo en cuenta que el sistema de frenos este en buena condición, buenos neumáticos y que cuente con el sistema de asistencia de frenos ABS.
- Los cálculos de la fuerza de empuje y la distancia de parada calculada en el capítulo 2 fueron muy útiles al momento de elegir el sistema de accionamiento y generación de presión necesaria en el líquido de frenos para lograr detener el vehículo, la fuerza o presión requerida para detener un automóvil en 2 metros de distancia y a una velocidad menor o igual a 30 Km/h es de 10 kgf esfuerzo realizado en el pedal de frenos o 3 MPA presión generada en el circuito hidráulico.
- Se eligió la mini central compacta tipo NPC y una electroválvula 3/2 con retorno de muelle porque, permite emular la presión exacta calculada en el capítulo 2 sin exigir al máximo el funcionamiento de la bomba hidráulica y al momento en que el sistema auto frenado falle la electroválvula no impedirá el flujo del líquido de freno.

- Se debe aumentar a 4 por lo mínimo la cantidad de sensores ultrasónicos para poder tener mejor reflejo del eco del sensor en cualquier objeto que se cruce en la zona de detención.
- Se logró diseñar un prototipo auto frenado que acciona de forma automática el sistema de freno de un vehículo mediante un software de adquisición de datos y sus respectivos sensores.
- El algoritmo de control simulado en Proteus, permitió visualizar las respuestas del Arduino con respecto a la adquisición de información tratamiento de este con un tiempo de simulación de 1,1445 segundos.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1 **Organización Mundial de la Salud.** Informe sobre la situación mundial de seguridad Vial. [En línea] [Citado el:6 de abril de 2013] [http://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status/report/cover\\_and\\_front\\_matter\\_es.pdf](http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/report/cover_and_front_matter_es.pdf)
- 2 **SciELO Colombia.** Fondo Nacional de Prevención Vial & Universidad de Los Andes [En línea] [Citado el: 6 de mayo de 2013.] <http://fpv.org.co/images/repositorioftp/ANUARIO-2010-V14.pdf>
- 3 **SURA.** Conoce cómo funcionan los frenos de un vehículo. [En línea][Citado El:12 de mayo de 2013] <https://www.sura.com/blogs/autos/como-funcionan-frenos.aspx>
- 4 **Motopasion.** [En Línea] [Citado el:12 de mayo de 2013] <http://www.motorpasion.com/seguridad/post-crash-braking-technologyfrenos-automaticos-para-detener-el-coche-despues-de-un-accidente>.
- 5 **EURONPA.** [En Línea] [Citado el:14 de mayo de 2013] [http://es.euroncap.com/es/rewards/volvo\\_city\\_safety.aspx](http://es.euroncap.com/es/rewards/volvo_city_safety.aspx).
- 6 **Velodyne Lidar.** [En línea] [Citado el 14 de mayo de 2013] <http://velodynelidar.com/lidar/hdlproducts/hdl64e.aspx>.
- 7 **El blog de Javier Costas.** [En línea] [Citado el: 28 de octubre de 2011] <http://javiercostas.com/2011/10/la-importancia-del-servofreno-deemergencia/>
- 8 **CIRCULA SEGURO.** ¿Qué es el BAS? [En línea] [Citado el: 14 de mayo de 2013] <http://www.circulaseguro.com/que-es-el-bas/>.
- 9 **ARDUINO.** [En línea] [Citado el:18 de mayo 2013] <http://www.arduino.cc/>.
- 10 **NOSSO.** Las computadoras (E.C.U.) en los Vehículos. [En línea] [citado el 20 mayo de 2013] [http://www.nosso.com.ar/spanish/tech\\_topics/ecu\\_01.php](http://www.nosso.com.ar/spanish/tech_topics/ecu_01.php).
- 11 **Aficionados a la Mecánica.** Sistema de frenos. [En línea] [Citado el:24 de mayo de 2013] <http://www.aficionadosalamecanica.net/frenos-2.htm>.
- 12 **Aficionados a la Mecánica.** Sistema de frenos. [En línea][Citado el:24 de mayo de 2013] <http://www.aficionadosalamecanica.net/frenos-3.htm>.
- 13 **MUÑOZ GARCÍAS, Francisco.** Calculo teórico practico de los elementos y grupos del vehículo industrial y automóvil. Madrid: Dossat, 1982.
- 14 **GONZALEZ SANZ, Ángel.** Tecnología de la Automatización.

- 15 **ALONSO PEREZ, JOSÉ Manuel**. Técnicas del Automóvil CHASIS.
- 16 **SERWAY Y BEICHNER**. Física para ciencias e ingenierías. Tomo I. Quinta edición. Editorial Mc-Graw Hill.
- 17 **ARMANDO ARRENDON LOPEZ & JULIANA BERMUDEZ HENAO (2007)**. Determinación experimental de la distancia de frenado de un automóvil. Universidad Católica Popular de Risaralda. Pereira [en línea] [citado el 26 de febrero de 2017 a las 15:28] <http://biblioteca.ucp.edu.co/ojs/index.php/entrecei/article/viewFile/1637/1546>.
- 18 **HAWE**. [En línea] [citado el 26 de febrero de 2017 a las 15:28]. <http://downloads.hawe.com/7/9/D7940-es.pdf>.
- 19 **HAWE**. Catálogos. [En línea] [Citado el 28 de febrero de 2017 a las 16:47] <http://pdf.directindustry.es/pdf/hawe-hydraulik/catalogo-productos/6183-413215>. HTML
- 20 **Manual de usuario** Hyundai Accent 1998.
- 21 **CARLOS ALEJANDRO CHUCUYAN PEREZ (2016)**. “ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ACELERADOR ELECTRÓNICO DEL MOTOR S4A DEL VEHÍCULO CHEVROLET SAIL”. Universidad Internacional del Ecuador [En línea][Citado el 27 de marzo de 2017 a las 2:47] <http://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1445/1/T-UIDE-087.pdf>.
- 22 **Audi**. Acelerador electrónico. [En línea] [Citado el 27 de marzo de 2017 a las 12:50] <http://www.umaservice.com/documentos/k469purutatdu.pdf>.
- 23 **Punto flotante s.a.** [En línea] [Citado el 30 de marzo de 2017 a las 12:12] <http://www.puntoflotante.net/MODULO-REGULADOR-DE%20VOLTAJE-LM317.htm>.
- 24 **EngineersGarage**. LCD. [En línea] [Citado el 30 de marzo de 2017 a las 5:20] <https://www.engineersgarage.com/electronic-components/16x2-lcd-module-datasheet>.
- 25 **PROMETEC**. LOS RELÉS DE ESTADO SOLIDO. [En línea][Citado el 30 de Marzo de 2017 a las 7:20] <http://www.prometec.net/reles-estado-solido/>.
- 26 **Wikipedia**. WIKIPEDIA la enciclopedia libre. / [En línea] [Citado el 30 de marzo de 2017 a las 7:20] [https://es.wikipedia.org/wiki/Relé\\_de\\_estado\\_sólido](https://es.wikipedia.org/wiki/Relé_de_estado_sólido).

## ANEXOS

### Código simulación

```
#include <LiquidCrystal.h> // Se incluye la libreria para usar el LCD
LiquidCrystal lcd(12,11,5,4,3,13); //Se configuran los pines del LCD que se van a utilizar
en modo de 4 bits
//Declaración de variables globales
long tiempo=0; //Donde se va a guardar el tiempo de duración del pulso generado por el
pin Echo
long distancia=0; //Donde se va a guardar la distancia calculada
int pinTrigger=7;
int pinEcho=6;
int stanterior=0;
int butt=10;
int contador=0;

void setup()
{
  lcd.begin(16,2); //Inicializacion LCD
  pinMode(pinEcho,INPUT); // Configuración del pin 6 como entrada
  pinMode(pinTrigger,OUTPUT); //Configuración del pin 7 como salida
  pinMode(8, OUTPUT);
  pinMode(9, OUTPUT);
  pinMode(butt, INPUT);
}

void loop()
{
  int lectura=digitalRead(butt);
  lcd.clear(); //Se borra o se limpia la pantalla del LCD
  digitalWrite(pinTrigger,LOW); //Se asegura un cero en el pin que se va a utilizar como
  Trigger
  delayMicroseconds(5); //Restardo de 5 microsegundo
  digitalWrite(pinTrigger,HIGH); //Se establece en alto el pin del trigger para comenzar el
  pulso de inicio del sensor
  delayMicroseconds(10); //retardo de 10 microsegundos (tiempo minimo para inicializar el
  trigger del sensor)
  digitalWrite(pinTrigger,LOW); //Se establece en bajo el pin del Trigger para terminar el
  pulso de inicio del sensor
  tiempo=pulseIn(pinEcho,HIGH); //Se inicia la función pulseIn para que mida el tiempo del
  pulso generado por el Echo del sensor
```

```

distancia=tiempo*0.0343/2; //Calculo de distancia a la cual se encuentra el objeto
//Impresión en el LCD
  lcd.setCursor(7,1); // Se ubica el cursor en la columna 0 y fila 1 del LCD
  lcd.print("dist= "); // Se imprime el texto Volt=
  lcd.setCursor(10,1); // Se ubica el cursor en la columna 0 y fila 1 del LCD
  lcd.print(distancia); // Se imprime el texto Volt=
  lcd.setCursor(14,1); // Se ubica el cursor en la columna 0 y fila 1 del LCD
  lcd.print("Cm"); // Se imprime el texto Volt=
  delay(50);

//Simulador de velocidad//
if(lectura!=st anterior){
  if(lectura==HIGH){
    contador++;

    lcd.setCursor(5,0); // Se ubica el cursor en la columna 0 y fila 1 del LCD
    lcd.print("Vel= "); // Se imprime el texto Volt=
    lcd.setCursor(10,0); // Se ubica el cursor en la columna 0 y fila 1 del LCD
    lcd.print(contador); // Se imprime el texto Volt=
    lcd.setCursor(13,0); // Se ubica el cursor en la columna 0 y fila 1 del LCD
    lcd.print("Km/h"); // Se imprime el texto Volt=
    delay(50);
  }
}

  if(contador <=30){
if( distancia <=500) &&(contador <=29) )
{  digitalWrite(8, HIGH);
  digitalWrite(9, HIGH);
  lcd .clear ();
  lcd.setCursor(0,0); // Se ubica el cursor en la columna 0 y fila 0 del LCD
  lcd.print("Peligro");// Se imprime el texto Volt. con Arduino
  delay(50);
}
else{
  digitalWrite(8, LOW);
  digitalWrite(9, LOW);}
}
else {
  lcd.setCursor(0,0); // Se ubica el cursor en la columna 0 y fila 0 del LCD
  lcd.print("Sistema Desactivado");// Se imprime el texto Volt. Con Arduino
  delay(50)}
}
Codigo Velocidad

```

```

const int pinSensor = 12;
const int pinLed = 9;
int estadoSensor = 0;
int estadoLed = 0;
int estadoAnterior = 0;
int rpm;
const unsigned long sampleTime=1000;
float v, w;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(pinLed, OUTPUT);
  pinMode(pinSensor, INPUT);
}

void loop()
{
  estadoSensor = digitalRead(pinSensor);
  if (estadoSensor != estadoAnterior)
  {
    rpm=getRPM();
    w= (rpm*6.283183)/60;
    v=w*0.21;
    estadoLed = 1 - estadoLed;
    Serial.print("Velocidad Angular: ");
    Serial.print(w);
    Serial.println(" rad/s");
    Serial.print("Velocida Lineal: ");
    Serial.print(v);
    Serial.println(" m/s");
    Serial.println();
  }
  estadoAnterior = estadoSensor;
  if(estadoLed == 1)
  {
    digitalWrite(pinLed, HIGH);
  }
  else
  {
    digitalWrite(pinLed, LOW);
  }
}
int getRPM()

```

```

{
  int Kount=0;
  boolean Kflag=LOW;
  unsigned long currentTime=0;
  unsigned long startTime=millis();

  while (currentTime<=sampleTime)
  {
    if (digitalRead(pinSensor)==HIGH)
    {
      Kflag=HIGH;
    }
    if(digitalRead(pinSensor)==LOW && Kflag==HIGH)
    {
      Kount++;
      Kflag=LOW;
      digitalWrite (pinLed,HIGH);
    }
    currentTime=millis()-startTime;
  }
  digitalWrite (pinLed,LOW);
  int Kount2rpm=int(60000./float(sampleTime))*Kount;
  return Kount2rpm;
}

```