

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE FRENADO AUTOMÁTICO PARA
UN AUTOMÓVIL**

ANDRÉS FELIPE BERRÍO CATAÑO

CAMILO PATIÑO VÉLEZ

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA DE ENVIGADO
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
ENVIGADO
2011**

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE FRENADO AUTOMÁTICO PARA
UN AUTOMÓVIL**

ANDRÉS FELIPE BERRIO CATAÑO

CAMILO PATIÑO VÉLEZ

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electrónico

Asesor

Maribel Arroyave Giraldo

Ingeniera Instrumentación y Control

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA DE ENVIGADO
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
ENVIGADO
2011**

DEDICATORIA

A nuestros padres, familiares, amigos y en general a todas las personas que hicieron posible que este trabajo se realizara con éxito.

AGRADECIMIENTOS

Primero le doy gracias a Dios, a mi familia y a mis amigos, por ese apoyo incondicional, por creer en mí, por nunca desfallecer en los momentos más duros de nuestras vidas y por darme la oportunidad de formarme como persona de bien. También quisiera agradecer a mi asesora, maestros y amigos que me orientaron de la mejor manera para realizar este trabajo, ya que sin su ayuda no habría alcanzado esta meta propuesta.

Andrés F. Berrío C

Agradezco a mi mamá por ser la tutora incondicional que siempre ha sido, por el esfuerzo que ha realizado durante tanto tiempo, a los amigos que siempre me han acompañado y a toda persona que de alguna manera haya aportado para formarme como profesional ejemplar.

Camilo Patiño Vélez.

En general agradecemos a todos los maestros que día a día nos acompañaron durante esta etapa de nuestras vidas.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO	16
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.1.1 Definición del problema	16
1.1.2 Formulación	17
1.2 OBJETIVOS	17
1.2.1 Objetivo General	17
1.2.2 Objetivos Específicos	18
1.3 JUSTIFICACIÓN	18
1.4 DISEÑO METODOLOGICO	19
1.4.1 Recopilación de información	19
1.4.2 Diseño	19
1.4.3 Simulación	19
1.4.4 Documentación	19
1.5 MODALIDAD DEL TRABAJO DE GRADO	19
1.6 PRESUPUESTO	19
1.7 IMPACTO Y RESULTADOS ESPERADOS	21
1.8 COMPROMISOS Y ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN	22
1.9 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	23
2. DEFINICIÓN DE LOS CONCEPTOS BÁSICOS EN EL ÁREA AUTOMOTRIZ ESPECÍFICAMENTE EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE FRENADO.	24
2.1 ANTECEDENTES	24
2.1.1 Sistema de Frenos Inteligentes	24
2.1.2 Sistema City Safety	24
2.1.3 Sistema Pre-Safe Distronic Mercedes Clase S	24
2.1.4 ABS (Antilock Brake System)	25
2.1.5 Freno Eléctrico Inteligente	25
2.1.6 NISSAN Safety Shield	25
2.2 SISTEMA DE FRENOS	25
2.2.1 Definición sistema de frenos	25
• Mando	25
• Transmisión	25
• Freno	26
2.2.2 Clasificación de los sistemas de frenos	26
• Mecánicos	26

• Eléctricos	26
• Hidráulicos	27
• Neumáticos	27
2.2.3 Tipos de frenos para vehículos	27
• Freno de Tambor	27
• Freno de Disco	28
• Frenos ABS	29
o Descripción Sistema ABS	30
2.2.4 Cómo se reparte la fuerza de frenado en un vehículo	31
2.2.5 Distancia de Parada	31
2.3 SENSOR RADAR	32
2.3.1 Definición Sensor Radar	32
2.3.2 Estructura	32
2.3.3 Distancia con respecto a un obstáculo	33
2.4 CONTROL	33
2.4.1 Definición de Sistema de Control	33
2.4.2 Características de un Sistema de Control	34
2.4.3 Estrategia de Control	35
2.4.4 Tipos de Control	36
• Control Proporcional (P)	36
• Control Proporcional mas Integral (PI)	36
• Control Proporcional mas Integral mas Derivativo (PID)	36
2.5 ACTUADOR	36
2.5.1 Definición Cilindro Neumático	36
2.5.2 Descripción Cilindros Neumáticos	37
2.5.3 Funciones Especiales	37
2.5.4 Tipos de Cilindros Neumáticos	37
• Cilindros de acción simple	37
• Cilindros de acción doble	37
• Cilindros rotatorios de aire	37
2.5.5 Tamaños	37
3. DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO DE CONTROL PARA EL SISTEMA DE FRENADO Y LOS ACTUADORES	38
3.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL CIRCUITO	38
3.2 ETAPAS DEL DIAGRAMA DE BLOQUES	38
3.3 ESQUEMA DEL CIRCUITO	38
3.4 GRÁFICAS ESQUEMÁTICAS DE LOS DISPOSITIVOS EN EL VEHÍCULO.	39
3.5 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE DISPOSITIVOS UTILIZADOS EN EL DISEÑO.	40
3.5.1 Sensor LRR3 (Long Range Radar Sensor 3rd generation) de BOSCH	40
3.5.2 Circuito de control (PIC)	41

3.5.3	Señalización (Led y Buzzer)	42
3.5.4	Compresor de Aire	42
3.5.5	Electroválvula	43
3.5.6	Cilindro neumático	44
3.6	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS DISPOSITIVOS USADOS EN EL PROTOTIPO	45
3.6.1	Sensor SRF05	45
3.6.2	PIC 16f887	46
3.6.3	LCD (Pantalla de cristal líquido) YJ-162A	47
3.6.4	Programador de PIC USB PP4	48
3.7	PROTOTIPO	49
3.7.1	Diagrama de flujo programa prototipo	49
3.7.2	Descripción del algoritmo	50
3.7.3	Definición de parámetros iniciales	50
3.7.4	Programación de funciones especiales	50
3.7.5	Programa principal	50
3.7.6	Diagrama de prototipo simulado en software PROTEUS	52
3.7.7	Imagen del prototipo montado en protoboard.	52
4.	SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DISEÑADO	53
4.1	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE FRENADO AUTOMÁTICO	53
4.2	FUNCIONAMIENTO GENERAL DE LA SIMULACIÓN	53
4.3	COMPORTAMIENTO DE LA SIMULACIÓN	56
4.3.1	Inicio del programa	56
4.3.2	Vehículo en movimiento y frenado automático	57
4.4	VARIANTES EN LA SIMULACIÓN DEL SISTEMA	61
4.4.1	Frenado manual por parte del conductor	61
4.4.2	Cambio de carril por parte del conductor	62
4.4.3	Estados no válidos en la simulación	64
4.5	DESCRIPCIÓN DEL ALGORITMO PARA LA SIMULACIÓN	65
4.5.1	Botón Activar Direccionales	66
4.5.2	Botón Detener vehículo	67
4.5.3	Botón Repetir/Iniciar	67
5.	CONCLUSIONES	68
6.	RECOMENDACIONES	70
	BIBLIOGRAFÍA	71
	ANEXOS	

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla N°1. Ficha de Presupuesto	20
Tabla N°2. Descripción de los gastos de personal	20
Tabla N°3. Descripción de materiales y suministros	20
Tabla N°4. Descripción de las salidas de campo	21
Tabla N°5. Descripción de equipos	21
Tabla N°6. Cronograma de actividades	23
Tabla N°7. Datos generales sensor radar	41
Tabla N°8. Datos generales Electroválvula	43
Tabla N°9. Datos generales Cilindro neumático	44
Tabla N°10. Datos generales sensor ultrasónico	45
Tabla N°11. Conexión pines sensor	46
Tabla N°12. Datos generales LCD YJ-162A	47

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Sistema de Frenos típico	26
Figura 2. Acción de frenado del Freno de Tambor	27
Figura 3. Freno de Tambor	28
Figura 4. Acción de frenado con Freno de Disco	28
Figura 5. Freno de Disco	29
Figura 6. Sistema de Frenos ABS	30
Figura 7. Diagrama Fuerzas de Frenado	31
Figura 8. Sensor Radar	32
Figura 9. Esquema del Sensor Radar	32
Figura 10. Cálculo de las distancias con respecto a un obstáculo.	33
Figura 11. Esquema general de un sistema de control	34
Figura 12. Control lazo cerrado vs lazo abierto	35
Figura 13. Composición de un cilindro neumático	36
Figura 14. Diagrama de bloques del circuito	38
Figura 15. Esquema del circuito	38
Figura 16. Ubicación sensor	39
Figura 17. Ubicación circuito de control	39
Figura 18. Ubicación compresor de aire y válvula	39
Figura 19. Ubicación cilindro	40
Figura 20. Ubicación señalización	40
Figura 21. Sensor Radar LRR3	40
Figura 22. Circuito de control impreso (Imagen en Eagle)	41
Figura 23. Circuito de control en Eagle	42
Figura 24. Led y Buzzer	42
Figura 25. Compresor Kaeser	42
Figura 26. Electroválvula	43
Figura 27. Cilindro neumático	44
Figura 28. Sensor Ultrasónico SRF05	45
Figura 29. Gráfica de disparo	46
Figura 30. PIC 16F887	46
Figura 31. LCD YJ-162A	47
Figura 32. Programador de PIC's	48
Figura 33. Jumper Programador de PIC's	48
Figura 34. Diagrama de flujo prototipo algoritmo	49
Figura 35. Diagrama del prototipo simulado	52
Figura 36. Vista superior prototipo elaborado	52
Figura 37. Zonas de detección	54
Figura 38. Botones e Indicadores	55
Figura 39. Inicio del programa	56
Figura 40. Mensaje de error	57
Figura 41. Primera zona. Recorrido Libre	58
Figura 42. Segunda zona. Señal Visual: LED	58

Figura 43. Tercera zona. Señal Auditiva: Buzzer	59
Figura 44. Zona de Frenado Automático	59
Figura 45. Frenado del vehículo y cambio en las pendientes	60
Figura 46. Simulación Terminada	61
Figura 47. Botón Repetir/Iniciar	61
Figura 48. Acción del botón Detener vehículo	62
Figura 49. Aviso	62
Figura 50. Cambio de carril en la simulación	63
Figura 51. Velocidad y Presión constantes, el vehículo sale de la gráfica	63
Figura 52. Botón “Detener vehículo” en zona de frenado	64
Figura 53. Botón “Activar Direccionales” en zona de frenado	64

GLOSARIO

Bombín de freno: Es un cilindro hidráulico que tiene la finalidad de activar las zapatas de los frenos de tambor cuando se actúa sobre el pedal del freno. Al accionar el pedal de freno, el líquido de frenos entra en el bombín e impulsa dos émbolos que hay en su interior, que a su vez actúan sobre las zapatas de frenos. El bombín hidráulico tiene en sus extremos dos guardapolvos que evitan que se introduzca suciedad o restos de ferodo que pudieran deteriorarlo.

Buzzer: Dispositivo electrónico que produce un sonido o zumbido continuo o intermitente de un mismo tono. Sirve como mecanismo de señalización o aviso, y son utilizados en múltiples sistemas como en automóviles o en electrodomésticos.

Circuito impreso: Es un medio para sostener mecánicamente y conectar eléctricamente componentes electrónicos, a través de rutas o pistas de material conductor, grabados en hojas de cobre laminadas sobre un sustrato no conductor.

Eagle: Es un programa para el diseño de circuitos impresos, teniendo como base el circuito electrónico.

Émbolo: Pieza cilíndrica de metal, que se mueve en sentido alternativo en un cilindro, sea bajo la presión de un líquido, como en ciertos motores, o inversamente, para desplazar o comprimir un fluido, como en las bombas o compresores.

Frecuencia de resonancia: El fenómeno de resonancia se manifiesta cuando una oscilación excita a un sistema cuya frecuencia propia es igual o un múltiplo entero de la frecuencia de la oscilación.

Fuerza de inercia: Es el efecto percibido por un observador estacionario respecto a un sistema de referencia no inercial cuando analiza su sistema como si fuese un sistema de referencia inercial.

LCD (Liquid Crystal Display): Es un módulo empleado para mostrar mensajes al usuario en la implementación de un circuito electrónico.

LED (Ligth Emitting Diode): Es un tipo especial de diodo que trabaja como un diodo común, pero que al ser atravesado por la corriente eléctrica emite luz.

MatLab: Es un sistema interactivo cuyo elemento básico de almacenamiento de información es la matriz, que tiene una característica fundamental y es que no necesita dimensionamiento. Esto le permite resolver varios problemas de computación técnica en una fracción de tiempo similar al que se gastaría cuando se escribe un programa en un lenguaje no interactivo como C.

Microcontrolador ó PIC: Es un circuito integrado diseñado especialmente para controlar sistemas electrónicos, que consta de todos los elementos de una computadora, como memoria de programa, memoria RAM, memoria EEPROM, puertos de entrada y salida, además de contadores, temporizadores, convertidores de analógico a digital, comparadores, etc.

Movimiento rotatorio: Es el movimiento que se hace cuando el operador no sigue ninguna trayectoria (no se traslada), sino que gira sobre su propio eje.

Ondas ultrasónicas: Ondas de sonido de alta frecuencia, generalmente por encima de 20.000 hercios (Hz), se encuentran por encima de las frecuencias audibles por el oído humano.

Protoboard: Es una placa de pruebas usada para construir prototipos de circuitos electrónicos con o sin soldadura. Normalmente se utilizan para la realización de pruebas experimentales.

Pulsador: Es un dispositivo utilizado para activar alguna función. Un pulsador permite el paso o interrupción de la corriente mientras es accionado. Cuando ya no se actúa sobre él vuelve a su posición de reposo.

Reflexión: Cambio en la dirección o en el sentido de propagación de una onda.

Refracción: Modificación en la dirección y velocidad de una onda al cambiar el medio en que se propaga.

Sensor: Es un dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, para facilitar su manipulación.

Tacómetro: Es un medidor de revoluciones instalado en un vehículo que se emplea para indicar la velocidad de avance instantánea.

Zapatras: Componente de los frenos de tambor encargado de presionar dicho tambor para detener el movimiento de las ruedas.

RESUMEN

El presente trabajo de grado tiene como finalidad diseñar y simular un sistema que genere una acción de frenado suave y automático en un vehículo, mediante el sensado de la distancia que existe entre él y un determinado obstáculo. Dicho sistema se activa a determinada velocidad y mediante una señal visual y auditiva, advierte al conductor del vehículo que debe frenar; si no lo hace, el sistema procede a activar el cilindro encargado de mover el pedal del freno, con una intensidad que depende de la velocidad con la que se mueva el vehículo.

El sistema se diseña recopilando la información necesaria sobre los diferentes dispositivos que intervienen en el frenado de un vehículo, realizando visitas a diferentes instituciones y aprovechando la continua asesoría de expertos en el área de control y automatización. Dichos aspectos permiten elegir la ubicación más conveniente de los diferentes elementos del sistema en el vehículo.

Por otro lado, se realiza un circuito electrónico como prototipo del sistema, cuyo fin es simular dos tipos de frenado: Uno suave y uno rápido, los cuales dependen de la velocidad con la que se mueva el obstáculo. Además se muestra en un LCD la distancia del sensor con respecto al obstáculo.

Por último, mediante el software especializado en procesos de control MATLAB, se simula un sistema de frenado automático, capaz de visualizar el movimiento de un vehículo a diferentes velocidades y que a determinada distancia, realiza un frenado suave, graficando las variables involucradas en todo el proceso, como lo son la presión, la velocidad y la distancia.

ABSTRACT

The present grade work has the finality of designing and simulating a system that generates a smooth and automatic braking action on a vehicle, by sensing the distance between him and a certain obstacle. This system is activated at certain speed and through a visual and audible signal, it warns the vehicle's driver that he must stop, if he doesn't, the system proceeds turning on the cylinder in charge of moving the brake pedal with an intensity that depends of the speed with which is moving the vehicle.

The system is designed by collecting the necessary information about the different devices involved in the braking of a vehicle, doing visits to different institutions and seizing the continued assistance of experts in the area of control and automation. These aspects allow choosing the most convenient location of the different elements of the system in the vehicle.

On the other hand, is built an electronic circuit as prototype of the system, which aim is simulating two types of braking: one soft and one fast, which depend on the speed with which the obstacle moves. Also it's shown on an LCD the distance of the sensor with respect to the obstacle.

Finally, by using the specialized software in control processes MATLAB, is simulated an automatic braking system, capable of visualizing the motion of a vehicle at different speeds and on certain distance, makes a soft braking, plotting the variables involved in all the process, such as pressure, speed and distance.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de grado se refiere al tema de automatización y control, de carácter cuantitativo y con el objetivo principal de diseñar un sistema automático que genere una acción controlada de frenado para un vehículo, por medio de software especializado en simulación de procesos de control para así disminuir el alto número de accidentes automovilísticos provocados por la lenta reacción de los conductores a la hora de frenar.

Para la realización de este trabajo se recopiló la información necesaria que corresponde al área automotriz, más específicamente, del sistema de frenado; con esta información y con las diferentes asesorías, se diseñó un sistema capaz de realizar una acción controlada de frenado. A medida que se avanza en el diseño, se ubican los diferentes dispositivos del sistema en el vehículo, se realiza la simulación por medio del software MATLAB y se construye un prototipo a menor escala en un circuito electrónico.

De acuerdo al objetivo general de este proyecto, se tiene la limitante de que sólo será un diseño con su respectiva simulación, debido a los altos costos que implica la implementación de este proyecto a escala real.

1. PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1 Definición problema. En Colombia, hasta Agosto de 2010 ocurrieron 3550 accidentes de tránsito, de los cuales 939 se presentaron por exceso de velocidad y 727 por conductores en estado de embriaguez¹. Según este comunicado, se pudo evidenciar que los accidentes son a causa de la lenta respuesta por parte de los conductores para accionar los frenos, ocasionando daños en los vehículos, presencia de heridos o consecuencias irreparables como la muerte a peatones o motociclistas.

A raíz de estas cifras, el Fondo de Prevención Vial creó en el año 2010 una campaña llamada Inteligencia Vial, la cual busca “crear conciencia de la existencia de un problema y el rol individual dentro de la solución”² donde se trata de concienciar a los peatones y a los conductores sobre la causa de tantos accidentes de tránsito.

A pesar de que se ha creado esta y otras campañas para proteger tanto al peatón como al conductor, hace falta más tiempo para que la sociedad adopte un buen comportamiento en las vías. Debido a esto, la industria automotriz ha iniciado investigaciones relacionadas con dispositivos de seguridad que disminuyan los accidentes de tránsito.

Diferentes propuestas de investigación han tratado de encontrar una solución al problema de la lenta reacción por parte de los conductores, en el momento de accionar los frenos; lo cual genera la necesidad de una respuesta más rápida en los vehículos cuando que se presente una amenaza de colisión, dependiendo no tanto de la reacción que tenga el conductor, si no de lo que sea capaz de realizar un sistema de control automático; una de estas investigaciones es la realizada en la Universidad de Guadalajara³, donde al vehículo se le incorporan sensores de ultrasonido que indican la presencia de objetos que interfieren en la trayectoria del móvil, este sistema cuenta con un circuito de control y una etapa de potencia para la activación de una electroválvula, logrando con esta la aplicación de aire a presión al pistón hidráulico, el cual ejerce presión al liquido de frenos y ejecuta el frenado del vehículo. Un inconveniente que presenta esta investigación es la configuración general del sistema, la cual involucra todos los elementos de frenado, es decir, se modifica la estructura de la bomba y la inclusión de una electroválvula, haciéndolo más propenso a fallas mecánicas y estructurales. Este

¹ EL ESPECTADOR. Cifras accidentes de tránsito [En línea]. Bogotá: 2010.

² FVP. Inteligencia Vial. [En Línea]. Colombia

³ UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA. Sistema de Frenos Inteligentes [En línea]. Guadalajara: 1998.

inconveniente implica que si ocurre un problema en cualquiera de los dispositivos, se afecta todo el sistema de frenado.

Otro proyecto es el realizado por la empresa Volvo⁴, el cual es un sistema que funciona con un sensor radar y una cámara, instalados en la parte superior del parabrisas del vehículo, el sensor detecta un obstáculo, y la cámara detecta que tipo de obstáculo es, enviando así una señal a la computadora principal, y allí se realiza una activación del circuito de potencia, realizando un frenado suave del vehículo. La falencia de este proyecto está en lo poco práctico que resulta la ubicación del sensor y la cámara, porque además de quitarle estética al interior del vehículo, le agrega complejidad al funcionamiento del sensor, el cual debe detectar el obstáculo sin tener en cuenta el vidrio parabrisas, esto debido a los factores de reflexión y refracción que se presentan con el uso de luz infrarroja emitida a través de un cristal.

Por último, la empresa Mercedes lanzó al mercado un dispositivo que frena parcialmente el vehículo al detectar una amenaza de colisión⁵. Dicho sistema reconoce la inminencia de un posible accidente, antes de llegar a producirse, mediante la señal que envían en fracciones de segundo los sensores del control de estabilidad (ESP) y el servofreno de emergencia (ABS), poniendo en marcha una serie de medidas de protección para los ocupantes delanteros y traseros. El problema con este sistema está en su funcionamiento, el cual no realiza una acción de frenado, sólo se encarga de preparar los elementos que pueden afectar a los pasajeros y al conductor ante una amenaza de colisión, es decir, el sistema tensa los cinturones de seguridad delanteros, inclina el asiento del pasajero delantero hacia atrás y levanta el respaldo si está inclinado, ajusta el ángulo de inclinación de la banca de los asientos individuales traseros que tienen regulación eléctrica y cierra automáticamente el techo corredizo si está abierto.

1.1.2 Formulación. Teniendo en cuenta las cifras de accidentes de tránsito, la falta de reacción como su causa más evidente y las diferentes propuestas de investigación, ¿Cómo se puede obtener una respuesta más rápida al momento de frenar, para así disminuir los accidentes provocados por la lenta reacción de los conductores?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General. Diseñar un sistema de frenado automático para un vehículo, a través de software especializado en simulación de procesos de control.

⁴ DIARIO MOTOR. Sistema City Safety. [En línea] España: 2010.

⁵ KM77. Sistema Pre-Safe Distronic Mercedes Clase S. [En línea] Madrid: 2010

1.2.2 Objetivos específicos.

- Definir los conceptos básicos en el área automotriz específicamente el funcionamiento del sistema de frenado.
- Diseñar el circuito electrónico de control para el sistema de frenado y los actuadores.
- Simular el sistema de control diseñado por medio del software MATLAB, con miras a ser aplicado en el laboratorio de automatización y control de la Institución Universitaria de Envigado.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Este es un proyecto de diseño y de acuerdo a los resultados obtenidos durante su simulación, se tendrá una base sólida para otras propuestas de investigación, ya sea la implementación del sistema a escala real y su respectivo montaje en un vehículo comercial. El éxito final puede contribuir como una solución económica a la prevención de accidentes; además aportará en gran medida a las investigaciones futuras realizadas en el semillero de investigación de automatización y control (GIAR) de la Institución Universitaria de Envigado.

El proyecto tiene tres aspectos innovadores: El primero está en la aplicación del área automotriz a los diferentes temas de la Ingeniería Electrónica, como lo son: Electrónica de potencia, micro controladores, acondicionamiento de señales y todo el tema de automatización y control. Además de incluir temas de otras ciencias, como la Hidráulica y la Mecánica.

El segundo aspecto innovador se encuentra en la ubicación del sistema en el vehículo, el cual posiciona el sensor de detección de obstáculos en la parte frontal del vehículo, específicamente entre la rejilla y el radiador, para así evitar los fenómenos de reflexión y refracción de la luz a través de un cristal. Por otro lado, la etapa de actuación está conectada directamente al pedal del freno, sin interferir en los otros dispositivos responsables del frenado.

El tercer aspecto se refiere al costo general del sistema, el cual se agrega al valor final del vehículo, donde se incluye el costo de cada uno de los dispositivos, sus conexiones y su respectiva instalación dentro del vehículo. Dicho valor es menor al de un vehículo de marca extranjera que tenga incorporado el sistema de frenado automático.

1.4 DISEÑO METODOLÓGICO

El proyecto de grado consta de las siguientes etapas:

1.4.1 Recopilación de información. Se recopilará la información relacionada con los sistemas de frenado, automatización y control al igual que de los sensores y sus respectivas hojas de datos, por medio de diferentes fuentes bibliográficas especializadas en el tema, páginas web y artículos relacionados; además se consultará con diferentes expertos en el área de control con el apoyo de visitas a diferentes bibliotecas e institutos que puedan brindar información relacionada con el proyecto. Una de estas visitas se realizará en el SENA de Pedregal, donde se encuentra el área electrónica y automotriz. A partir de esta visita se espera obtener toda la información necesaria en el área automotriz.

1.4.2 Diseño. De acuerdo con la información recopilada, se realiza el diagrama de flujo del sistema para que efectúe el frenado según la distancia y se ubican los dispositivos en el vehículo.

1.4.3 Simulación. La programación, simulación y corrección de errores se realizarán por medio del software MATLAB con base al diseño realizado en la etapa anterior. De acuerdo a los resultados obtenidos, se espera contar con un diseño apto para ser implementado en un módulo de control del laboratorio de automatización de la Institución Universitaria de Envigado.

1.4.4 Documentación. A medida que se realiza el proyecto, se organizan y se tabulan los datos y resultados obtenidos en la investigación, de acuerdo a las etapas mencionadas anteriormente.

1.5 MODALIDAD DEL TRABAJO DE GRADO

El trabajo a realizar es de enfoque cuantitativo, por los diferentes resultados que se esperan, los cuales son medibles y están directamente relacionados con el problema de investigación, dado que es un proyecto de desarrollo tecnológico, con aplicaciones electrónicas al control automático. Se utilizará una estrategia metodológica que consiste en la división del proyecto en etapas, las cuales son consecutivas para alcanzar los objetivos propuestos.

1.6 PRESUPUESTO

El presupuesto total del proyecto se presenta en las siguientes tablas, siendo la primera de ellas, la Tabla N°1, el presupuesto global y las siguientes, las especificaciones de este presupuesto.

Tabla N°1. Ficha de Presupuesto

1. PRESUPUESTO GLOBAL DEL TRABAJO DE GRADO				
RUBROS	FUENTES			TOTAL
	Estudiante	Institución - IUE	Externa	
Personal	\$ 3.200.000	\$ 800.000	\$ 0	\$ 4.000.000
Material y suministro	\$ 0	\$ 10.000.000	\$ 0	\$ 10.000.000
Salidas de campo	\$ 80.000	\$ 0	\$ 0	\$ 80.000
Equipos	\$ 1.720.000	\$ 0	\$ 0	\$ 1.720.000
Otros	\$ 100.000	\$ 0	\$ 0	\$ 100.000
TOTAL	\$ 5.300.000	\$ 10.800.000	\$ 0	\$ 15.900.000

Tabla N°2. Descripción de los gastos de personal

DESCRIPCIÓN DE LOS GASTOS DE PERSONAL						
Nombre del Investigador	Función en el proyecto	Dedicación H/S/M	Costo			TOTAL
			Estudiante	IUE	Externa	
Andrés Berrío	Investigador	7/4/4	\$ 1.600.000	\$ 0	\$ 0	\$ 1.600.000
Camilo Patiño	Investigador	7/4/4	\$ 1.600.000	\$ 0	\$ 0	\$ 1.600.000
Maribel Arroyave	Asesora	2/4/4	\$ 0	\$ 800.000	\$ 0	\$ 800.000
TOTAL			\$ 3.200.000	\$ 800.000	\$ 0	\$ 4.000.000

Tabla N°3. Descripción de material y suministro

DESCRIPCIÓN DE MATERIAL Y SUMINISTRO				
Descripción de tipo de Material y/o suministro	Costo			TOTAL
	Estudiante	IUE	Externa	
Licencia Software Matlab	\$ 0	\$ 8.000.000	\$ 0	\$ 8.000.000
Toolbox Realidad Virtual	\$ 0	\$ 2.000.000	\$ 0	\$ 2.000.000
TOTAL	\$ 0	\$ 10.000.000	\$ 0	\$ 10.000.000

Tabla N°4. Descripción de salidas de campo

DESCRIPCIÓN DE SALIDAS DE CAMPO				
Descripción de las salidas	Costo			TOTAL
	Estudiante	IUE	Externa	
Consultas	\$ 80.000	\$ 0	\$ 0	\$ 80.000
TOTAL	\$ 80.000	\$ 0	\$ 0	\$ 80.000

Tabla N°5. Descripción de equipos

DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS				
Descripción de compra de equipos	Costo			TOTAL
	Estudiante	IUE	Externa	
1 Computador portátil	\$ 1.700.000	\$ 0	\$ 0	\$ 1.700.000
Calculadora científica	\$ 20.000	\$ 0	\$ 0	\$ 20.000
TOTAL	\$ 1.720.000	\$ 0	\$ 0	\$ 1.720.000

1.7 IMPACTO Y RESULTADOS ESPERADOS

Se espera contar con un diseño apto para ser implementado en un módulo de control y posteriormente ser probado en el vehículo donado por la empresa SOFASA a la Institución Universitaria de Envigado.

Obtener una propuesta de investigación que invite a las personas a desarrollar nuevas soluciones en el tema de seguridad y comodidad para conductores de vehículos.

Divulgar e invitar a otras instituciones a generar propuestas de prevención de riesgos.

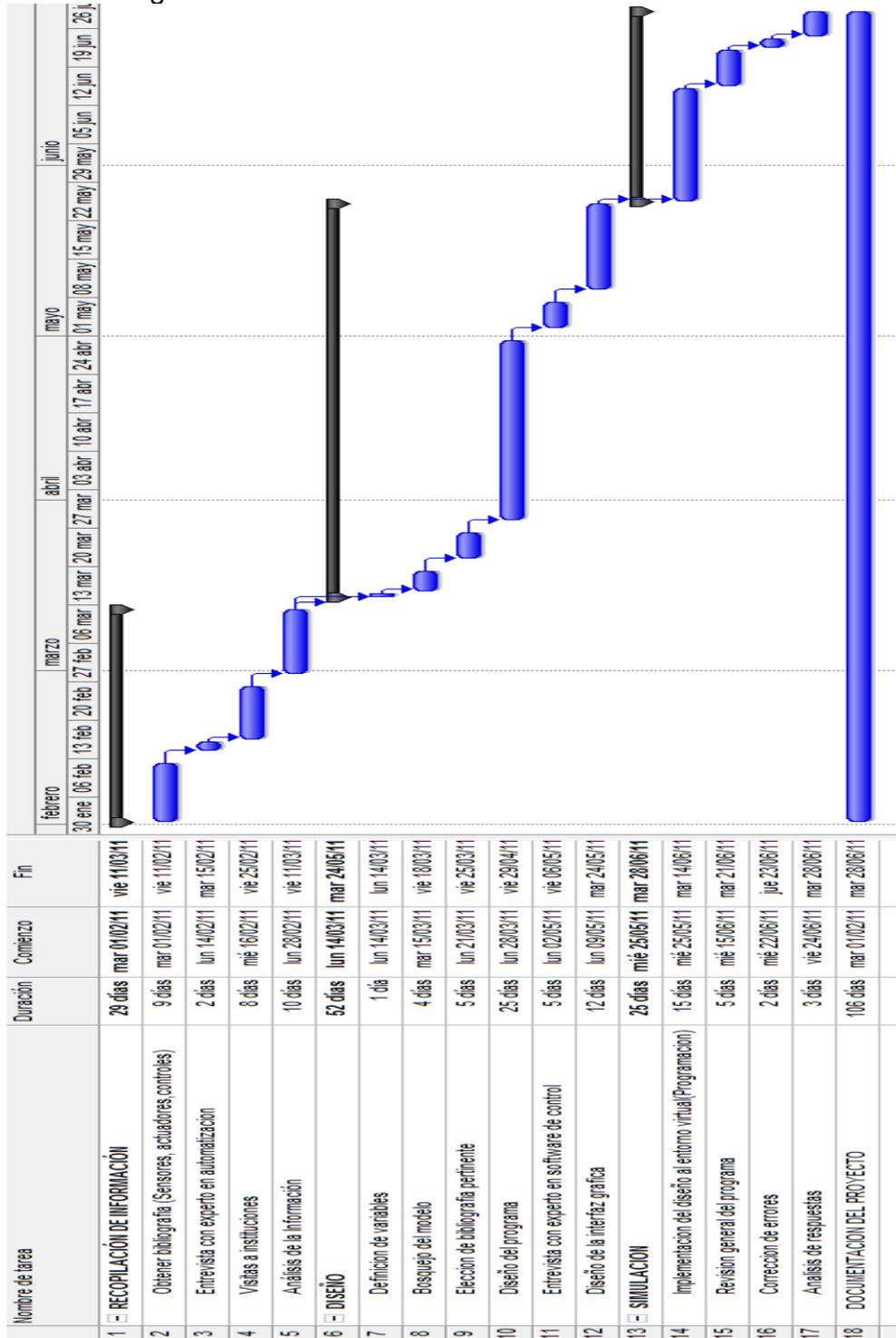
1.8 COMPROMISOS Y ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN

Con el desarrollo de este proyecto se pretende seguir los siguientes pasos:

- Presentación de avances en la etapa de diseño.
- Socialización del proyecto a toda la comunidad de la Institución Universitaria de Envigado.
- Presentación de un artículo científico para su publicación en la revista de la Facultad de Ingenierías de la Institución Universitaria de Envigado.

1.9 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla N°6. Cronograma de actividades



2. DEFINICIÓN DE LOS CONCEPTOS BÁSICOS EN EL ÁREA AUTOMOTRIZ ESPECÍFICAMENTE EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE FRENADO.

2.1 ANTECEDENTES

Diferentes propuestas de investigación han tratado de encontrar una solución al problema de la lenta respuesta por parte de los conductores para accionar los frenos, dichas propuestas se mencionan a continuación.

2.1.1 Sistema de Frenos Inteligentes. La principal característica de este sistema⁶ es el lugar donde está ubicado el sensor, en la parte delantera del automóvil, más específicamente entre la rejilla de ingreso de aire y el radiador. La ubicación de este sensor aumenta la disponibilidad de espacio dentro del motor del vehículo, permitiendo la instalación de otros dispositivos destinados a diferentes aplicaciones.

Otro aspecto importante de este sistema es el tipo de sensor utilizado, un sensor de ultrasonido; cuyas ventajas son: El rango de detección de obstáculos es considerablemente mayor al de otros tipos de sensores, y su principio de funcionamiento, el cual implica emisión de ondas que no se ven afectadas por la lluvia, como ocurre con el sensor infrarrojo.

2.1.2 Sistema City Safety. La principal característica del sistema⁷ es su funcionamiento en general, es decir, se detecta un obstáculo, se envía una señal desde el sensor que se acondiciona para ser tratada en un circuito de control y finalmente se activa el sistema de frenos.

La arquitectura de este sistema, se toma de referencia para el diseño general de este proyecto.

2.1.3 Sistema Pre-Safe Distronic Mercedes Clase S. Este sistema⁸ se encarga de preparar los elementos que pueden afectar a los pasajeros y al conductor ante una amenaza de colisión, es decir, el sistema tensa los cinturones de seguridad, inclina el asiento del pasajero y cierra automáticamente el techo corredizo si está abierto.

Con esta serie de elementos de preparación ante una colisión, se llega a la idea de adaptarle al proyecto dispositivos de advertencia ante la detección de un obstáculo.

⁶ UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA. Sistema de Frenos Inteligentes [En línea]. Guadalajara: 1998.

⁷ DIARIO MOTOR. Sistema City Safety. [En línea] España: 2010.

⁸ KM77. Sistema Pre-Safe Distronic Mercedes Clase S. [En línea] Madrid: 2010.

2.1.4 ABS (Antilock Brake System). La investigación se realiza sobre todo tipo de vehículos que tengan incorporado el sistema ABS, debido a que en la actualidad es el sistema electrónico más usado en vehículos y el más seguro a la hora de frenar en caso de emergencia, evitando el bloqueo de las ruedas y del volante.

2.1.5 Freno eléctrico inteligente. Este sistema de frenos “utiliza el motor eléctrico del coche, para operar directamente los frenos. Es decir, que cuando el conductor acciona el freno, el sistema regula la presión para mantener en desaceleración el coche, mientras, al mismo tiempo, la presión hidráulica del freno es “controlada” por fricción para regenerar la energía del motor híbrido”⁹

La utilidad de este sistema para el desarrollo del proyecto, se observa en la conexión directa del actuador con el pedal del freno; sin influir en los otros dispositivos.

2.1.6 Nissan Safety Shield. Este sistema¹⁰ tiene incorporado tres dispositivos: GPS (Global Position System) para tener la ubicación exacta del vehículo, el OBE (On-board Equipment) para detectar la presencia de otros vehículos y el Control del Vehículo para activar el freno.

2.2 SISTEMA DE FRENOS

2.2.1 Definición sistema de frenos. El sistema de frenos permite controlar el movimiento del vehículo, llegando a detenerlo si fuera preciso de una forma segura, rápida y eficaz, en cualquier condición de velocidad y carga en las que rueda. Un freno es eficaz, cuando al activarlo se obtiene la detención del vehículo en un tiempo y distancia mínimos.¹¹

El sistema de frenos funciona debido a la aplicación de una fuerza dada por una fuente de energía. Este sistema se compone de: un mando, una transmisión y del freno en sí. Ver Figura 1.

- **Mando.** Es el elemento que por su movimiento provoca la acción de frenado, puede ser el conductor, la inercia o la gravedad.
- **Transmisión.** Es la unión entre el mando y el freno, la transmisión puede ser mecánica, hidráulica o eléctrica.

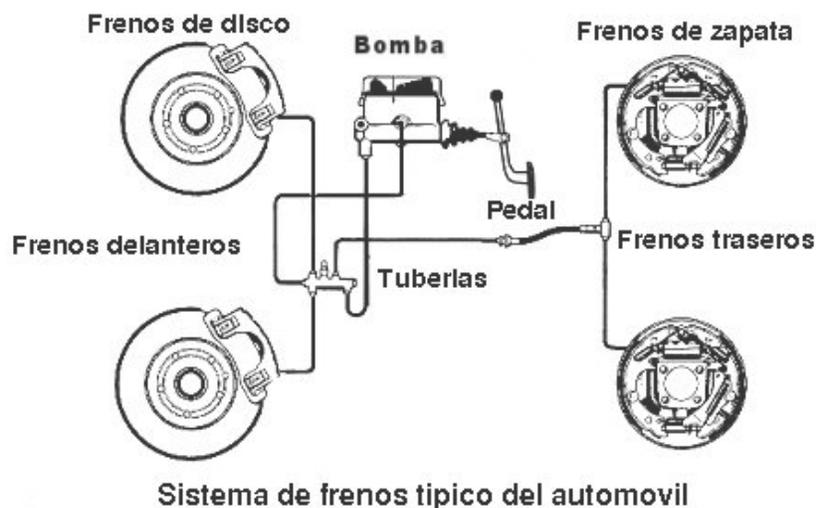
⁹ INFORMADOR. Dirección y frenado, toman nuevo rumbo [En línea]. Guadalajara: 2010

¹⁰ NISSAN. Safety Shield by Cooperative ITS [En línea]. Japón: 2010

¹¹ TODO MECANICA. Sistema de frenos. Fundamentos [En línea] España: 2007.

- **Freno.** Es el elemento donde se realizan las fuerzas que se oponen al movimiento, puede ser:
 - *Fricción:* Roce de dos piezas, una fija (Vehículo) y una en movimiento (Rueda del Vehículo).
 - *Eléctrico:* Acción electromagnética de dos elementos que no se tocan, que pertenecen al vehículo.
 - *Fluido:* Acción de fluidos de dos elementos que no se tocan, que pertenecen al vehículo.
 - *Motor:* Cuando la fuerza viene del aumento de la resistencia interna del motor.
 - *Aerodinámica:* Cuando la fuerza viene de la resistencia que el viento ejerce en el vehículo.

Figura 1. Sistema de frenos típico



Fuente: <http://www.todomecanica.com/sistemas-de-frenos-fundamentos.html>

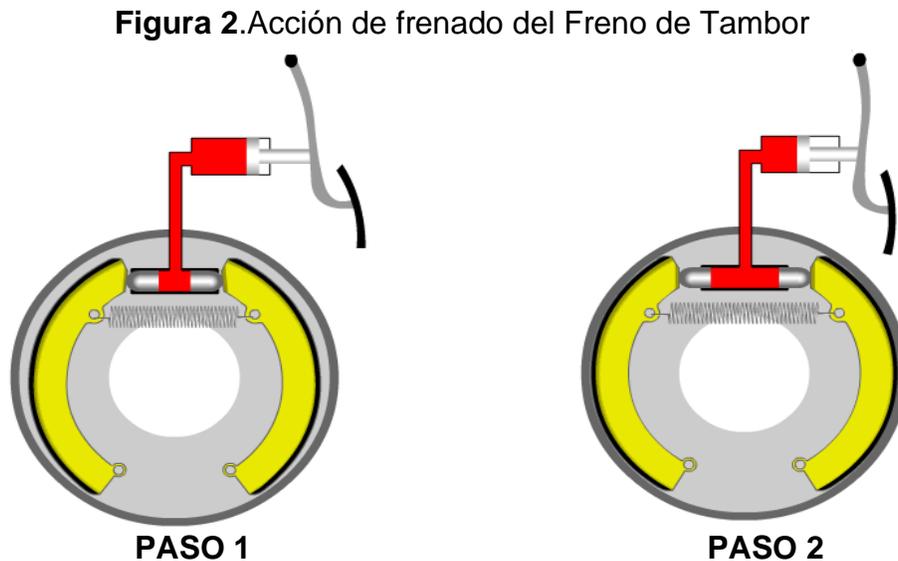
2.2.2 Clasificación de los sistemas de frenos. Esta clasificación se realiza de acuerdo a la forma de cómo son accionados los frenos, y son:

- **Mecánicos.** La fuerza que se aplica al freno es transmitida a las ruedas por medio de varillas o cables que ejercen la función de poleas.
- **Eléctricos.** Un dispositivo controla la corriente que circula por un electroimán ubicado en las ruedas del vehículo.

- **Hidráulicos.** La fuerza que se aplica al freno es transmitida a las ruedas por medio de conductos para aceite, los cuales llevan el fluido al bombín del freno.
- **Neumáticos.** La fuerza que se aplica al freno por el conductor es reemplazada por elementos de aire comprimido.

2.2.3 Tipos de frenos para vehículos

- **Freno de Tambor.** Es un sistema que realiza el frenado mediante la fricción que se presenta entre un material que se encuentra dentro del tambor y la rueda del vehículo. Ver figura 2.



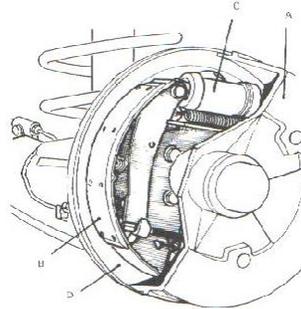
Fuente http://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/animaciones/freno_de_tambor.html

En el paso 1 las zapatas están en inercia debido a que no se le ha aplicado fuerza al pedal, el cual transmite la fuerza hacia el bombín. En el paso 2 las zapatas están extendidas debido a que se le ha aplicado fuerza sobre el pedal.

El material en el que se construye el tambor de freno es en hierro fundido, debido al gran trabajo que se ejerce sobre él, este gira en conjunto con la rueda del vehículo. El freno de tambor está fijado a la rueda por medio de tornillos (A), en cuyo interior están alojadas las zapatas (B), provistas de forros de un material muy resistente al calor y que pueden ser colocadas contra la periferia interna del tambor por la acción del bombín (C), produciéndose en este caso el frotamiento de ambas partes.

Como las zapatas van montadas en el plato (D), sujeto al chasis por el sistema de suspensión y que no gira, es el tambor el que queda frenado en su giro por el frotamiento con las zapatas. Ver figura 3.

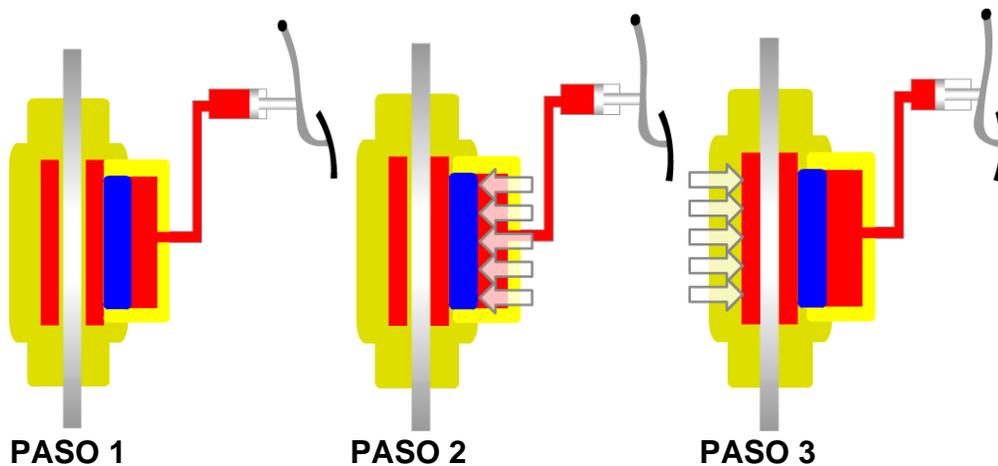
Figura 3. Freno de Tambor



Fuente: <http://www.todomecanica.com/sistemas-de-frenos-fundamentos.html>

- **Freno de disco.** Los frenos de disco obtienen su fuerza de frenado de la fricción generada por el freno que se ejerce sobre las plaquetas que están colocados a los lados del disco. Ver figura 4

Figura 4. Acción de frenado con frenos de disco



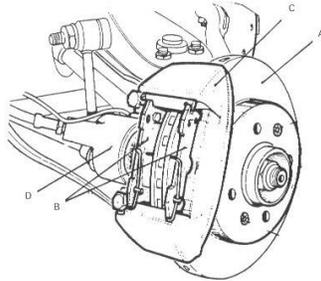
Fuente http://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/animaciones/freno_de_disco.html

En este freno de disco se sustituye el tambor por un disco(A), que también se une a la rueda por medio de tornillos.

Este disco puede ser frenado por medio de unas plaquetas (B), que son accionadas por un émbolo (D) y pinza de freno (C), que se aplican lateralmente contra él deteniendo su giro.¹² Suelen ir convenientemente protegidos y refrigerados, para evitar un calentamiento excesivo de los mismos. Ver figura 5.

¹² MECANICA VIRTUAL. Freno de disco [En línea]. Guadalupe: 2008.

Figura 5. Freno de Disco



Fuente: <http://www.todomecanica.com/sistemas-de-frenos-fundamentos.html>

- **Frenos ABS**

El sistema de frenos ABS controla la acción de frenado de las 4 ruedas del vehículo por medio de la electrónica, esto con el fin de prevenir bloqueos en las ruedas cuando hay un frenado de emergencia.

El sistema ABS debe pasar por 3 fases para que las ruedas no se bloqueen:

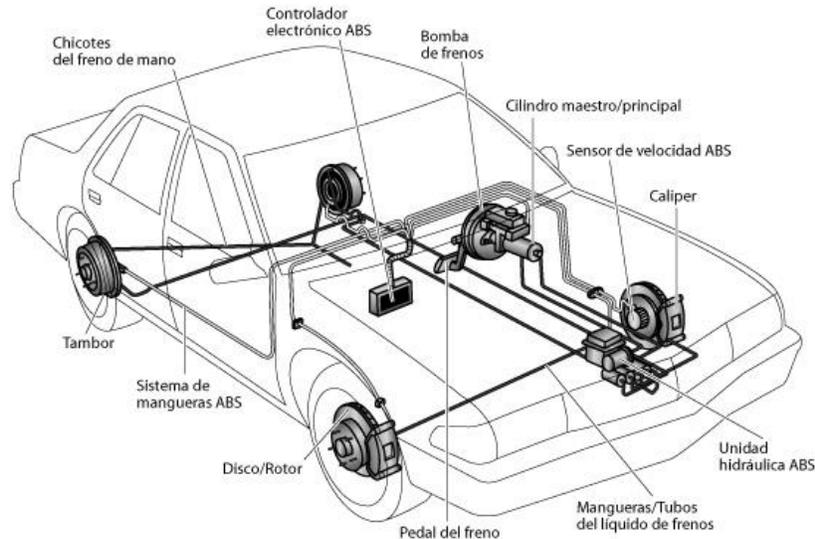
- *Frenado normal:* Se realiza el frenado convencional, allí el sensor envía una señal a la unidad de control UCE informando que la velocidad bajo, pero no se pasa a la siguiente fase hasta que la rueda no tiende a bloquearse.
- *Mantenimiento de presión:* Si hay tendencia a bloqueo de las ruedas, la UCE envía una señal a la electroválvula la cual corta el suministro de liquido de frenos, con esto se mantiene la presión en el freno. Si continua el bloqueo se pasa a la siguiente fase.
- *Reducción de la presión:* La UCE permite nuevamente el paso del liquido de frenos, con esto se reduce la presión en la rueda dándole aceleración.

El esquema típico de los frenos ABS se basa en sensores de velocidad ubicados en las llantas, los cuales envían sus datos a la unidad electrónica de control para que calcule la velocidad media, la cual es muy aproximada a la velocidad real del vehículo. Cuando se le aplica una fuerza súbita al pedal del freno, esta velocidad media se compara con una velocidad de referencia y calcula si una llanta está a punto de bloquearse, ahí es cuando el circuito de control reduce la presión de frenado en la llanta que se va a bloquear.

En el momento que la rueda reduce la presión, puede girar libremente y se vuelve a aumentar la presión de frenado al máximo. Dicho proceso se repite las veces necesarias hasta que se suelte el pedal del freno.

El conductor solo nota un ligero efecto pulsante en el pedal del freno¹³. Ver figura 6

Figura 6. Sistema de Frenos ABS



Fuente: <http://www.todomecanica.com/sistemas-de-frenos-fundamentos.html>

○ *Descripción sistema ABS*

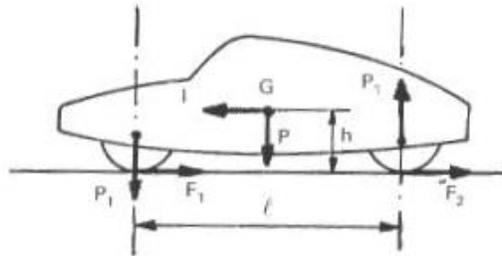
- *Cilindro Maestro:* Es el corazón del Sistema hidráulico de frenos. El cilindro presuriza el fluido en el sistema cuando el conductor presiona el pedal.
- *Bomba de freno:* Convierte o transforma la fuerza mecánica de la presión ejercida por el conductor del vehículo sobre el pedal del freno, en presión hidráulica.
- *Controlador electrónico ABS (ECU):* Calcula y determina las condiciones de las ruedas y de la carrocería en función de las velocidades de las ruedas, y efectúa una decisión acorde a la situación actual para controlar la Unidad de Control Hidráulico (HCU).
- *Caliper:* Esta montado sobre el eje de la rueda, pero no gira con el conjunto de la rueda y aloja las pastillas de freno para detener el disco.
- *Sensor de velocidad:* Detecta la velocidad de la rueda en función del cambio en la densidad del flujo magnético que pasa a través del sensor, y la convierte en una señal eléctrica que será transmitida a la ECU.

¹³ MORONI SPORT. Frenos ABS [En línea]. Muyurina: 2010.

- *Unidad hidráulica ABS (HCU):* En el modo de operación de ABS la HCU cambia los conductos de líquidos para controlar la presión del líquido de los cilindros de rueda, como respuesta a la instrucción recibida de la ECU. La HCU también forma parte del conducto del líquido de frenos que se extiende desde el cilindro maestro a los cilindros de rueda, junto con las tuberías.

2.2.4 Cómo se reparte la fuerza de frenado en un vehículo. La fuerza de frenado se reparte de manera desigual, pues al ser frenado un vehículo, la fuerza de inercia (I) aplicada a su centro de gravedad (G), forma con las fuerzas de frenado (F_1) y (F_2) un par que obliga a inclinarse hacia abajo al vehículo de su parte delantera, mientras que en la trasera ocurre lo contrario. Se dice que el peso del vehículo ha sido transferido en parte al eje delantero, al mismo tiempo que el trasero se ha deslastrado.¹⁴ Ver figura 7

Figura 7. Diagrama Fuerzas de Frenado



Fuente: <http://www.todomecanica.com/sistemas-de-frenos-fundamentos.html>

Debido a este diagrama, la fuerza de frenado debe de estar repartida entre los ejes con relación al peso soportado por los mismos; dependiendo de la distribución de los distintos mecanismos, como motor, caja de velocidades, depósito de combustible, etc.

2.2.5 Distancia de parada. Se llama así al espacio recorrido por el vehículo desde que se accionan los frenos hasta que se detiene completamente.

La distancia de parada depende de la presión que se ejerza sobre el pedal del freno, de la fuerza de adherencia del neumático con el suelo, de la velocidad con que marcha el vehículo en el momento de frenar, de la fuerza y dirección del viento, etc. No dependiendo para nada del peso del vehículo, sino del cuadrado de la velocidad y de la eficacia de los frenos. Por esto, la distancia de parada es igual para un vehículo pesado que para uno liviano, siempre que la velocidad y eficacia de los frenos sean las mismas.¹⁵

¹⁴ TODO MECANICA. Sistema de frenos. Fundamentos [En línea] España: 2007.

¹⁵ TODO MECANICA. Sistema de frenos. Fundamentos [En línea] España: 2007.

2.3 SENSOR RADAR

2.3.1 Definición Sensor Radar. El radar es posible considerarlo como un sensor, este mide velocidad relativa y distancia. Para ello el radar (Radiation Detecting and Ranging) emite paquetes de ondas milimétricas, este paquete se envía entre la frecuencia de 76 a 77 Ghz con una longitud onda igual a 4mm. Los paquetes de ondas emitidos son reflejados y detectados de nuevo por el receptor del radar, luego se realiza una comparación entre señal recibida y la señal emitida. La señal recibida se remodula para que suministre la información deseada. Si esta señal es una modulación de impulsos, se mide el tiempo de ida y de regreso y con esto se determina la señal a partir de la diferencia de estos tiempos.

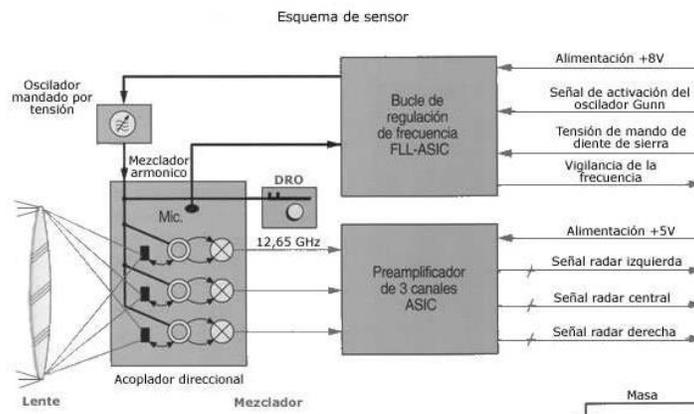
Figura 8. Sensor Radar



Fuente: <http://mecanicavirtual.org/sensores1-radar.html>

2.3.2 Estructura. Su estructura es compacta debido a la frecuencia de 76GHz y su longitud de onda de 3.8 mm, usado específicamente en vehículos. El sensor posee un oscilador Gunn, este alimenta tres antenas patch que están en paralelo, esto sirve para la recepción de las señales reflejadas. Un lente llamado lente de Fresnel se coloca delante donde se concentra el haz de rayos de emisión dentro de una ventana angular de $\pm 5^\circ$ en el plano horizontal y de $\pm 1,5^\circ$ en el vertical, referida al eje del vehículo.

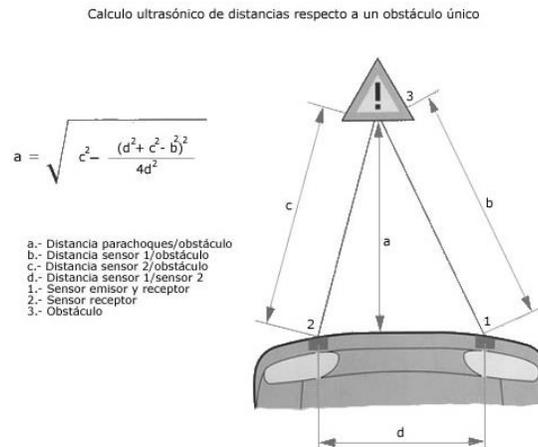
FIGURA 9. Esquema del sensor radar



Fuente: <http://mecanicavirtual.org/sensores1-ultrasonidos.html>

2.3.3 Distancia con respecto a un obstáculo. La distancia "a" que hay hasta el primer obstáculo más cercano se calcula a partir del tiempo de propagación del primer impulso de eco llegado y de la velocidad del sonido.¹⁶ Ver figura 10

Figura 10. Cálculo de las distancias con respecto a un obstáculo.



Fuente: <http://mecanicavirtual.org/sensores1-ultrasonidos.htm>

2.4 CONTROL

2.4.1 Definición de sistema de control. Un sistema de control está definido como un conjunto de componentes que pueden regular su propia conducta o la de otro sistema con el fin de lograr un funcionamiento predeterminado, de modo que se reduzcan las probabilidades de fallos y se obtengan los resultados buscados.¹⁷

Un sistema de control domina las variables de salida por medio de la manipulación de variables de control, con el objetivo que se alcancen valores ya establecidos. Este objetivo se cumple si se siguen las siguientes condiciones:

- *Para grandes perturbaciones y errores en los modelos, el sistema debe ser lo suficientemente robusto para garantizar su estabilidad.*
- *Para evitar cambios bruscos e irreales en el sistema debe haber control sobre las variables de entrada.*
- *Operación en tiempo real y de fácil implementación.*

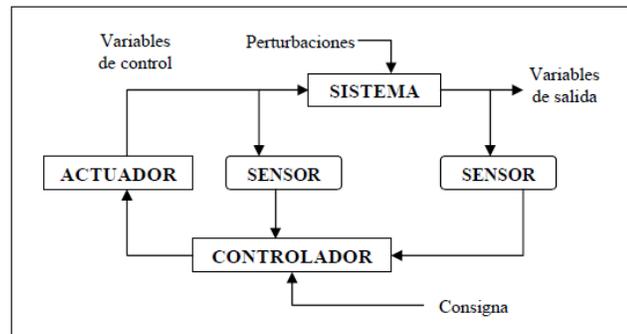
Un sistema de control tiene unos elementos básicos (Ver figura 11) que son:

¹⁶ MECANICA VIRTUAL. Sensor ultrasónico. Definición [En línea] Guadalupe: 2009.

¹⁷ GARCIA JAIMES, LUIS EDUARDO. Control Digital, Teoría y Práctica. Medellín: 2009. Págs. 191-195.

- *Sensores*: Dan la medida de las variables del sistema.
- *Controlador*: Este calcula la acción que debe aplicarse por medio de la señal que brinda el sensor.
- *Actuador*: Este dispositivo efectúa la acción que calcula el controlador y modifica las variables de salida.

Figura 11.Esquema general de un sistema de control



<http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3330/5/34059-5.pdf>

2.4.2 Características de un sistema de control

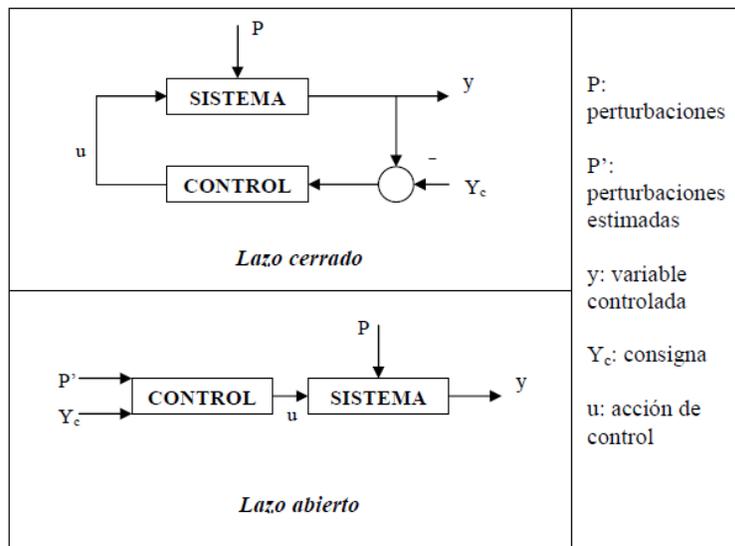
- **Señal de Corriente de Entrada:** Considerada como estímulo aplicado a un sistema desde una fuente de energía externa con el propósito de que el sistema produzca una respuesta específica.
- **Señal de Corriente de Salida:** Respuesta obtenida por el sistema que puede o no relacionarse con la respuesta que implicaba la entrada.
- **Variable Manipulada:** Es el elemento al cual se le modifica su magnitud, para lograr la respuesta deseada. Es decir, se manipula la entrada del proceso.
- **Variable Controlada:** Es el elemento que se desea controlar. Se puede decir que es la salida del proceso.
- **Conversión:** Mediante receptores se generan las variaciones o cambios que se producen en la variable.
- **Variaciones Externas:** Son los factores que influyen en la acción de producir un cambio de orden correctivo.
- **Fuente de Energía:** Es la que entrega la energía necesaria para generar cualquier tipo de actividad dentro del sistema.

- **Retroalimentación:** Dependiendo de la acción correctiva que tome el sistema, este puede apoyar o no una decisión, cuando en el sistema se produce un retorno se dice que hay una retroalimentación negativa; si el sistema apoya la decisión inicial se dice que hay una retroalimentación positiva.
- **Variables de fase:** Son las variables que resultan de la transformación del sistema original a la forma canónica controlable. De aquí se obtiene también la matriz de control cuyo rango debe ser de orden completo para controlar el sistema.

2.4.3 Estrategia de control. Este nombre hace referencia a la naturaleza y dirección de los lazos, con respecto a las variables medidas, las controladas y las de control. A continuación se muestran dos tipos de estrategias:

- **Lazo abierto.** Allí la acción de control se calcula si se tiene la dinámica del sistema, las consignas y las perturbaciones, con esto se compensan los retrasos del sistema anticipándose a las necesidades del usuario. Aquí no se relaciona la acción de control con el resultado final.
- **Lazo cerrado.** La acción de control se calcula en función del error medido entre la variable controlada y la consigna deseada. Las perturbaciones son consideradas indirectamente mediante sus efectos sobre las variables de salida. La gran mayoría de los sistemas de control que se desarrollan en la actualidad son en lazo cerrado.

Figura 12. Control lazo cerrado vs Lazo abierto



Fuente <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3330/5/34059-5.pdf>

2.4.4 Tipos de control

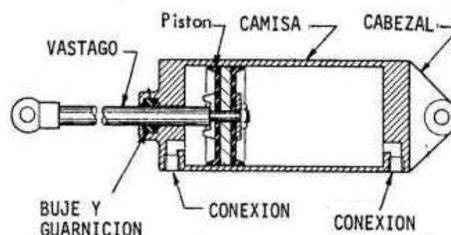
- **Control Proporcional (P).** Este tipo de controlador genera una salida que es proporcional al error actuante. En el control proporcional existe una relación lineal entre el valor de la variable controlada y la posición del elemento final de control.
- **Control Proporcional más Integral (PI).** En este tipo de controlador, la señal de salida experimenta un salto inicial proporcional al error actuante y a continuación presenta una variación gradual a una velocidad proporcional al error.
- **Control Proporcional más Integral más Derivativo (PID).** Con frecuencia se añade otro modo de control al controlador PI, este nuevo modo de control es la acción derivativa y tiene como finalidad “anticipar hacia dónde va el proceso”, mediante la observación de la rapidez en el cambio del error.¹⁸

2.5 ACTUADOR

2.5.1 Definición Cilindro neumático. Es un dispositivo motriz que se usa en equipos neumáticos donde se transforma energía estática del aire a presión, para realizar avances o retrocesos en una dirección rectilínea. Estos cilindros se utilizan ampliamente en el campo de la automatización para el desplazamiento, alimentación o elevación de materiales o elementos de maquinas industriales.

Los cilindros neumáticos o cilindros de aire son dispositivos mecánicos que producen fuerza, realizando un movimiento, y se accionan típicamente con aire. Ver figura 13.

Figura 13. Composición de un cilindro neumático.



Fuente <http://www.sapiensman.com/neumatica/images/cilindro-neumatico1.jpg>

¹⁸ GARCIA JAIMES, LUIS EDUARDO. Control Digital, Teoría y Práctica. Medellín: 2009. Págs. 191-195.

2.5.2 Descripción cilindros neumáticos. Para realizar su función, los cilindros neumáticos reciben su fuerza de convertir energía potencial del aire en energía cinética. Esto se alcanza debido a que el aire puede ampliarse y comprimirse. Esta extensión del aire fuerza hace que el pistón se mueva en la dirección deseada.

Una vez que el aire este en él cilindro, el aire comprimido entra en un tubo que está en un extremo del pistón y, por lo tanto, le da la fuerza necesaria para moverlo. Por lo tanto, el pistón se desplaza por el aire comprimido que se amplía en un intento por alcanzar presión atmosférica.¹⁹

El vástago del pistón se puede extender a través de cualquiera o de ambos extremos del cilindro. El extremo extendido del vástago es normalmente roscado para poder fijar algún tipo de vínculo mecánico, como en este caso un pedal de freno de un vehículo.

2.5.3 Funciones especiales. Dependiendo del diseño del sistema, los cilindros neumáticos pueden funcionar de varias maneras. Una de sus funciones es realizar movimientos múltiples sin la necesidad de la intervención adicional. Además son capaces de realizar un movimiento completo con puntos intermedios, esto para ajustar y controlar la cantidad de extensión y/o la contracción de la barra de pistón.

2.5.4 Tipos de cilindros neumáticos

- **Cilindros de acción simple.** Los cilindros de acción simple utilizan la fuerza impartida por el aire para moverse en una dirección y un resorte lo devuelve a su posición inicial.
- **Cilindros de acción doble.** Los cilindros de acción doble utilizan la fuerza del aire para extenderse y contraerse. Tienen dos puertos para permitir el acceso del aire, con un puerto se saca el embolo y con el otro se devuelve a la posición inicial.
- **Cilindros rotatorios del aire.** Son cilindros que utilizan el aire para impartir un movimiento rotatorio.

2.5.5 Tamaños. Los tamaños de los cilindros pueden ir desde un cilindro pequeño de aire de 2.5mm, que se puede utilizar para colocar encima de un transistor pequeño, hasta los cilindros del aire del diámetro de 400mm que impartirían bastante fuerza para levantar un automóvil. Algunos cilindros neumáticos alcanzan 1000mm de diámetro, y se utilizan en lugar de los cilindros hidráulicos para circunstancias especiales donde el aceite hidráulico que se escapa podría imponer un peligro extremo.²⁰

¹⁹ SAPIENSMAN. Conceptos Básicos de neumática e hidráulica. [En línea] EEUU: 2008.

²⁰ WORLDLINGO. Cilindro Neumático [En línea] Las Vegas: 2010.

3 DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO DE CONTROL PARA EL SISTEMA DE FRENADO Y LOS ACTUADORES.

3.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL CIRCUITO

Figura 14. Diagrama de bloques del circuito



3.2 ETAPAS DEL DIAGRAMA DE BLOQUES

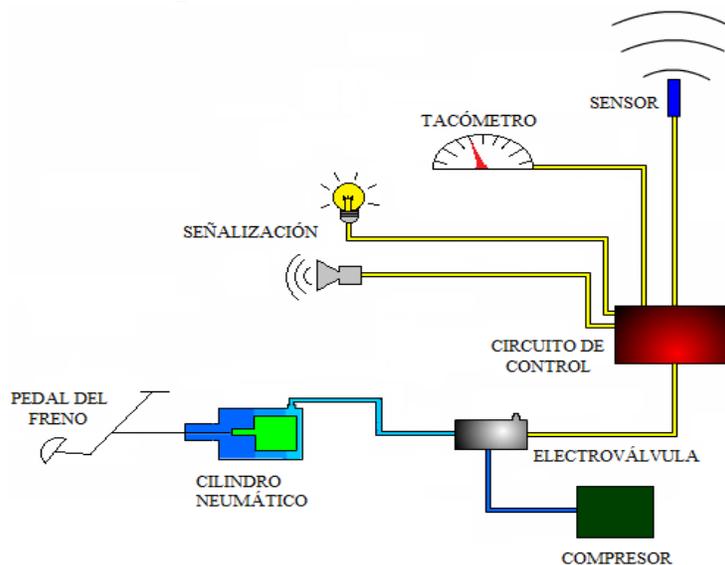
Sensado: En la etapa de sensado se dispone de un sensor de detección de obstáculos, capaz de producir una señal con un rango de más de 100 metros.

Circuito de control: Es un circuito impreso que está constituido por un microcontrolador el cual está programado para procesar y controlar la señal adaptada del sensor, produciendo así una señal de salida. Además, detecta la velocidad y controla tanto la señal visual como la auditiva.

Actuación: Es la etapa final donde se mueve el pedal del freno; está conformada por un compresor de aire, una electroválvula que permite el paso de presión y un cilindro neumático con regulador, conectado directamente al pedal.

3.3 ESQUEMA DEL CIRCUITO

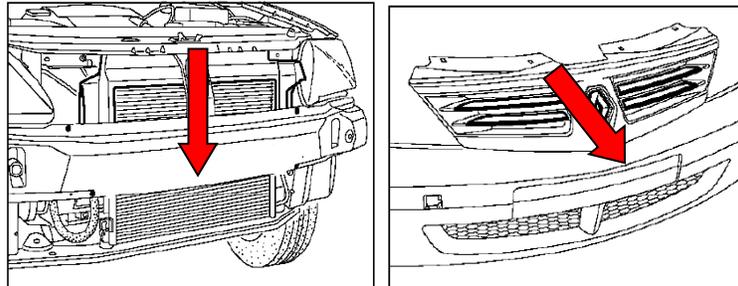
Figura 15. Esquema del circuito



3.4 GRÁFICAS ESQUEMÁTICAS DE LOS DISPOSITIVOS EN EL VEHÍCULO

- **Sensor.** Se ubica adelante del radiador y detrás de la rejilla, con un soporte enganchado al chasis.

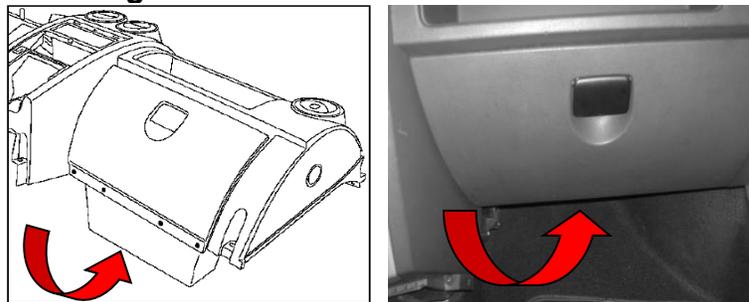
Figura 16. Ubicación sensor



Fuente: Manual Renault Logan

- **Circuito de control:** Instalados debajo de la guantera

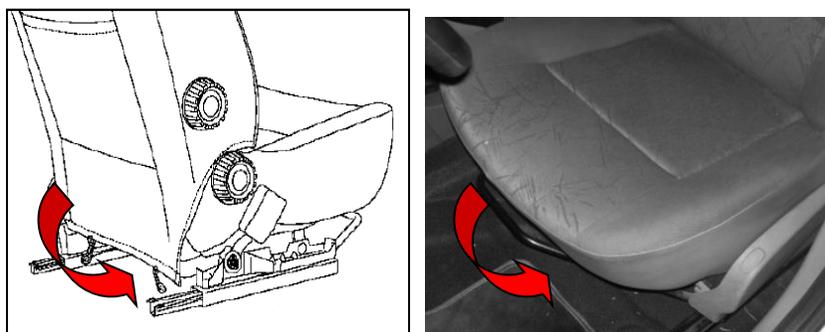
Figura 17. Ubicación circuito de control



Fuente: Manual Renault Logan

- **Compresor y electroválvula:** Ubicados debajo del asiento del conductor

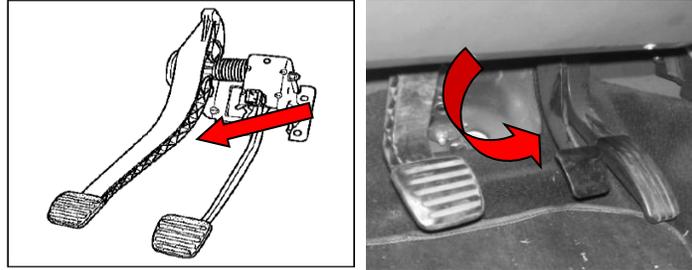
Figura 18. Ubicación compresor de aire y válvula



Fuente: Manual Renault Logan

- **Cilindro neumático.** El elemento de carrera se conecta a la barra del freno.

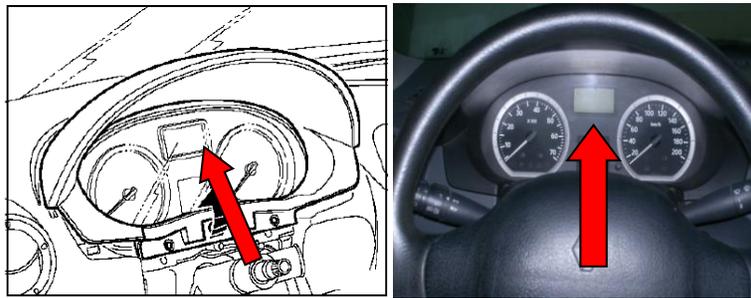
Figura 19. Ubicación cilindro



Fuente: Manual Renault Logan

- **Señalización.** Indicadores en el tablero principal.

Figura 20. Ubicación señalización



Fuente: Manual Renault Logan

3.5 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS DISPOSITIVOS A SER UTILIZADOS EN EL DISEÑO

3.5.1 Sensor LRR3 (Long Range Radar Sensor 3rd generation) de BOSCH.

Este sensor de BOSCH (Ver Figura 22) brinda la posibilidad de obtener una señal de detección de largo alcance con una precisión del 99.98%, la señal que entrega a la salida es en voltaje, entregando al circuito de control una señal de 0-5V.

Figura 21. Sensor Radar LRR3



Fuente: <http://www.bosch.com>

- **Características Técnicas.**

Tabla N°7. Datos generales sensor radar

Característica	Propiedades
Frequency range	76...77 GHz
Distance	0.5...250m
Accuracy	± 0.1m
Relative speed	-75...+60 m/s
Accuracy	±0.12 m/s
Vision range	
Horizontal opening angle	30° (-6 dB)
Vertical opening angle	5° (-6 dB)
Modulation	FMCW (Frecuencia Modulada de Onda Continua)
Max. Number of detected objects	32
Operating temperature	-40°C...+85°C (periphery)
Vehicle connector	MQS 8 Pins
Cycle time (incl. auto diagnosis)	Typically 80 ms
Dimensions (H x W x D)	77mm x 74mm x 58mm
Weight	285 g
Power consumption	Typically 4W
ISO certification	ISO 15622 class IV sensor

Fuente. <http://www.bosch.com>

3.5.2 Circuito de control (PIC).

Figura 22. Circuito de control Impreso (Imagen en Eagle)

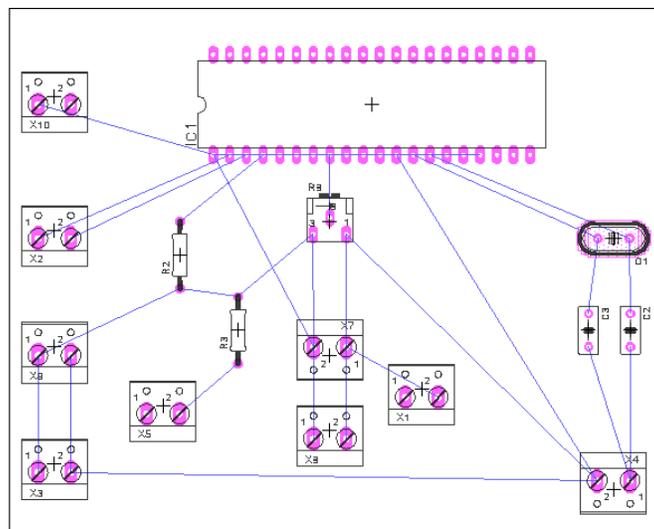
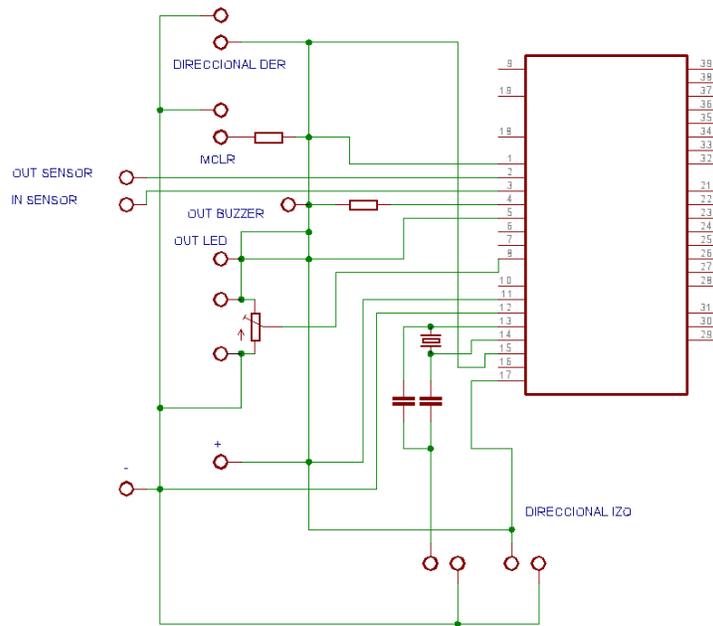


Figura 23. Circuito de control en Eagle



3.5.3 Señalización (Led y Buzzer).

Figura 24. Led y Buzzer



Fuente http://pleia-des.blogspot.com/2007_10_01_archive.html

3.5.4 Compresor de aire.

Figura 25. Compresor Kaeser



Fuente http://co.kaeser.com/Products_and_Solutions/default.asp?

- Compresor portátil para vehículo KTC
- Voltaje de entrada 12V
- Presión de salida 280 PSI
- 3 CFM (Pies cúbicos por minuto)

3.5.5 Electroválvula.

Figura 26. Electroválvula



Fuente http://www.festo.com/pnf/es-co_co/products/catalog?action=search&key=VOVG

- **Características técnicas: VOVG 3/2**

Tabla N°8. Datos generales Electroválvula

Características	Propiedades
Función de las válvulas	3/2 cerrada monoestable 3/2 abierta monoestable 5/2 monoestable
Tipo de accionamiento	eléctrico
Ancho	10 mm 12 mm
Caudal nominal normal	180 - 200 l/min
Presión de funcionamiento	-0,9 - 8 bar
Construcción	Corredera
Tipo de reposición	muelle neumático
Tipo de protección	IP40
Diámetro nominal	2,1 mm
Principio de hermetización	blando
Posición de montaje	indistinto
Tipo de control	Prepilotado
Sentido del flujo	no reversible
Holgura de sobreposición	sí
Fluctuación de tensión permisible	+/- 10 %
Clase de protección contra incendios según UL94	HB
Clase de resistencia a la corrosión KBK	0
Temperatura del medio	-5 - 50 °C
Nivel de ruido	95 dB(A)

Temperatura ambiente	-5 - 50 °C
Conexión eléctrica	Conector 2 contactos
Información sobre el material de las juntas	FPM HNBR NBR
Información sobre el material del cuerpo	Aleación forjable de aluminio
Datos sobre el material del tornillo	Acero cincado

Fuente http://www.festo.com/pnf/es-co_co/products/catalog?action=search&key=VOVG

3.5.6 Cilindro neumático.

Figura 27. Cilindro neumático



Fuente http://www.festo.com/cat/es-co_co/data/doc_es/PDF/ES/DSNU-ISO_ES.PDF

- **Características técnicas: ESNU-20- -P-194000**

Tabla N°9. Datos generales Cilindro neumático

Características	Propiedades
Carrera	10 - 50 mm
Diámetro del émbolo	20 mm
Amortiguación	P: Amortiguación por tope elástico/placa a ambos lados
Posición de montaje	Indistinto
Corresponde a la norma	CETOP RP 52 P ISO 6432
Construcción	Émbolo Vástago Camisa del cilindro
Detección de la posición	Para detectores de posición
Variantes	Rosca exterior en el vástago prolongado Rosca interior del vástago Rosca exterior del vástago más corta en un lado Vástago prolongado Conexión axial del aire comprimido vástago simple
Presión de funcionamiento	1,2 - 10 bar
Forma de funcionamiento	De simple efecto compresión

Fluido	Aire seco, lubricado o sin lubricado
Temperatura ambiente	-20 - 120 °C
Energía del impacto en las posiciones finales	0,2 J
Fuerza teórica con 6 bar, avance	151-156 N
Masa móvil con carrera de 0 mm	44 g
Peso adicional por 10 mm de carrera	7,2 g
Peso básico con carrera de 0 mm	186,8 g
Masa adicional por 10 mm de carrera	4 g
Tipo de fijación	Con accesorios: Válvula reguladora
Conexión neumática	G1/8
Indicación sobre el material	Conforme RoHS
Información sobre el material de la tapa	Aleación forjable de aluminio
Información sobre el material del vástago	Acero inoxidable de aleación fina
Información sobre el material de la camisa del cilindro	Acero inoxidable de aleación fina

Fuente http://www.festo.com/cat/es-co_co/xDKI.asp

3.6 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS DISPOSITIVOS USADOS EN EL PROTOTIPO

Para obtener datos y conclusiones, es necesario realizar un montaje en protoboard con dispositivos de bajo costo, que se mencionan a continuación:

3.6.1 Sensor SRF05.

Figura 28. Sensor Ultrasónico SRF05



Fuente <http://www.zagrosrobotics.com/shop/category.aspx?catid=3>

- **Características técnicas.**

Tabla N°10. Datos generales sensor ultrasónico

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Dimensión del circuito	43 x 20x 17	mm
Tensión de alimentación	5	Vcc
Frecuencia de trabajo	40	KHz

Rango máximo	4	m
Rango mínimo	1.7	cm
Duración mínima del pulso de disparo (Nivel TTL)	10	μ S
Duración del pulso eco de salida (Nivel TTL)	100-25000	μ S
Tiempo mínimo de espera entre una medida y el inicio de otra	20	mS

Fuente www.robotstorehk.com/sensors/doc/srf05tech.pdf

- **Conexión Pines sensor.**

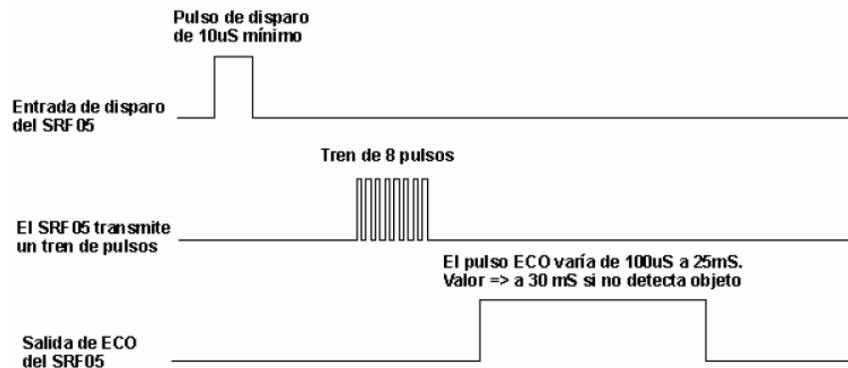
Tabla N°11. Conexión pines sensor

PIN 1	+5Vcc	Tensión positiva de alimentación
PIN 2	ECO	Salida del pulso cuya anchura determina el tiempo del recorrido de la señal ultrasónica.
PIN 3	Disparo	Entrada de inicio de una nueva medida. Se aplica un pulso con una duración mínima de 10 μ S
PIN 4	Modo (N.C)	Sin conexión, se selecciona el modo 1 de compatibilidad con SRF04. Conectado a GND se selecciona el modo 2 de trabajo.
PIN 5	GND	Tierra de alimentación

Fuente www.robotstorehk.com/sensors/doc/srf05tech.pdf

- *Gráfica de disparo*

Figura 29. Grafica de disparo



Fuente www.robotstorehk.com/sensors/doc/srf05tech.pdf

3.6.2 PIC 16F887.

Figura 30. PIC 16F887



Fuente <http://www.robodacta.com.mx/>

- **Características Técnicas.**

- Voltaje de entrada 5V
- DIP 40 pines.
- Memoria FLASH para programa: 14KB
- Memoria RAM para datos: 368 bytes.
- Memoria EEPROM para datos: 256 bytes.
- Capacidad de Interrupciones.
- Stack de 8 niveles.
- Oscilador interno de 8 a 31 MHz.
- Modos de direccionamiento directo, indirecto y relativo.
- Hasta 36 pines de entrada/salida.
- Convertidor A/D de 14 canales, 10 bit.
- Tres timers/counters (8, 16 y 8 bits).
- 1 Módulo CCP (capture, compare y PWM).
- EUSART/SCI.
- In circuit serial programming (ICSP).
- Power On Reset, Power Up Timer, Oscillator Start-up Timer.
- Watchdog Timer, Brown-out detect.
- Code protection.
- Modo SLEEP para ahorro de energía.

3.6.3 LCD (Pantalla de cristal líquido) YJ-162A.

Figura 31. LCD YJ-162A



Fuente <http://vslcdlcm.en.made-in-china.com/product/DobxXqBMvhe/China-16x2-Character-LCD-Display-VS162-4.html>

- **Características Técnicas.**

Tabla N°12. Datos generales LCD YJ-162A

Parameter	Symbol	Testing Criteria	Standard Values			Unit
			Min	Typ.	Max	
Supply voltaje	$V_{DD}-V_{SS}$	-	4.5	5.0	5.5	V
Input high voltaje	V_{IH}	-	2.2	-	V_{DD}	V
Input low voltaje	V_{IL}	-	-0.3	-	0.6	V
Output high voltaje	V_{OH}	$I_{OH}=0.2\text{ mA}$	2.4	-	-	V
Output low voltaje	V_{OL}	$I_{OL}=1.2\text{ mA}$	-	-	0.4	V
Operating voltaje	I_{DD}	$V_{DD}=5.0V$	-	1.5	3.0	mA

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Vss	Vcc	Vee	Rs	R/W	E	DB0	DB1	DB2	DB3	DB4	DB5	DB6	DB7	LED+	LED-

Fuente <http://www.keywordpictures.com/keyword/jhd%20162a/>

3.6.4 Programador de PIC USB PP4.

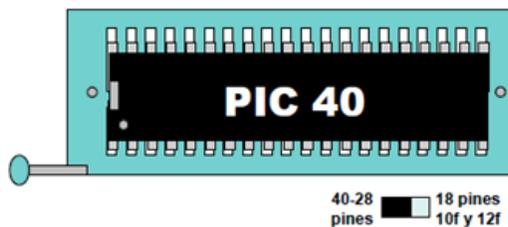
Figura 32. Programador de PIC's



- **Características técnicas.**

- Compatible con el PICkit 2 Development Programmer/Debugger de Microchip para la función de programación.
- Compatible con todos los Windows (Incluida vista) y con cualquier computador de escritorio o portátil.
- No requiere fuente o adaptador externo.
- No requiere driver alguno, viene con Windows.
- Autodetección del modelo del dispositivo
- Programa:
- Todos los microcontroladores de las series PIC10f, PIC12f, PIC16f, PIC18f.
- Memorias 24C (24LC, 24C, 24AA)
- Actualización automática del programador
- Incluye ejemplos y tutoriales
- Soporte y ventas a nivel nacional.

Figura 33. Jumper programador de PIC's



Microcontrolador de 40 pines, jumper en posición "40-28 pines".

Pin1 del micro en pin1 de la base.

Las pruebas y toma de datos se realizan por medio de un prototipo montado en protoboard, el cual se compone de:

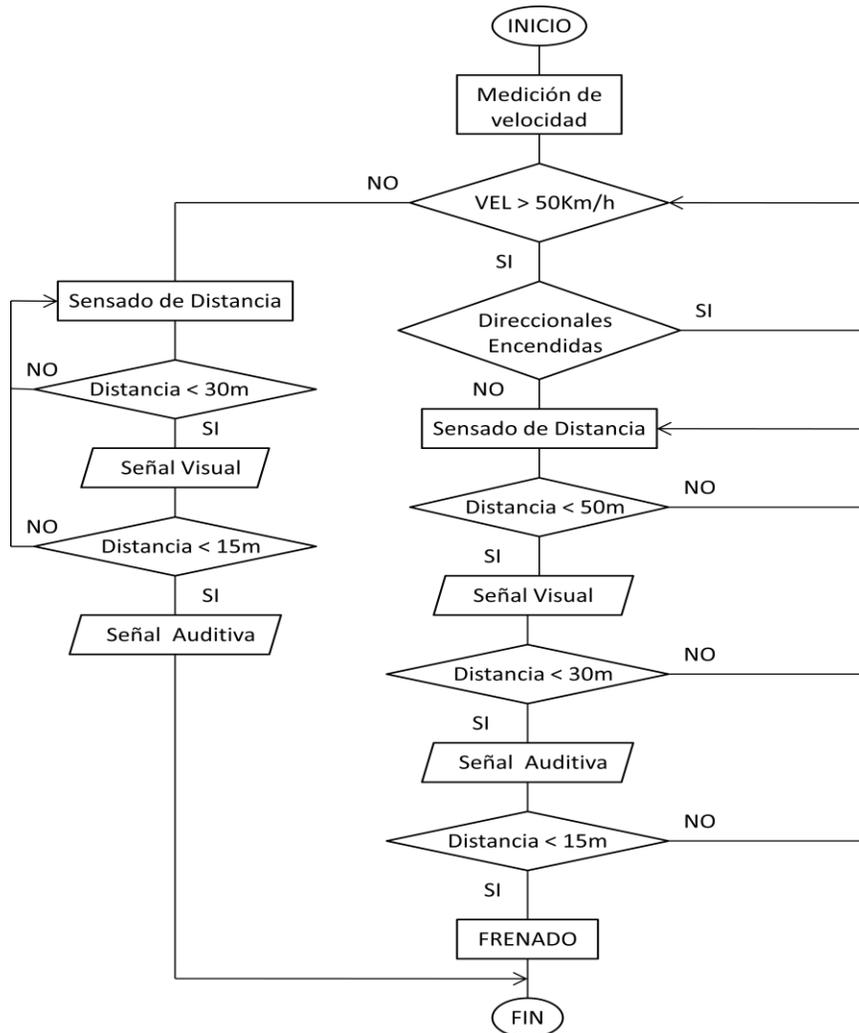
- Sensor SRF05

- PIC16F887
- LCD YJ-162A
- Oscilador (Cristal) 20MHz
- Condensador 22pf
- Resistencias 100K Ω , 220 Ω
- Led's
- Buzzer (Parlante)

3.7 PROTOTIPO

3.7.1 Diagrama de Flujo del Algoritmo.

Figura 34. Diagrama de flujo prototipo algoritmo



3.7.2 Descripción del algoritmo. Es necesario aclarar las unidades tomadas, las cuales serán a una escala de 1:100 (uno en cien), es decir, cada centímetro equivale a un metro; por ejemplo, si se toma una distancia de 100 metros, será trabajada como una de 100 centímetros.

3.7.3 Definición de parámetros iniciales. El programa se inicia definiendo los parámetros de trabajo del microcontrolador ó PIC, es decir, la velocidad del reloj (igual a la frecuencia de trabajo del cristal), los puertos que se utilizan (bloques del PIC de entradas y salidas), definición de variables y programación de fusibles (parámetros de protección del PIC).

3.7.4 Programación de funciones especiales. Se definen las funciones especiales que son ejecutadas más de una vez y son fundamentales en todo el proceso, estas devuelven un valor numérico o ejecutan una acción específica.

Dichas funciones son: "Distancia()", la cual mide la distancia entre un objeto y el sensor por medio de dos pines conectados al PIC, uno de los pines del PIC emite una señal de disparo que activa el sensor y el otro captura el pulso entregado por el mismo; dicho pulso se llama "Eco", tiene una duración de tiempo según la distancia medida y es guardado como un número decimal que se convierte a centímetros según las especificaciones del sensor.

Luego se definen las funciones para prender y apagar los LEDs, es decir "prender()" y "apagar()" respectivamente, cuyas instrucciones consisten en activar y desactivar los pines de salida del PIC.

3.7.5 Programa principal. Comienza con la definición de variables temporales que son usadas como indicadores de estado o almacenamiento de valores numéricos, estas variables se establecen como "0" (cero) una sola vez para evitar números aleatorios al ejecutar el programa.

Luego se definen los pines destinados a ser salidas ó entradas según los puertos que tenga el PIC, es decir, las entradas son los pulsadores (simuladores de direccionales) y el Eco del sensor (respuesta ante el disparo), y las salidas son los LED's, el LCD y el buzzer.

A continuación se describe la programación importante, según la secuencia lógica:

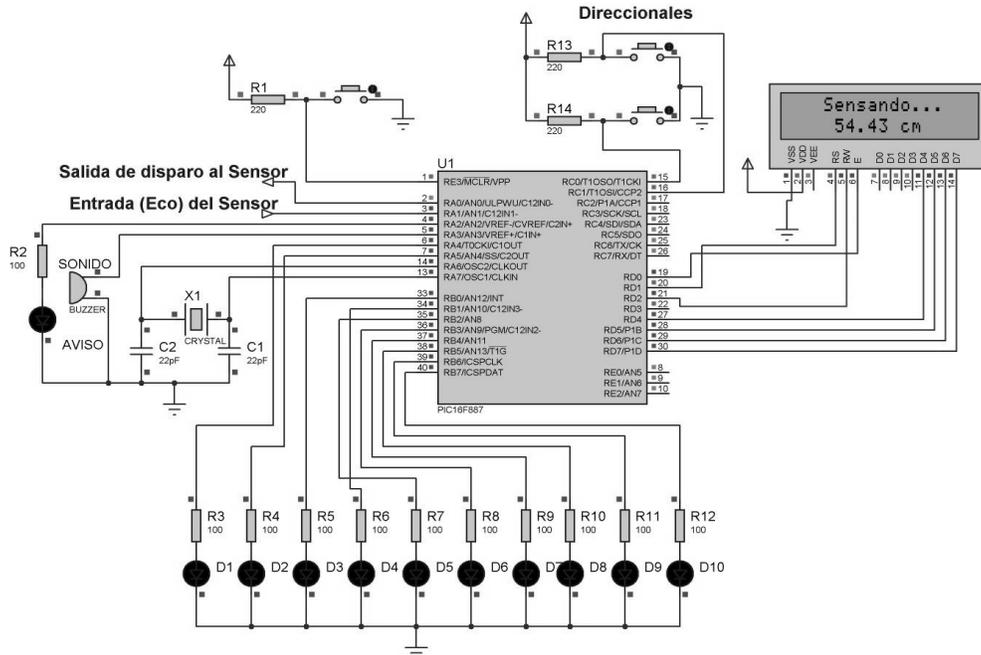
- Inicio del LCD (comando por defecto para que funcione el LCD).
- Desactivación de LEDs para evitar un estado erróneo en el momento que se energiza el circuito, se usa la función "apagar()".
- Inicio del ciclo infinito, para que el programa se ejecute todo el tiempo.

- Detección de la distancia llamando a la función “Distancia()”, guardando el valor entregado en una variable.
- Definición de las funciones que se ejecutan dependiendo de la distancia:
 - Mayor a 100cm: Se muestra en el LCD el mensaje “Distancia: XX metros”.
 - Entre 100 y 60cm: Se muestra en el LCD el mensaje “Sistema apagado. XX cm”.
 - Entre 60 y 50.01cm: Se muestra en el LCD el mensaje “Sensando... XX cm”.
 - Entre 50 y 30.01cm: Se activa el LED de aviso y se muestra en el LCD el mensaje “Cuidado XX cm”. Dicha condición no se cumple cuando el objeto esté en retroceso, es decir, si la distancia aumenta no se prende el LED. Esta etapa debe contar con la posibilidad de desactivar el sistema con el uso de los pulsadores que simulan las direccionales, hasta que la distancia sea mayor a 60cm.
 - Entre 30 y 15.01cm: Se activa el Buzzer y se muestra en el LCD el mensaje “Buzzer XX cm”. Dicha condición no se cumple cuando el objeto esté en retroceso, es decir, si la distancia aumenta no se activa el Buzzer. Esta etapa debe contar con la posibilidad de desactivar el sistema con el uso de los pulsadores que simulan las direccionales, hasta que la distancia sea mayor a 60cm.
 - Menor a 15cm: Se ejecuta la secuencia de frenado suave mediante la activación de los LEDs con la función “prender()” y se muestra en el LCD el mensaje “FRENADO!! XXcm”. Esta etapa activa un indicador de frenado, para el retroceso del objeto.

El sistema es capaz de realizar dos tipos de frenado dependiendo de la velocidad que lleve el objeto, esto se hace, realizando una segunda medida y calculando su diferencia con la anterior. Dependiendo de la magnitud de esta diferencia se ejecutan los dos tipos de frenado: Uno suave y otro inmediato o de emergencia, cada uno con su respectivo indicador de estado para asegurar una distancia segura y volver a activar el sistema.

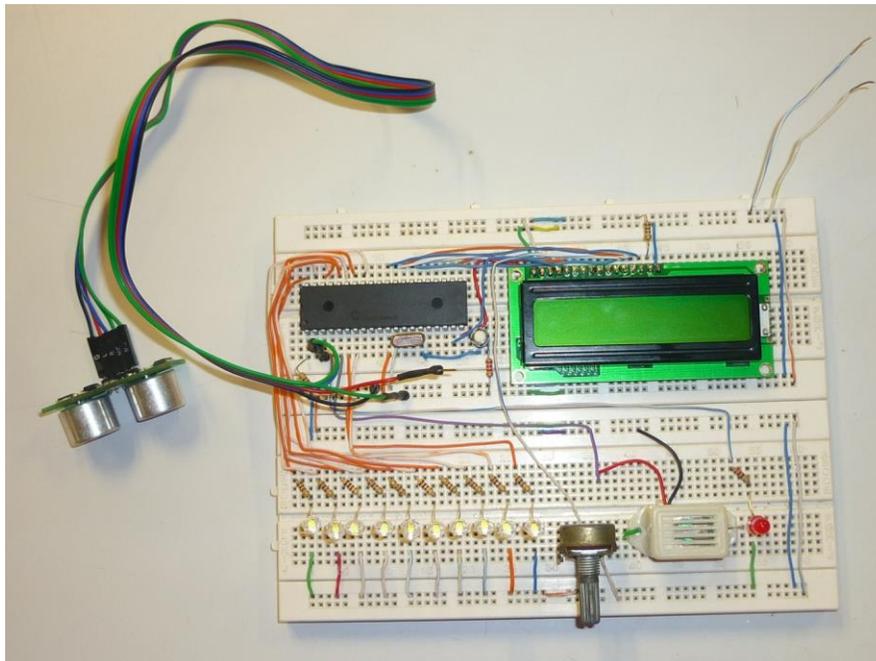
3.7.6 Diagrama de prototipo simulado en software PROTEUS

Figura 35. Diagrama del prototipo simulado



3.7.7 Imagen del prototipo montado en protoboard

Figura 36. Vista superior prototipo elaborado



4 SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DISEÑADO

4.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE FRENADO AUTOMÁTICO

Su función es detectar la distancia entre un obstáculo y el vehículo, a partir de 50km/h, para determinar y ejecutar el tipo de frenado automático, ya sea suave o rápido y prevenir una colisión. Este frenado automático se presenta si luego de dos señales, una visual y otra auditiva, el conductor no acciona el pedal del freno.

Si el vehículo se mueve con una velocidad entre 50Km/h y 120Km/h, se envía una señal a la electroválvula, la cual aplica presión al cilindro para producir un frenado suave. En cambio, si el vehículo se mueve a más de 120Km/h (por exceso de velocidad), es necesaria una presión más alta para producir un frenado más fuerte y evitar accidentes. Posteriormente al frenado, el cilindro que mueve el pedal del freno es capaz de liberar la presión de aire mediante su válvula reguladora, la cual está incluida como accesorio.

A continuación se describen las características del funcionamiento:

El sistema se activa a partir de los 50km/h, dato entregado por el tacómetro que tienen instalados todos los vehículos. Con dicho dato el sensor empieza a detectar la distancia entre el vehículo y los obstáculos que tiene adelante; cuando la distancia entre un obstáculo y el vehículo es de 50 metros, se enciende la señal visual que consiste en un LED; a partir de los 30 metros, se apaga el LED y se enciende la señal auditiva compuesta de un Buzzer, luego, a 15 metros de distancia del obstáculo, se apaga el Buzzer y se activa el frenado automático.

En los diferentes rangos de distancias mencionados anteriormente (de 50 a 15 metros), el sistema se desactiva si el conductor acciona el pedal del freno (por voluntad propia) o activa las direccionales para cambiar de carril.

4.2 FUNCIONAMIENTO GENERAL DE LA SIMULACIÓN

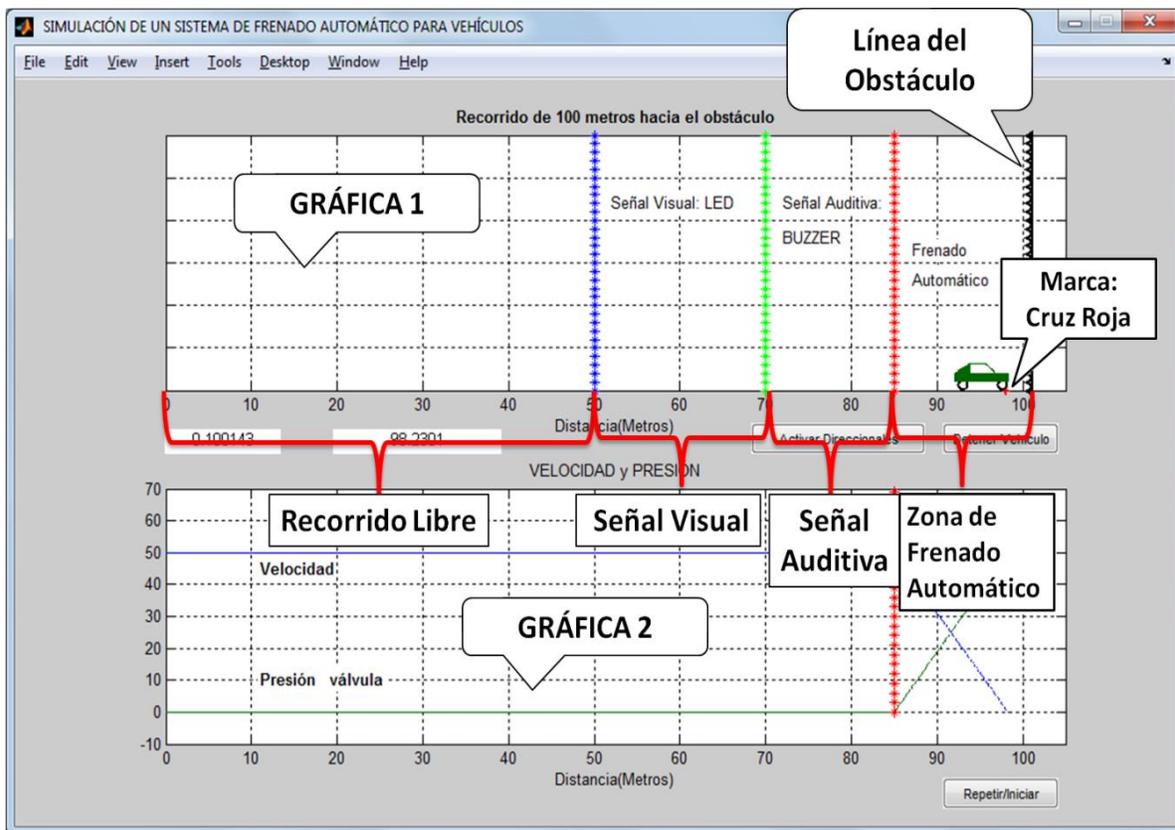
La aplicación desarrollada en MATLAB permite simular la respuesta del sistema de frenado automático ante una velocidad variable del vehículo, es decir, definiendo la velocidad inicial del vehículo (de 50 a 120km/h), se tendrá una respuesta de acuerdo a su magnitud: A mayor velocidad, mayor debe ser la presión de la válvula para frenar más rápido.

La aplicación consta de una figura o ventana que contiene dos gráficas (Ver Figura 40): La primera, ubicada en la parte superior de la ventana, está destinada a simular el recorrido que realiza un vehículo en un escenario virtual de dos dimensiones, con longitud de 100 metros y una línea negra vertical simbolizando el obstáculo al final del recorrido. En esta gráfica el vehículo recorre diferentes

zonas de detección, las cuales son: 50 metros de “recorrido libre”, 20 metros con la Señal Visual activada, 15 metros con la Señal Auditiva y los últimos 15 metros son de la zona de frenado automático, donde el vehículo frena automáticamente hasta detenerse a una distancia menor o igual 98.2 metros, esto para simular una distancia segura entre el vehículo y el obstáculo (si el vehículo frena a 100 metros, significa que colisiona con el obstáculo); para poder apreciar esto, se marca una cruz roja en 98 metros.

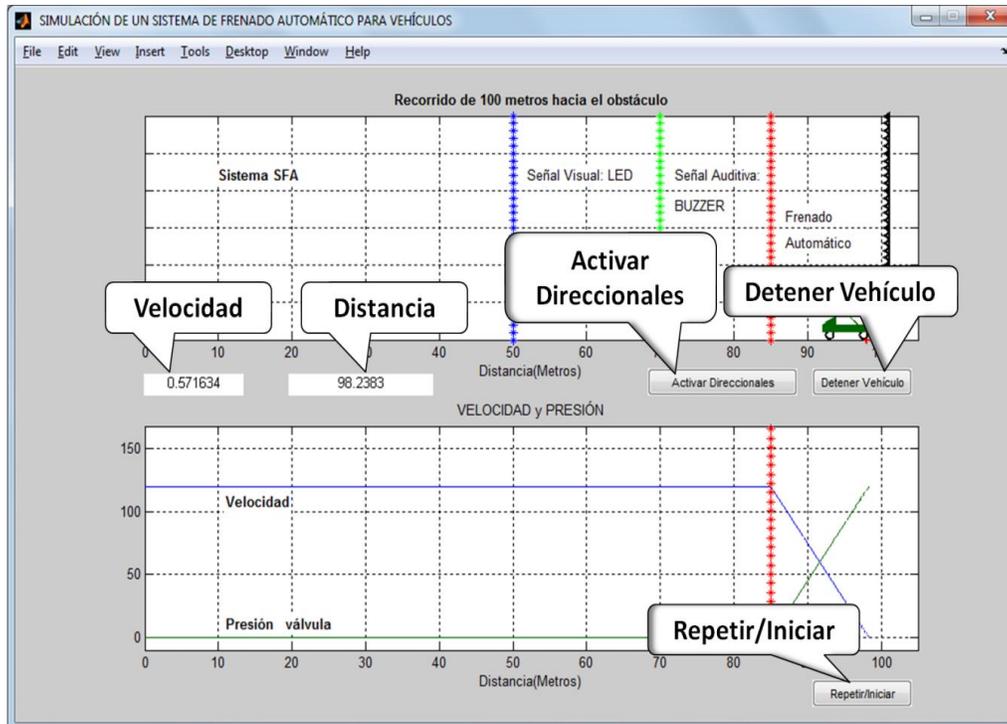
La segunda gráfica, ubicada en la parte inferior de la ventana, es paralela a la gráfica del vehículo y con el mismo largo para obtener una mejor visualización del proceso; su altura (límite superior) está definida por la velocidad del vehículo y empieza desde -10 (límite inferior) para una mejor apreciación visual de las líneas que estén en Cero (0). Esta gráfica está destinada a trazar los valores correspondientes a la velocidad del vehículo, las posiciones relevantes del mismo y la presión ejercida sobre la válvula; todo esto de forma simultánea y en tiempo real.

Figura 37. Zonas de detección



Por otro lado, en la simulación se tienen tres botones de acción y dos indicadores, los cuales son (respectivamente): Activar direccionales, Detener vehículo, Repetir/Iniciar, Velocidad y Distancia (Ver Figura 41). El indicador de distancia simula el dato entregado por el sensor, es decir, la distancia entre el vehículo y el obstáculo, y el indicador de velocidad simula el valor del tacómetro.

Figura 38. Botones e Indicadores



Por último, la simulación tiene en cuenta los dos factores que desactivan el sistema: Un frenado manual y el cambio de carril. En el frenado manual, se simula la acción del conductor del vehículo sobre el pedal del freno en cualquier instante de tiempo y a una distancia menor de 85 metros para detener el vehículo por cuenta propia (ya sea en la zona de “Recorrido libre”, la de señal visual ó la auditiva). Esta acción se realiza mediante la activación del botón “Detener Vehículo” y su comportamiento es automático, es decir, con sólo activar el botón, el vehículo se detendrá en un lapso de tiempo determinado. Además, la segunda gráfica sólo mostrará la distancia a la que estaba el vehículo en el instante que fue oprimido el botón y los cambios de velocidad, la presión en la válvula permanece en cero (0) debido a que es frenado manual.

Para el cambio de carril, se simula la acción del conductor a la hora de activar las direccionales para pedir vía y poder cambiar de carril; está acción se realiza mediante la activación del botón “Activar direccionales” y la respuesta del vehículo

es un pequeño salto de posición en la gráfica, la desactivación del sistema y la conservación de velocidad, es decir, al oprimir el botón, el vehículo continua su recorrido a la misma velocidad con que inició, hasta desaparecer de la gráfica. Además, la segunda gráfica traza la velocidad del vehículo (la cual permanece constante) y muestra la distancia a la que estaba el vehículo en el instante que fue oprimido el botón. Cabe aclarar que esta desactivación del sistema ocurre a menos de 85 metros.

4.3 COMPORTAMIENTO DE LA SIMULACIÓN

A continuación se muestran las diferentes etapas del funcionamiento del programa realizado, con sus respectivas capturas en imágenes y descripciones.

4.3.1 Inicio del programa. Al iniciar el programa se despliegan dos ventanas, la más grande pertenece a la de simulación y una más pequeña con un mensaje pidiendo ingresar la velocidad del vehículo (ver figura 42), la cual debe estar entre 50 y 120km/h. Si el usuario no digita un valor permitido, es decir, un número menor a 50, se despliega una nueva ventana con otra oportunidad para digitar un número permitido (ver figura 43).

Figura 39. Inicio del programa

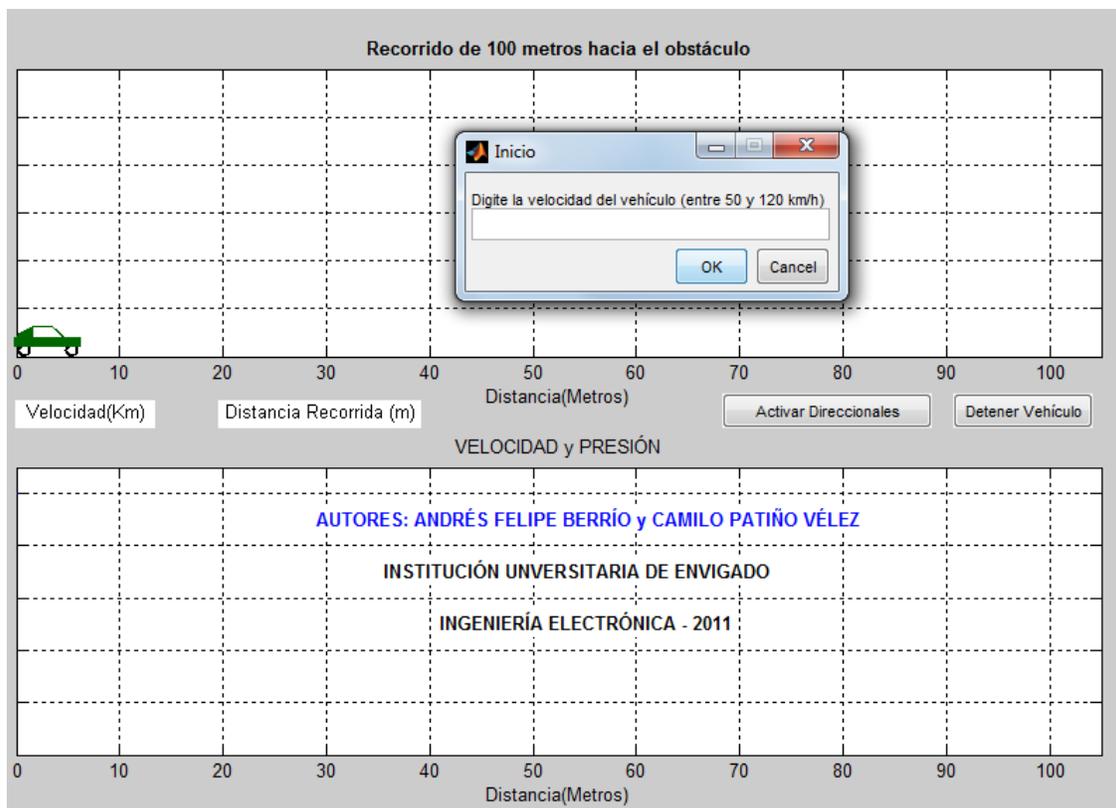
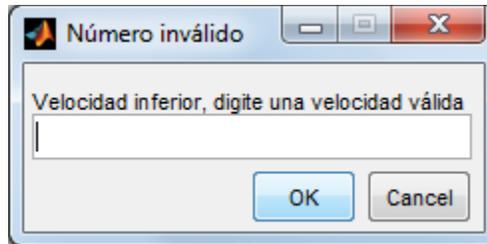


Figura 40. Mensaje de error



Con el ingreso del dato en esta última ventana, se simula la velocidad inicial del vehículo (ver nota) y la animación del vehículo comienza.

***Nota:** Es necesario recordar que el diseño real del sistema empieza a detectar distancias a partir de los 50km/h, sin embargo, en la simulación se pueden ingresar diferentes velocidades iniciales debido a la posible aceleración del vehículo en el trayecto de los 50 metros (antes de la activación del LED), esto simula un caso de aceleración constante o un cambio de velocidad súbita.*

Por otro lado, para la simulación se tomó como velocidad máxima 120km/h debido a que en las carreteras colombianas no es permitido ir a una mayor velocidad, pero aún así, se programaron diferentes respuestas para velocidades superiores y bastante exageradas (para posibles casos de embriaguez), hasta 300km/h.

4.3.2 Vehículo en movimiento y frenado automático. Con la velocidad inicial establecida, el vehículo empieza a moverse dentro de la gráfica, recorriendo los diferentes intervalos de distancias (Recorrido libre, Señal visual y señal auditiva) hasta llegar a la zona de Frenado automático. Cada zona tendrá su respectiva señalización, y en la segunda gráfica se irá trazando la velocidad y la presión (ver figuras 44, 45, 46 y 47).

Figura 41. Primera zona. Recorrido Libre

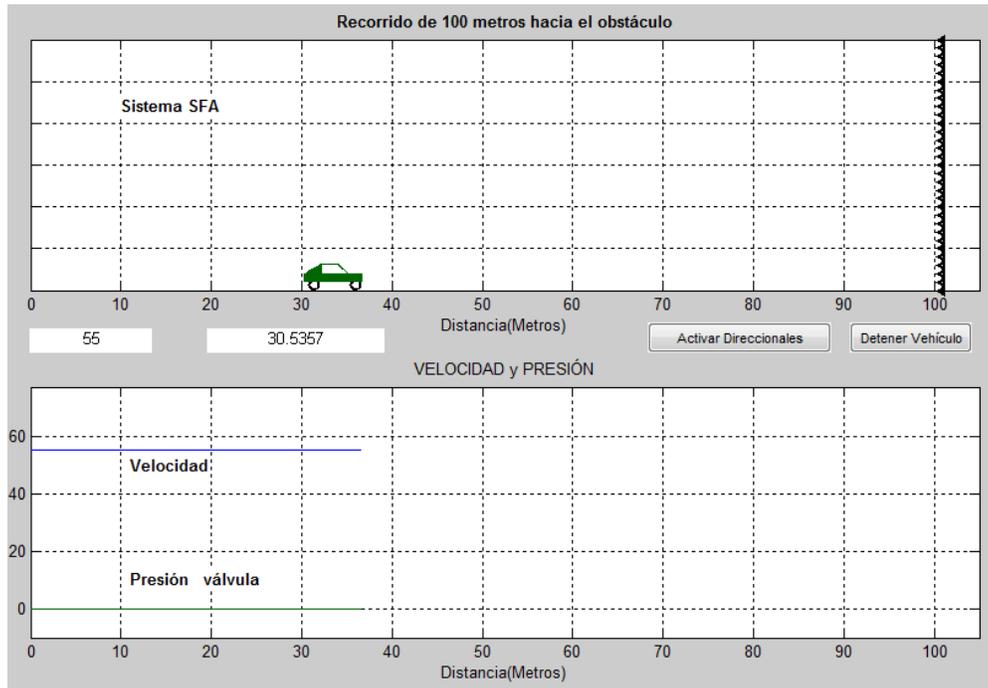


Figura 42. Segunda zona. Señal Visual: LED

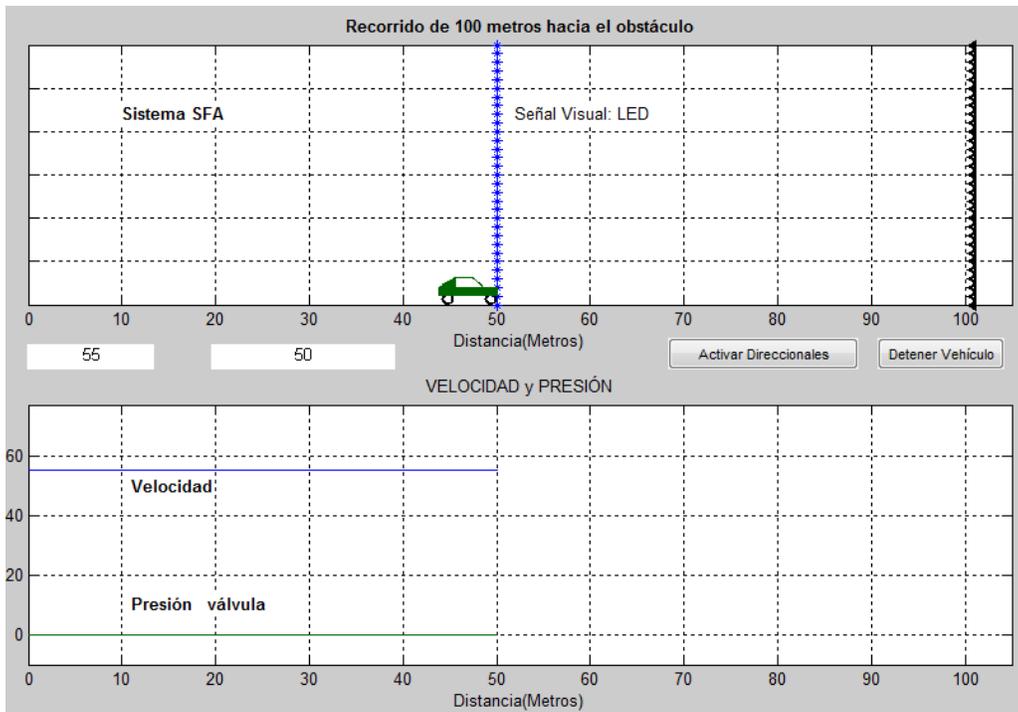


Figura 43. Tercera zona. Señal Auditiva: Buzzer

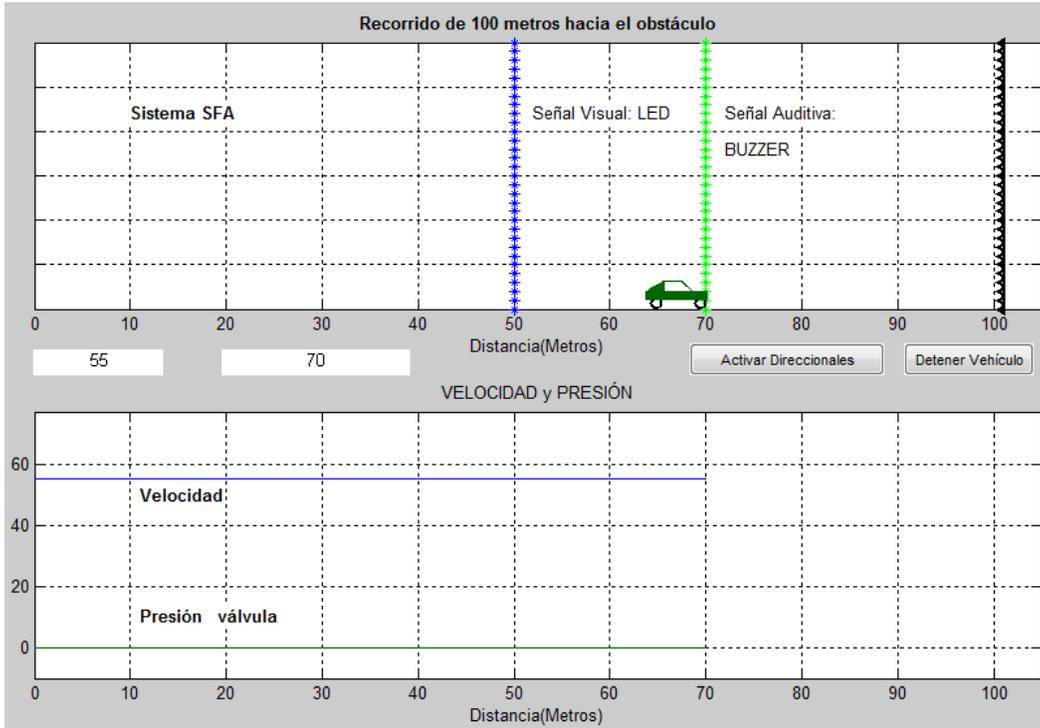
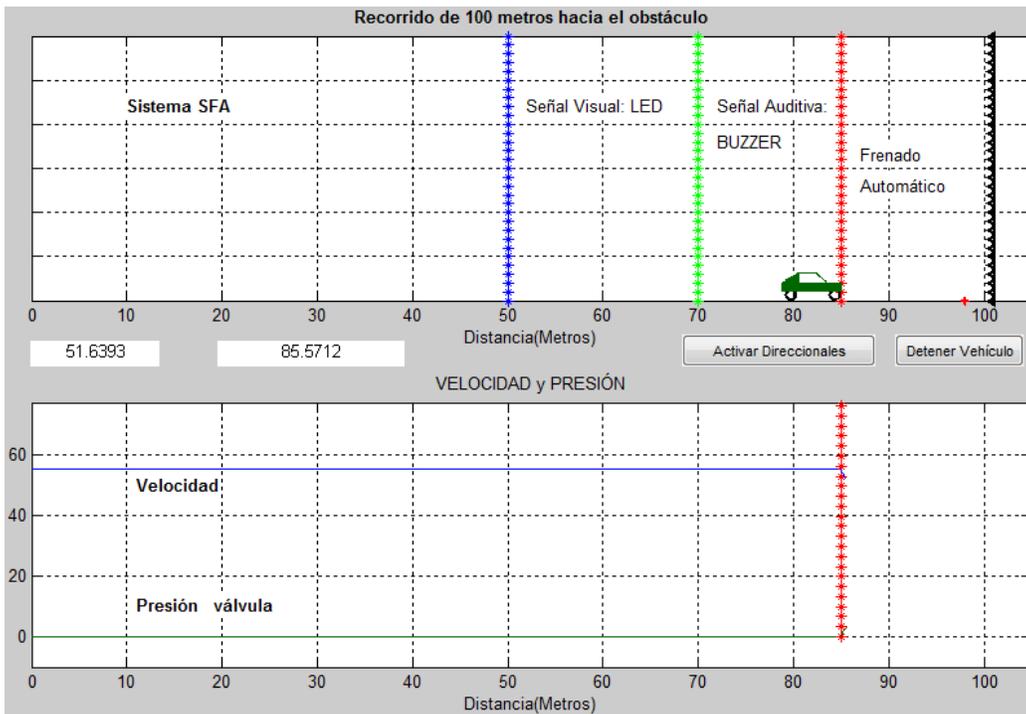
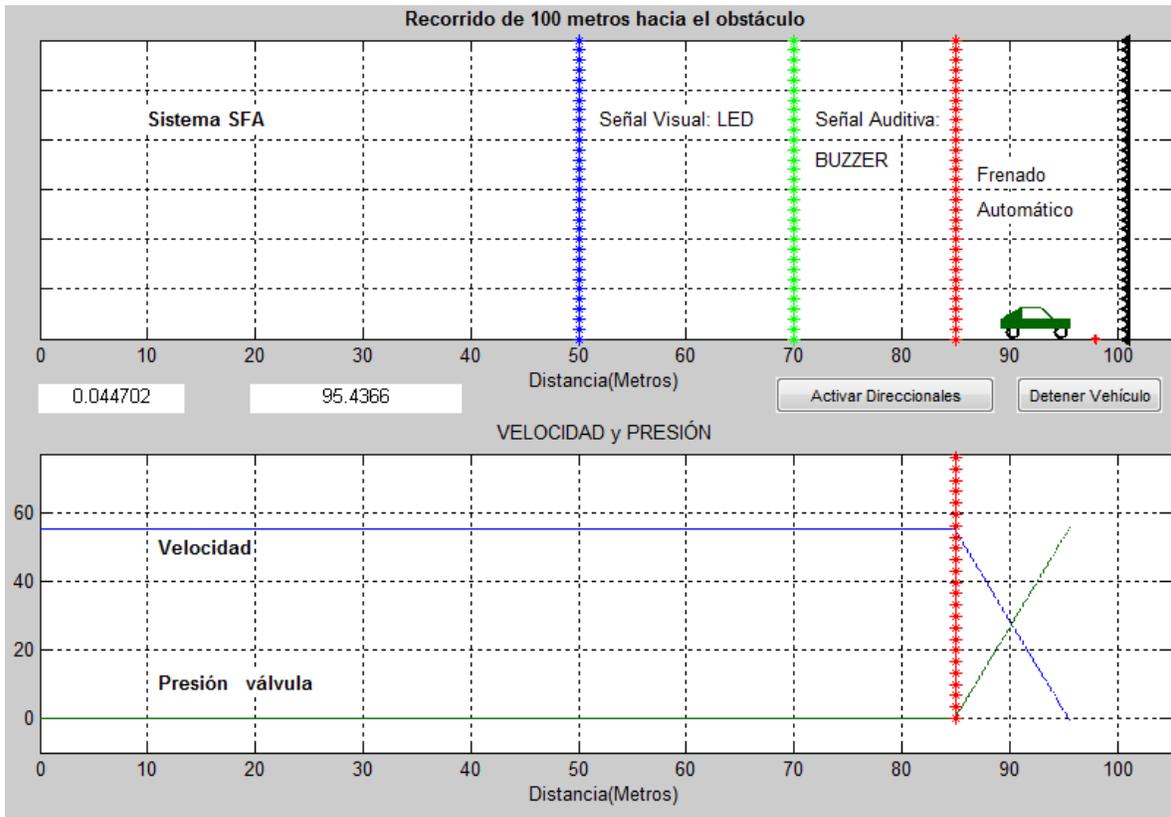


Figura 44. Zona de Frenado Automático



En la zona de frenado automático se aprecia el cambio de velocidad en las dos gráficas: El vehículo desacelera hasta detenerse completamente y se presenta un cambio de pendiente en las líneas de Velocidad y Presión en la válvula (Ver figura 48).

Figura 45. Frenado del vehículo y cambio en las pendientes

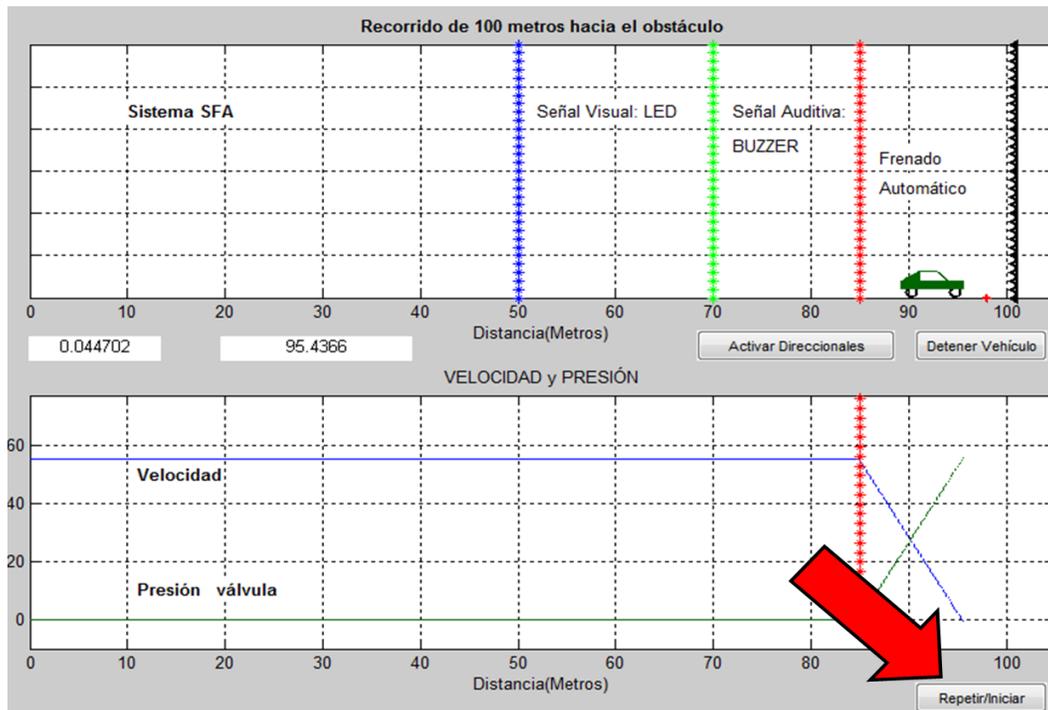


Con el vehículo detenido, se despliega una pequeña ventana indicando el fin de la simulación y un mensaje con la aclaración sobre la posición final del vehículo, el cual debió quedar a una distancia menor o igual a 98 metros, teniendo como referencia la marca de la cruz roja (Ver figura 49). Al aceptar dicho diálogo, aparece en la ventana principal el botón "Repetir/Iniciar", listo para ser presionado (ver figura 50). Si se presiona este botón, se restauran valores iniciales y se despliega la primera ventana (descrita en "Inicio del programa"), esto con el fin de tener la posibilidad realizar una nueva simulación y no tener que cerrar la ventana para volver a abrirla.

Figura 46. Simulación Terminada



Figura 47. Botón Repetir/Iniciar



4.4 VARIANTES EN LA SIMULACIÓN DEL SISTEMA

4.4.1 Frenado manual por parte del conductor. En cualquier momento de la simulación y de 0 a 85 metros, si el usuario presiona el botón “Detener vehículo”, se observa cómo se borran las zonas de detecciones (si es que se llegaron a activar), aparece el texto resaltando y simulando la desactivación del sistema, el vehículo desacelera hasta detenerse completamente, y en la segunda gráfica, se marca mediante una línea roja la distancia en la que fue oprimido el botón (simulando el momento en que se acciona del pedal del freno) y el cambio en la pendiente de la velocidad; la Presión en la válvula permanece constante en cero (ver figura 51). Al llegar la velocidad a cero, termina la simulación con su respectivo aviso (Ver figura 52).

Figura 48. Acción del botón Detener vehículo

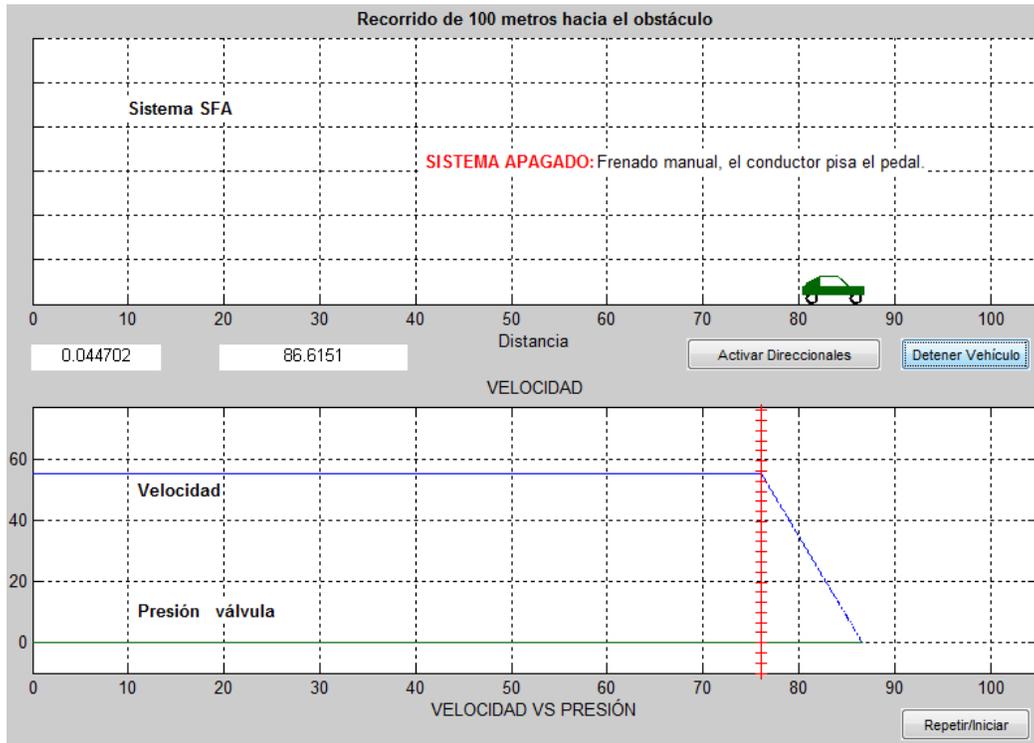
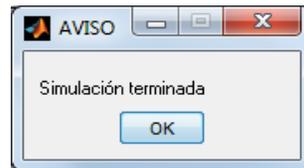


Figura 49. Aviso



4.4.2 Cambio de carril por parte del conductor. En cualquier momento de la simulación y de 0 a 85 metros, si el usuario presiona el botón "Activar direccionales", se observa cómo se borran las zonas de detecciones (si es que se llegaron a activar), aparece el texto resaltando y simulando la desactivación del sistema, y el vehículo sube de posición, es decir, pasa de estar moviéndose sobre la línea inferior de la gráfica a estar moviéndose "en el aire" (simulando el cambio de carril, ver Figura 53), manteniendo su velocidad hasta desaparecer de la gráfica. Al mismo tiempo, en la segunda gráfica, se marca mediante una línea negra la distancia en la que fue oprimido el botón (simulando el momento en que se activan las direccionales para pedir vía y poder cambiar de carril) y se mantienen constantes las líneas de Velocidad y Presión en la válvula. (Ver figura 54). Cuando el vehículo desaparece de la gráfica, termina la simulación con su respectivo aviso "Simulación terminada" (como en la figura 52).

Figura 50. Cambio de carril en la simulación

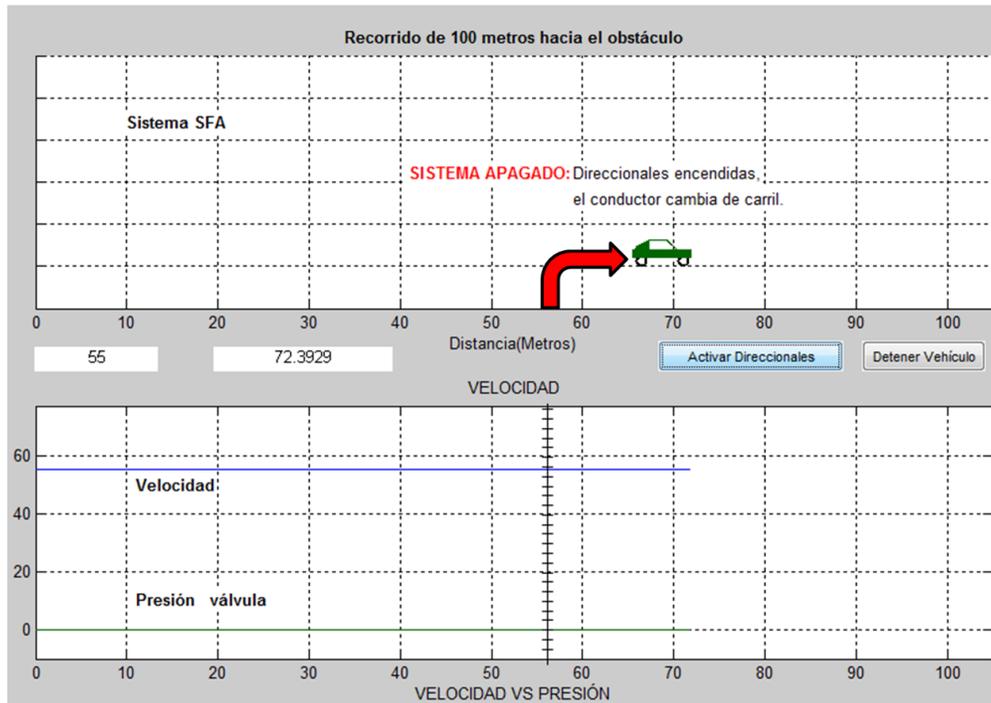
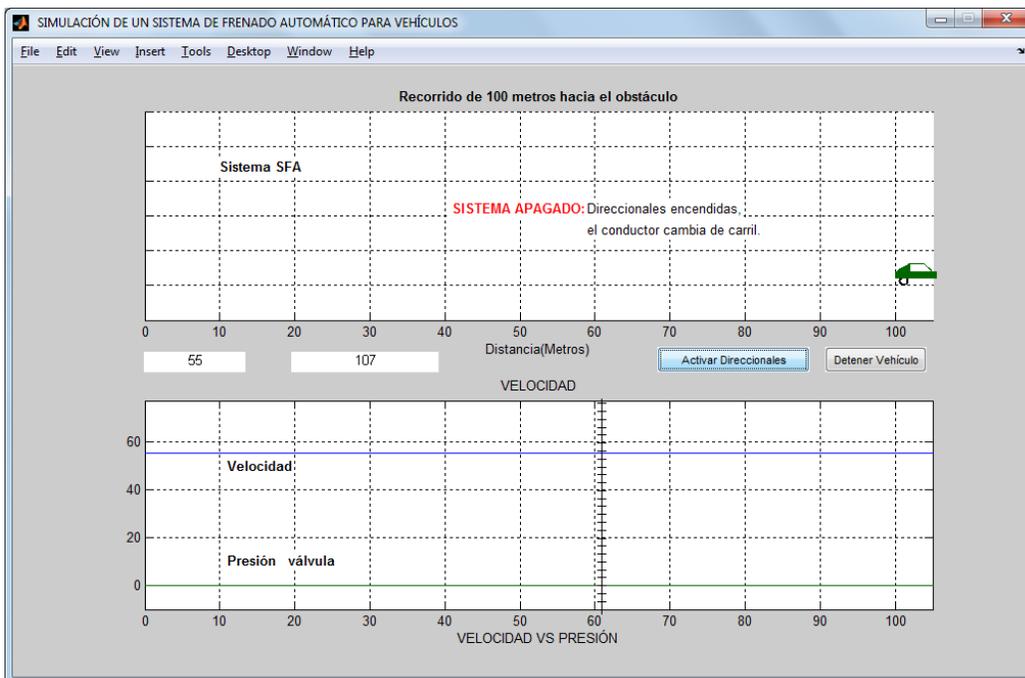


Figura 51. Velocidad y Presión constantes, el vehículo sale de la gráfica



4.4.3 Estados no válidos en la simulación. Durante el frenado automático (desde los 85 metros), si el usuario presiona cualquiera de los dos botones “Activar Direccionales” ó “Detener vehículo” saldrá un mensaje de advertencia (ver Figuras 55 y 56) y al aceptarlo, se continuará con la simulación del frenado.

Figura 52. Botón “Detener vehículo” en zona de frenado

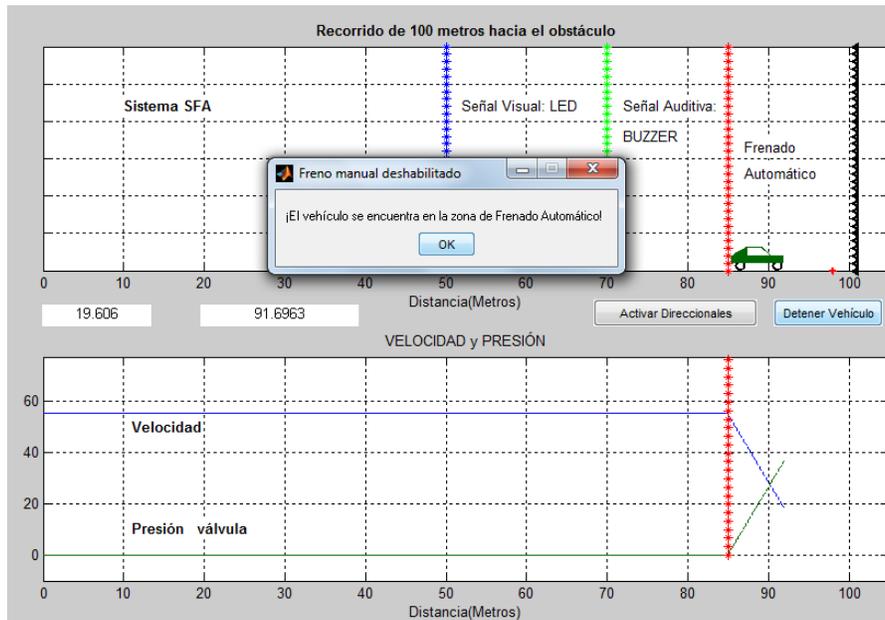
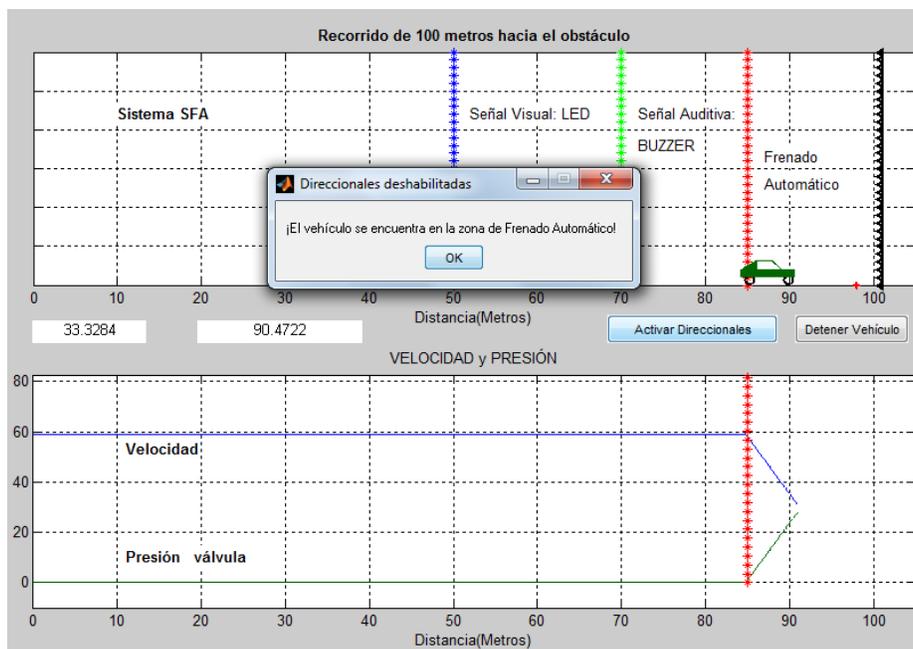


Figura 53. Botón “Activar Direccionales” en zona de frenado



Estos dos últimos estados simulan la tardanza por parte del conductor en accionar las direccionales o pisar el pedal del freno, debido a que ya está funcionando el sistema de Frenado automático y su desactivación provocaría una colisión.

4.5 DESCRIPCIÓN DEL ALGORITMO PARA LA SIMULACIÓN

El programa, que tiene formato o extensión “.m” (por ser un archivo realizado en MATLAB) inicia con la instrucción que despliega la ventana principal (en MATLAB, dicha ventana se denomina figura), a la cual se le asigna un título y sus dimensiones en la pantalla para que tenga buena visibilidad y los objetos que se deseen agregar no queden muy juntos ó difíciles de organizar. Además, un buen tamaño de la ventana permite tener un área de trabajo apto para obtener buenas gráficas. Luego se definen las variables con las que se trabajaran y sus respectivos valores iniciales, en este caso, lo más relevante es definir las líneas de diferentes longitudes que dibujarán el carro; no hay que descartar que en la medida que se escribe el código, pueda surgir la necesidad de declarar nuevas variables.

Lo siguiente es definir las dos gráficas que se mostrarán en la ventana mediante el comando “subplot”, el cual configura automáticamente el tamaño de las gráficas que se deseen mostrar de acuerdo a la cantidad, en este caso, reparte equitativamente las dos gráficas sobre la ventana. Se define el título de cada una, se activan sus cuadrículas y se asignan sus dimensiones (en este caso 100 de largo y de altura variable).

Con la instrucción “inputdlg()”, se despliega una pequeña ventana con la posibilidad de introducir caracteres; para este programa, se entabla un diálogo con el usuario para que digite un número (correspondiente a la velocidad del vehículo) en el cajón dispuesto para ello.

Para el inicio del programa y durante su ejecución, es necesaria la introducción de texto en las gráficas para una mejor explicación de los procesos que se realizan, así como el etiquetado de elementos y símbolos que se presenten. Además, con el comando “subplot()” se grafican las marcas, los puntos y las líneas necesarias para dibujar el carro, el obstáculo y las zonas detección en los instantes específicos.

Después de tener la velocidad que digitó el usuario guardada en una variable, se realiza su respectiva conversión de unidades para tener una buena simulación de movimiento, es decir, se cambian los kilómetros por hora a unidades de la gráfica: Entre mayor sea la velocidad, mayor será el número de unidades que recorrerá el vehículo en la gráfica. Por otro lado, se calcula el factor de frenado para cuando el

vehículo llegue a la zona de Frenado Automático y recorra menos distancia a medida que avance.

Con dicha conversión, se procede a programar el movimiento del vehículo, lo cual se hace con ciclos que permitan mover el vehículo por toda la gráfica en diferentes intervalos, definiendo las diferentes zonas de detección y mostrando sus marcas y etiquetas.

Para la segunda gráfica, sólo es necesario dibujar (con el comando “plot”) las dos líneas pertenecientes a la Velocidad y Presión de la válvula dentro de los ciclos que hacen mover al vehículo en la gráfica. Esto se hace para la visualización en paralelo y en tiempo real de los tres parámetros: Movimiento del vehículo, velocidad y presión. El cambio de estos dos últimos parámetros se logra tomando la magnitud de la velocidad que el vehículo lleva, en este caso está en zona de frenado, y convirtiendo su desplazamiento en una sucesión de puntos desplazados vertical y horizontalmente, formando así líneas continuas y con una pendiente.

Por otro lado, para mostrar numéricamente la distancia y la velocidad del vehículo durante su simulación, se insertan en la ventana principal los objetos llamados “uicontrol” en modo texto, los cuales, son cuadros de texto estático que pueden ser modificados si se programan para que muestren las variables requeridas (velocidad y distancia). Además, dichos objetos en modo “Pushbutton” generan los botones de acción (con sus respectivos nombres, dimensiones y posición en la ventana), los cuales pueden abrir otras funciones o archivos (legibles por MATLAB) al dar click sobre ellos.

Para dichos botones, las funciones se pueden trabajar sobre la misma ventana principal con sólo nombrarlas, y gracias a MATLAB, no es necesario volver a definir variables porque en la ventana de comandos (la pantalla principal de MATLAB donde se ejecutan operaciones matemáticas o acciones de forma inmediata), a medida que se ejecuta la aplicación principal (la simulación) se van guardando los datos en el “workspace” (ó espacio de trabajo, el cual es la memoria de MATLAB que guarda los resultados de las diferentes operaciones matemáticas ejecutadas) en forma accesible en cualquier momento.

En este proyecto, se crearon tres archivos más de acuerdo a los tres botones que aparecen en la simulación:

4.5.1 Botón Activar Direccionales. En esta aplicación, se continúa el ciclo de movimiento del vehículo, pero esta vez se dibuja el carro en una posición más alta de la que estaba, para simular el cambio de carril; se etiqueta la gráfica con la desactivación del sistema y se finaliza el ciclo del movimiento hasta que el vehículo desaparezca de la vista (el vehículo nunca se detendrá). Además, se programa la segunda gráfica para que mantenga constantes las líneas de

Velocidad y Presión, y se dibuja una línea divisoria (en este caso negra y conformada por varios signos de mas, "+") en la posición donde se oprimió el botón, para poder visualizar mejor el proceso.

Para este botón, es necesario crear la condición que lo bloquee, es decir, que no ejecute el programa si el vehículo entró en la zona de Frenado automático. En esta parte, se despliega la advertencia de dicho bloqueo o desactivación mediante el objeto "uiwait(msgbox())", el cual está definiendo una ventana de mensaje en modo de espera, de cuya aceptación depende la continuidad del programa, es decir, hasta no aceptar el mensaje (dar click en "ok") no seguirá la aplicación.

4.5.2 Botón Detener vehículo. Como en el programa anterior, sólo se nombra la ventana principal para trabajar en ella "automáticamente" sin la necesidad de crear otra, tiene su condición de bloqueo y grafica la posición (ó distancia) en la que se activó el botón. La diferencia de esta está en el ciclo de movimiento, el cual sólo tomará la posición en la que estaba el vehículo y empezará a disminuir su velocidad hasta detenerse completamente para poder finalizar la simulación.

Esta etapa difiere con el funcionamiento del frenado automático en el trazado de la segunda gráfica, la cual sólo mostrará cambio en la velocidad y la presión se mantendrá en cero. Es necesario aclarar que esta función se programó sólo en la simulación para que también fuera automática, debido a que lo importante es la desactivación del sistema al momento de pisar el pedal del freno.

4.5.3 Botón Repetir/Iniciar. Esta aplicación borra todos los valores almacenados en la memoria, cierra las ventanas abiertas, incluyendo la ventana principal (la correspondiente a la simulación) y la vuelve abrir con sólo declarar el nombre del archivo. Esto evita el proceso de cerrar y volver a abrir la ventana manualmente, y aumenta la interactividad del programa para realizar un sinfín de simulaciones.

5 CONCLUSIONES

- La información requerida para el proyecto crea una buena base para realizar un correcto diseño, brindando la posibilidad de seleccionar los equipos y su respectiva ubicación dentro del vehículo.
- Cada vez los vehículos modernos poseen tecnología más avanzada debido a toda la ingeniería que se les aplica para su construcción y funcionamiento, muchos de estos adelantos son realizados por Ingenieros Electrónicos.
- El diseño propuesto aprovecha el espacio del vehículo, haciendo uso del espacio debajo de la guantera, el cual sólo es aprovechado (en pocas ocasiones) para instalar un diminuto bombillo que ilumina y decora dicho espacio. Además, la conexión entre los dispositivos no interfiere con los otros sistemas, mas específicamente con el sistema de frenos.
- El costo de un vehículo convencional, si se instala el sistema, es menor al que se debe pagar por un vehículo de una marca extranjera que tenga incorporado un sistema de frenado automático.
- La entrevista con la experta en simulación, permite tener la suficiente información para realizar una buena selección de cada uno de los dispositivos que se tienen en cuenta en el diseño del sistema, además de buenos criterios para programar la simulación.
- El código que se presenta en el diseño se realiza en base a un prototipo implementado en los laboratorios de la Institución, refiriéndose a la activación de una serie de señales que simulan las etapas en las que se realiza el frenado del vehículo.
- El conocimiento de diferentes tipos de lenguajes de programación por parte de los investigadores, permite escoger el software que se utiliza en el diseño y en la simulación del sistema de control, esto facilita el trabajo y aumenta la eficiencia.
- La interfaz gráfica que se realizó para este diseño es amigable para todo tipo de personas, debido a que MATLAB es un software muy visual y fácil de manejar, aunque existe el problema del alto costo de su licencia, el cual impide que sea asequible para los estudiantes.
- Se observó que MATLAB es un software muy eficiente para programación de procesos gráficos, pero a medida que él programa se vuelve más

robusto es más lenta la simulación; esto ocurre por el tiempo que demora el procesador en recorrer todas las líneas de código por cada ciclo utilizado.

- Este sistema es recomendable para vehículos que realicen recorridos muy extensos a través de las carreteras del país, donde exista la necesidad de alcanzar altas velocidades; sin excluir a los conductores que vean la necesidad de equipar su vehículo con un dispositivo de seguridad.
- El sistema permite disminuir en gran medida las posibilidades de una colisión, debido a que es un sistema automático que aprovecha todas las ventajas que posee la electrónica.
- La información que aporta este proyecto sirve como guía para la creación de un sistema de frenado automático más avanzado, que sea capaz de controlar todas las variables que se presenten a la hora de frenar, es decir, realizar un frenado automático a cualquier velocidad y distancia.
- Teniendo en cuenta la posibilidad de implementación del sistema, es necesario considerar un apagado manual del sistema, en este caso se podría hablar de un interruptor ó switch que desactive todo el sistema y esté a la vista del conductor.
- La simulación permitió una buena visualización del sistema a grandes rasgos, puesto que no se tienen en cuenta muchos factores físicos involucrados en la vida real, como lo son: Velocidad variable, desaceleración, fricción, presión, etc. Pero aún así, es de gran importancia visualizar el funcionamiento general de un sistema de frenado automático, el cual debe tener en cuenta principalmente las diferentes posibilidades de un conductor de vehículos.
- Mediante la ejecución de la aplicación en MATLAB, se evidenció la lenta reacción que tiene el programa a la hora de manejar dos gráficas, puesto que antes de incluir la segunda gráfica (con las señales velocidad y presión), el vehículo se movía más naturalmente, cuyo cambio de velocidad era más notable.
- El tipo de control para la zona de frenado automático en la simulación, es proporcional a la velocidad con que se mueve el vehículo, es decir, de acuerdo a la velocidad ingresada, la cual se trabaja como un valor numérico o una constante, se produce un cambio de distancia cada vez menor en el avance del vehículo.

6 RECOMENDACIONES

- Para iniciar con un diseño primero se deben tener en cuenta las características técnicas de los dispositivos que existen en el mercado, debido a que si se realiza el plano esquemático sin tener en cuenta los elementos disponibles, se corre el riesgo de la no existencia de los dispositivos o se requieran elementos adicionales para su funcionamiento, retrasando el proyecto por tener que devolverse a la etapa de recopilación de información.
- Utilizar otro tipo de software de diseño más económico que no sea MATLAB para realizar la programación, que sea más asequible para el estudiante.
- La memoria RAM del computador en el que se simula en sistema debe ser lo suficientemente robusta para realizar las diferentes funciones que requiere el programa.
- En la simulación es necesario tener en cuenta la conversión de unidades, de kilómetros por hora (los deseados para simular) a unidades de desplazamiento en la gráfica, debido a las dimensiones de la ventana principal, la cual puede ocupar toda la pantalla del computador o la mitad; esto sugiere que a mayor tamaño de la ventana, se debe manejar una unidad de desplazamiento más grande.

BIBLIOGRAFIA

- CONVERTIDORES I/P, P/I. Transmisor corriente a presión. [En línea]. Colombia: 2010. [Citado el 12 de Marzo de 2011]. Disponible en internet: <<http://www.metroinstruments.com/ver.php?mod=producto&item=14>>.
- DRIVER ASSISTANCE SYSTEMS. Long – Range Radar sensor. [En línea]. Alemania: 2010. [Citado el 27 Febrero de 2011]. Disponible en internet: <http://www.bosch-kraftfahrzeugtechnik.de/en/fahrsicherheitssysteme/asr/fernbereichsradsensor_1/fernbereichsradsensor.asp>.
- EL ESPECTADOR. Cifras accidentes de tránsito [En línea]. Bogotá: 2010. [Citado el 7 Octubre de 2010]. Disponible en internet: <<http://www.elespectador.com/noticias/bogota/articulo-218109-41-de-muertes-accidentes-de-transito-se-registra-de-noche.html>>.
- FESTO. Actuadores neumáticos [En línea]. Colombia: 2011. [Citado el 12 de Marzo de 2011]. Disponible en internet: <http://www.festo.com/cms/es-co_co/9510.htm>.
- FESTO. Válvulas [En línea]. Colombia: 2011. [Citado el 12 de Marzo de 2011]. Disponible en internet: <http://www.festo.com/cms/es-co_co/9510.htm>.
- GARCIA JAIMES, Luis Eduardo. Control Digital, Teoría y Práctica. Segunda Edición, Medellín: Politécnico Jaime Isaza Cadavid. 2009. p.2, [En línea], disponible en internet: <<http://controlpoli.eexweb.com/downloads/books/contb.html>>.
- MANUALES DE MECANICA, Manual Renault Logan [En línea] España: 2007. [Citado el 25 Agosto de 2010]. Disponible en internet: <<http://www.manualesdemecanica.com/component/remository/?func=fileinfo&id=70>>
- MECANICA VIRTUAL. Freno de disco [En línea] Guadalupe: 2008. [Citado el 25 Agosto de 2010]. Disponible en internet: <<http://www.mecanicavirtual.org/frenos-2.html>>.
- MECANICA VIRTUAL. Sensor ultrasónico. Definición [En línea] Guadalupe: 2009. [Citado el 25 Agosto de 2010]. Disponible en internet: <<http://mecanicavirtual.org/sensores1-ultrasonidos.html>>.

- MORONI SPORT. Frenos ABS [En línea] Muyurina: 2010 [Citado el 25 Agosto de 2010]. Disponible en internet: <<http://www.moronisport.com/con13.php>>.
- MUÑOZ SILVA, Lorenzo. GUZMAN LOMELI, Enrique Ángel. Sistema de Frenos Inteligentes, 1998, 152p. Trabajo de grado (Ingeniería Electrónica). México: Universidad de Guadalajara. Facultad de Ingenierías. Disponible en internet: <<http://proton.ucting.udg.mx/expodec/mar98/e04.html>>
- SAPIENSMAN. Conceptos Básicos de neumática e hidráulica. [En línea] EEUU: 2008. [Citado el 25 Agosto de 2010]. Disponible en internet: <<http://www.sapiensman.com/neumatica.html>>.
- SISTEMAS DE CONTROL. ¿Qué es un sistema de control? [En línea] España: 2004. [Citado el 11 de Marzo de 2011]. Disponible en internet: <<http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3330/5/34059-5.pdf>>
- THE MATHWORKS. Simulink [En línea]. <http://www.mathworks.com/productos/simulink/>. [Citado el 29 de Agosto de 2010]
- TODO MECANICA. Sistema de frenos. Fundamentos. [En línea]. España: 2007. [Citado el 25 Agosto de 2010]. Disponible en internet: <<http://www.todomecanica.com/sistemas-de-frenos-fundamentos.html>>.
- WORLDLINGO. Cilindro Neumático [En línea] Las vegas: 2010. [Citado el 25 Agosto de 2010]. Disponible en internet: http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/es/Pneumatic_cylinder.html

ANEXOS

FRAGMENTO MODIFICADO DEL CÓDIGO EN MATLAB PAR LA SIMULACIÓN

Programa principal

```
clear all
f = figure('NumberTitle','off','Name',' SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE
FRENADO AUTOMÁTICO PARA VEHÍCULOS','resize','off');
set(f,'pos',[100,60,1000 600])
%Dibujo carro:
x=0.2:0.5:6;x1=0:0.1:1.5;y1=0.21:0.0063:0.31;l3=1.5:0.1:3.5;
x2=3.5:0.05:4.5;y2=0.31:-0.0048:0.21;l5=0.2:0.01:0.31;ax=0;band=0;
title('VELOCIDAD y PRESIÓN');
text(35,-3,'\bf INSTITUCIÓN UNVERSITARIA DE
ENVIGADO','BackgroundColor',[1 1 1])
text(40.5,-5,'\bf INGENIERÍA ELECTRÓNICA - 2011','BackgroundColor',[1 1
1])
text(28.5,-1,'\bf AUTORES: ANDRÉS FELIPE BERRÍO y CAMILO PATIÑO
VÉLEZ','color','BLUE','BackgroundColor',[1 1 1])
xlabel('Distancia (Metros)');set(gca,'YTickLabel',[]);
axis([0 105 -10 1]);grid on;subplot(2,1,1);
plot(0.8,0.07,'ok',5.4,0.07,'ok','markersize',7,'linewidth',2);
hold on;
plot(1,0.21,'<',1.21,0.247,'<',x,0.15,'s',x1,y1,'.',l3,0.31,'.',x2,y2,'.'
,'color',[0 0.4 0],'markersize',2,'linewidth',4);
hold off;title '\bf Recorrido de 100 metros hacia el obstáculo'
xlabel('Distancia (Metros)');grid on;set(gca,'YTickLabel',[]);
axis([0 105 0 3]);
g1=uicontrol('style','text','String','Velocidad(Km)', 'position',[130 300
100 20],'BackgroundColor',[1 1 1],'fontsize',10); %
g=uicontrol('style','text','String','Distancia Recorrida (m)',
'position',[275 300 145 20],'BackgroundColor',[1 1 1],'fontsize',10);
%Texto abajo
h1 = uicontrol('style','pushbutton','String','Detener Vehículo',
'position',[800 300 100 25],'callback','detener');
h2 = uicontrol('style','pushbutton','String','Activar Direccionales',
'position',[635 300 150 25],'callback','Dirs');
k = 0;hold off;
vel=inputdlg('Digite la velocidad del vehículo (entre 50 y 120
km/h)','Inicio');
ve=str2double(vel);
v=(ve*fact)-dif;
y=0:0.1:3; %Linea vertical
s=0.06*ve;
while (ve<50)
    ve=str2double(inputdlg('Velocidad inferior, digite una velocidad
válida','Número inválido'));
    v=(ve*fact)-dif;
end
title('VELOCIDAD y PRESIÓN');
text(11,0.9*ve,'\bfVelocidad','BackgroundColor',[1 1 1])
text(11,10,'\bfPresión válvula','BackgroundColor',[1 1 1])
grid on;hold on;
```

```

while dist<98.2
  if ax==0
    vkm=(v*a)-b;
    k1=k;
    subplot(2,1,1);
    plot(50,y,'*','color','blue');
    hold on;
    plot(70,y,'*','color','green');
    hold on;
    plot(98,0,'+r','markersize',5,'linewidth',2);
    hold on;
    plot(85,y,'*','color','red');
    hold on;
    plot(100.9,y,'<k','markersize',5,'linewidth',2)
    hold on;
    text(10,2.2,'\bfSistema SFA','BackgroundColor',[1 1 1]);
    hold on;
    text(52,2.2,'Señal Visual: LED','BackgroundColor',[1 1 1]);
    hold on;
    text(72,2.2,'Señal Auditiva:','BackgroundColor',[1 1 1]);
    hold on;
    text(72,1.8,'BUZZER','BackgroundColor',[1 1 1]);
    hold on;
    title '\bfRecorrido de 100 metros hacia el obstáculo'
    xlabel('Distancia(Metros)');
    hold on;
    text(87,1.65,'Frenado','BackgroundColor',[1 1 1]);
    hold on;
    text(87,1.3,'Automático','BackgroundColor',[1 1 1]);
    set(g1,'string',vkm);
    v=(ve*fact)-dif;
    plot((0.8+k),0.07,'ok',(5.4+k),0.07,'ok','markersize',7,'linewidth',
    2);hold on;
    plot(1+k,0.21,'<',1.21+k,0.247,'<',x+k,0.15,'s',x1+k,y1,'.',l3+k,
    0.31,'.',x2+k,y2,'.','color',[0 0.4 0],'markersize',2,'linewidth',4);
    hold off;grid on;set(gca,'YTickLabel',[]);axis([0 105 0 3]);
    set(g,'string',(k+6))
    subplot(2,1,2); title('VELOCIDAD y PRESIÓN');
    xlabel('Distancia(Metros)');plot(85,(0:s:ve*1.4),'*r');
    hold on;e=linspace(vkm,v2);
    aa=vkm-v2;
    fin=fin+aa;
    e1=linspace(in,fin);
    z=(k-k1)/(length(e)-1); %Cálculo intervalos
    m=k1+z:k;
    plot(m+6,e,'-b');
    plot(m+6,e1,'-', 'color',[0 0.4 0]);
    axis([0 105 -10 ve*1.4]);
    hold on;
    drawnow;
    in=in+aa;
  else
    hold on;

```

```

        uicontrol('style','pushbutton','String','Repetir/Iniciar',
'position',[800 15 100 25],'callback','res');
        break
    end
end
if ax==0
uiwait(msgbox('El vehículo debió frenar completamente sobre o antes de la
señal roja ubicada a 2m antes del obstáculo (distancia de
seguridad)', 'Simulación Terminada'));
else
    uiwait(msgbox('Simulación terminada', 'AVISO'));
end
h = uicontrol('style','pushbutton','String','Repetir/Iniciar',
'position',[800 15 100 25],'callback','res');

```

Botón Activar Direccionales

```

if band==1
    uiwait(msgbox(';El vehículo se encuentra en la zona de Frenado
Automático!', 'Direccionales deshabilitadas'));
    break
else
    while dist<109
        vkm=(v*a)-b;subplot(2,1,1,'replace');
        text(10,2.2,'\bfSistema SFA','BackgroundColor',[1 1 1]);
        hold on;
        title \bf'Recorrido de 100 metros hacia el obstáculo'
        xlabel('Distancia(Metros)');
        hold on;
        text(41,1.6,'\bfSISTEMA
APAGADO:', 'color','red','BackgroundColor',[1 1 1]);
        hold on;
        text(59,1.6,'Direccionales encendidas,','BackgroundColor',[1 1
1]);
        text(59,1.3,'el conductor cambia de carril.','BackgroundColor',[1
1 1]);
        set(g1,'string',vkm);
        plot((0.8+k),0.57,'ok',(5.4+k),0.57,'ok','markersize',7,
'linewidth',2);hold on;
        plot(1+k,0.71,'<',1.21+k,0.746,'<',x+k,0.65,'s',x1+k,y1+0.5,
'.',13+k,0.81, '.',x2+k,y2+0.5, '.', 'color',[0 0.4 0],'markersize',
2,'linewidth',4);grid on;
        set(gca,'YTickLabel',[]);axis([0 105 0 3]);set(g,'string',(k+6))
        subplot(2,1,2);title('VELOCIDAD');xlabel('VELOCIDAD VS PRESIÓN');
        hold on;plot(k2,(-10:s:ve*1.4),'+k');
        for h=0:0.1:v
            plot(k+6-h,ve,'-b');hold on;
            plot(k+6-h,0,'-', 'color',[0 0.4 0]);
        end
        axis([0 105 -10 ve*1.4]);
        hold off;
        drawnow;
    end
    ax=1;

```

```

    break
end

```

Botón Detener vehículo.

```

if band==1
    uiwait(msgbox(';El vehículo se encuentra en la zona de Frenado Automático!', 'Freno manual deshabilitado'));
    break
else
    while v>0.09
        vkm=(v*a)-b;
        k1=k;
        subplot(2,1,1,'replace');
        text(10,2.2, '\bfSistema SFA', 'BackgroundColor', [1 1 1]);
        hold on;
        title \bf'Recorrido de 100 metros hacia el obstáculo'
        xlabel('Distancia');
        hold on;
        text(41,1.6, '\bfSISTEMA APAGADO:', 'color', 'red', 'BackgroundColor', [1 1 1]);
        hold on;
        text(59,1.6, 'Frenado manual, el conductor pisa el pedal.', 'BackgroundColor', [1 1 1]); set(g1, 'string', vkm);
        plot((0.8+k), 0.07, 'ok', (5.4+k), 0.07, 'ok', 'markersize', 7, 'linewidth', 2); hold on;
        plot(1+k, 0.21, '<', 1.21+k, 0.247, '<', x+k, 0.15, 's', x1+k, y1, '.', 13+k, 0.31, '.', x2+k, y2, '.', 'color', [0 0.4 0], 'markersize', 2, 'linewidth', 4); grid on; set(gca, 'YTickLabel', []);
        axis([0 105 0 3]); set(g, 'string', (k+6))
        subplot(2,1,2); title('VELOCIDAD'); xlabel('VELOCIDAD VS PRESIÓN');
        hold on; plot(k2, (-10:s:ve*1.4), '+r'); hold on; e=linspace(vkm, v2);
        aa=vkm-v2;
        fin=fin+aa;
        z=(k-k1)/(length(e)-1); %Cálculo intervalos
        m=k1:z:k;
        plot(m+6, e, '-b');
        plot(m+6, 0, '-.', 'color', [0 0.4 0]);
        axis([0 105 -10 ve*1.4]);
        hold on;
        drawnow;
        in=in+aa;
        n=n+1;
    end
    ax=1;
    break
end

```

Botón Repetir/Iniciar.

```

clear all
close all
syssfa

```

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE FRENADO AUTOMÁTICO PARA UN AUTOMÓVIL

ANDRÉS FELIPE BERRÍO CATAÑO
Institución Universitaria de Envigado
felo206@hotmail.com

CAMILO PATIÑO VÉLEZ
Institución Universitaria de Envigado
kmilopv@hotmail.com

Resumen El sistema de frenado tiene como finalidad generar una acción de frenado suave y automático en un vehículo, mediante el sensado de la distancia que existe entre él y un determinado obstáculo. Siguiendo una serie de etapas y mediante software especializado en procesos de control, se diseña y se simula un sistema de frenado automático, apto para su futura implementación en el Laboratorio de Automatización y Control de la Institución Universitaria de Envigado, con miras a ser instalado en el vehículo donado por la empresa SOFASA.

Palabras claves: Sistema de control, Frenado Automático, MATLAB, simulación

Abstract: The braking system has the purpose of generating a smooth and automatic braking action in a vehicle, by sensing the distance existing between it, and a specific obstacle. Following a serie of stages and through software specialized in control processes, is designs and simulates an automatic braking system, suitable for its future implementation in the Automation and Control Laboratory of the Institución Universitaria de Envigado, in order to be installed in the vehicle donated by the company SOFASA.

Key words: Control System, automatic braking, MATLAB, simulation

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de grado se refiere al tema de automatización y control, de carácter cuantitativo y con el objetivo principal de diseñar un sistema automático que genere una acción controlada de frenado para un vehículo, por medio de software especializado en simulación de procesos de control para así disminuir el alto número de accidentes automovilísticos provocados por la lenta reacción de los conductores a la hora de frenar [1].

Para la realización de este trabajo se recopila la información necesaria que corresponde al área automotriz, más específicamente, del sistema de frenado; con esta información y con las diferentes asesorías, se diseñó un sistema capaz de realizar una acción controlada de frenado. A medida que se avanza en el diseño, se ubican los diferentes dispositivos del sistema en el vehículo, se realiza la simulación por medio del software MATLAB y se construye un prototipo a menor escala en un circuito electrónico.

De acuerdo al objetivo general de este proyecto, se tiene la limitante de que sólo será un diseño con su respectiva simulación, debido a los altos costos que implica la implementación de este proyecto a escala real.

2. DESARROLLO DE OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

El trabajo a realizar es de enfoque cuantitativo, por los diferentes resultados que se esperan, los cuales son medibles y están directamente relacionados con el problema de investigación, dado que es un proyecto de desarrollo tecnológico, con aplicaciones electrónicas al control automático, se utilizará una estrategia metodológica que consiste en la división del proyecto en etapas, las cuales son consecutivas para alcanzar los objetivos propuestos.

Diferentes propuestas de investigación han tratado de encontrar una solución al problema de la lenta

reacción por parte de los conductores, en el momento de accionar los frenos; lo cual genera la necesidad de una respuesta más rápida en los vehículos cuando que se presente una amenaza de colisión, dependiendo no tanto de la reacción que tenga el conductor, si no de lo que sea capaz de realizar un sistema de control automático; una de estas investigaciones es la realizada en la Universidad de Guadalajara[2], La principal característica de este sistema es el lugar donde está ubicado el sensor, en la parte delantera del automóvil, más específicamente entre la rejilla de ingreso de aire y el radiador. La ubicación de este sensor aumenta la disponibilidad de espacio dentro del motor del vehículo, permitiendo la instalación de otros dispositivos destinados a diferentes aplicaciones. Un inconveniente que presenta esta investigación es la configuración general del sistema, la cual involucra todos los elementos de frenado, es decir, se modifica la estructura de la bomba y la inclusión de una electroválvula, haciéndolo más propenso a fallas mecánicas y estructurales. Este inconveniente implica que si ocurre un problema en cualquiera de los dispositivos, se afecta todo el sistema de frenado.

Otro proyecto es el realizado por la empresa Volvo[3], la principal característica del sistema es su funcionamiento en general, es decir, se detecta un obstáculo, se envía una señal desde el sensor que se acondiciona para ser tratada en un circuito de control y finalmente se activa el sistema de frenos. La falencia de este proyecto está en lo poco práctico que resulta la ubicación del sensor y la cámara, porque además de quitarle estética al interior del vehículo, le agrega complejidad al funcionamiento del sensor, el cual debe detectar el obstáculo sin tener en cuenta el vidrio parabrisas, esto debido a los factores de reflexión y refracción que se presentan con el uso de luz infrarroja emitida a través de un cristal.

Por último, la empresa Mercedes lanzó al mercado un dispositivo que frena parcialmente el vehículo al detectar una amenaza de colisión [4]. Este sistema se encarga de preparar los elementos que pueden afectar a los pasajeros y al conductor ante una amenaza de colisión, es decir, el sistema tensa los cinturones de seguridad, inclina el asiento del pasajero y cierra automáticamente el techo corredizo si está abierto.

Con esta serie de elementos de preparación ante una colisión, se llega a la idea de adaptarle al

proyecto dispositivos de advertencia ante la detección de un obstáculo. El problema con este sistema está en su funcionamiento, el cual no realiza una acción de frenado, sólo se encarga de preparar los elementos que pueden afectar a los pasajeros y al conductor ante una amenaza de colisión.

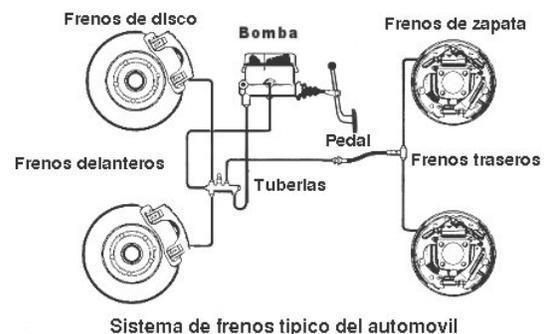
2.1 Definir los conceptos básicos en el área automotriz específicamente el funcionamiento del sistema de frenado

Etapa 1. Recopilación de información: Se recopila la información relacionada con los sistemas de frenado, automatización y control al igual que de los sensores y sus respectivas hojas de datos, por medio de diferentes fuentes bibliográficas especializadas en el tema, páginas web y artículos relacionados; además se consulta a diferentes expertos en el área de control con el apoyo de visitas a diferentes bibliotecas e institutos que puedan brindar información relacionada con el proyecto. Una de estas visitas se realiza en el Instituto SENA de Pedregal, donde se encuentra el área electrónica y automotriz.

A continuación se resumen los temas tratados para la realización de este objetivo:

Definición sistema de frenos: El sistema de frenos [5] funciona debido a la aplicación de una fuerza dada por una fuente de energía, por ejemplo, el pie del conductor. Este sistema se compone de: Un mando, una transmisión y del freno en sí. Ver Figura 1

FIGURA 1. Sistema de frenos típico

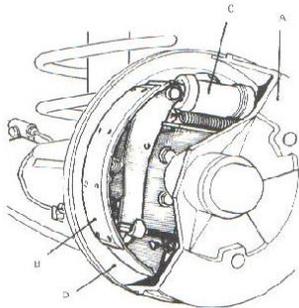


Tomado de: Todomecanica

Existen diferentes tipos de frenos, algunos de ellos se mencionan a continuación:

- Freno de Tambor (ver Figura 2): Es un sistema que realiza el frenado mediante la fricción que se presenta entre un material que se encuentra dentro del tambor y la rueda del vehículo.

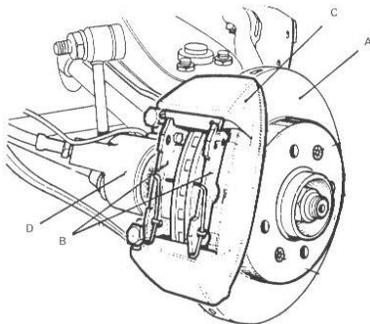
FIGURA 2. Freno de Tambor



Tomado de: Todomecanica

- Freno de disco (ver Figura 3): Los frenos de disco obtienen su fuerza de frenado de la fricción generada por el freno que se ejerce sobre las plaquetas que están colocados a los lados del disco.

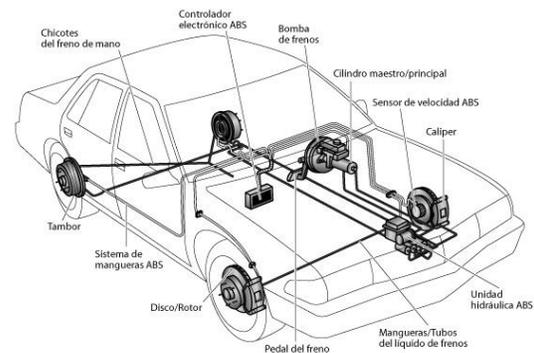
FIGURA 3. Freno de Disco



Tomado de: Todomecanica

- Frenos ABS (ver Figura 4): El sistema de frenos ABS controla la acción de frenado de las 4 ruedas del vehículo por medio de la electrónica, esto con el fin de prevenir bloqueos en las ruedas cuando hay un frenado de emergencia.

FIGURA 4. Sistema de Frenos ABS



Tomado de: Todomecanica

Definición sensor Radar: Es un sensor que mide velocidad y distancia, emitiendo paquetes de ondas milimétricas a una frecuencia de 76 a 77 Ghz, con una longitud onda igual a 4mm. Los paquetes de ondas emitidos son reflejados y detectados de nuevo por el receptor del radar, luego se realiza una comparación entre señal recibida y la señal emitida. La señal recibida se remodula para que suministre la información deseada. Si esta señal es una modulación de impulsos, se mide el tiempo de ida y de regreso y con esto se determina la señal a partir de la diferencia de estos tiempos.

FIGURA 5. Sensor Radar



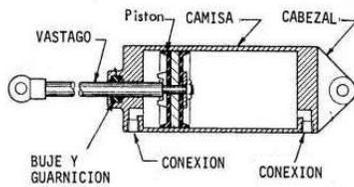
Tomado de: Mecanicavirtual

Definición de sistema de control: Un sistema de control está definido como un conjunto de componentes que pueden regular su propia conducta o la de otro sistema con el fin de lograr un funcionamiento predeterminado, de modo que se reduzcan las probabilidades de fallos y se obtengan los resultados buscados.

Definición Cilindro neumático: Es un dispositivo motriz que se usa en equipos neumáticos donde se transforma energía estática del aire a presión, para realizar avances o retrocesos en una dirección rectilínea [6]. Estos cilindros (ver Figura 6) se utilizan ampliamente en el campo de la

automatización para el desplazamiento, alimentación o elevación de materiales o elementos de maquinas industriales.

FIGURA 6. Composición de un cilindro neumático.



Tomado de: Sapiensman

2.2 Diseñar el circuito electrónico de control para el sistema de frenado y los actuadores

Etapa 2. Diseño: El diseño inicia con la definición del diagrama de bloques.

FIGURA 7. Diagrama de bloques del circuito



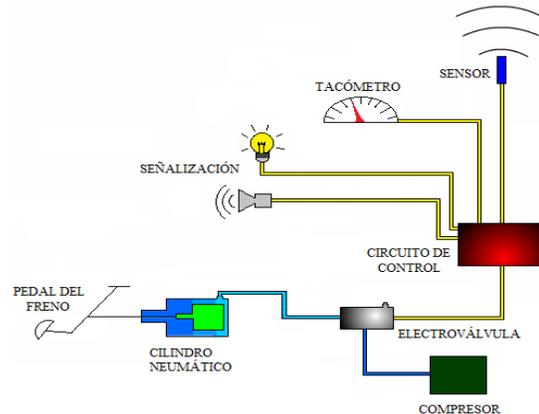
En la etapa de sensado (ver Figura 7) se dispone de un sensor de detección de obstáculos, capaz de producir una señal con un rango de más de 100 metros.

La segunda etapa contiene un circuito impreso constituido por un microcontrolador, el cual está programado para procesar y controlar la señal adaptada del sensor, produciendo así una señal de salida. Además, detecta la velocidad y controla tanto la señal visual como la auditiva.

La etapa de Actuación es donde se mueve el pedal del freno; está conformada por un compresor de aire, una electroválvula que permite el paso de presión y un cilindro neumático con regulador, conectado directamente al pedal.

Después de definir el diagrama de bloques, se realiza un esquema general del sistema (Ver Figura 8).

FIGURA 8. Esquema del circuito



De acuerdo a este esquema, se ubican los dispositivos dentro del vehículo, tomando como referencia el vehículo donado por la empresa SOFASA a la Institución Universitaria de Envigado, así:

- El sensor se ubica adelante del radiador y detrás de la rejilla, con un soporte enganchado al chasis.
- El circuito de control se ubica debajo de la guantera.
- El compresor y la electroválvula se ubican debajo del asiento del conductor.
- El cilindro neumático se conecta al pedal freno.
- La señalización se ubica en el tablero principal.

Posterior a la ubicación, se definen las características de los dispositivos que se eligieron, como el circuito de control, el sensor radar, la señalización (Led y Buzzer), el compresor de aire, la electroválvula y el cilindro neumático.

Adicional a esto se realiza un prototipo con elementos de bajo costo, como lo son: Un sensor ultrasónico SRF05, un PIC 16F887, un LCD YJ162A, un programador de PIC, Led's, Buzzer, Oscilador (Cristal), condensadores y resistencias.

2.3 Simular el sistema de control diseñado por medio del software MATLAB, con miras a ser aplicado en el laboratorio de automatización y control de la Institución Universitaria de Envigado

ETAPA 3. Simulación: Comienza con la definición del Sistema de Frenado automático, cuya función es detectar la distancia entre un obstáculo y el vehículo, a partir de 50km/h, para determinar y ejecutar el tipo de frenado automático, ya sea suave o rápido y prevenir una colisión. Este frenado automático se presenta si luego de dos señales, una visual y otra auditiva, el conductor no acciona el pedal del freno.

Si el vehículo se mueve con una velocidad entre 50Km/h y 120Km/h, se envía una señal a la electroválvula, la cual aplica presión al cilindro para producir un frenado suave. En cambio, si el vehículo se mueve a más de 120Km/h (por exceso de velocidad), es necesaria una presión más alta para producir un frenado más fuerte y evitar accidentes. Posteriormente al frenado, el cilindro que mueve el pedal del freno es capaz de liberar la presión de aire mediante su válvula reguladora, la cual está incluida como accesorio.

A continuación se describen las características del funcionamiento:

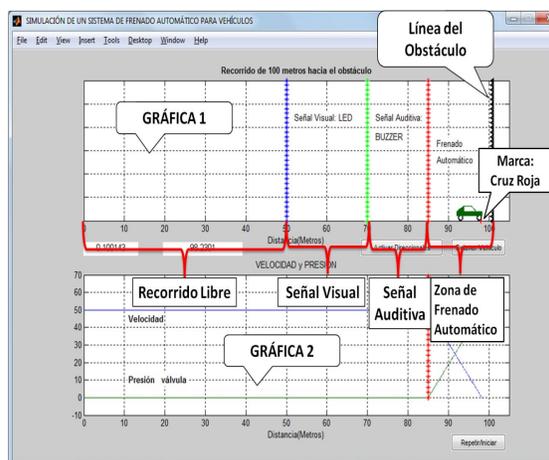
El sistema se activa a partir de los 50km/h, dato entregado por el tacómetro que tienen instalados todos los vehículos. Con dicho dato el sensor empieza a detectar la distancia entre el vehículo y los obstáculos que tiene adelante; cuando la distancia entre un obstáculo y el vehículo es de 50 metros, se enciende la señal visual que consiste en un LED; a partir de los 30 metros, se apaga el LED y se enciende la señal auditiva compuesta de un Buzzer, luego, a 15 metros de distancia del obstáculo, se apaga el Buzzer y se activa el frenado automático.

En los diferentes rangos de distancias mencionados anteriormente (de 50 a 15 metros), el sistema se desactiva si el conductor acciona el pedal del freno (por voluntad propia) o activa las direccionales para cambiar de carril.

Simulación en MATLAB: La aplicación desarrollada en MATLAB permite simular la respuesta del sistema de frenado automático ante una velocidad variable del vehículo, es decir, definiendo la velocidad inicial del vehículo (de 50 a 120km/h), se tendrá una respuesta de acuerdo a su magnitud: A mayor velocidad, mayor debe ser la presión de la válvula para frenar más rápido.

La aplicación consta de una figura o ventana que contiene dos gráficas (Ver Figura 9): La primera, ubicada en la parte superior de la ventana, está destinada a simular el recorrido que realiza un vehículo en un escenario virtual de dos dimensiones, con longitud de 100 metros y una línea negra vertical simbolizando el obstáculo al final del recorrido. En esta gráfica el vehículo recorre diferentes zonas de detección, las cuales son: 50 metros de “recorrido libre”, 20 metros con la Señal Visual activada, 15 metros con la Señal Auditiva y los últimos 15 metros son de la zona de frenado automático, donde el vehículo frena automáticamente hasta detenerse a una distancia menor o igual 98.2 metros, esto para simular una distancia segura entre el vehículo y el obstáculo (si el vehículo frena a 100 metros, significa que colisiona con el obstáculo); para poder apreciar esto, se marca una cruz roja en 98 metros.

FIGURA 9. Zonas de detección

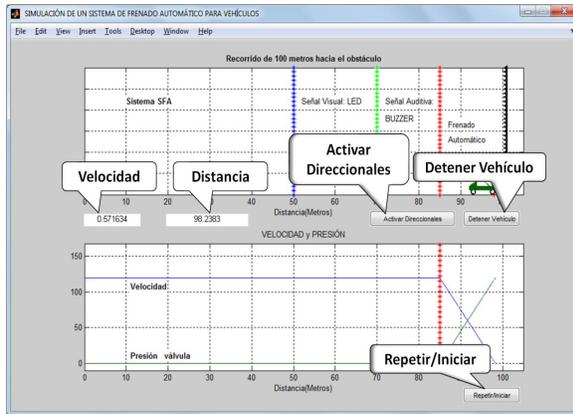


La segunda gráfica, ubicada en la parte inferior de la ventana, es paralela a la gráfica del vehículo y con el mismo largo para obtener una mejor visualización del proceso; su altura (límite superior) está definida por la velocidad del vehículo y empieza desde -10 (límite inferior) para una mejor apreciación visual de las líneas que estén en Cero (0). Esta gráfica está destinada a trazar los valores correspondientes a la velocidad del vehículo, las posiciones relevantes del mismo y la presión ejercida sobre la válvula; todo esto de forma simultánea y en tiempo real.

Por otro lado, en la simulación se tienen tres botones de acción y dos indicadores, los cuales son (respectivamente): Activar direccionales,

Detener vehículo, Repetir/Iniciar, Velocidad y Distancia (Ver Figura 10). El indicador de distancia simula el dato entregado por el sensor, es decir, la distancia entre el vehículo y el obstáculo, y el indicador de velocidad simula el valor del tacómetro.

FIGURA 10. Botones e Indicadores



Por último, la simulación tiene en cuenta los dos factores que desactivan el sistema: Un frenado manual y el cambio de carril. En el frenado manual, se simula la acción del conductor del vehículo sobre el pedal del freno en cualquier instante de tiempo y a una distancia menor de 85 metros para detener el vehículo por cuenta propia (ya sea en la zona de “Recorrido libre”, la de señal visual ó la auditiva). Esta acción se realiza mediante la activación del botón “Detener Vehículo” y su comportamiento es automático, es decir, con sólo activar el botón, el vehículo se detendrá en un lapso de tiempo determinado. Además, la segunda gráfica sólo mostrará la distancia a la que estaba el vehículo en el instante que fue oprimido el botón y los cambios de velocidad, la presión en la válvula permanece en cero (0) debido a que es frenado manual.

Para el cambio de carril, se simula la acción del conductor a la hora de activar las direccionales para pedir vía y poder cambiar de carril; está acción se realiza mediante la activación del botón “Activar direccionales” y la respuesta del vehículo es un pequeño salto de posición en la gráfica, la desactivación del sistema y la conservación de velocidad, es decir, al oprimir el botón, el vehículo continúa su recorrido a la misma velocidad con que inició, hasta desaparecer de la gráfica. Además, la segunda gráfica traza la velocidad del

vehículo (la cual permanece constante) y muestra la distancia a la que estaba el vehículo en el instante que fue oprimido el botón. Cabe aclarar que esta desactivación del sistema ocurre a menos de 85 metros.

2.4 Etapa 4. Documentación. A medida que se va realizando el proyecto se organizarán y tabularán los datos y resultados obtenidos basados en la información que brinda el software de simulación.

3. CONCLUSIONES

- La información requerida para el proyecto crea una buena base para realizar un correcto diseño, brindando la posibilidad de seleccionar los equipos y su respectiva ubicación dentro del vehículo.
- El diseño propuesto aprovecha el espacio del vehículo, haciendo uso del espacio debajo de la guantera, el cual sólo es aprovechado (en pocas ocasiones) para instalar un diminuto bombillo que ilumina y decora dicho espacio. Además, la conexión entre los dispositivos no interfiere con los otros sistemas, mas específicamente con el sistema de frenos.
- El costo de un vehículo convencional, si se instala el sistema, es menor al que se debe pagar por un vehículo de una marca extranjera que tenga incorporado un sistema de frenado automático.
- La interfaz gráfica que se realizó para este diseño es amigable para todo tipo de personas, debido a que MATLAB es un software muy visual y fácil de manejar, aunque existe el problema del alto costo de su licencia, el cual impide que sea asequible para los estudiantes.
- Este sistema es recomendable para vehículos que realicen recorridos muy extensos a través de las carreteras del país, donde exista la necesidad de alcanzar altas velocidades; sin excluir a los conductores que vean la necesidad de equipar su vehículo con un dispositivo de seguridad.

- El sistema permite disminuir en gran medida las posibilidades de una colisión, debido a que es un sistema automático que aprovecha todas las ventajas que posee la electrónica.
- La información que aporta este proyecto sirve como guía para la creación de un sistema de frenado automático más avanzado, que sea capaz de controlar todas las variables que se presenten a la hora de frenar, es decir, realizar un frenado automático a cualquier velocidad y distancia.
- Teniendo en cuenta la posibilidad de implementación del sistema, es necesario considerar un apagado manual del sistema, en este caso se podría hablar de un interruptor ó switch que desactive todo el sistema y esté a la vista del conductor.
- La simulación permitió una buena visualización del sistema a grandes rasgos, puesto que no se tienen en cuenta muchos factores físicos involucrados en la vida real, como lo son: Velocidad variable, desaceleración, fricción, presión, etc. Pero aún así, es de gran importancia visualizar el funcionamiento general de un sistema de frenado automático, el cual debe tener en cuenta principalmente las diferentes posibilidades de un conductor de vehículos.

4. RECOMENDACIONES

- Para iniciar con un diseño primero se deben tener en cuenta las características técnicas de los dispositivos que existen en el mercado, debido a que si se realiza el plano esquemático sin tener en cuenta los elementos disponibles, se corre el riesgo de la no existencia de los dispositivos o se requieran elementos adicionales para su funcionamiento, retrasando el proyecto por tener que devolverse a la etapa de recopilación de información.
- Utilizar otro tipo de software de diseño más económico que no sea MATLAB para

realizar la programación, que sea más asequible para el estudiante.

- La memoria RAM del computador en el que se simula en sistema debe ser lo suficientemente robusta para realizar las diferentes funciones que requiere el programa.
- En la simulación es necesario tener en cuenta la conversión de unidades, de kilómetros por hora (los deseados para simular) a unidades de desplazamiento en la gráfica, debido a las dimensiones de la ventana principal, la cual puede ocupar toda la pantalla del computador o la mitad; esto sugiere que a mayor tamaño de la ventana, se debe manejar una unidad de desplazamiento más grande.

REFERENCIAS

- [1] EL ESPECTADOR. Cifras accidentes de tránsito 2010. [En línea] Disponible en: <<http://www.elespectador.com/noticias/bogota/articulo-218109-41-de-muertes-accidentes-de-transito-se-registra-de-noche.html>> [Citado el 7 Octubre de 2010]
- [2] MUÑOZ SILVA, Lorenzo. GUZMAN LOMELI, Enrique Ángel. Sistema de Frenos Inteligentes. 1998 [En línea] Disponible en: <<http://proton.ucting.udg.mx/expodec/mar98/e04.html>> [Citado el 15 Octubre de 2010]
- [3] VOLVOCARS. Sistema City Safety. 2010 [En línea] Disponible en: <http://www.volvocars.com/es/footer/Pages/_CitySafetyTerms.aspx> [Citado el 15 Octubre de 2010]
- [4] MERCEDEZ BENZ. Sistema Pre-Safe Distronic. 2010 [En línea] Disponible en: <http://www.mercedes-benz.es/content/spain/mpc/mpc_spain_website/es/home_mpc/passengercars/home/new_cars/models/class/_w221/facts/equipment_accessories/equipment_packages.html> [Citado el 15 Octubre de 2010]
- [5] TODO MECANICA. Sistema de frenos. Fundamentos. 2010 [En línea] Disponible en: <<http://www.todomecanica.com/sistemas-de-frenos-fundamentos.html>> [Citado el 25 Agosto de 2010]
- [6] SAPIENSMAN. Conceptos Básicos de neumática e hidráulica. 2008 [En línea] Disponible en: <<http://www.sapiensman.com/neumatica.html>> [Citado el 25 Agosto de 2010].

