



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE FRENADO
AUTOMÁTICO PROGRESIVO PARA PREVENIR COLISIONES
FRONTALES Y POSTERIORES EN UN VEHÍCULO LIVIANO
DENTRO DE LA CIUDAD DE QUITO”**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERA AUTOMOTRIZ**

SANDRA ELENA COLLAGUAZO GREFA

DIRECTOR: ING. DIEGO LÓPEZ

Quito, diciembre 2012

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2012

Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo **SANDRA ELENA COLLAGUAZO GREFA**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Sandra Collaguazo G.

C.I. 171936637-7

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “**Implementación de un sistema de frenado automático progresivo para prevenir colisiones frontales y posteriores en un vehículo liviano dentro de la ciudad de Quito**”, que, para aspirar al título de **Ingeniera Automotriz** fue desarrollado por **Sandra Collaguazo**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 18 y 25.

Ing. Diego López

DIRECTOR DEL TRABAJO

C.I. 1711362242

DEDICATORIA

La elaboración del presente proyecto lo dedicado especialmente a mis padres Andrés y María que mediante sus consejos, paciencia y amor han sabido guiarme a lo largo de mi vida estudiantil.

Y a mis hermanos Andrés, Franklin y Belén, que siempre me han brindado su amor y apoyo incondicional.

Gracias por ser los pilares fundamentales en mi vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios por darme fortaleza, y salud a lo largo de mi vida.

A mis padres y mis hermanos por ser la razón seguir luchando día a día por mis sueños.

A mis educadores en especial al ingeniero Diego López por guiarme y compartir sus conocimientos durante mi formación profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	i
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	1
1.3 HIPÓTESIS	2
1.3.1 HIPÓTESIS GENERAL	2
1.3.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	2
1.4 OBJETIVOS	3
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.5 ALCANCE	4
1.6 METODOLOGÍA.....	4
1.6.1 MÉTODOS.....	4
1.6.2 TÉCNICAS	4
CAPÍTULO II.....	5

MARCO TEÓRICO	5
2.1 ACCIDENTALIDAD VIAL.....	5
2.1.1 FACTORES QUE INCIDEN EN LA GENERACIÓN DE ACCIDENTES VIALES	8
2.1.1.1 Conductores Imprudentes	9
2.1.1.1.1 Tipos de impactos.....	11
2.1.1.2 Exceso de velocidad	14
2.1.1.3 Límites de velocidad.....	15
2.1.1.4 Sanciones por exceso de velocidad	17
2.1.2 LESIÓN POR SINIESTROS	18
2.1.2.1 Latigazo Cervical.....	19
2.1.2.2 Cervicalgia	20
2.1.2.3 Dorsalgia.....	21
2.2 DISTANCIA DEL VEHÍCULO	21
2.2.1 DISTANCIAS SEGURAS DEL VEHÍCULO.....	22
2.2.1.1 Distancia de reacción	22
2.2.1.2 Distancia de frenado	23
2.2.1.3 Distancia de detención	23
2.2.1.4 Distancia de seguridad.....	23
2.2.1.4.1 Cálculo de la distancia de seguridad.....	24
2.2.2 CAMPO VISUAL EN LA CONDUCCIÓN	25
2.3 NORMAS PARA UNA CONDUCCIÓN SEGURA	26
2.4 GENERALIDADES	26
2.4.1 AUTOMATIZACIÓN EN LOS VEHICULOS	26
2.4.1.1 Sensores en el automóvil	27
a) Sensores de motor y transmisión	28
b) Sensores de confort	29
c) Sensores de seguridad.....	29
2.4.2 ASISTENTES DE CONDUCCIÓN.....	38

2.4.2.1	Sistemas de frenado automático	38
2.4.2.1.1	Vehículos que lo incorporan.....	39
2.4.2.2	Asistentes de estacionamiento	41
2.5	ESTÁNDARES DE SEGURIDAD RELACIONADOS CON EL SISTEMA DE FRENADO DEL AUTOMÓVIL.	43
2.1.1	ESTÁNDARES INTERNACIONALES.....	43
2.1.1.1	Normativa en Estados Unidos	43
2.1.1.2	Normativa en Europa	44
2.1.1.3	Normativa en Japón	45
2.1.2	ESTÁNDARES NACIONALES	45
CAPÍTULO III	47
DISEÑO ELECTRÓNICO Y MECÁNICO DEL SISTEMA DE FRENADO AUTOMÁTICO PROGRESIVO		47
3.2	COMPONENTES ELÉCTRICOS Y MECÁNICOS	47
3.2.1	GENERACIÓN Y RECEPCIÓN DE SEÑALES.....	47
3.2.1.1	Sensores de distancia	48
3.2.1.1.1	Sensor ultrasónico	48
3.2.1.1.2	Sensor Fotoeléctrico	49
3.2.1.1.3	Sensor electromagnético (radar).....	50
3.2.1.2	Ventajas y desventajas de los tipos de sensores de distancia....	51
3.2.1.3	Resolución	52
3.2.2	PROCESAMIENTO DE SEÑALES.....	53
3.2.2.1	Microcontroladores	53
3.2.2.1.1	Microcontroladores disponibles en el mercado	55
3.2.2.1.2	Elección del microcontrolador	56
3.2.3	ENVÍO DE SEÑALES.....	57
3.2.3.1	Actuadores	58
3.2.3.1.1	Motores Eléctricos	58

3.2.3.1.2. Elección del actuador.....	59
3.2.3.1.3. Funcionamiento del Servomotor	60
3.3 DISEÑO DEL PROTOTIPO	62
3.3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROTOTIPO	62
3.3.2 ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE FRENADO AUTOMÁTICO PROGRESIVO	63
3.3.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE FRENADO AUTOMÁTICO PROGRESIVO	65
3.3.3.1 DISEÑO DEL HARDWARE	65
3.3.3.1.1 Circuito Microprocesado	65
3.3.3.1.2 Sensores de distancia ultrasónicos	68
3.3.3.1.3 Elementos de selección	76
3.3.3.1.4 Módulo de visualización	76
3.3.3.1.5 Actuadores, servomotor de freno y acelerador.....	77
3.3.3.1.6 Indicadores de la señal audible y visible	78
3.3.3.2 DISEÑO DEL SOFTWARE	79
3.3.3.2.1 Descripción General	79
3.3.3.2.2 Descripción del Programa Principal	80
CAPÍTULO IV	83
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	83
4.1 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE FRENADO AUTOMÁTICO PROGRESIVO	83
4.1.1 DISEÑO DEL CIRCUITO IMPRESO	83
4.1.2 ENSAMBLAJE DE LA TARJETA ELECTRÓNICA AL CHASIS	88
4.1.3 IMPLEMENTACIÓN DE LOS SENSORES DE DISTANCIA	89
4.1.3.1 DISEÑO DEL CHASIS DE PROTECCIÓN	90
4.1.3.2 UBICACIÓN DE LOS SENSORES DE DISTANCIA	91
4.1.4. IMPLEMENTACIÓN DE LOS SERVOMOTORES	92
4.1.4.1 DISEÑO DE LA BASE DE LOS SERVOMOTORES.....	92

4.1.4.2 UBICACIÓN DE LA BASE DE LOS SERVOMOTORES EN EL VEHÍCULO.....	95
4.1.1.3 PROCEDIMIENTO DE UTILIZACIÓN DEL SISTEMA	95
4.2 PRUEBAS REALIZADAS	96
4.2.1 MODO DE PARQUEO	96
a) Medio libre de factores externos	96
b) Medio con intervención de factores externos	99
4.2.2 MODO PARA AVANZAR.....	99
a) Medio libre de factores externos	100
b) Medio con intervención de factores externos	101
4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS	102
4.3.1 PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN.....	107
CAPÍTULO V	109
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	109
5.1 CONCLUSIONES.....	109
5.2 RECOMENDACIONES.....	110
NOMENCLATURA.....	112
BIBLIOGRAFÍA.....	116

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1.1	Causas de muerte de los ecuatorianos 5
Tabla 1.2	Víctimas en accidentes de tránsito 6
Tabla 1.3	Accidentes de tránsito 6
Tabla 1.4	Variables en la generación de accidentes de tránsito 8
Tabla 1.5	Principales causas de accidentes de tránsito 8
Tabla 1.6	Tipos de accidentes de tránsito, primer cuatrimestre del año 2012 10
Tabla 1.7	Límites de velocidad y sanciones 18
Tabla 3.1	Tabla comparativa de los sensores de distancia 48
Tabla 3.2	Motores eléctricos 55
Tabla 3.3	Datos técnicos ATMEGA8 62
Tabla 3.4	Pines utilizados como entradas en ATMEGA8 63
Tabla 3.5	Pines utilizados como entradas en ATMEGA8 64
Tabla 3.6	Pines utilizados como entradas en ATMEGA8 64
Tabla 3.7	Dimensiones del sensor EZ4 67
Tabla 3.8	Descripción de pines sensor ultrasónico EZ4 68
Tabla 3.9	Descripción de pines sensor ultrasónico HC-SR04 71
Tabla 3.10	Descripción de los Pines del Display LCD 4X20 72
Tabla 3.11	Especificaciones servomotores 74
Tabla 4.1	Longitud del cable empleado por los sensores de distancia 90
Tabla 4.2	Modo de parqueo en un medio libre de factores externos 103
Tabla 4.3	Modo de parqueo con intervención de factores externos 103

Tabla 4.4	Modo para avanzar en un medio libre de factores externos	105
Tabla 4.5	Modo para avanzar con intervención de factores externos	106
Tabla 4.6	Lista de elementos utilizados en el sistema y precios.	108

ÍNDICE DE FIGURAS

		PÁGINA
Figura 1.1	Porcentaje de víctimas de accidentes de tránsito, año 2010 y 2011	7
Figura 1.2	Porcentaje de los tipos de accidentes con mayor ocurrencia	10
Figura 1.3	Impacto lateral perpendicular	11
Figura 1.4	Atropello	12
Figura 1.5	Impacto por alcance	12
Figura 1.6	Estrellamiento	13
Figura 1.7	Impacto lateral angular	13
Figura 1.8	Pérdida de carril	14
Figura 1.9	Roce negativo	14
Figura 1.10	Impactos y lesiones por alcance	20
Figura 1.11	Cervicalgia	20
Figura 1.12	Dorsalgia	21
Figura 1.13	Regla de los dos-tres-cuatro segundos	24
Figura 1.14	Relación de la velocidad y el campo visual	25
Figura 2.1	Sensores equipados en el vehículo	28
Figura 2.2	Sensor radar telemétrico	30
Figura 2.3	Sensor de inclinación	31
Figura 2.4	Sensor de alta presión	32
Figura 2.5	Esquema del sensor de par	33
Figura 2.6	Sensor de ángulo de volante	34
Figura 2.7	Sensor de aceleración transversal	35
Figura 2.8	Sensor de ocupación de asiento	35
Figura 2.9	Sensor de magnitud de giro o viraje	36
Figura 2.10	Sensor de inclinación	37

Figura 2.11	Sensor de vuelco	37
Figura 2.12	Sensor de velocidad de giro de ruedas	38
Figura 2.13	Volvo V60	39
Figura 2.14	Audi A7 Sportback	40
Figura 2.15	Mercedes Benz CLS	40
Figura 2.16	Sistema de estacionamiento	41
Figura 2.17	Asistente de estacionamiento, AutoPark™ de Ford	42
Figura 3.1	Funcionamiento básico de un sensor ultrasónico	49
Figura 3.2	Funcionamiento del sensor fotoeléctrico	50
Figura 3.3	Sensor de radar, sistema ACC	51
Figura 3.4	Estructura básica de un microcontrolador	54
Figura 3.5	Tren de pulsos para control del servo	61
Figura 3.6	Funcionamiento de un servo mediante pulsos	62
Figura 3.7	Modo de parqueo	63
Figura 3.8	Modo Para Avanzar	63
Figura 3.9	Diagrama de bloques del Sistema de Frenado Automático Progresivo	64
Figura 3.10	Pines del microcontrolador ATMEGA8	67
Figura 3.11	Sensor Ultrasónico EZ4	71
Figura 3.12	Sensor Ultrasónico HC-SR04	73
Figura 3.13	Diagrama de tiempos de sensor HC-SR04	74
Figura 3.14	Sensor Ultrasónico HC-SR04	75
Figura 3.15	Servomotores HITEC	77
Figura 3.16	Etapas de implementación del Software	79
Figura 3.17	Diagrama de operación del Sistema de Frenado Automático Progresivo	82
Figura 4.1	Fuente de alimentación	84
Figura 4.2	Chasis del Sistema de Frenado Automático Progresivo. Vista Frontal	85
Figura 4.3	Chasis del Sistema de Frenado Automático	86

	Progresivo. Vista Posterior	
Figura 4.4	Distribución física de los elementos. Circuito impreso de la tarjeta del sistema de frenado automático	87
Figura 4.5	Distribución física de los elementos. Tarjeta electrónica del sistema	87
Figura 4.6	Tarjeta Electrónica con los conectores	88
Figura 4.7	Vista posterior del chasis	89
Figura 4.8	Vista frontal del chasis	89
Figura 4.9	Implementación de los sensores de distancia. Sensor HC-SR04	90
Figura 4.10	Implementación de los sensores de distancia. Sensor EZ4	90
Figura 4.11	Ubicación de los sensores de distancia. Sensor EZ4	91
Figura 4.12	Ubicación de los sensores de distancia. Sensores HC-SR04	92
Figura 4.13	Base de los servomotores pedal de freno y del pedal del acelerador	93
Figura 4.14	Brazos de palanca de los servomotores	94
Figura 4.15	Pieza metálica del pedal de freno	94
Figura 4.16	Ubicación de las bases de los servomotores	95
Figura 4.17	Modo de parqueo	98
Figura 4.18	Posición de los servomotores	99
Figura 4.19	Modo Para Avanzar	101
Figura 4.20	Modo Para Avanzar en medio externo	102

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO I	
Manual de Usuario	119
ANEXO II	
Programa del microcontrolador ATMEGA 8	124
ANEXO III	
Circuito general del sistema de frenado automático progresivo	130

RESUMEN

El presente proyecto denominado SISTEMA DE FRENADO AUTOMÁTICO PROGRESIVO está diseñado para salvaguardar la seguridad de los conductores de cualquier vehículo liviano.

Es un sistema que se lo va a implementar sobre la base de un microcontrolador, el cual gobernará a sensores y actuadores con el fin de asistir al conductor y contribuir al manejo seguro.

El proyecto consta de dos modos de trabajo el primero es MODO DE PARQUEO y el segundo es MODO PARA AVANZAR, para ello va a utilizar tres medidores de distancia de tipo ultrasónico y dos servomotores ubicados en el pedal de freno y en el pedal de acelerador.

En MODO DE PARQUEO los sensores registran valores de 6m el que está ubicado en la parte delantera y de 2m los que están ubicados en la parte posterior del vehículo, al momento que cualquiera de los sensores mida una distancia menor a 0,20m los actuadores en este caso los servomotores se activarán instantáneamente y se encenderá un led rojo.

En MODO PARA AVANZAR sólo actuará el sensor ultrasónico que está ubicado en la parte delantera del vehículo y tiene un alcance máximo de 6,658m; este medidor de distancia va a estar en constante trabajo al igual que los servomotores. Si la distancia es de 6m se encenderá un led verde y los servomotores no se activarán; a una de 3m se encenderá un led amarillo y los servomotores se activarán y a una distancia menor a 1m se encenderá un led rojo, los servomotores se activarán permanentemente hasta que la distancia sea mayor a 1m.

El proyecto está desarrollado para ser empleado en vehículos de transporte personal y acompañar al conductor en todo el recorrido que realice el automóvil, evitando posibles impactos por alcance, posteriores y atropellos. El sistema no pretende remplazar al conductor debido a que él es el único responsable de las decisiones que se tome al momento de manejar.

ABSTRACT

This project called the automatic braking system progressive is designed to safeguard the security of any light vehicle drivers.

It is a system that is going to be implemented on the basis of a microcontroller, which will govern to sensors and actuators in order to assist the driver and contribute to the safe handling.

The project consists of two modes of work the first is parking mode and the second is way to move forward, to do this will use three meters of distance of two servo motors located in the brake pedal and accelerator pedal and ultrasonic type.

In parking mode sensors registered values of 6 m which is located at the front and 2 m which are located in the rear of the vehicle, at the time that any of the sensors measure one distance of less than 0, 20 m actuators the actuators in this case will be instantly activated and a red led will illuminate.

Mode for forward will only act ultrasonic sensor that is located on the front of the vehicle and has a maximum range of 6, 658 m; this distance Measurer will be in constant work as well as servomotors. If the distance is 6 m a green led illuminates and the actuators will not trigger; a 3 m a yellow led will illuminate and servomotors will be activated and a red led will illuminate to less than 1 m away, servomotors are permanently activated until the distance is greater than 1 m.

The project is developed to be used in vehicles for personal transportation and accompany driver all the way that you make the car, avoiding potential impacts by scope, subsequent and abuses. The system is not intended to replace the driver since he is solely responsible for decisions taken at the time of driving.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los accidentes de tránsito se han convertido en un problema nacional que perjudica a gran parte de la población ecuatoriana, debido a que los conductores no son los únicos afectados sino también todos aquellos que transitan en las vías. Según datos del INEC los accidentes viales son la tercera causa de muerte entre los ecuatorianos, de estos el 98% son ocasionados principalmente por el factor humano y sólo el 2% por desastres naturales. Actualmente el porcentaje de accidentes y de víctimas ha disminuido debido a las sanciones severas que se aplican a los infractores de acuerdo las reformas a la Ley de Transporte Terrestre, también hay que sumar las campañas que emprende La Policía Nacional como por ejemplo Conductor elegido y No más corazones azules. **El conductor es el único responsable de llevar el control del vehículo y de mantener una distancia de seguridad prudente.**

1.2 JUSTIFICACIÓN

El tema propuesto contribuye a la seguridad activa del vehículo, mediante el uso de un sistema de frenado automático que limita su velocidad se tenga una distancia mínima a 1,00m con respecto a otro vehículo, objeto o una persona, obteniendo con ello una conducción más segura en las vías. Este sistema consta de cuatro partes: tres sensores ultrasónicos, un pequeño módulo que recepte la información de la distancia del vehículo, un elemento que limite su velocidad (servomotores) y un display que va a proporcionar información sobre la distancia que mantiene el vehículo. El sistema de frenado automático va a ser instalado en un vehículo que no cuente con nuevas tecnologías, los sensores

van a estar ubicados en el parachoques delantero y posterior, el módulo y el display van a estar localizados en el tablero y los elementos limitadores de velocidad van a estar ubicados en los pedales del freno y acelerador.

1.3 HIPÓTESIS

1.3.1 HIPÓTESIS GENERAL

La implementación de nuevas tecnologías en los vehículos livianos contribuirá en la seguridad del conductor y los peatones obteniendo como resultado una disminución de las colisiones en la ciudad de Quito

1.3.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Un estudio detallado de los accidentes de tránsito de los últimos años aportará a tomar medidas y concienciar a las personas que sean más cautelosas al transitar por las vías.
- Conocer los factores que causan un alto índice de accidentes en las vías ayudará a tomar las medidas necesarias para desarrollar sistemas que contribuyan a una conducción segura.
- Los conductores principiantes necesitarán de asistentes de conducción como los sensores implementados en el vehículo que les ayude a manejar de forma adecuada y evitar incidentes en las vías
- Las sanciones impuestas por la ley de tránsito contribuirá a reducir los accidentes en las vías y a que los conductores tomen conciencia de manejar con los cinco sentidos.
- La implementación de un sistema de frenado automático aportará a que los conductores lleven una distancia segura para evitar colisiones o choques frontales y posteriores

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema de frenado automático mediante la implementación de nuevas tecnologías en un vehículo liviano para prevenir accidentes en las vías y contribuir a la seguridad del conductor y los peatones.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar los datos obtenidos del PLAN NACIONAL DE SEGURIDAD VIAL para identificar los factores principales que inciden en los accidentes de tránsito con ello determinar si la aplicación de nuevas tecnologías aportan en la disminución de víctimas mortales y graves
- Realizar una investigación detallada sobre los sistemas que contribuyen en la seguridad del conductor los tipos de sistemas existen y en qué clase de vehículos están implementados, con ello determinar las ventajas que tienen estos sistemas.
- Analizar los sistemas que están en el mercado, su funcionamiento y el costo que tiene su implementación en un vehículo liviano para poder elegir el sistema más adecuado para el vehículo.
- Diseñar un sistema de frenado automático que permita contribuir al manejo seguro, identificando sus principales ventajas en cuanto a funcionamiento, elementos y costes para ser instalado en cualquier vehículo liviano.
- Implementar un sistema de frenado automático en un vehículo liviano, identificando los lugares más óptimos en el vehículo para instalar cada parte del sistema, con el fin de no interferir en el correcto funcionamiento del motor.

1.5 ALCANCE

El presente proyecto inicia desde la identificación del problema que en este caso es el aumento de accidentes de tránsito, las causas que lo producen y trata de dar una solución al problema existente, diseñando e implementando un dispositivo que permita disminuir estos accidentes, y va a culminar con un análisis de las ventajas y desventajas de implementar este dispositivo.

1.6 METODOLOGÍA

1.6.1 MÉTODOS

La implementación de un sistema de frenado automático se va a desarrollar con el método analítico debido a que se va a estudiar cada parte que van a componer esta nueva tecnología los cuales son: los sensores ultrasónicos, un módulo receptor de información de la distancia del vehículo, elementos limitadores de velocidad y una display ubicado en el tablero de instrumentos.

Adicionalmente se va a utilizar el método de observación en los vehículos que no tienen implementados asistentes de conducción y concluir si estos vehículos son más susceptibles ante un accidente de tránsito.

También se va a emplear el método práctico al momento que el sistema sea implementado en el vehículo liviano y se va a verificar la contribución que tiene para un manejo seguro

1.6.2 TÉCNICAS

Con el fin de realizar un óptimo estudio del proyecto la información será reunida mediante observación estructurada al vehículo que va a ser implementado el sistema de frenado automático, con el fin de poder analizar los pro y contras de contar con esta nueva tecnología, esto se va a realizar llevando un cuaderno de notas y cámaras fotográficas que aporten a la obtención de los resultados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

El presente capítulo tratará sobre la accidentalidad vial en el país, los factores que inciden en la generación de accidentes de tránsito y se realizará una revisión de las distancias seguras que un vehículo debe mantener cuando está circulando en las vías.

Se realizará una breve descripción de la automatización y los sensores que están presentes en el vehículo, se realizará un estudio general sobre el funcionamiento de los sistemas inteligentes de frenado y de los asistentes de estacionamiento en los automóviles livianos.

2.1 ACCIDENTALIDAD VIAL

Actualmente en el Ecuador los accidentes de tránsito han pasado a ser la tercera causa de muerte de los ecuatorianos, según datos del INEC. La tabla 1.1 indica el listado de causas de la muerte de los ecuatorianos en el orden y porcentaje

Tabla 1.1 Causas de muerte de los ecuatorianos

ORDEN	CAUSA	PORCENTAJE
1°	Diabetes mellitus	29 %
2°	Enfermedades cardiovasculares	27,1%
3°	Accidentes de transito	22,7%

(INEC, 2009)¹

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID), informó que Ecuador, después de Paraguay, es el país con más accidentes de tránsito por cada 100.000 habitantes. La situación del país en el tema de seguridad vial es alarmante, debido a que cada año los siniestros en las vías y carreteras generan pérdidas

¹ www.ecuadorencifras.com, Cifras, INEC, Defunciones

de 543 millones de dólares de acuerdo a una publicación emitida por la Comisión Nacional de Tránsito (CNT) y el Banco Mundial. A esto se suma las pérdidas humanas que en la mayoría de casos son parte de la clase media y baja. El porcentaje de víctimas y de accidentes de tránsito ocasionados en el año 2011 es menor al del año 2010, de acuerdo a un artículo publicado por el diario EL COMERCIO (datos registrados de enero a noviembre). En la tabla 1.2 y 1.3 respectivamente están representados los datos estadísticos. En la figura 1.1 se encuentran registrados los porcentajes de los datos de tabla 1.2.

Tabla 1.2 Víctimas en accidentes de tránsito

AÑO	TOTAL	VÍCTIMAS	
		FALLECIDOS	HERIDOS
2010	22 485	2 313	20 172
2011	19 284	1 853	17 431

(EL COMERCIO, 2012)²

Tabla 1.3 Accidentes de tránsito

AÑO	TOTAL
2010	25 588
2011	22 266

(EL COMERCIO, 2012)³

² www.elcomercio.com, País, Accidentes de tránsito, Zona Urbana, Estadísticas

³ www.elcomercio.com, País, Accidentes de tránsito, Zona Urbana, Estadísticas

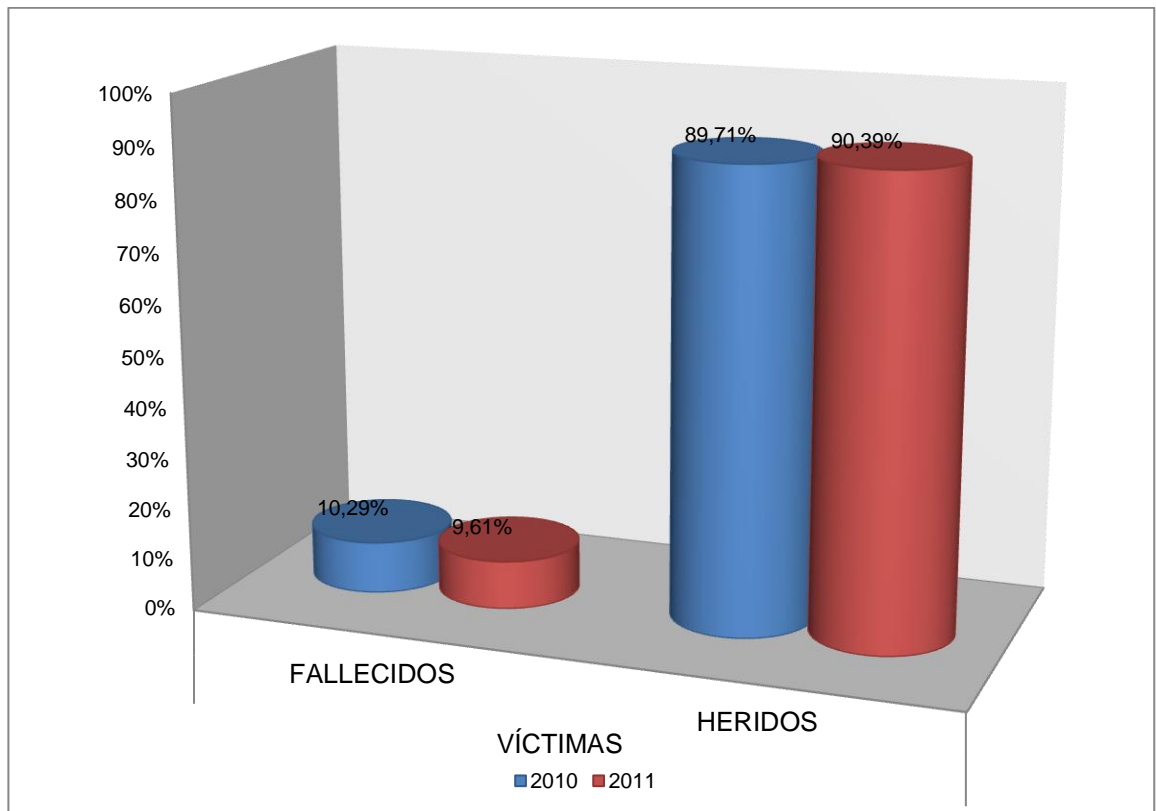


Figura 1.1 Porcentaje de víctimas de accidentes de tránsito, año 2010 y 2011

En la zona urbana es el lugar donde se produce un mayor porcentaje de siniestros, el tipo de vehículo que ocasionan un alto número de accidentes es el automóvil y la categoría de licencia tipo sportman B tiene un elevado índice de accidentes de tránsito, de acuerdo con los datos presentados en un artículo por el diario EL COMERCIO que fueron registrados de enero a noviembre del 2011 a nivel nacional, excepto la provincia del Guayas. En la tabla 1.4 se evidencia los datos con sus respectivos índices.

Tabla 1.4 Variables en la generación de accidentes de tránsito

ZONA		CLASES DE VEHÍCULOS				ACCIDENTES POR CATEGORÍA			
Rural	Urbana	Automóvil	Camioneta	Motocicleta	Bus	Licencias profesionales		Licencias no profesionales	
						E	D	B	A
932	2 134	4 957	2 549	1 795	863	2 622	549	4 034	992

(EL COMERCIO, 2012)⁴

En la actualidad las autoridades competentes como la Policía Nacional, La Dirección Nacional de Control del Tránsito y Seguridad Vial, La Comisión de Tránsito del Ecuador y la Agencia Nacional de Tránsito están tomando medidas para reducir los altos índices de siniestros, mediante campañas, sistemas electrónicos y sistemas de vigilancia y control, con el fin de evitar pérdidas humanas tanto en la ciudad, perimetral y carreteras.

2.1.1 FACTORES QUE INCIDEN EN LA GENERACIÓN DE ACCIDENTES VIALES

Los accidentes de tránsito en su mayoría son ocasionados por causa del factor humano, debido a que el conductor es el responsable de llevar el control del vehículo y evitar cualquier tipo de siniestro, según La Dirección Nacional de Control del Tránsito y Seguridad Vial DNCTSV la imprudencia del conductor es la primera causa de accidentes. La tabla 1.5 indica las causas principales que ocasionaron los accidentes de tránsito en el país desde el año 2009 hasta el 2011.

Tabla 1.5 Principales causas de accidentes de tránsito

CAUSA DE ACCIDENTE	PORCENTAJE
Impericia e imprudencia	56,6%
Exceso de velocidad	19,7%
Embriaguez del conductor	9,5%
Imprudencia del peatón	5,5%
Mal estado de la vía	2,6%
Otras causas	2,5%
Daños mecánicos	2,1%
Factores climáticos	1,6%
TOTAL	100%

(DNCTSV, 2011)⁵

⁴ www.elcomercio.com, País, Accidentes de tránsito, Zona Urbana, Estadísticas

2.1.1.1 Conductores Imprudentes

De acuerdo con las estadísticas del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), los accidentes de tránsito son la primera causa de muerte entre los jóvenes latinoamericanos de entre 15 y 30 años.

Anualmente en Latinoamérica mueren 120.000 personas por accidentes, de las cuales el 40% son peatones. Además se registran alrededor de 360.000 heridos.

Los accidentes en las vías es un problema nacional que hoy en día afecta a gran parte de la población, el Servicio de Investigación de Accidentes de Tránsito (SIAT) determina que el 98% de accidentes se produce por descuido de peatones y conductores, y el 2% por desastres naturales como: derrumbes, terremotos, temblores y casos fortuitos.

En el año 2012 Ecuador ha sido testigo de muchas pérdidas humanas en las carreteras causadas por conductores que no toman conciencia ni responsabilidad al momento de manejar.

En un informe emitido por la Comisión de Tránsito del Ecuador sólo en la provincia del Guayas se registraron un alto índice en el tipo de accidentes por: choque lateral perpendicular (19%), atropello (18%) y choque por alcance (17%), registrados en el primer cuatrimestre del año 2012. En la tabla 1.6 se evidencia los datos estadísticos. En la figura 1.2 se representa porcentualmente de los tipos de accidentes que ocurren con mayor frecuencia.

⁵ Fuente: -Secc. Estadísticas DNCTSV -CTG

Tabla 1.6 Tipos de accidentes de tránsito, primer cuatrimestre del año 2012

TIPO DE ACCIDENTE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	TOTAL
Choque lateral perpendicular	123	127	136	109	495
Atropello	110	109	118	117	454
Choque por alcance	102	112	129	94	437
Estrellamiento	108	85	100	105	398
Choque lateral angular	66	85	100	69	320
Perdida de carril	61	73	54	50	238
Roce negativo	43	57	63	61	224
Choque frontal excéntrico	18	29	21	22	90
Colisión	23	22	20	17	82
Volcamiento	20	13	19	15	67
Caída de pasajero	10	14	18	17	59
Accidente atípico	14	15	16	12	57
Rozamiento	7	6	11	13	37
Roce positivo	8	5	11	7	31
Choque frontal longitudinal	6	5	1	6	18
Arrollamiento	4	3	1	6	14

(Comisión de Tránsito del Ecuador, 2012)⁶

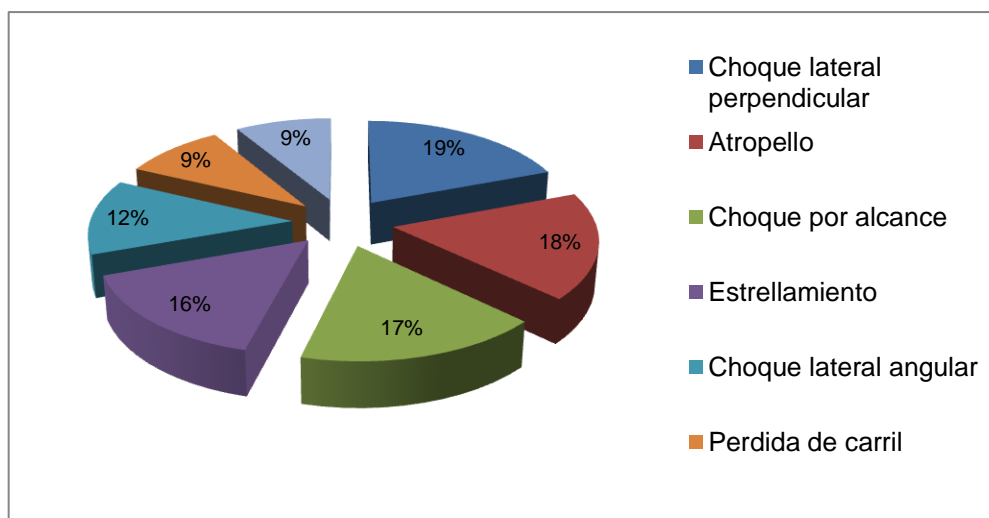


Figura 1.2 Porcentaje de los tipos de accidentes con mayor ocurrencia

Los tipos de accidentes indicados en la figura 1.2 son los que tienen mayor incidencia en las zonas urbanas, debido a que él conductor no respeta las señales de tránsito, los límites de velocidad y menos aún no mantiene una

⁶ www.cte.gob.ec, Informativo, Estadísticas

distancia segura, por lo cual se va a realizar una descripción de cada uno de ellos y a partir de este punto se va a designar como impactos vehiculares a los accidentes con el fin de evitar confusión entre choque y colisión, puesto que en los dos casos implica un contacto violento entre dos vehículos, un vehículo y un peatón, un vehículo y un objeto fijo, etc.

2.1.1.1.1 Tipos de impactos

a) Impacto lateral perpendicular

Es el impacto de la parte frontal de un vehículo contra la parte lateral de otro vehículo formando ángulo de 90 grados, en la figura 1.3 se observa un ejemplo.



Figura 1.3 Impacto lateral perpendicular

b) Atropello

Es el impacto violento de un vehículo en movimiento contra un peatón o un animal, distinto al encontronazo que es cuando el peatón impacta al vehículo, en la figura 1.4 se aprecia un ejemplo.



Figura 1.4 Atropello

c) Impacto por alcance

Se produce cuando un vehículo circula a mayor velocidad que el que le precede y al que golpea en su parte posterior, en la figura 1.5 se tiene un ejemplo.

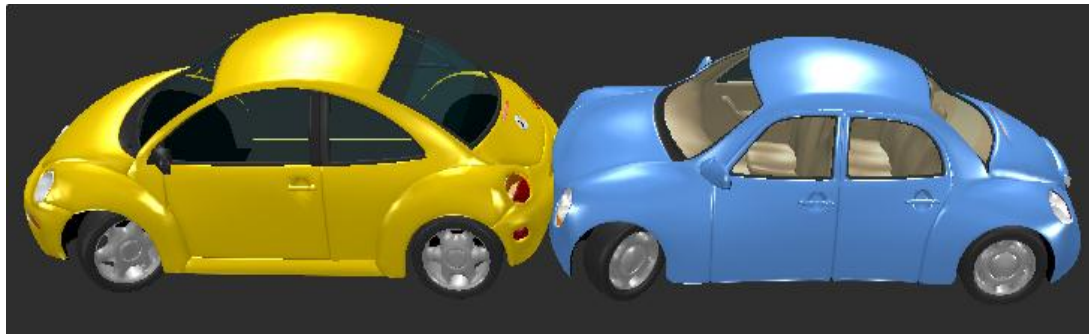


Figura 1.5 Impacto por alcance

d) Estrellamiento

Es el impacto ocasionado por dos vehículos en movimiento, en la figura 1.6 se puede apreciar un ejemplo.



Figura 1.6 Estrellamiento

e) Impacto lateral angular

Es el impacto entre dos vehículos y se da cuando los ejes longitudinales forman un ángulo inferior a 90° , en la figura 1.7 se observa un ejemplo.



Figura 1.7 Impacto lateral angular

f) Pérdida de carril

Se produce cuando el conductor no sigue la trayectoria de la vía en la que va circulando, es decir invade un carril de manera voluntaria o involuntaria, en la figura 1.8 se tiene un ejemplo.



Figura 1.8 Pérdida de carril

g) Roce negativo

Se produce cuando dos vehículos impactan sus laterales en el momento en que circulan en el mismo sentido. Esta colisión se puede presentar cuando un vehículo está adelantando, en la figura 1.9 se observa un ejemplo.

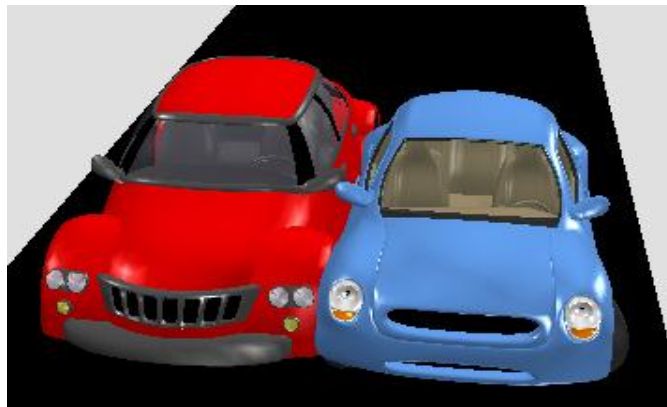


Figura 1.9 Roce negativo

2.1.1.2 Exceso de velocidad

El exceso de velocidad es la segunda causa que ocasiona accidentes de tránsito, según La Dirección Nacional de Control del Tránsito y Seguridad Vial (DNCTSV), debido a que los conductores irrespetan los límites de velocidad permitidos tanto en la ciudad, carretera y perimetrales, poniendo en riesgo su vida y la de los que circulan por las vías. A esto se suma las víctimas mortales, las personas con discapacidad y los daños materiales que genera esta causa.

Por este motivo las autoridades competentes han tomado medidas para sancionar y multar a los conductores renuentes a obedecer las normas de tránsito.

Se debe tomar en consideración que la velocidad y la condición del conductor están íntimamente relacionadas y como consecuencia se tiene:

- El recorrido del vehículo aumenta con la velocidad
- Se pierde el control cuando la velocidad del vehículo alcanza niveles altos
- El impacto en caso de un accidente aumenta en gran medida debido al incremento de velocidad
- Disminuye la respuesta que el conductor pueda tener en caso de un accidente.

La velocidad también puede ser afectada por varios factores para que se produzca un accidente fatal como por ejemplo:

- La condición del conductor
- El estado de las vías
- El clima en la carretera
- La condición del vehículo

2.1.1.3 Límites de velocidad

Los conductores no respetan los límites de velocidad establecidos especialmente en las zonas urbanas, esto ha ocasionado reformas en la Ley de Tránsito y por ende las multas y sanciones son más severas, todo esto se ha realizado para concienciar a los conductores y disminuir las cifras de víctimas por esta causa.

A continuación los límites de velocidad tipificados en el Capítulo V del Reglamento General para la Aplicación de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial “DE LOS LIMITES DE VELOCIDAD”

Art. 192 RG.- Los límites máximos de velocidad vehicular permitido en las vías públicas, con excepción de trenes y autocarriles, son los siguientes:

1. Vehículos livianos:
 - Dentro del perímetro urbano: 50 k/h;
 - En vías perimetrales: 90 k/h; y,
 - En carretera: 100 k/h.
2. Vehículos de transporte público y comercial de pasajeros:
 - Dentro del perímetro urbano: 40 k/h;
 - En vías perimetrales: 70 k/h; y,
 - En carretera: 90 k/h.
3. Vehículos de transporte de carga, en carretera:
 - Camiones pesados y combinaciones de camión remolque: 70 k/h.
 - Vehículos que remolquen acoplados u otros automotores: 50 k/h.
4. Motocicletas y similares:
 - Dentro del perímetro urbano: 50 k/h;
 - En vías perimetrales: 90 k/h; y,
 - En carretera: 100 k/h.

La circulación de este tipo de vehículos dentro del perímetro urbano y vías perimetrales, se regirá a los límites, rutas y horarios establecidos por el organismo competente.

Art. 193.- Los límites máximos de velocidad señalados, en el artículo anterior, serán observados en vías rectas y a nivel y en circunstancias que no atenten contra la seguridad de otros usuarios.

Art. 194.- Todos los vehículos al aproximarse a una intersección no regulada circularán a una velocidad máxima de 30 Km/h, de igual forma cuando circulen por las zonas escolares.

Art. 195.- Se prohíbe conducir a velocidad reducida que impida la circulación normal de otros vehículos, salvo que la velocidad sea necesaria para conducir con seguridad o en cumplimiento de disposiciones reglamentarias.⁷

2.1.1.4 Sanciones por exceso de velocidad

Las sanciones para quienes excedan los límites de velocidad están tipificadas en la Ley Orgánica Reformatoria a la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, publicada en el Registro Oficial No.415 del 29 de Marzo del 2011:

Contravención grave de primera clase:

Art. 142 LOTT.- Incurren en Contravención grave de primera clase y serán sancionados con multa equivalente al treinta por ciento (30 %) de la remuneración básica unificada del trabajador en general (US\$ 79,20) y reducción de 6 puntos en su licencia de conducir:

g) El conductor que con un vehículo automotor excediere dentro de un rango moderado los límites de velocidad permitidos, de conformidad con el reglamento correspondiente;

Contravención muy grave:

Art. 145 LOTT.- Incurre en contravención muy grave y será sancionado con prisión de tres días, multa de una remuneración básica unificada del trabajador en general (US \$ 264), y reducción de diez puntos en su licencia de conducir:

⁷ Ley de tránsito y transporte terrestre. Límites de velocidad

e) El conductor, que con un vehículo automotor excediere los límites de velocidad fuera del rango moderado, de conformidad con el reglamento correspondiente;⁸

En la tabla 1.7 se va a detallar los límites de velocidad permitidos y las sanciones en caso de incumplir con las normativas viales.

Tabla 1.7 Límites de velocidad y sanciones

TIPOS	ÁREA	LIMITES	RANGO MOD.	CON. GRAVE 1ra. Clase	CON. MUY GRAVE
LIVIANOS	Urbano	50 K/h	5	50 – 55	+ de 55
	Perimetral	90 K/h	10	90 – 100	+ de 100
	Carretera	100 K/h	20	100 – 120	+ de 120
PUBLICO Y COMERCIAL	Urbano	40 K/h	5	40 – 45	+ de 45
	Perimetral	70 K/h	10	70 – 80	+ de 80
	Carretera	90 K/h	15	90 – 105	+ de 105
Camiones Pesados y combinaciones de camión remolque	Carretera	70 K/h	5	70 – 75	+ de 75
Vehículos que remolquen acoplados u otros automotores	Carretera	50 K/h	10	50 – 60	+ de 60
MOTOCICLETAS Y SIMILARES	Urbano	50 K/h	5	50 – 55	+ de 55
	Perimetral	90 K/h	10	90 – 100	+ de 100
	Carretera	100 K/h	20	100 – 120	+ de 120
SANCION:				Multa: \$ 79,20 Puntos: - 6	PRISION: 3 días Multa: \$ 264,00 Puntos: - 10

(Ecuador Vial, 2011)⁹

Los rangos moderados establecidos en la tabla 1.7 son un ejemplo, debido a que no están especificados en la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial

2.1.2 LESIÓN POR SINIESTROS

Durante los accidentes de tránsito, los perjudicados tanto física, emocional y económicamente son: el conductor, pasajeros y peatones. Pero en un siniestro vial se debe considerar, cuando una persona es afectada físicamente corre el riesgo de quedar con lesión, discapacidad o en el peor de los casos en estado

⁸ www.ecuador-vial.com, límites de velocidad y los rangos moderados, exceso de velocidad

⁹ www.ecuador-vial.com, límites de velocidad y los rangos moderados, exceso de velocidad

vegetativo permanente. En este apartado se va a ser referencia a las lesiones que se dan por un siniestro dentro de la ciudad, es decir a bajas velocidades pero que de igual manera perjudica a la salud de las personas involucradas en un accidente.

2.1.2.1 Latigazo Cervical

Una de las lesiones más comunes que se originan en un siniestro es el latigazo cervical o Whiplash Injury en inglés.

En el impacto por alcance posterior, anterior y lateral se da este tipo de lesión, pero en el primero es más común debido a que sin importar la velocidad a la que ocurra el accidente siempre va a existir un desplazamiento brusco del vehículo y por ende del conductor y pasajeros.

“El latigazo cervical se produce cuando hay un repentino movimiento de la cabeza hacia atrás (hiperextensión), hacia delante (hiperflexión) o ambas. Esto lesiona diversas estructuras del cuello como músculos, ligamentos y articulaciones.

Los síntomas que produce van desde el dolor cervical hasta dolor irradiado a los hombros, brazos y manos, hormigueos en las manos, dolores de cabeza, disminución de la movilidad del cuello, mareos y vértigo. A veces estos síntomas pueden no aparecer hasta días, semanas o incluso meses después del traumatismo.”¹⁰

En la figura 1.10 se puede apreciar cómo se produce un latigazo cervical y la manera que afecta al conductor.

¹⁰ www.institutferran.org, esguince

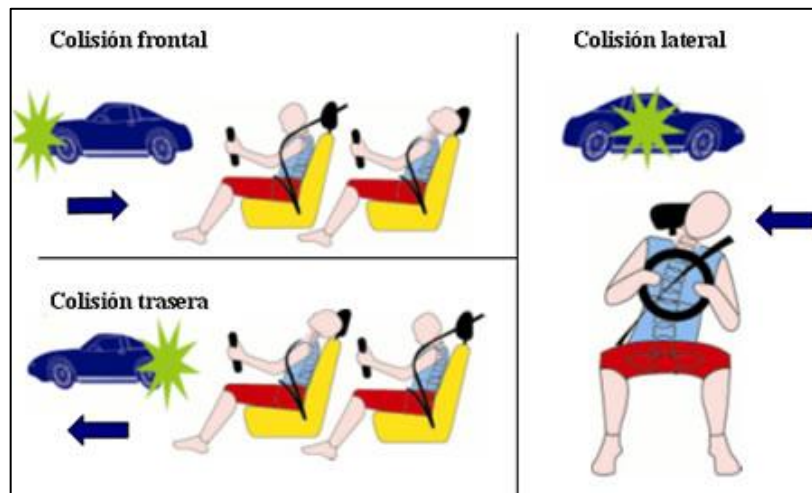


Figura 1.10 Impactos y lesiones por alcance (RACE, 2003)¹¹

2.1.2.2 Cervicalgia

Una lesión común causada en un siniestro es la cervicalgia en términos médicos. Es el dolor que se presenta en el cuello después de ser víctima de un impacto por alcance, esta lesión en el caso de ser aguda requiere de un tratamiento. En la figura 1.11 se puede apreciar los movimientos bruscos que se producen en el cuello por un accidente de tránsito

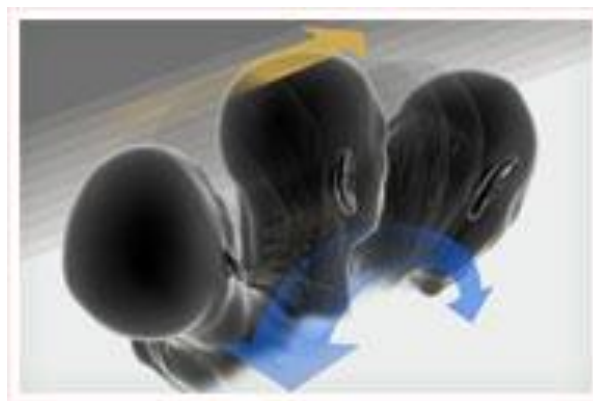


Figura 1.11 Cervicalgia (CERVICALGIA, 2012)¹²

¹¹ www.micoche.com, reportajes, coches, latigazo cervical

¹² www.cervicalgia.com, Cervicalgia y accidentes de tráfico

2.1.2.3 Dorsalgia

Una lesión que se produce en un siniestro es la dorsalgia.

“La dorsalgia se define como el dolor a nivel de las vértebras dorsales o episodios dolorosos agudos que impiden cualquier actividad, llegando a condicionar, de manera muy negativa, la calidad de vida de la persona que la padece.”¹³

En la figura 1.12 se encuentra la parte afectada en la columna cuando se produce un siniestro.



Figura 1.12 Dorsalgia
(Vivir sin dolor, 2008)¹⁴

Las lesiones ocasionadas en un accidente de tránsito se pueden evitar con una conducción segura, respetando las señales de tránsito y manteniendo una distancia prudente con el vehículo que lo antecede.

2.2 DISTANCIA DEL VEHÍCULO

Uno de los impactos más comunes que sucede en un siniestro vial en las zonas urbanas es el impacto por alcance, debido a que el conductor no mantiene una distancia segura, por lo cual al momento de que el vehículo que va delante frena bruscamente, se desencadena un accidente. En el título IX, Capítulo I, Art

¹³ Prévot, Floriane. 1998. Dolores de espalda sus causas y sus remedios. Barcelona: Altalena.

¹⁴ www.vivirsindolor.com, Dolor de columna

140 del Reglamento General para la Aplicación de la Ley Tránsito y Transporte Terrestre se encuentra tipificado lo siguiente:

“Art. 140.- Todo ciudadano conductor deberá mantener una distancia prudencial con respecto al que le antecede, de tal forma que le permita detenerse ante cualquier emergencia.

Para observar dicha distancia deberá considerarse la velocidad, el estado del vehículo, el tiempo atmosférico, el tipo de vía, las condiciones de la calzada y del tránsito existente al momento de la circulación.”¹⁵

2.2.1 DISTANCIAS SEGURAS DEL VEHÍCULO

Todo conductor debe manejar prudentemente para no invadir el espacio de otros vehículos y evitar cualquier tipo de impacto. Para tener una visión clara de lo que sucede en el instante que se pone en marcha el vehículo, se va a realizar una descripción de los tipos de distancias que existe y cómo influyen en la conducción.

2.2.1.1 Distancia de reacción

Para determinar esta distancia es necesario saber que el tiempo de reacción es el tiempo que transcurre desde que el conductor observa un obstáculo o una situación imprevista hasta que reacciona, este tiempo varía por el estado físico del conductor y nunca por la velocidad y por el estado de la vía. El tiempo medio de reacción de un conductor es de aproximadamente 0,75 segundos, entre 0,5 y 1 segundo.

La distancia de reacción es la distancia que recorre el vehículo durante el tiempo de reacción. Esta distancia varía en función de la velocidad, es decir a mayor velocidad mayor es la distancia de reacción.

¹⁵ www.corpaire.org, Varios, Reglamento General Ley Transito

2.2.1.2 Distancia de frenado

Distancia de frenado es el espacio que recorre el vehículo desde que accionamos el freno hasta su detención total. Esta distancia puede variar dependiendo de los siguientes factores:

- Estado de los neumáticos, suspensión y frenos del vehículo.
- Carga del vehículo.
- Velocidad a que se circula el vehículo.
- Condiciones meteorológicas de la vía.
- Estado del pavimento.

Se debe considerar que la distancia de frenado aumenta al doble en pavimento mojado y es hasta diez veces más cuando existe hielo en la calzada.

2.2.1.3 Distancia de detención

La distancia de detención también llamada de parada técnica, es la suma de los trayectos recorridos en la distancia de reacción y en la distancia de frenado, es decir desde el momento que el conductor observa un obstáculo o una situación imprevista hasta la detención total del vehículo.

2.2.1.4 Distancia de seguridad

La distancia de seguridad es el espacio que se debe dejar entre un vehículo y el que lo precede con el fin de evitar un impacto por alcance posterior en el caso de un frenado brusco por parte del primer vehículo.

Es necesario aumentar este espacio en función de:

- El estado del vehículo.
- La velocidad del vehículo.
- Estado psicofísico del conductor.

- La falta de visibilidad (niebla, humos, nieve).
- Las condiciones de adherencia del pavimento.

2.2.1.4.1 Cálculo de la distancia de seguridad

Una forma de calcular la distancia de seguridad es aplicando la regla de dos-tres- cuatro segundos:

- *Mire al vehículo delante de usted cuando éste pase un objeto fijo tal y como un paso a nivel, una esquina u otra marca fija.*
- *Empiece a contar los segundos que le toman a usted a llegar al mismo lugar de la calle o carretera.*
- *Si llega al lugar antes de que haya contado dos, tres o cuatro segundos, está siguiendo demasiado cerca. Baje la velocidad y aumente la distancia entre el carro delantero y el suyo.*
- *En condiciones de mal tiempo, mucho tráfico, pavimento en malas condiciones o si su vehículo está en malas condiciones, agregue más segundos para aumentar la distancia.*¹⁶

En la figura 1.13 se puede observar la forma de aplicar la regla de los de dos-tres- cuatro segundos.

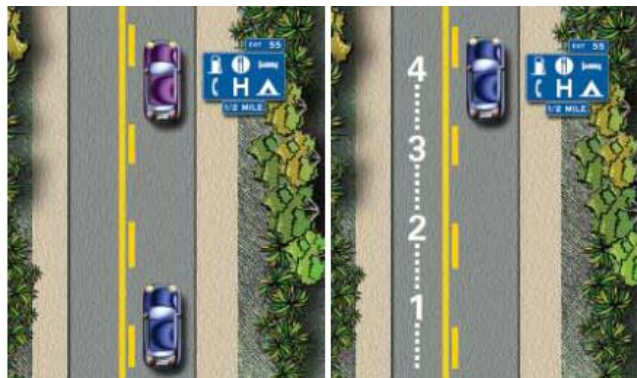


Figura 1.13. Regla de los dos-tres-cuatro segundos

¹⁶ www.dmv.state.va.us, Manual del conductor de Virginia, Sección 3, Prácticas seguras de conducir, Pg. 18

2.2.2 CAMPO VISUAL EN LA CONDUCCIÓN

El campo visual es el área que incluye la visión nítida. La mayor parte de la información que capta el conductor es a través de los ojos, en un cuadro de tránsito utiliza la zona de la vista más amplia que es de 170° , lo cual permite una reacción adecuada en el tránsito.

El campo visual puede verse afectado por diversos factores como: el estado físico del conductor, el diseño del vehículo, las condiciones climáticas, el tránsito y la velocidad de circulación.

En el día el conductor tiene un mejor campo visual puesto que puede ver un amplio tramo de la calzada tanto hacia adelante, hacia atrás y los costados, permitiendo una conducción más segura, pero el campo visual en la noche depende del alcance de las luces del vehículo que es aproximadamente hasta los 150m con una zona de la vista de 80° . En la figura 1.14 se puede apreciar cómo el campo visual de un conductor se ve afectado por la velocidad, es decir están íntimamente relacionadas. A mayor velocidad el campo visual disminuye.

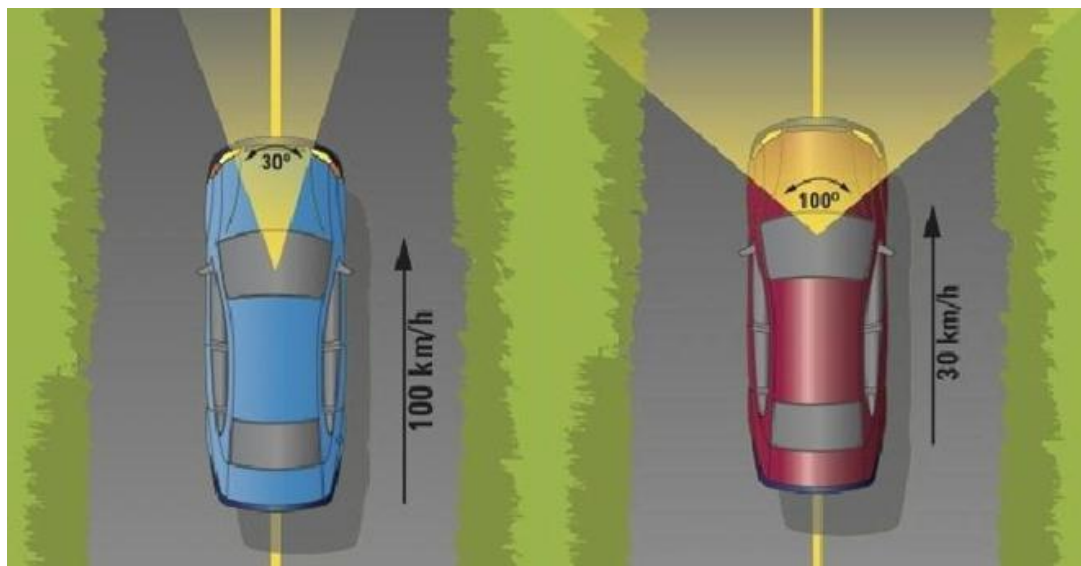


Figura 1.14. Relación de la velocidad y el campo visual

2.3 NORMAS PARA UNA CONDUCCIÓN SEGURA

Una conducción segura depende principalmente del conductor, debido a que es el responsable guiar y controlar al vehículo cuando es puesto en marcha.

Una conducción segura implica respetar los límites de velocidad, las señales de tránsito y ante todo el espacio que ocupan los demás vehículos en las vías, a más de esto, es manejar con los cinco sentidos y de manera prudente.

A continuación se va a detallar unas normas básicas para una conducción segura:

- Mantener una distancia segura entre el vehículo y el que lo precede
- Respetar los límites de velocidad tanto en las zonas urbanas, en las perimetrales y en las carretas.
- Manejar prudentemente, anticipando las situaciones de riesgo.
- No conducir bajo los efectos de ninguna droga.
- Respetar las señales de tránsito.
- Reducir la velocidad en horas de la noche.
- No invadir el espacio de los vehículos que están en circulación.
- Mantener una buena percepción de las dimensiones del vehículo y las distancias prudentes al realizar maniobras de parqueo.
- Revisar al vehículo antes de ponerlo en marcha, para descartar posibles fallas mecánicas.

2.4 GENERALIDADES

2.4.1 AUTOMATIZACIÓN EN LOS VEHICULOS

La automatización va tomando más campo en la industria automotriz, esto se puede evidenciar en el incremento de asistentes de conducción incorporados en vehículos de producción, con el objetivo de *mejorar el tráfico de nuestras*

*ciudades, aumentar la seguridad, ahorrar energía y reducir la huella ecológica del transporte en automóviles*¹⁷.

Cada día las marcas de autos más reconocidas como FORD, MERCEDEZ BENZ, AUDI invierten tiempo y dinero en el diseño de sistemas de conducción más seguros y con menor intervención del humano. Para esto se valen de los nuevos sistemas de comunicación como el GPS y el Wi-Fi que permiten intercambiar información entre vehículos, sobre el tráfico, riesgo de colisión, la detención repentina de vehículos entre otros datos, lo cual contribuye en la disminución de los accidentes de tránsito y un menor consumo de combustible.

2.4.1.1 Sensores en el automóvil

Los sensores se han convertido en una parte fundamental en el funcionamiento del vehículo, debido a que mediante las señales eléctricas que transmiten se puede evaluar el estado del vehículo, la seguridad y confort de los ocupantes. Los automóviles modernos pueden estar equipados de 60 a 70 sensores en total, y están distribuidos en cada sistema del vehículo como la transmisión, frenado, carrocería, conducción y navegación.

Los fabricantes de la industria automotriz procuran diseñar autos equipados con toda la electrónica que permita tener control sobre los sistemas del vehículo y de esta manera dar confort y seguridad a los pasajeros. En la figura 2.1 se observa los sensores que están presentes en el automóvil y contribuyen en su correcto funcionamiento.

¹⁷ www.tecmovvia.com. Tecnología y coches de nueva generación

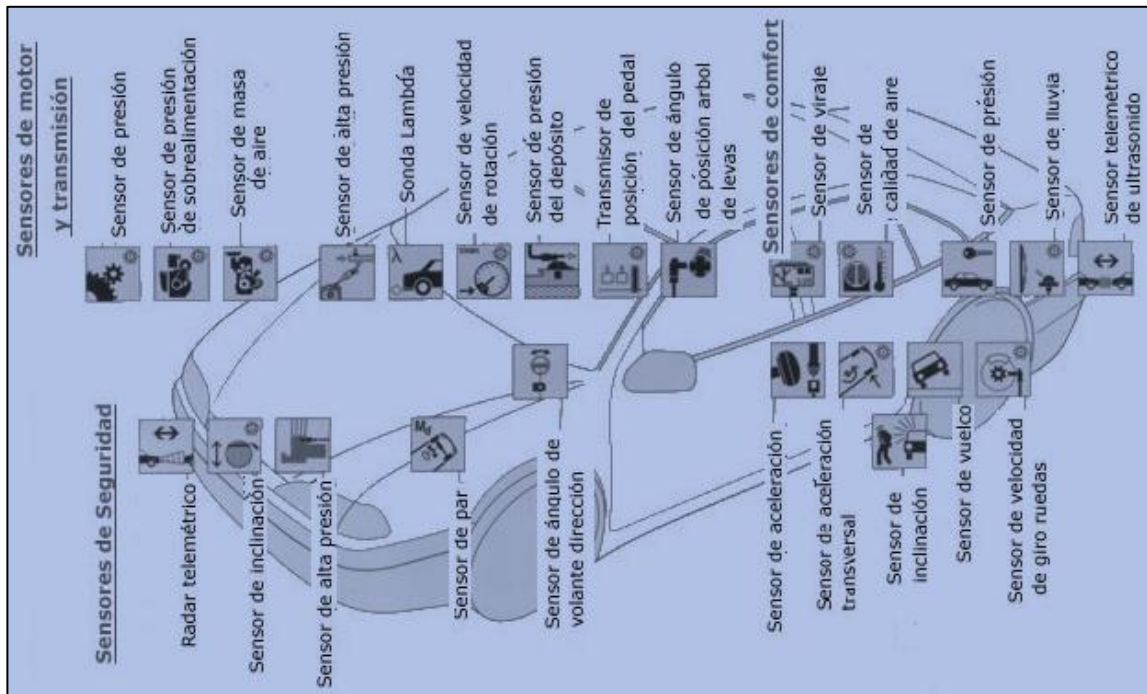


Figura 2.1 Sensores equipados en el vehículo

Los sensores en el vehículo pueden clasificarse en tres categorías según su función y aplicación:

a) Sensores de motor y transmisión

Este tipo de sensores son los encargados de informar el estado del motor y transmisión con el fin de regular y evitar fallas en el vehículo. Los siguientes sensores pertenecen a esta categoría:

1. Sensor de presión (Mando de cambio Motronic).
2. Sensor de presión de sobrealimentación (Regulación electrónica diesel, Motronic).
3. Sensor de masa de Aire (Motronic).
4. Sensor de picado (Motronic).
5. Sensor de presión ambiente (Motronic).

6. Sensor de alta presión (Inyección directa de gasolina Common Rail).
7. Sonda lambda.
8. Sensor de velocidad de rotación (Mando de cambio Motronic).
9. Sensor de presión del depósito (Diagnóstico de a bordo).
10. Transmisor de posición del pedal (Acelerador electrónico, Freno electrohidráulico).
11. Sensor de posición del ángulo de levas (Motronic).

b) Sensores de confort

Los sensores de confort están implementados en el vehículo con el fin de tener una conducción placentera, y están presentes en los automóviles de alta gama para dar tranquilidad y comodidad al conductor y pasajeros. Dentro de esta categoría se encuentran los siguientes sensores:

1. Sensor de viraje (navegación)
2. Sensor de calidad de aire (regulación calefacción y climatización)
3. Sensor de presión (cierre centralizado)
4. Sensor de lluvia
5. Sensor telemétrico de ultrasonido (vigilancia zona trasera, aparcamiento)

c) Sensores de seguridad

Los sensores que pertenecen a esta categoría son los encargados de asistir al conductor en caso de una conducta imprudente frente al volante, proporcionando información sobre magnitudes de consumo, desgaste y realiza un diagnóstico a bordo en el vehículo. A continuación los sensores forman parte de esta clasificación:

1. Radar telemétrico (ACC, Prevención de colisión).

2. Sensor de inclinación (Regulación de los faros).
3. Sensor de alta presión (ESP)
4. Sensor de par (Servodirección).
5. Sensor de ángulo de volante de dirección.
6. Sensor de aceleración transversal.
7. Sensor de ocupación de asiento.
8. Sensor de magnitud de giro o viraje.
9. Sensor de inclinación.
10. Sensor de vuelco.
11. Sensor de velocidad de giro de ruedas.

Debido a que los sensores de seguridad son los más relevantes en la realización del sistema propuesto se realizará un estudio de cada uno de ellos para determinar la función que cumplen y el aporte que dan al vehículo.

1. Radar telemétrico (ACC, Prevención de colisión)

Este sensor funciona con ondas de radar que provienen de una antena, la ubicación del sensor es en la parte frontal del automóvil y pueden tener un alcance de 150m. Monitorea constantemente la distancia que existe entre un vehículo y el que lo precede, haciendo que el conductor maneje seguro. En la figura 2.2 se observa al sensor de radar telemétrico



Figura 2.2 Sensor radar telemétrico

2. Sensor de inclinación (Regulación de los faros).

Son sensores de ángulo de giro, detentan el ángulo de inclinación de la carrocería, están montados en los ejes de las partes delantera y trasera de la carrocería y la inclinación del vehículo se mide partiendo de la diferencia de tensión de estos sensores. En la figura 2.3 se tiene un ejemplo de este sensor.



Figura 2.3 Sensor de inclinación

3. Sensor de alta presión (ESP)

Se emplean en el automóvil para medir la presión de combustible y del líquido de freno.

En el caso del sistema ESP este sensor mide la presión del líquido de freno en el grupo hidráulico, la presión en general es de 25 MPa (250 bares), y máximo de 35 MPa (350 bares). La unidad de control es la encargada de la medición y vigilancia de la presión. En la figura 2.4 se observa al sensor.

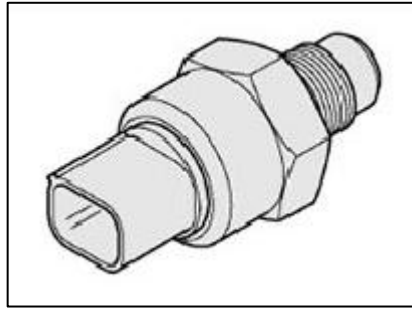


Figura 2.4 Sensor de alta presión

4. Sensor de par (Servodirección)

Este sensor es utilizado en el sistema de dirección eléctrica, el cual detecta el par de giro en el piñón de dirección, esto lo realiza mediante una barra de torsión que acopla a la columna y la caja de dirección. Para medir el par aplicado en la dirección se utiliza una rueda polar magnética que está ubicada en el elemento de conexión hacia la columna y un sensor magnetorresistivo que va fijado a la pieza de conexión hacia la caja de la dirección y al ser movido el volante estas dos piezas se intercalan obteniendo el par de la dirección y es transmitido mediante una señal a la unidad de control. En la figura 2.5 se puede observar el esquema del sensor de par.

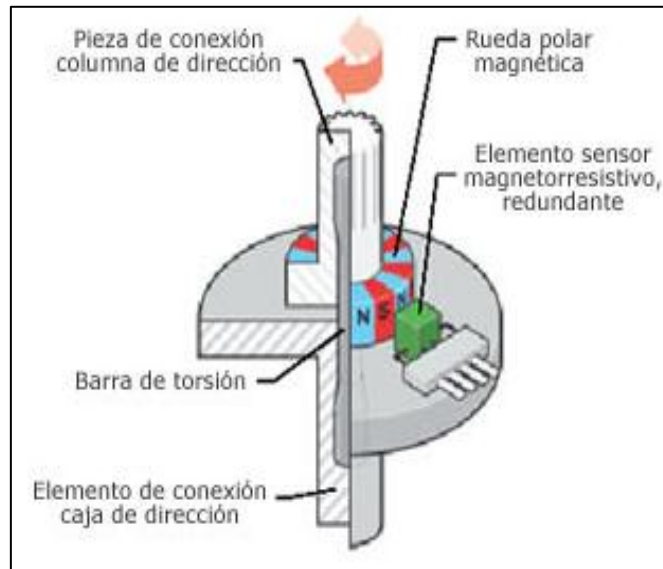


Figura 2.5 Esquema del sensor de par

5. Sensor de ángulo de volante de dirección

Este sensor detecta el ángulo de giro de la dirección y está ubicado en la columna de dirección, entre el mando combinado y el volante. Proporciona la señal para determinar el ángulo de la dirección, la cual es enviada a un analizador electrónico en la unidad de control mediante un CAN-Bus de datos. En la figura 2.6 se aprecia al sensor de ángulo de volante.

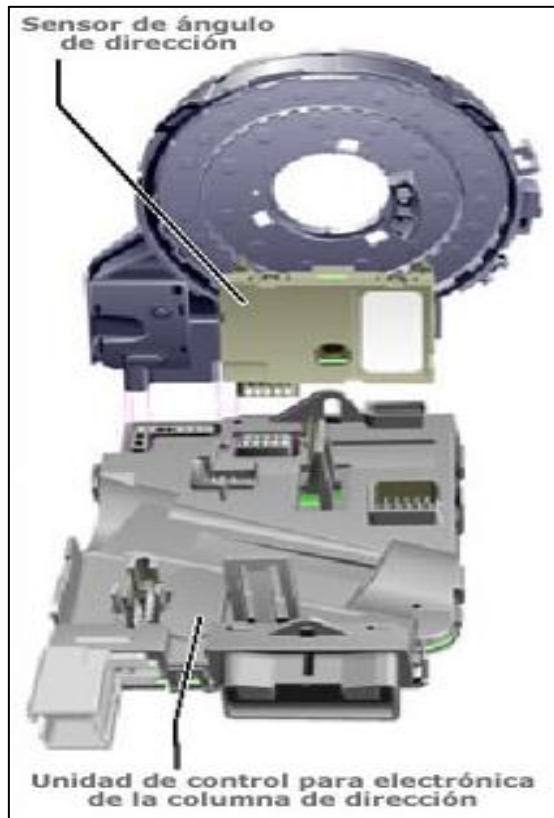


Figura 2.6 Sensor de ángulo de volante

6. Sensor de aceleración transversal

Este sensor mide la aceleración transversal a la que está sometida el vehículo en trayectorias curvas, está ubicado lo más cerca posible del centro de gravedad del vehículo, atornillado firmemente a la carrocería su funcionamiento se basa en un sensor Hall y un imán permanente que se mueve en función de la aceleración, con ello se hace variar la tensión. En la figura 2.7 se observa al sensor y las partes que lo conforman.

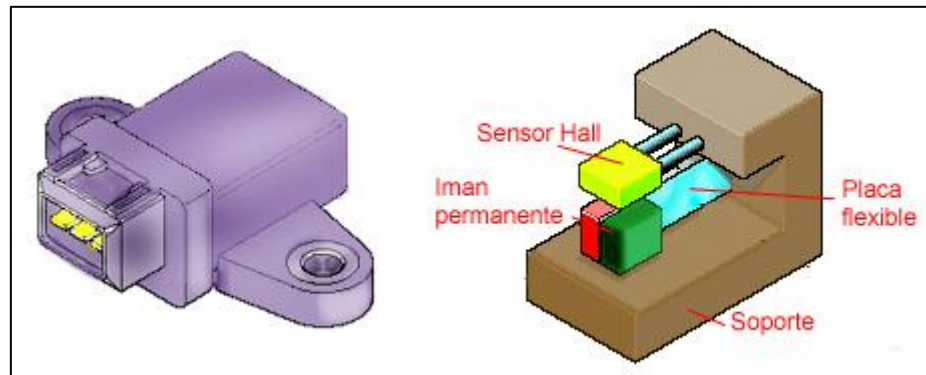


Figura 2.7 Sensor de aceleración transversal

7. Sensor de ocupación de asiento

El sensor es una lámina plástica extendida sobre la parte posterior del asiento del conductor y consta de varios sensores de presión. Este sensor reacciona ante la variación de presión y modifica su resistencia en función de la carga, es decir con el asiento ocupado la resistencia es baja y una alta resistencia indica asiento desocupado, esta información es utilizada por la unidad de control para activar el airbag en un accidente. En la figura 2.8 se aprecia al sensor.

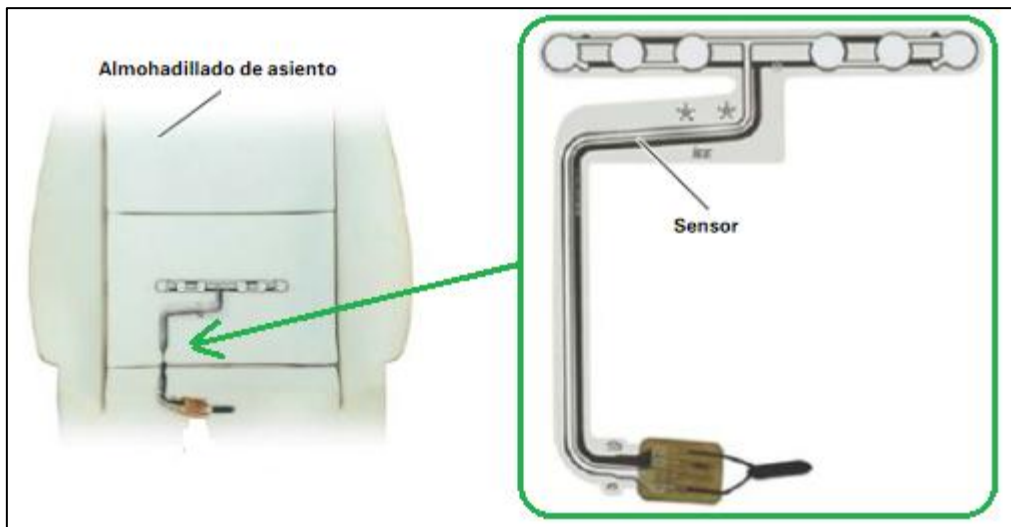


Figura 2.8 Sensor de ocupación de asiento

8. Sensor de magnitud de giro o viraje

Este sensor está ubicado lo más próximo al centro de gravedad del vehículo, por lo general debajo del asiento del conductor o del ocupante, mide la variación de la carrocería sobre el eje vertical. Esta información y la obtenida por el sensor de aceleración transversal permiten a la unidad de control del ABS determinar la trayectoria real del vehículo. El sensor consta de una serie de elementos piezoeléctricos situados en un pequeño cilindro metálico hueco. Este sensor es importante para la activación de la función ESP (Programa Electrónico de Estabilidad). En la figura 2.9 se observa al sensor de magnitud de viraje.

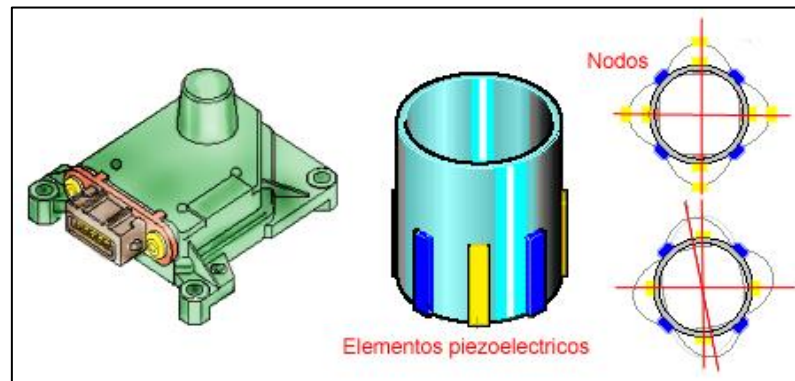


Figura 2.9 Sensor de magnitud de giro o viraje

9. Sensor de inclinación

El sensor de inclinación es utilizado para medir cambios de posición o vibraciones en un automóvil aparcado. Es un sensor que protege al vehículo de robo, manipulaciones de carrocería o intento de remolcado, puede ir integrado en la alarma acústica que activa el sistema de seguridad. En la figura 2.9 se encuentra un ejemplo de este tipo de sensor.



Figura 2.10 Sensor de inclinación

10. Sensor de vuelco

Este sensor registra los movimientos de rotación del vehículo y en conjunto con el sensor de aceleración revisa si las señales enviadas son confiables o no. El sensor de vuelco puede ir integrado en el módulo de control del airbag, mide el ángulo del vehículo para prever el vuelco y, llegado el caso, activar los airbags laterales y de cortina para proteger a los ocupantes de lesiones en la cabeza. En la figura 2.11 se observa a la ubicación de este sensor.

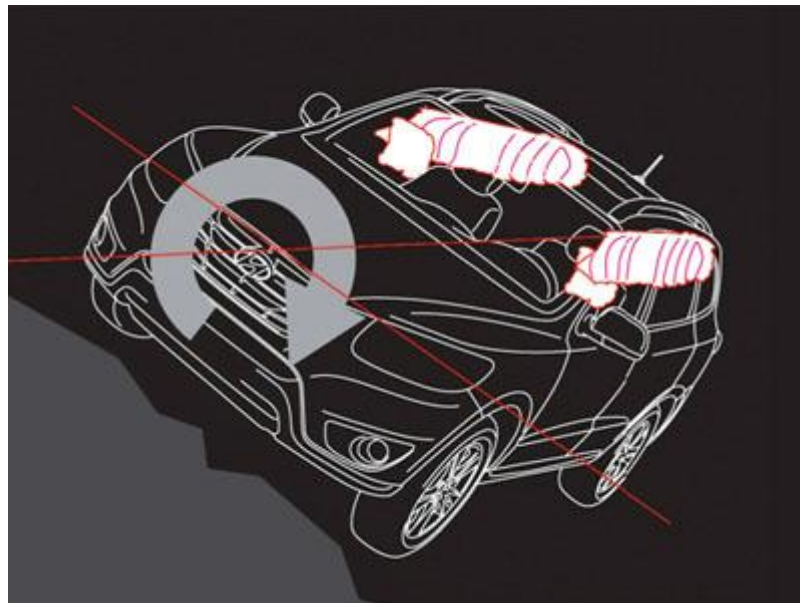


Figura 2.11 Sensor de vuelco (Hyundai Santa Fe)

11. Sensor de velocidad de giro de ruedas

Es un sensor utilizado en el sistema de control de estabilidad (ESP), la señal que envía este sensor es tomada por la unidad de control para averiguar la velocidad de giro de las ruedas. Existe dos clases de estos sensores: los pasivos y los activos que miden sin roce la velocidad de la rueda por medio de campos magnéticos. En la actualidad se usan los sensores de velocidad activos ya que detectan adicionalmente el sentido de giro y la parada de la rueda. En la figura 2.11 se tiene un ejemplo de este sensor.



Figura 2.12 Sensor de velocidad de giro de ruedas

2.4.2 ASISTENTES DE CONDUCCIÓN

La constante evolución de la industria automotriz por brindar al conductor y pasajeros confort y seguridad avanza a grandes pasos, debido a que cada marca de autos año tras año en los salones de automóviles presentan nuevos prototipos con sistemas inteligentes de conducción, de parqueo, amigables con el medio ambiente y que de una u otra forma asiste al conductor, pero en ningún caso trata de sustituirlo, debido a que el conductor es el responsable del manejo del vehículo y de las consecuencias que esto conlleva.

2.4.2.1 Sistemas de frenado automático

Un sistema de frenado automático monitorea constantemente la distancia que existe entre un vehículo y el que lo precede. En caso de existir un riesgo de

impacto el sistema advierte al conductor con señales luminosas y acústicas. Si el conductor no reacciona, el sistema frena a fondo para minimizar los daños y evitarlos a velocidades inferiores. El sistema consiste básicamente en un sensor que informa sobre la distancia que el vehículo mantiene, un módulo que recibe la señal y un actuador ubicado en el cilindro maestro del sistema de frenado o sobre las ruedas.

2.4.2.1.1 Vehículos que lo incorporan

Cada fabricante de autos incorpora un sistema distinto, empleando parámetros y tecnologías que difieren del resto. Los vehículos en producción de alta gama poseen este sistema, a continuación algunos ejemplos de estos:

- Volvo V60 es un automóvil de turismo del segmento D, según un estudio en España posee el sistema más eficaz y evita colisiones a un máximo de 40 km/h. En la figura 2.13 se puede observar un ejemplo de este vehículo



Figura 2.13 Volvo V60

- Audi A7 Sportback, une las mejores características de un coupé, de una berlina y de un familiar, posee un diseño deportivo y agresivo, y tiene un sistema de frenado con un alto nivel de anticipación aunque no funcione

óptimamente con obstáculos en reposo. La figura 2.14 muestra un A7 Sportback



Figura 2.14 Audi A7 Sportback

- Mercedes Benz CLS es un automóvil de turismo del segmento E y su asistente de frenado es eficaz al momento de evitar vehículos que circulen a distintas velocidades. En la figura 2.15 se encuentra un ejemplo de este vehículo.



Figura 2.15 Mercedes Benz CLS

El sistema de frenado automático pretende ser un asistente de conducción que contribuya a la seguridad del conductor, pero de ninguna forma va a sustituirlo,

puesto que el conductor es el responsable de que la distancia de seguridad y la velocidad sean adecuadas.

2.4.2.2 Asistentes de estacionamiento

El asistente de estacionamiento es un sistema que ayuda al conductor a estacionar el vehículo de forma correcta en espacios reducidos, manteniendo distancias prudentes tanto en la parte delantera y posterior el automóvil.

Este sistema emplea en su diseño básico de un sensor que es de proximidad este puede ser por ultrasonido, radar o infrarrojo, un módulo que recepta la información de los sensores y un display que informa la distancia que el vehículo mantiene en su parte posterior. En la figura 2.16 se puede apreciar los componentes de este sistema y la ubicación que tienen.

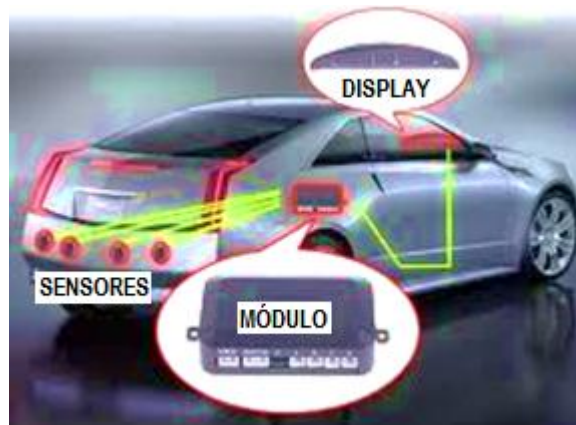


Figura 2.16 Sistema de estacionamiento

Una evolución de este sistema actúa sobre la dirección del vehículo, realizando la maniobra de estacionamiento sin intervención humana. Este asistente de estacionamiento consta con sensores de proximidad en los lados de la defensa, un dispositivo que rastrea el lugar para encontrar sitios disponibles con suficiente espacio para estacionar el vehículo y dirigir al conductor para un aparcamiento sencillo.

Las marcas de autos que incorporan esta tecnología son:

- Audi,
- Lexus,
- Toyota
- Volkswagen
- Ford

Cada fabricante invierte tiempo y dinero para desarrollar un sistema más sofisticado como es el caso de Volkswagen que tiene un sistema que opera de manera automática llamado PAV o “Sistema de visión para estacionamiento”. Este sistema es tan avanzado que se puede comandar el estacionamiento de vehículo sin la necesidad de estar dentro del mismo y sólo se requiere de un llavero para estacionarlo.

En la figura 2.17 se observa la forma que el sistema opera para estacionar el vehículo.

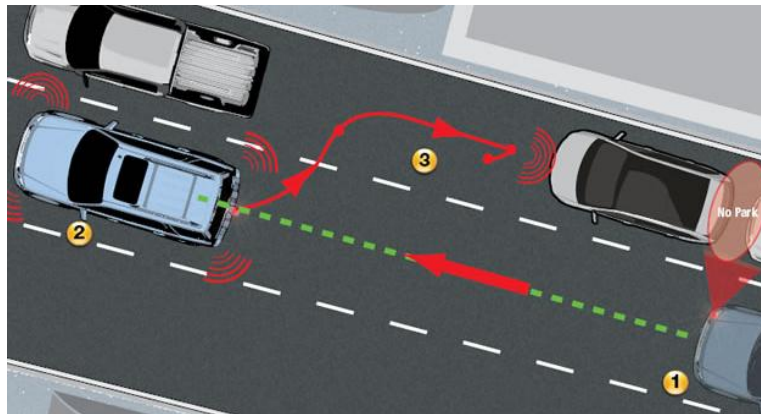


Figura 2.17 Asistente de estacionamiento, AutoPark™ de Ford

2.5 ESTÁNDARES DE SEGURIDAD RELACIONADOS CON EL SISTEMA DE FRENADO DEL AUTOMÓVIL.

A nivel nacional e internacional existen diversos organismos encargados de regular y controlar el desempeño de seguridad de los vehículos motrices y sus componentes.

Siendo el sistema de frenado el más relevante en el desarrollo de la tesis, se va a detallar los estándares que deben seguir los fabricantes de vehículos para asegurar un rendimiento óptimo tanto en condiciones normales como de emergencia.

2.1.1 ESTÁNDARES INTERNACIONALES

2.1.1.1 Normativa en Estados Unidos

La Administración Nacional de la Seguridad de Tráfico en Carreteras (NHTSA, National Highway Traffic Safety Administration), requiere que los sistemas de frenos nuevos de los vehículos, se ajusten a los estándares federales de seguridad de vehículos.

Estándares relacionados con la prevención de la Colisión:

- FMVSS 105: sistemas de frenado hidráulicos y eléctricos, especifica los requisitos para los sistemas de frenos hidráulicos y eléctricos de servicio para vehículos con un peso bruto vehicular (GVWR, gross vehicle weight rating) superior a 3500 kg (7716 lb).
- FMVSS 135, sistemas de frenos para vehículos ligeros, para vehículos de pasajeros con un peso bruto vehicular (GVWR, gross vehicle weight rating) inferior a 3500 kg (7716 lb).

2.1.1.2 Normativa en Europa

El Real Decreto 2028/1986, de 6 de junio, en el que se dictan normas para la aplicación de determinadas directivas de la CEE (Comunidad Económica Europea), relativas a la homologación de tipos de vehículos automóviles, remolques y semirremolques, así como de partes y piezas de dichos vehículos.

- *Directiva [71/320/CEE](#) del Consejo, de 26 de julio de 1971, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre los dispositivos de frenado de determinadas categorías de vehículos a motor y de sus remolques*

La presente Directiva establece los procedimientos relativos a la homologación CE en lo que respecta al dispositivo de frenado de determinados vehículos.

La presente directiva afecta a cualquier vehículo de motor destinado a circular por carretera, con o sin carrocería, con cuatro ruedas como mínimo y una velocidad máxima por construcción superior a 25 km/h, así como sus remolques, y que pertenezca a las categorías M (M1, M2, M3), N (N1, N2, N3) y O (O1, O2, O3, O4).

El dispositivo de frenado es el conjunto de órganos que tienen por función disminuir progresivamente la velocidad de un vehículo en marcha, hacer que se detenga o mantenerlo inmóvil si se encuentra ya detenido.

- *El dispositivo de frenado debe realizar las siguientes funciones:*
- *Frenado de servicio: controlar el movimiento del vehículo sin separar las manos del órgano de dirección.*
- *Frenado de socorro: detener el vehículo manteniendo el control del órgano de dirección con una mano al menos.*
- *Frenado de estacionamiento: mantener inmóvil el vehículo.*
- *Un dispositivo de frenado debe tener como mínimo dos mandos, independientes entre sí. El mando del dispositivo de frenado de*

servicio debe ser independiente del mando del dispositivo de frenado de estacionamiento.

Además de estas disposiciones, la Directiva establece normas de seguridad, un sistema de prueba de la eficacia de los dispositivos de frenado y un sistema de control de los vehículos.¹⁸

2.1.1.3 Normativa en Japón

Los estándares que se encuentran vigentes en Japón, establecen ciertos parámetros que deben cumplir los materiales que conforman cada pieza del sistema de frenos, con el fin de asegurar su máximo rendimiento cuando eeté transitando.

Las normas japonesas son:

- JIS D 2605: Piezas de automóviles – empaques de goma para cilindros hidráulicos de frenado usando una base de no-petróleo en el líquido de frenos hidráulicos.

Esta norma especifica empaques de goma moldeada y sellos para cilindros de rueda y maestro para sistemas de frenos hidráulicos de automóviles con un líquido de frenos usando base de no-petróleo.

- JIS D 2609: Vehículos de carretera - sellos elastoméricos para cilindros de freno de disco hidráulico con una base de no-petróleo en el líquido de freno hidráulico.

Esta norma especifica los sellos elastoméricos de cilindro de freno de disco hidráulico utilizando un líquido de freno hidráulico con base en no-petróleo para vehículos de carretera.

2.1.2 ESTÁNDARES NACIONALES

A nivel nacional la entidad encargada de hacer cumplir las normas y estándares de seguridad a cada fabricante de autos es la Agencia Nacional de Tránsito

¹⁸ www.europa.eu/legislation_summaries. Síntesis de la legislación de la UE

(ANT), a través del centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares (CCICEV) de la Escuela Politécnica Nacional.

El CCICEV, mediante pruebas de homologación garantiza que los vehículos nuevos cumplan con las normas INEN que están establecidas en Ecuador, con ello se busca una certificación de seguridad y fiabilidad, para todos los modelos que se comercializan en el mercado del país.

Las normas INEN que tratan sobre el sistema de frenado son las siguientes:

- NTE INEN 2185: Material de fricción para el sistema de frenos de automotores.

Esta norma establece los requisitos que debe cumplir y los ensayos a los cuales debe someterse el material de fricción empleado en los sistemas de frenos de los vehículos automotores.

Esta norma se aplica a los revestimientos de freno y a los ensamblajes de patillas y zapatas.

- RTE INEN 034: Elementos mínimos de seguridad en vehículos automotores.

Este Reglamento Técnico Ecuatoriano establece los requisitos mínimos de seguridad que deben cumplir los vehículos automotores con la finalidad de prevenir los riesgos para la salud, la vida de las personas y evitar prácticas que puedan inducir a error a los usuarios.

Frenos: los vehículos de cuatro o más ruedas deben disponer al menos dos sistemas de frenos de acción independientes uno del otro (servicio y estacionamiento) y por lo menos uno de estos debe accionar sobre todas las ruedas del vehículo y debe cumplir con las Normas Técnicas Ecuatorianas NTE INEN vigentes.¹⁹

¹⁹ www.aladi.org. Reglamento Técnico Ecuatoriano. INEN 034

CAPÍTULO III

DISEÑO ELECTRÓNICO Y MECÁNICO DEL SISTEMA DE FRENADO AUTOMÁTICO PROGRESIVO

En este capítulo se realizará una descripción general de los componentes eléctricos y mecánicos que se va a utilizar en el sistema de frenado automático progresivo.

Se definirá cada uno de los componentes, sus características técnicas y constructivas y mediante tablas, cuadros e imágenes se tendrá un mejor entendimiento del tema, con el fin de elegir los más idóneos al momento de diseñar e implementar del sistema.

Lo descrito anteriormente servirá como base en el diseño eléctrico y mecánico ya que se definirán en gran parte las características generales del proyecto.

3.2 COMPONENTES ELÉCTRICOS Y MECÁNICOS

3.2.1 GENERACIÓN Y RECEPCIÓN DE SEÑALES

La generación y recepción de señales tanto mecánicas, térmicas, eléctricas y químicas se lo realiza mediante dispositivos denominados sensores. El sensor transforma fenómenos físicos como cambios de temperatura, presión o de distancia en señales eléctricas capaces de ser cuantificadas y empleadas por otros dispositivos dentro de un sistema de control.

En la realización de este sistema es sumamente importante la recepción de señales en este caso la señal de distancia, debido a que mediante este dato los demás componentes van a actuar en los pedales de freno y acelerador en el vehículo.

A continuación se detallará los sensores de distancia que son utilizados en los asistentes de conducción.

3.2.1.1 Sensores de distancia

Los sensores de distancia proporcionan información sobre la longitud medida desde el lugar de ubicación del sensor hasta la detección de un obstáculo siempre que éste se encuentre dentro del rango de trabajo del sensor.

Existen variedad de sensores basados en diferentes efectos físicos y los más utilizados en la industria automotriz son los basados en ondas tanto luminosas, electromagnéticas y sonoras los cuales son:

- Sensores Ultrasónicos
- Sensores Fotoeléctricos
- Sensores Electromagnéticos (radar)

Los tres tipos de sensores tienen ventajas y desventajas que posteriormente se detallarán, aunque todos actúen de forma similar la diferencia radica en la velocidad de captación de la distancia.

3.2.1.1.1 Sensor ultrasónico

Este sensor utiliza el sonido para captar la información, la frecuencia que emplea es de 40KHz, imperceptible al oído humano.

El ultrasonido se genera a través de dos unidades piezoeléctricas en donde una de ellas que es el transmisor emite un pulso ultrasónico que rebota sobre un objeto determinado y la reflexión de ese pulso es detectada por el receptor de ondas ultrasónicas. En la figura 3.1 se aprecia en funcionamiento básico del sensor.

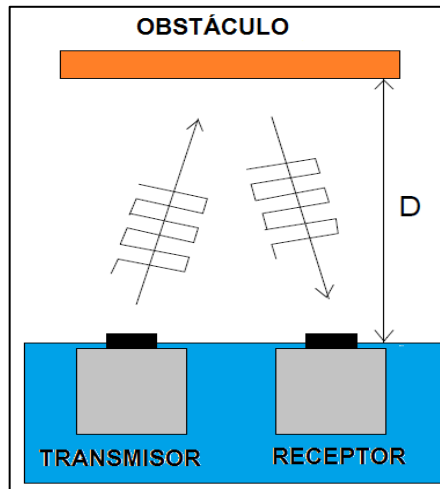


Figura 3.1 Funcionamiento básico de un sensor ultrasónico

En este tipo de sensor al medir el tiempo entre la transmisión y recepción de la onda, la distancia al obstáculo puede ser obtenida con la siguiente ecuación:

$$d = \frac{1}{2} V \cdot t$$

[3.1]

Donde

V = es la velocidad del sonido en el aire

t = el tiempo entre la emisión y la recepción del pulso

3.2.1.1.2 Sensor Fotoeléctrico

Este sensor basa su funcionamiento en la reflexión de la luz. Este tipo de sensor opera detectando un cambio de luz recibida por un fotodetector. El cambio de luz permite al sensor captar la presencia o ausencia del objeto así como su tamaño, reflectividad, opacidad, translucidez o color. Un diodo emisor de luz envía un haz luminoso y este al ser reflejado en una superficie y captado por el fotodiodo receptor, esta señal es enviada a un circuito controlador.

El emisor y receptor están encerrados en un mismo cuerpo y mayoritariamente se utilizan como emisores leds de luz infrarroja a impulsos controlados por reloj y como receptores se utilizan fototransistores. En la figura 3.2 se aprecia el funcionamiento del sensor fotoeléctrico.

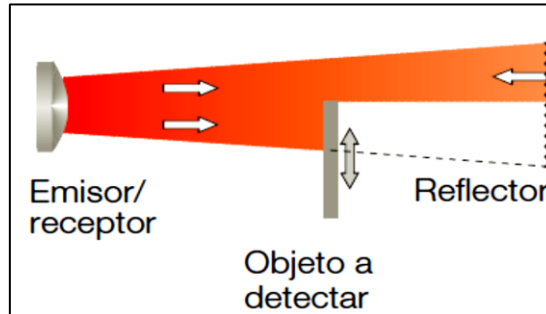


Figura 3.2 Funcionamiento del sensor fotoeléctrico

La luz ambiental no interviene en la señal de salida ya que se la puede eliminar por filtración.

3.2.1.1.3 Sensor electromagnético (radar)

El sensor de radar detecta y mide distancias por medio de ondas electromagnéticas a través de una antena. Esta onda se refleja en un objeto dentro del haz de RADAR y es recibida de nuevo.

El radar es básicamente un transmisor de radiaciones electromagnéticas a frecuencia muy elevada (5-20KHz) generadas por un oscilador modular a impulsos.

Estas radiaciones son emitidas por una antena y un receptor amplifica los ecos recibidos del objeto cuya distancia se desea medir.

Esta distancia se puede calcular como:

$$D = c \frac{\Delta t}{2}$$

[3.2]

Donde:

D: distancia

C: velocidad de propagación de ondas, habitualmente la de la luz.

Δt : tiempo transcurrido desde que la onda es emitida hasta que se recibe.

El tiempo es de ida y vuelta, por tanto hay que dividirlo entre dos.

El sensor de radar es muy utilizado en los sistemas ACC (Adaptive Cruise Control), debido a su alcance de detección que es de 150m y su costo.

Todos los vehículos generan ecos de RADAR por tener materiales eléctricamente conductivos por esta razón el sensor de radar es apropiado como principio de medición de distancias.

En la figura 3.3 se puede apreciar al sensor de radar en el sistema ACC implementado en un vehículo



Figura 3.3 Sensor de radar, sistema ACC

3.2.1.2 Ventajas y desventajas de los tipos de sensores de distancia

En la tabla 3.1 se indicará las ventajas y desventajas de los tres tipos de sensores de distancia, esto servirá para elegir el más adecuado tanto en precio, adquisición y funcionamiento.

Tabla 3.1 Tabla comparativa de los sensores de distancia

SENSOR	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Ultrasónico	<ul style="list-style-type: none"> – Distancias considerables de detección – El color y la reflectividad óptica del objeto no interfiere en la respuesta del sensor – Estable en ambiente no variables – Bajo costo de adquisición – Apertura angular de 30° en la emisión de la onda 	<ul style="list-style-type: none"> – Requiere de una superficie sólida y plana para una mejor detección – Baja velocidad de respuesta – Ruidos fuertes influyen en la respuesta del sensor – Necesita de una distancia mínima de detección
Fotoeléctrico	<ul style="list-style-type: none"> – Alta velocidad de respuesta – Detecta fácilmente piezas pequeñas 	<ul style="list-style-type: none"> – No detecta objetos translúcidos o transparentes – Alto costo de adquisición con infrarrojo – Alta sensibilidad ante influencias medioambientales, tales como la lluvia – Distancia de detección limitada
Electromagnético (radar)	<ul style="list-style-type: none"> – En condiciones atmosféricas desfavorables el RADAR ofrece mayor longitud de ondas – La temperatura, niebla, lluvia no interfiere en la medición del radar – Las ondas electromagnéticas atraviesan materiales no metálicos 	<ul style="list-style-type: none"> – Alto costo de adquisición – La programación del sensor requiere de CAN Bus (Bus de datos) para que las señales puedan ser leídas y utilizadas en un vehículo. – Son utilizados en vehículos de alta gama por diferentes sistemas como el ACC y el ESP

3.2.1.3 Resolución

En la tabla anteriormente detallada se evidencia que los tres tipos de sensores tienen ventajas y desventajas de los cuales el factor económico será el más determinante, debido a ello el sensor ultrasónico es el más asequible en comparación a los otros sensores por su costo relativamente bajo.

El sensor ultrasónico tiene como ventaja que puede detectar objetos que se encuentren en un radio de 30 grados, a diferencia del sensor fotoeléctrico que es puntual, es decir el objeto debe pasar por el haz de luz para detectar su distancia, aunque el sensor electromagnético no tiene este inconveniente y ofrece una mayor longitud de ondas y no son afectadas por las condiciones

atmosféricas desfavorables su desventaja radica en el alto costo tanto de adquisición e implementación.

Teniendo en consideración lo antes mencionado el sensor que será utilizado en el presente proyecto es el sensor ultrasónico.

3.2.2 PROCESAMIENTO DE SEÑALES

El procesamiento de señales se refiere a los pulsos eléctricos, ondas sonoras u ópticas emitidas por un sensor o actuador las cuales son enviadas hacia un módulo de control en donde serán tratadas y transformadas en un cierto código que pueda ser leído por un actuador para realizar trabajo físico mecánico o por una PC para poder tratar estas señales y puedan ser modificadas o leídas de forma física y entendible por el usuario.

Para que la señal producida por un determinado sensor, pueda ser procesada la señal necesita ser adaptada al medio de transmisión mediante una codificación de la señal. De este proceso se encargan los microcontroladores, los cuales reciben las señales y las transforman en señales de voltaje que pueden ser leídas por los actuadores, en este caso los servomotores encargados de realizar el frenado automático progresivo en el automóvil según sea necesario.

A continuación se va dar una descripción sobre los microcontroladores, su funcionamiento, costo, aplicación y algunas otras características que aporten a elegir el más adecuado para el diseño del sistema.

3.2.2.1 Microcontroladores

Un microcontrolador es un circuito integrado programable que incorpora la mayor parte de los elementos de un controlador y que contiene todos los componentes fundamentales de un ordenador como: unidad central de

procesamiento, memoria y periféricos de entrada/salida, aunque tiene limitadas prestaciones y que sólo puede gobernar una sola tarea.

En la figura 3.4 se tiene la estructura básica de un microcontrolador.

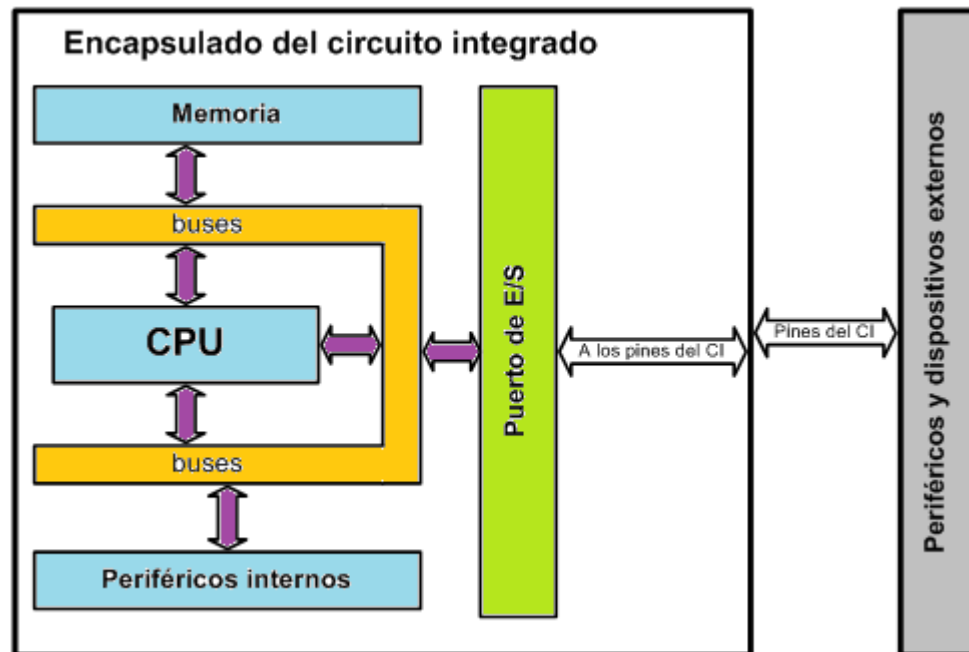


Figura 3.4 Estructura básica de un microcontrolador (UCONTROL, 2011)²⁰

Los microcontroladores forman parte de la innovación constante de la tecnología, tanto en los sistemas de automatización, control y digitalización. Su utilización se hace cada vez más evidente en todos los aparatos tecnológicos que existen en nuestro alrededor como celulares, televisores, horno microondas, etc. La invención de este circuito integrado ha contribuido en el perfeccionamiento de procesos y su desarrollo tecnológico ha dado lugar a que la mayor parte de las industrias lo utilice.

²⁰ www.ucontrol.com.ar. Procesamiento de señales del microcontrolador.

Los microcontroladores existentes en el mercado tienen varias diferencias y similitudes pero normalmente disponen de los siguientes componentes:

- Procesador o CPU (Unidad Central de Proceso).
- Memoria RAM para contener los datos.
- Memoria para el programa tipo ROM/EPROM/EEPROM/Flash.
- Líneas de E/S para comunicarse con el exterior.
- Diversos módulos para el control de periféricos (temporizadores, puertos serie y paralelo, CAD: Conversores Analógico/Digital, CDA: Conversores Digital/Analógico, etc.).
- Generador de impulsos de reloj que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema.

La aplicación de los microcontroladores ha aumentado gradualmente en las distintas industrias, debido a que su uso en productos y sistemas contribuye a un aumento sustancial en sus prestaciones, reducción de tamaño y coste, también mejora su fiabilidad y disminuye el consumo.

Uno de los sectores que va incorporando a gran escala los microcontroladores es el automovilístico, y muchos de ellos han sido fabricados específicamente para este sector, aunque posteriormente deban ser modificados para adaptarse a sistemas más genéricos. Los microcontroladores aplicados a la industria del automóvil deben operar bajo condiciones extremas como: ruido, vibraciones, choque, etc., y aún seguir siendo fiables.

3.2.2.1.1 Microcontroladores disponibles en el mercado

Los fabricantes de microcontroladores existentes en el mercado es variada, a continuación se mencionan los principales:

- Microchip Technology Corp.
- Atmel Corp.
- Motorola Semiconductors Corp.

Todas estas compañías son especializadas en el área de los microcontroladores y en el mercado nacional se los puede encontrar con facilidad, debido a que su uso en sistemas electrónicos ha ido en aumento.

Cada fabricante tiene microcontroladores que son comerciales debido a que unos ofrecen más ventajas que otros y la elección del más adecuado depende del sistema al cual se lo va a aplicar.

3.2.2.1.2 Elección del microcontrolador

Para escoger un microcontrolador adecuado en el diseño de un proyecto se debe tener en cuenta ciertos factores:

- a) **Documentación y herramientas de desarrollo disponibles:** hace referencia a la programación que el microcontrolador requiere para realizar una determinada tarea, como: datasheet, compiladores, programadores de microcontroladores, etc.
- b) **Precio del microcontrolador:** cada fabricante de microcontroladores fija el precio de acuerdo a la complejidad de su producto, pero al existir gran cantidad de competidores en el mercado los microcontroladores de 4 y 8 bits son los de mayor demanda y de fácil adquisición.
- c) **Cantidad de fabricantes que lo producen:** anteriormente se mencionaba los tres principales fabricantes especializados en el área de microcontroladores y que en el mercado nacional son asequibles.
- d) **Características del microcontrolador:** este factor es importante puesto que el microcontrolador es la parte fundamental para diseñar un sistema, debido a que va a ser el encargado de recibir, procesar y enviar señales a los diferentes aparatos que gobierne. Entre las características que se debe considerar están las siguientes:
 - *Entrada Salida:* para determinar las necesidades de Entrada/Salida del sistema es conveniente dibujar un diagrama de bloques del mismo, esto se lo hace con el fin de identificar la cantidad y tipo de señales a

controlador. Este análisis ayuda a elegir el microcontrolador más adecuado.

- *Consumo*: algunos productos que incorporan microcontroladores están alimentados con baterías. Lo más conveniente en un caso como éste puede ser que el microcontrolador esté en estado de bajo consumo pero que despierte ante la activación de una señal (una interrupción) y ejecute el programa adecuado para procesarla.
- *Memoria*: para determinar la cantidad de memoria necesaria se debe hacer una estimación de cuánta memoria volátil (RAM) y no volátil (ROM, EPROM) es necesaria y si es conveniente disponer de memoria no volátil modificable (EEPROM) para incluir información específica de la aplicación como número de serie o parámetros de calibración.
- *Cantidad de datos*: el criterio de diseño debe ser seleccionar el microcontrolador de menor ancho de palabra que satisface los requerimientos de la aplicación. Usar un microcontrolador de 4 bits supondrá una reducción en los costes importante, mientras que uno de 8 bits puede ser el más adecuado si el ancho de los datos es de un byte. Los microcontroladores de 16 y 32 bits, debido a su elevado coste, deben reservarse para aplicaciones que requieran altas prestaciones (Entrada/Salida potente o espacio de direccionamiento muy elevado).

La elección de un microcontrolador es complicada debido a su gran variedad, pero con la información anteriormente presentada se puede elegir un microcontrolador que cubra las necesidades que se requiere para diseñar un sistema.

3.2.3 ENVÍO DE SEÑALES

El envío de las señales es la última etapa que se ha considerado en el desarrollo del presente proyecto, debido a que el microcontrolador después de

recibir información de los sensores va a proceder a enviar órdenes específicas a los actuadores.

3.2.3.1 Actuadores

Un actuador es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en energía mecánica. Para la realización del sistema propuesto se va a considerar a los motores eléctricos como actuadores, puesto que se son los indicados para realizar el trabajo de actuar sobre el pedal del freno y acelerador.

A continuación se va a dar una descripción de los motores eléctricos que existe, para posteriormente elegir el más adecuado y que satisfaga los requerimientos del proyecto.

3.2.3.1.1 Motores Eléctricos

Un motor eléctrico es un dispositivo eléctrico capaz de transforma la energía eléctrica que recibe almacenada en una serie de baterías en energía mecánica. Consta de dos partes, una fija denominada estator, y otra móvil respecto a esta última denominada rotor. Ambas están realizadas en material ferromagnético, y disponen de una serie de ranuras en las que se alojan los hilos conductores de cobre que forman el devanado eléctrico. En todo motor eléctrico existen dos tipos de devanados: el inductor, que origina el campo magnético para inducir las tensiones correspondientes en el segundo devanado, que se denomina inducido, pues en él aparecen las corrientes eléctricas que producen el par de funcionamiento deseado.

Para sistemas de control electrónico los motores se clasifican en: motor de corriente continua, servomotor, motor paso a paso, motores sin escobillas (Brushless)

En la tabla 3.2 se va a describir las ventajas y desventajas de los motores eléctricos.

Tabla 3.2 Motores eléctricos

	Ventaja	Desventaja
Corriente Continua	<ul style="list-style-type: none"> - Fácil de manejar. - Controlable con PWM. - Cualquier valor de par y velocidad con alta tensión. Reversible mediante los muelles del carburador en caso de que algo se estropee. - Resolución alta. 	<ul style="list-style-type: none"> - Necesidad de una etapa reductora. Pero que no lo haga reversible. - Máximo par encontrado a 12V es de 0,5Nm pero consume mucha intensidad. Uno que consuma poca y alto par sería de 10W y 0,03Nm.
Servos	<ul style="list-style-type: none"> - Es un motor de corriente continua con etapa reductora y sensor de posicionamiento. - Controlable con PWM. - Necesidad de un circuito driver - Altos valores de par con baja tensión. - Incluyen un sensor de posición. - Son precisos. - Resolución alta. 	<ul style="list-style-type: none"> - Irreversible debido a la etapa reductora. - Necesidad de un circuito alternativo de seguridad para que funcione en caso de fallo.
Paso a Paso	<ul style="list-style-type: none"> - Fáciles de manejar debido a que tienen una electrónica asociada muy comercial. - Alto par con 12V de alimentación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tienen como resolución máxima 1,8°. - Necesidad de etapa reductora, para obtener mejor resolución. ¿irreversibilidad? - Se sobrecalientan funcionando de manera continua.
Brushless	<ul style="list-style-type: none"> - Alto par sin necesidad de etapa reductora con alta tensión. - Alta velocidad de respuesta. - Resolución alta. - Más rapidez de disipación del calor. - Menor inercia del motor. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dificultad para encontrar motores con baja tensión y alto par. - Necesidad de una centralita electrónica que lo gobierne, que es de complicada de manejar.

3.2.3.1.2. Elección del actuador

Para la elección del actuador adecuado se debe tener presente los siguientes requerimientos: alimentación, resolución, fiabilidad, velocidad de respuesta y control de velocidad y giro. De la tabla anteriormente descrita se puede obtener

las ventajas y desventajas de cada motor eléctrico, lo cual aportará a seleccionar el más apropiado para el diseño y posteriormente implementación del proyecto.

Se debe considerar que al activar la función de frenado automático progresivo los actuadores tanto del pedal de freno y del acelerador van a estar en constante trabajo, por lo que existe exceso en el consumo de corriente o el calentamiento de los mismo, por esta razón el motor de corriente continua y motor paso a paso quedan descartados; la relación del motor Brushless es una gran ventaja frente a los otros motores pero existe dificultad de control y alto consumo; el único motor idóneo para el proyecto es el servomotor, el cual puede ser controlado por PWM que determina su velocidad de reacción y su posición, es relativamente rápido y consta de un tren de engranajes que evita el alto consumo de corriente.

Con el análisis anterior se determina que el actuador elegido es el servomotor debido a que las ventajas en modo de operación y trabajo son útiles en el diseño del sistema.

3.2.3.1.3. Funcionamiento del Servomotor

Un servomotor tiene un margen de operación de 180° aproximadamente, es capaz de posicionarse de forma inmediata en cualquier posición dentro de su intervalo de operación, para ello utiliza un sistema de control denominado modulación por anchura de pulso, PWM (*Pulse Width Modulation*). Este sistema consiste en generar una onda cuadrada que se genera aproximadamente cada 20 milisegundos, en la que se varía el tiempo que el pulso está a nivel alto, manteniendo el mismo período (normalmente), con el objetivo de modificar la posición del servo según se desee.

Aunque la relación ancho del pulso y la posición del eje no está estandarizada, lo normal es que trenes de pulsos de 1,5 ms. lleven el eje del servo al centro de su rango, anchura neutra. Si la anchura del pulso es de 1 ms, el servomotor se

posiciona en el extremo izquierdo, mientras que si el pulso tiene una anchura de 2 ms la posición del servo es el extremo opuesto. En la Figura 3.5 se puede apreciar el tren de pulsos para control del servo.

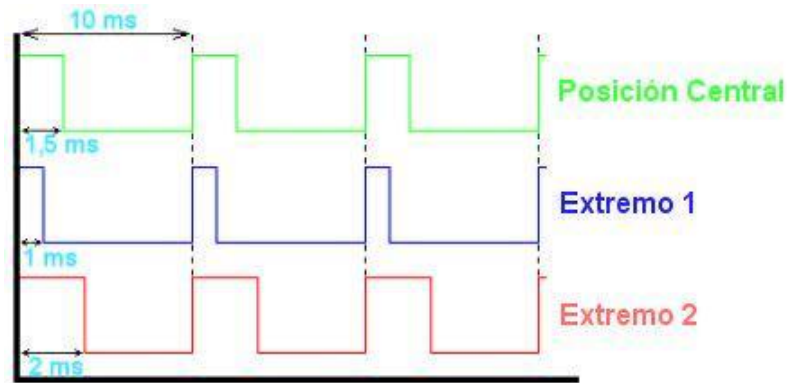


Figura 3.5 Tren de pulsos para control del servo²¹

La generación de estos pulsos se puede obtener de un generador de pulsos eléctricos u osciladores de onda cuadrada, en el desarrollo del proyecto se utilizará los microcontroladores para la generación de dichos pulsos. En la figura 3.6 se tiene ejemplos del posicionamiento del eje del servo dependiendo del ancho del pulso, donde se logra 0° , 90° y 180° con anchos de pulso de 0.5, 1.5 y 2.5 [ms] respectivamente.

²¹ <https://sites.google.com/site/electronicsscience20/Micro/pic-assembly/2-microcontroladores>. Microcontroladores

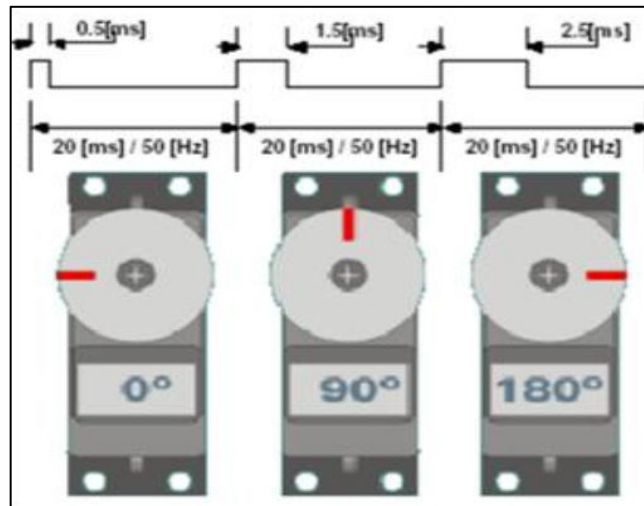


Figura 3.6 Funcionamiento de un servo mediante pulsos²²

3.3 DISEÑO DEL PROTOTIPO

Las consideraciones tomadas para el diseño del software y hardware del proyecto van a ser detallados en esta sección. Esto contribuirá a entender el modo de trabajo del sistema.

3.3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROTOTIPO

El sistema de frenado automático progresivo a diseñar será un asistente de conducción que ayudará al conductor a mantener la distancia de seguridad con respecto al vehículo que le antecede, de igual manera lo asistirá al momento de parquear.

El conductor tendrá la asistencia de este sistema todo el tiempo, garantizando un recorrido seguro, para lo cual se ha dividido su funcionamiento en dos etapas:

- Modo Parqueo: el vehículo llevará incorporado medidores de distancia basados en tecnología del ultrasonido, los cuales permitirán conocer al conductor la distancia que mantiene sobre su entorno al momento de parquear. La presencia de eventuales obstáculos va a ser

²² www.ecured.cu. Servomotor

informada mediante una señalización visible y audible; cuando los sensores de ultrasonido midan una distancia de 20cm los servomotores se activarán instantáneamente. En la figura 3.7 se observa el modo de parqueo del sistema.



Figura 3.7 Modo de parqueo.

– Modo Para Avanzar: asiste al conductor a mantener una distancia prudencial con respecto al vehículo al que le antecede, para lo cual emplea un solo medidor de distancia del tipo ultrasonido ubicado en la parte delantera del vehículo. Si la distancia de seguridad que el conductor mantiene no es apropiada será reportada por señales audibles y visuales. En este modo los servomotores van a estar trabajando constantemente de acuerdo a la distancia y presencia de obstáculos que los sensores detecten. En la figura 3.8 se aprecia el modo de distancia segura.



Figura 3.8 Modo Para Avanzar

3.3.2 ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE FRENADO AUTOMÁTICO PROGRESIVO

El sistema de frenado automático progresivo debe disponer de un panel de control para que el conductor pueda acceder a las funcionalidades del sistema, el panel debe contar con un teclado para elegir los modos de trabajo que ofrece

el sistema y un módulo de visualización que informe la distancia frontal y posterior. Para el modo de parqueo y distancia segura se dispone de tres medidores de distancia por ultrasonido y de servomotores instalados en el pedal de freno y acelerador.

En el sistema al tener sensores y actuadores se necesitará de un circuito microprocesador que va a ser el encargado de controlar y gobernar la funcionamiento de los mismos. En la figura 3.9 se indica en resumen los diferentes bloques que conformarán el Sistema de Frenado Automático Progresivo.

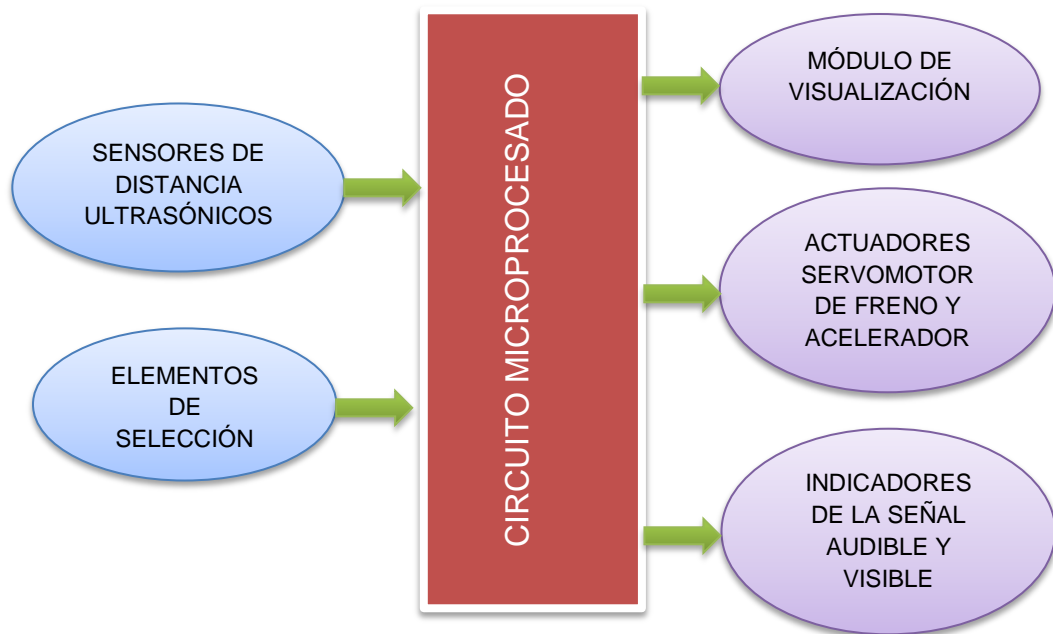


Figura 3.9 Diagrama de bloques del Sistema de Frenado Automático Progresivo

3.3.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE FRENADO AUTOMÁTICO PROGRESIVO

Teniendo claro los elementos que deben conformar el sistema y la función que deben proporcionar cada uno de ellos, se puede describir las consideraciones que se tomarán en el diseño de los mismos.

3.3.3.1 DISEÑO DEL HARDWARE

A continuación se describe detalladamente el diseño electrónico de los diferentes componentes del Sistema de Frenado Automático Progresivo.

3.3.3.1.1 Circuito Microprocesado

Es un circuito integrado que tiene un programa que controla el funcionamiento de una tarea determinada, cuenta con periféricos de entrada/salida que se conectan a los sensores y actuadores del dispositivo a controlar y, debido a su pequeño tamaño, suele ir integrado en el propio dispositivo al que gobierna.

En el desarrollo del presente proyecto, se utilizará un microcontrolador AVR de la familia ATMEL, se ha elegido este microcontrolador, en razón que emplea la herramienta de programación BASCOM-AVR que posee una organización estructural y funcional.

3.3.3.1.1.1 Microcontrolador ATMEGA 8

Para el diseño del proyecto se eligió el microcontrolador ATMEGA 8, el cual cumple con los requerimientos del sistema; se procederá a detallar sus características de trabajo.

El ATMEGA8 es un microcontrolador de 8bits con arquitectura Harvard, consiguiendo mayor rendimiento en el procesamiento de instrucciones, debido a que utiliza dos bloques de memoria independientes, una contiene instrucciones y la otra sólo datos, cada una con su respectivo sistema de buses de acceso, 8 bits para datos y 14 líneas para las instrucciones con ello se tiene acceso de lectura y escritura simultáneamente.

El CPU del microcontrolador emplea una avanzada arquitectura de tipo RISC (Reduced Instruction Set Computing) que sólo usan instrucciones sencillas que se puedan ejecutar rápidamente.

Este microcontrolador se caracteriza por su alto rendimiento y bajo consumo, sus características de trabajo se indican en la tabla 3.3.

Tabla 3.3 Datos técnicos ATMEGA8

CARACTERÍSTICAS.	DESCRIPCIÓN.
Niveles de velocidad	0-16 MHz
Memoria FLASH (bytes)	8K
Memoria de Interna RAM	1K
Memoria de Datos EEPROM (bytes)	512
Tensiones de funcionamiento	4.5V – 5.5V
Puertos E/S	Puertos D, B, C
I/O y encapsulados	23 líneas de I/O programables PDIP de 28 pines
Consumo de energía	Activo: 3.6 mA Modo Idle: 1.0 mA Modo power-down: 0.5 mA

Es importante conocer el esquema y forma básica que tiene este PIC para indicar el sentido correcto en el que se debe comenzar a contar los pines para su posterior conexión.

Conocer la distribución de pines, y forma básica del microcontrolador es importante para identificar el sentido correcto en el que se debe comenzar a contar los pines para su posterior conexión. En la figura 3.10 se expone al micro ATMEGA8.

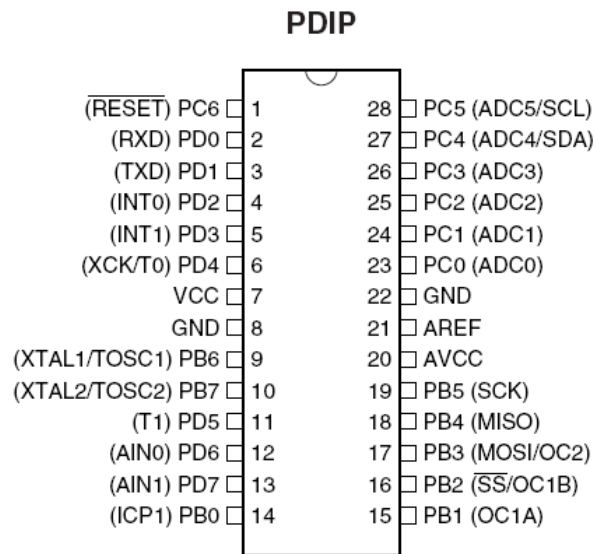


Figura 3.10 Pines del microcontrolador ATMEGA8

3.3.3.1.1.2 Distribución de los pines del microcontrolador ATMEGA8

El microcontrolador tiene 28 pines y es necesario indicar los utilizados como entrada de señales, provenientes de los sensores, y los utilizados como salidas los cuales gobernarán a los actuadores. En la tabla 3.4 se indica los pines que sirven como entrada de señales.

Tabla 3.4 Pines utilizados como entradas en ATMEGA8

Nombre	PIN #	Designación	Tipo	Función
PC0	23	Entrada	Analógico	Entrada del sensor ultrasónico EZ4
PB1, PB2, PB3, PB4	15,16,17,18	Entrada	Analógico	Entrada sensores ultrasónicos HC-SR04
PC4	27	Entrada	Digital	Pulsador, MODO DE SENSADO
PC5	28	Entrada	Digital	Pulsador, MODO DE PARQUEO

En la tabla 3,5 se indica los pines que enviarán las señales hacia los actuadores una vez procesada la señal dentro del microcontrolador.

Tabla 3.5 Pines utilizados como salidas en ATMEGA8

Nombre	PIN #	Designación	Tipo	Función
PB6	9	Salida	Digital	Activa servomotor de freno
PB7	10	Salida	Digital	Activa servomotor del acelerador
PB0	14	Salida	Digital	Buzzer de aviso de corta distancia
PC1	24	Salida	Digital	Activación LED rojo
PC2	25	Salida	Digital	Activación LED amarillo
PC3	26	Salida	Digital	Activación LED verde
PD2	4	Salida	Digital	Pin ENABLE LCD
PD3	5	Salida	Digital	Pin RS LCD
PD4	6	Salida	Digital	Pin de datos LCD
PD5	11	Salida	Digital	Pin de datos LCD
PD6	12	Salida	Digital	Pin de datos LCD
PD7	13	Salida	Digital	Pin de datos LCD

Es importante conocer las conexiones para el correcto funcionamiento del microcontrolador, en la tabla 3.6 se detalla el número de pin en el cual va conectada la señal de voltaje, el voltaje de referencia o tierra y la señal manual de reset del sistema.

Tabla 3.6 Pines utilizados como entradas en ATMEGA8

Nombre	PIN #	Designación	Tipo	Función
PC6	1	Entrada	Digital	Reset del Microcontrolador
VCC	7	Alimentación	-----	Alimentación Positiva 5v
GND	8, 22	Alimentación	-----	Referencia o Tierra

3.3.3.1.2 Sensores de distancia ultrasónicos

De acuerdo a la resolución expuesta al inicio de este capítulo en la sección de generación y recepción de señales (sensores de distancia), pág. 47 se empleará los siguientes sensores:

Para el “MODO DE PARQUEO” se empleará tres sensores ultrasónicos: dos sensores HC-SR04 ubicados en la parte posterior que están conectados a los pines 15,16,17 y 18 del microcontrolador y un sensor MAXONAR EZ4 ubicado

la parte delantera y conectado al pin 23 del microcontrolador., estos sensores tienen un alcance de 4m y 6m respectivamente; rango suficiente para este modo.

Para el “MODO PARA AVANZAR” se utilizará sólo el sensor MAXONAR EZ4 debido a que tiene mayor alcance.

A continuación se va a detallar dos tipos de sensores ultrasónicos y se describirán sus características tanto de funcionamiento y de operación que serán relevantes en el diseño del sistema propuesto.

3.3.3.1.2.1 Sensor Ultrasónico EZ4

El sensor ultrasónico EZ4 será el encargado de la constante medición y detección de obstáculos; el sistema de frenado automático progresivo tiene dos modos de operación que son: en modo de parqueo y de censado de distancia segura, por lo que el sensor EZ4 va a ser el encargado de entregar el dato de distancia frontal en ambos modos, su rango de detección es de 10cm a 600cm, posee diferentes salidas para la toma de datos como analógica, serial, o por ancho de pulsos (PWM), las aplicaciones en que se usa son variadas y van desde medición de distancia, control de nivel, hasta detección de objetos en robots móviles.

Las ventajas más importantes en cuanto a funcionamiento que este sensor de distancia tiene se van a detallar a continuación:

- Sensor ultrasónico funciona a 42kHz
- Permite mayor control del haz luminoso y supresión de la dispersión.
- La alimentación funciona de 2,5 a 5,5V con un consumo de 2mA.
- Las lecturas pueden ocurrir hasta cada 50 ms, (20-Hz de velocidad)
- Las medidas y salida de información se puede realizar de forma continua.
- El formato de salida de señal es de forma analógica (10mV/pulgada) y anchura de pulso (147µS/pulgada).
- Diseñado para trabajar en interiores y exteriores.
- Precio muy cómodo.

- Ocupa la mitad de espacio que otros dispositivos de esta categoría.
- Virtualmente no presenta zonas muertas.
- Haz ultrasónico de alta calidad.
- Consumo muy reducido ideal para aplicaciones y sistemas alimentados con baterías.
- Los formatos de salida son de lectura directa y no es necesario circuitería auxiliar.
- Ciclos son rápidos en cada medida.

El sensor funciona de la siguiente manera: a los 250mS después de conectar la alimentación el sensor comienza a ofrecer las primeras mediciones.

Si éste está a nivel “1” se ejecuta un ciclo de calibración que dura 49mS y seguidamente comienzan los ciclos de trabajo. Estos consisten en realizar una medida y transmitir la distancia por los tres métodos disponibles: salida serie por TX, salida analógica por AN y salida de pulso por PW. Cada ciclo de trabajo consume 49mS, por lo que el primer ciclo válido tras conectar la alimentación se produce a los 100mS.

Cada ciclo de trabajo de 49mS comienza chequeando el estado de RX. Si está a “0” se da por finalizado ese ciclo, a continuación se transmite una señal ultrasónica de 42KHz y la señal PW se pone a “1”, cuando se detecta un obstáculo PW se pone a “0”.

Si el tiempo en que esta señal permanece a “1” es superior a 37.5 mS significa que no se ha detectado obstáculo alguno. Durante los siguientes 4.7mS se transmite en serie el valor de la medida realizada, el resto del tiempo hasta llegar a los 49mS que dura el ciclo se emplea para ajustar la tensión analógica en AN a su nivel apropiado.

En la figura 3.11 se observa al sensor EZ4 en forma física, y se han descrito las letras para identificar los pines del sensor y las dimensiones que posee.

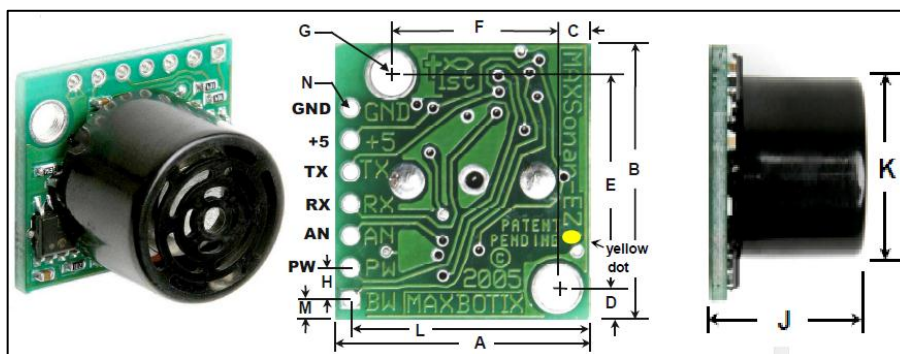


Figura 3.11 Sensor Ultrasonico EZ4²³

En la tabla 3.7 se detallan las medidas del sensor de distancia EZ4, las cuales son determinantes en su utilización dentro del diseño del sistema de frenado automático progresivo, teniendo un peso aproximado de 4.3 Kg.

Tabla 3.7 Dimensiones del sensor EZ4

	Pulgadas	Milímetros
A	0.785	19.9
B	0.870	22.1
C	0.100	2.54
D	0.100	2.54
E	0.670	17.0
F	0.510	12.6
G	0.124 dia	3.10 dia
H	0.100	2.54
J	0.645	16.4
K	0.610	15.5
L	0,735	18,7
M	0,065	1,7
N	0,038 dia	1,0 dia

(datasheet, 2012)²⁴

El sensor EZ4 tiene pines de conexión específicos para las entradas de voltajes de alimentación, la señal de tierra y él envió de la señal que interpreta la distancia entre vehículos. Es por eso que en la tabla 3.8 se detallan los pines del sensor de distancia para su conexión.

²³ <http://cosasdeingenieria.com>. Sensor-ultrasonico-de-distancia-axbotix-lv-ez4

²⁴ www.maxbotix.com/documents/MB1010_Datasheet.pdf SENSOR EZ4

Tabla 3.8 Descripción de pines sensor ultrasónico EZ4

PINES	DESCRIPCIÓN
GND	Señal tierra de alimentación
+5V	Señal positiva de alimentación de +5V y 3mA de intensidad
TX	Transmite vía serie el resultado de la distancia medida. La transmisión se realiza en formato RS232 excepto que los voltajes de salida son de 0-5V. Se transmiten 5 bytes por cada medida realizada. Empieza con el carácter ASCII "R", continua con tres caracteres ASCII con los dígitos de la medida propiamente dicha y comprendido entre 006 y 254 y finaliza con el código de retorno de carro (0x0D). La velocidad es de 9600 16baudios, con 8 bits de datos, sin paridad y un bit de stop.
RX	Este pin está permanentemente a nivel "1" mediante una resistencia "pull-Up" interna. En estas condiciones el sónar está realizando medidas de forma continua y transmitiendo la distancia. Sin embargo esta señal se puede emplear para controlar externamente el inicio de una nueva medida. Efectivamente, cuando se pone a "0" el sistema está detenido. Poniéndola a nivel "1" o simplemente si conectar, se inicia una nueva medida.
AN	Salida analógica de tensión comprendida entre 0 y 2.55 V que representa el valor de la distancia medida. El factor empleado es de 10mV/pulgada.
PW	Este pin proporciona un pulso de salida cuya duración determina la distancia medida. La distancia se puede calcular usando el factor de 147µS/pulgada.
BW	N.C Reservada, no se debe conectar.

(datasheet, 2012)²⁵

En el diseño del sistema de frenado automático se va a utilizar sólo tres pines del sensor EZ4: el pin de alimentación de +5V y GND para cerrar el circuito, y el pin AN para la generación de la señal de distancia la cual será analógica, esta señal permite obtener valores más exactos sobre la distancia que mantiene el vehículo, y mediante el microcontrolador se lo puede programar de forma sencilla debido a que no requiere de muchos comandos y subrutinas; se empleará solo el pin AN debido a que actúa como receptor y transmisor de la señal de onda ultrasónica. Los pines están detallados en la placa del sensor como se aprecia en la figura 3.11.

²⁵ www.maxbotix.com/documents/MB1010_Datasheet.pdf. Sensor EZ4

3.3.3.1.2.2 Sensor Ultrasónico HC-SR04

El sensor ultrasónico HC-SR04 será el encargado de la constante medición y detección de obstáculos sólo en el modo de parqueo en el sistema de frenado automático progresivo, debido a que este modo requiere de una menor distancia de detección. El sensor HC-SR04 es un sensor de distancias por ultrasonidos capaz de detectar objetos y calcular la distancia a la que se encuentra en un rango de 2 a 400 cm. El sensor funciona por ultrasonidos y contiene toda la electrónica encargada de hacer la medición de distancia.

El sensor posee las siguientes características en cuanto a su modo de operación:

- Rango de medición: 2cm-400cm
- Precisión: 0,3 cm
- Ángulo de detección: 15 grados
- Alimentación: +5 VDC
- Consumo: 15Ma
- Frecuencia de operación de 40 KHz

El sensor consta de un transmisor ultrasónico, un receptor y un módulo de control. Su uso es tan sencillo como enviar el pulso de arranque y medir la anchura del pulso de retorno. En la figura 3.12 se tiene el funcionamiento del sensor HC-SR04.

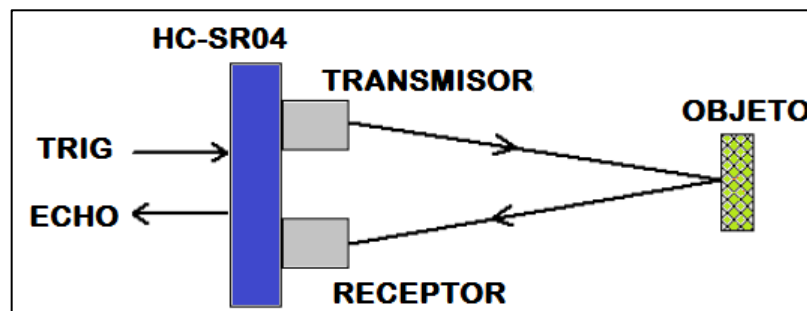


Figura 3.12 Sensor Ultrasónico HC-SR04

El sensor de distancia ultrasónico HC–SR04 tiene la capacidad de medir la distancia por medio de la diferencia en tiempo entre la transmisión y recepción de una serie de pulsos que el modulo envía (TRIG) y captura (ECHO). El modo de operación básico del sensor es el siguiente:

El módulo recibe un pulso de entrada para de 10 µS de duración.

Una vez recibido el pulso de entrada en el TRIG, el módulo envía ocho pulsos a una frecuencia de 40 KHz y espera a que regresen esos pulsos para medirlos por medio de ECHO.

Cuando el módulo lee todos los pulsos este convierte la diferencia de tiempo en un pulso de salida que tiene un ancho de pulso determinado, el cual está en función del tiempo en que los pulsos fueron transmitidos y recibidos los cuales están en función de la distancia.

Para calcular la distancia solo se usa la siguiente expresión: $\text{Distancia} = (\text{Ancho del pulso} * 170)$. En la figura 3.13 se observa el diagrama de tiempos del sensor.

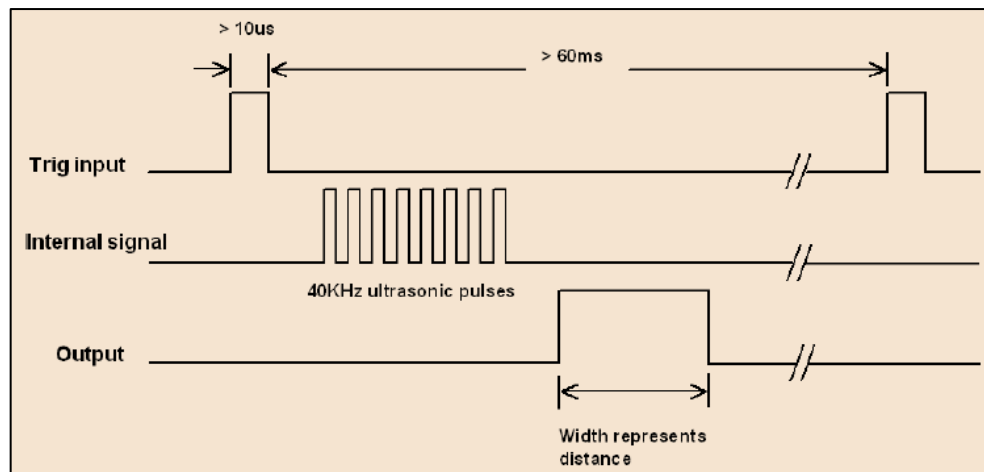


Figura 3.13 Diagrama de tiempos de sensor HC-SR04²⁶

²⁶ www.accudiy.com/download/HC-SR04_Manual.pdf. Sensor HC-SR04

La figura 3.14 indica al sensor en forma física, y se han descrito las letras para identificar los pines del sensor

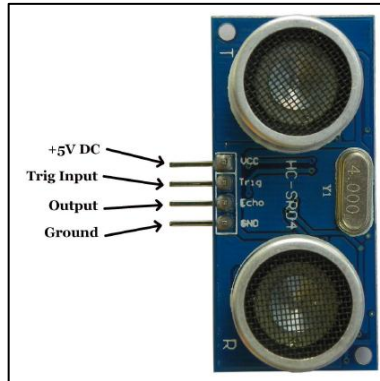


Figura 3.14 Sensor Ultrasónico HC-SR04²⁷

El sensor HC-SR04 tiene pines de conexión específicos para las entradas de voltajes de alimentación, la señal de tierra, envío y recepción de la señal que interpreta la distancia entre vehículos. Es por eso que en la tabla 3.9 se detallan los pines del sensor de distancia para su conexión.

Tabla 3.9 Descripción de pines sensor ultrasónico HC-SR04

PINES	DESCRIPCIÓN
Vcc	Señal positiva de alimentación de +5V
TRIG	Pulso de entrada
ECHO	Pulso de salida
GND	Señal tierra de alimentación

En el diseño del sistema de frenado automático se van a utilizar los cuatro pines debido a que cada uno de ellos es primordial para la recepción, procesamiento y envío de la señal de distancia. El pin de alimentación de +5V y GND para cerrar el circuito, el pin TRIG y el pin ECHO para la recepción y transmisión de la señal ultrasónica respectivamente. En la programación del microcontrolador se va a emplear estos pines del sensor HC-SR04 a diferencia del sensor EZ4 que sólo requiere de un pin, esto se debe a que este sensor detecta distancias

²⁷ www.accudiy.com/download/HC-SR04_Manual.pdf. Sensor HC-SR04

iguales o menores a 2 metros y por lo tanto utiliza otros comandos y subrutinas para su programación posee una estructura electrónica diferente al del sensor EZ4. Los pines están detallados en la placa del sensor como se observa en la figura 3.14

3.3.3.1.3 Elementos de selección

El sistema contará con un conjunto de teclas que permitirán al conductor elegir el modo de funcionamiento que desee, se determinó que serán necesarias un total de tres teclas distribuidas de la siguiente manera: dos pulsadores una para el modo de parqueo y el otro para el modo de distancia segura y un suiche para la activación y desactivación del sistema.

3.3.3.1.4 Módulo de visualización

La comunicación que exista entre el conductor y el sistema se va a dar mediante el uso de un display de LCD. El módulo LCD utilizado es de 4 filas x 20 caracteres, dispone de un microcontrolador, que lo controla, el bus de conexión puede ser de 4 u 8 bits, su consumo es muy bajo (7.5 mW) y la alimentación es de +5V, la regulación del contraste se lo realiza dividiendo esos +5V mediante un potenciómetro de 5k Ω , a través de 8 líneas de datos se le envía la información que se desea visualizar, con otras 3 líneas se controla el flujo de información entre el módulo LCD y el microcontrolador. La tabla 3.10 indica la distribución de los pines del LCD 4x20.

Tabla 3.10 Descripción de los Pines del Display LCD 4X20

PIN	NOMBRE DEL PIN	FUNCIÓN DEL PIN
1	Vss	Masa
2	Vdd	+5V
3	Vo	Ajuste de contraste
4	RS	Selección de modo
5	R/W	Lectura/ Escritura
6	EN	Validación (1)/ Deshabilitación (0)
7-14	PD0 – PD7	Bus de datos
15	A	Led +
16	K	Led -

3.3.3.1.5 Actuadores, servomotor de freno y acelerador

De los actuadores que se revisó en este capítulo pág. 58, y tomando en consideración velocidad de respuesta, torque aplicado y modo de control; se emplearán los siguientes:

En la función de parqueo y distancia segura se va a utilizar el Servomotor HITEC HS-7980TH para el pedal de freno y el servomotor HITEC HS-755HB en el pedal del acelerador, estos servomotores tienen un torque máximo de 36 kg.cm (500 oz-in) y 11 kg.cm (152.75 oz.in) respectivamente a los 5 voltios, estos valores son óptimos para la implementación del sistema, debido a que el primer servomotor va a ser utilizado en el pedal de freno por su elevado torque y el segundo en el pedal del acelerador debido a que no se requiere de mucho torque. La conexión en los pines del microprocesador corresponde a: pin 9 servomotor HS-7980TH y pin 10 servomotor HS-755HB.

A continuación se va a detallar las características más destacadas de los servomotores HITEC HS-7980TH y HS-755HB, los cuales fueron elegidos para el diseño del proyecto.

3.3.3.1.5.1 Servomotor HITEC HS-7980TH y HS-755HB

Los dos servomotores serán los encargados de actuar en el pedal de freno y acelerador, y han sido elegidos por sus características de funcionamiento. En la figura 3.15 se observa la apariencia física que los dos servomotores tienen.



Figura 3.15 Servomotores HITEC

Los servos tienen tres cables de conexión externa como se aprecia en la figura 3.15 que corresponden a los siguientes valores:

- **ROJO:** Alimentación, Vcc (5v, 6v, 7v)
- **NEGRO:** Tierra (GND)
- **BLANDO O AMARILLO:** Línea de control (tren de pulsos)

Los dos servomotores poseen características específicas, por las que fueron elegidos y en la tabla 3.11 se va a detallar cada una de ellas.

Tabla 3.11 Especificaciones servomotores

Servomotor	HS-7980TH		HS-755HB	
Voltajes de operación	6.0 v	7.4 v	4.8 v	6v
Velocidad de operación	0,21 sec/60°	0,17 sec /60°	0.28sec/60° sin carga	0.23sec/60° sin carga
Torque de salida	500oz/in. (36kg.cm)	611oz/in. (44kg.cm)	153 oz/in. (11kg.cm)	183 oz/in. (13.2kg.cm)
Circuitería de control	1050 usec a 1950 usec		1050 usec a 1950 usec	
Peso	2.76oz (78.2g)		3.88 oz.. (110g)	
Dimensiones	1.72" x 0.88"x 1.57" (43.8 x 22.4 x 40mm)		2.3" x 1.1"x 2.0" (59 x 29 x 50mm)	
Sistema de control	PWM +1500usec Neutro		PWM 1500usec Neutro	

3.3.3.1.6 Indicadores de la señal audible y visible

Para la captación de la señal audible y visible se empleará un grupo de leds y zumbador pequeño (buzzer), estos van a ser los encargados de transmitir al conductor la información sobre la distancia que los sensores midan.

El grupo de leds son para la señal visible consta de tres leds: rojo para la distancia mínima (< 1,5m), amarillo para distancia media (3.99m – 1,5m) y verde que indica distancia segura (6m – 4m). Los leds son elementos semiconductores que emiten luz cuando son polarizados correctamente, los utilizados en el proyecto son de 5mm, trabajan con 5V y van conectados a los pines 24, 25 y 26 del microprocesador como salidas.

Para la señal audible se empleará un zumbador pequeño negro llamado comúnmente BUZZER su voltaje de trabajo es de 6 – 15v y va conectado al pin 14 del microcontrolador como salida.

3.3.3.2 DISEÑO DEL SOFTWARE

En el desarrollo del proyecto el diseño del software es una herramienta fundamental, debido a que mediante el programa que se utilice para la programación del microcontrolador, se puede transmitir órdenes a los sensores y actuadores, obteniendo un control sobre todo el sistema.

3.3.3.2.1 Descripción General

Para desarrollar el software se usó el compilador BASCOM AVR que es una herramienta destinada al desarrollo de software para la serie AVR de microcontroladores RISC de Atmel. Entre las funcionalidades más importantes están las siguientes: el compilador, el ensamblador, depuración, simulación y las librerías, que contienen funciones del estándar BASIC y funciones específicas de la familia AVR. La figura 3.16 resume las distintas fases de implementación para el desarrollo del software en el entorno de BASCOM AVR.

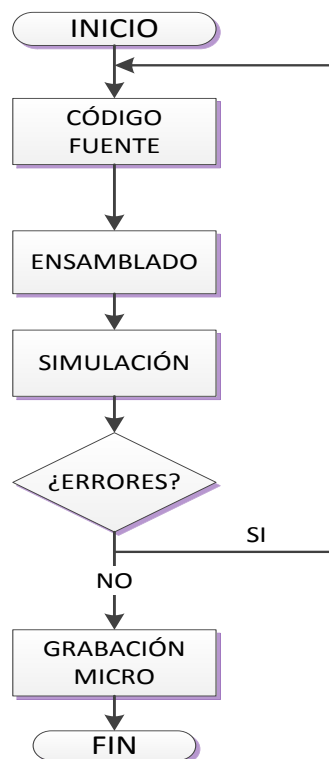


Figura 3.16 Etapas de implementación del Software

3.3.3.2.2 Descripción del Programa Principal

El funcionamiento general del Sistema de Frenado Automático Progresivo se resume en función de la selección de las teclas en el panel de control y dependiendo a la tecla seleccionada se podrá acceder al evento correspondiente, el algoritmo seleccionado se describe a continuación:

1. Al inicio de debe configurar al microcontrolador, sus líneas de E/S; se declara e inicia las variables, se declara subrutinas, funciones. Se configura el LCD y se habilita las interrupciones.
2. Al activar el sistema en el LCD se desplegará la información sobre el modo de distancia segura que proporciona el sensor EZ4 y los servomotores empiezan a trabajar. Si el conductor desea cambiar de modo tiene que presionar la tecla “MODO DE PARQUEO”, y el en LCD se tiene la información de distancia de los tres sensores de igual manera los servomotores trabajan.
3. En el programa habrá dos subrutinas una llamada MODO PARA AVANZAR y MODO DE PARQUEO, la primera se ejecutará cuando se encienda el sistema o cuando se presione el suiche 1 y la segunda cuando se presione la tecla suiche 2

3.3.3.2.2.1 Descripción de las Subrutinas

La descripción de las subrutinas es fundamental para entender el funcionamiento del sistema.

- Subrutina MODO DE PARQUEO: en este modo se activarán los tres sensores ultrasónicos y los dos servomotores. Se tiene que aclarar que los sensores tendrán un rango de trabajo menor o igual a 2m debido a que en esta subrutina no se requiere de un mayor alcance. Si la distancia está entre 2m a 1m se encenderá el led verde, si la distancia está entre 1m a 0,30m se activará el led amarillo y si la distancia es menor a 0,30m se activará el led rojo y el buzzer emite un sonido; los servomotores se

activaran únicamente cuando la distancia sea de 0,20m para prevenir al conductor que está próximo a cualquier obstáculo.

- Subrutina MODO PARA AVANZAR: en este modo se activará sólo un sensor, el de la parte delantera y los dos servomotores. El sensor EZ4 va a trabajar con su rango máximo de medición y los servomotores van a funcionar de tres formas:
 - Cuando la distancia es de 6m a 4m se enciende el led verde, los servomotores no se activan.
 - Cuando la distancia es de 3,99m a 1,5m se enciende el led amarillo, el buzzer emite un sonido rápido y los servomotores se activan instantáneamente.
 - Cuando la distancia es menor a 1,5 se enciende el led rojo, el buzzer emite un sonido prolongado y los servomotores se activan, quedando el pedal de freno presionado y el pedal del acelerador trabado.

Lo descrito anteriormente explica el funcionamiento del programa grabado en el microcontrolador, este puede ser modificado en caso de requerir que el sistema trabaje de otra manera, pero para el diseño del proyecto los comandos y subrutinas grabados cumplen todos los requisitos del sistema. En el Anexo II se detalla el programa del microcontrolador

La figura 3.17 indica el diagrama de operación del Sistema de Frenado Automático Progresivo

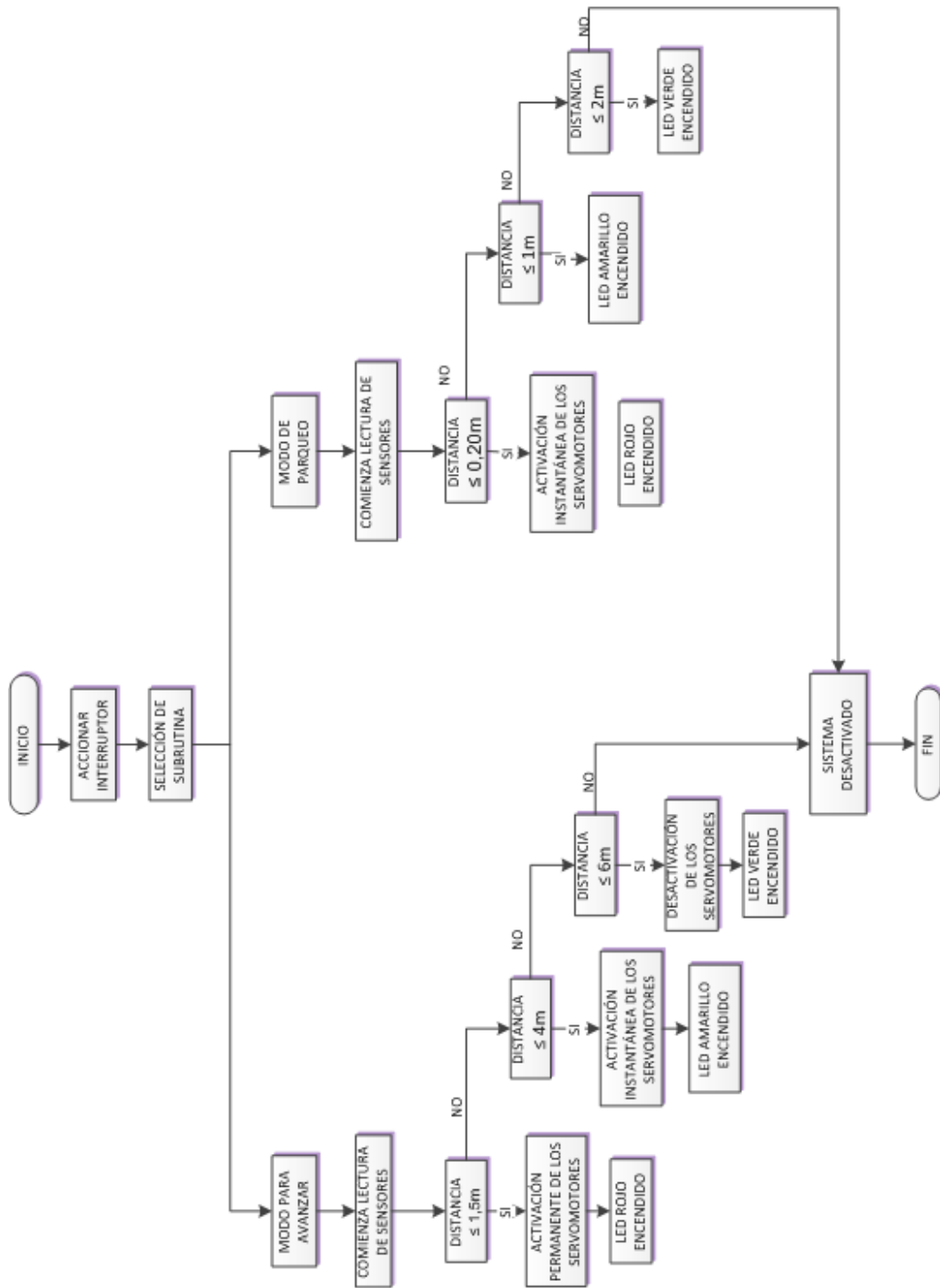


Figura 3.17 Diagrama de operación del Sistema de Frenado Automático Progresivo

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS.

En el presente capítulo se describe el montaje de los componentes electrónicos y mecánicos del sistema de frenado automático progresivo, se detallará aspectos tales como la ubicación, montaje, dimensiones y diseño de los diferentes soportes y acoplamientos, los cuales van a ser instalados en el vehículo para las pruebas de funcionamiento y su posterior análisis.

4.1 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE FRENADO AUTOMÁTICO PROGRESIVO

A continuación se describe el diseño de la tarjeta del circuito impreso, el acoplamiento de los sensores de distancia, los soportes de los servomotores y su ubicación dentro del vehículo.

4.1.1 DISEÑO DEL CIRCUITO IMPRESO

Con las consideraciones que se revisó en el capítulo 3 para el diseño del hardware, se implementará el esquema del circuito general del sistema de frenado automático progresivo.

Los sistemas electrónicos por lo general operan con un voltaje no mayor a 5V para ello será necesario reducir el voltaje de la batería de 12V, usado en el vehículo, el microcontrolador, los sensores y los servomotores serán alimentados con 5V.

En la figura 4.1 se muestra el circuito de la fuente de alimentación, el cual está formado por un regulador de voltaje LM7805 (U2), un puente rectificador (BR1), dos capacitores electrolíticos de 470 μ F (C3) y 10 μ F (C6) y dos condensadores cerámicos 104 (C4 Y C5)

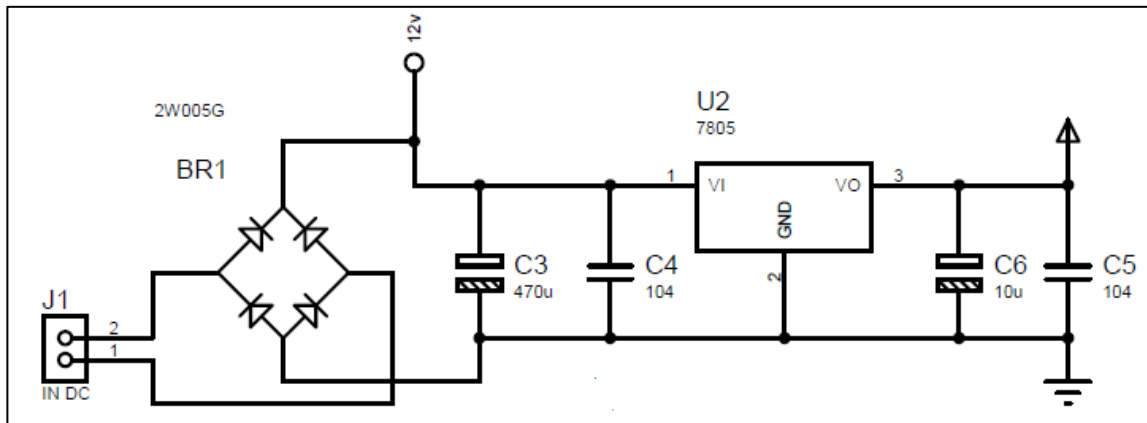


Figura 4.1 Fuente de alimentación

El circuito general del sistema de frenado automático progresivo, consta de los siguientes circuitos:

El circuito de selección, el cual se conectará a 2 líneas del microcontrolador y estará formada por 2 resistencias de 47K Ω (R2 Y R3) cada una conectada a los pulsadores

Los medidores de distancia HC-SR04 emplearán 4 líneas del microcontrolador, 2 líneas para el ECO y 2 líneas para el PULSO; el medidor de distancia EZ4 empleará sólo una línea del microcontrolador.

El circuito de visualización del LCD empleará 6 líneas del microcontrolador, 4 líneas para la transferencia de datos (PD4, PD5, PD6 Y PD7) y 2 líneas para el control y encendido (PD2 Y PD3), estará formado por un potenciómetro de 10 k Ω (RV1) y una resistencia de 10 Ω (R1).

Los servomotores emplearán 2 líneas del microcontrolador, una para el servomotor del pedal del freno y otra para el servomotor del pedal del acelerador.

El circuito de los indicadores de la señal audible y visible empleará 4 líneas del microcontrolador, una línea conectada al BUZZER y las tres líneas restantes

conectadas a tres resistencias de 470Ω (R4, R5 y R6), pertenecientes a los diodos leds. Ver circuito general del sistema de frenado automático progresivo en **Anexo III**.

A partir del esquema general del sistema se realizará el diseño del circuito impreso, el formato de la tarjeta deberá permitir la conexión exterior de los medidores de distancia, servomotores y alimentación de la batería.

La estructura o chasis para ensamblar la tarjeta electrónica va a ser elaborada con acrílico transparente y posteriormente pintada de color negro, se eligió este material porque es de fácil manipulación y se lo puede diseñar de acuerdo a los requerimientos del sistema, ver figura 4.2 y 4.3.



Figura 4.2 Chasis del Sistema de Frenado Automático Progresivo. Vista Frontal

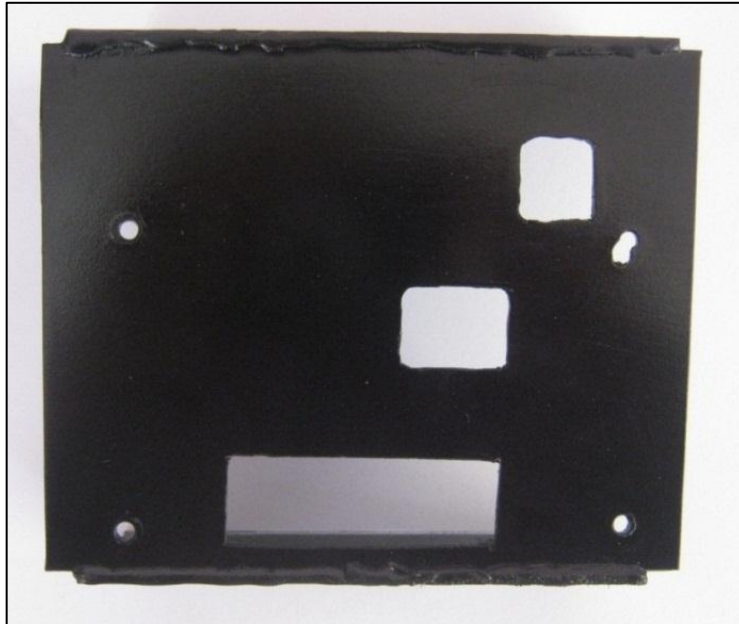


Figura 4.3 Chasis del Sistema de Frenado Automático Progresivo. Vista Posterior

La dimensión del chasis va a depender del circuito impreso, los elementos de selección, el LCD y los diodos led, para ello se diseñó un circuito de dimensiones pequeñas por razones de estética. En la figura 4.4 se indica la distribución física de los elementos en el circuito.

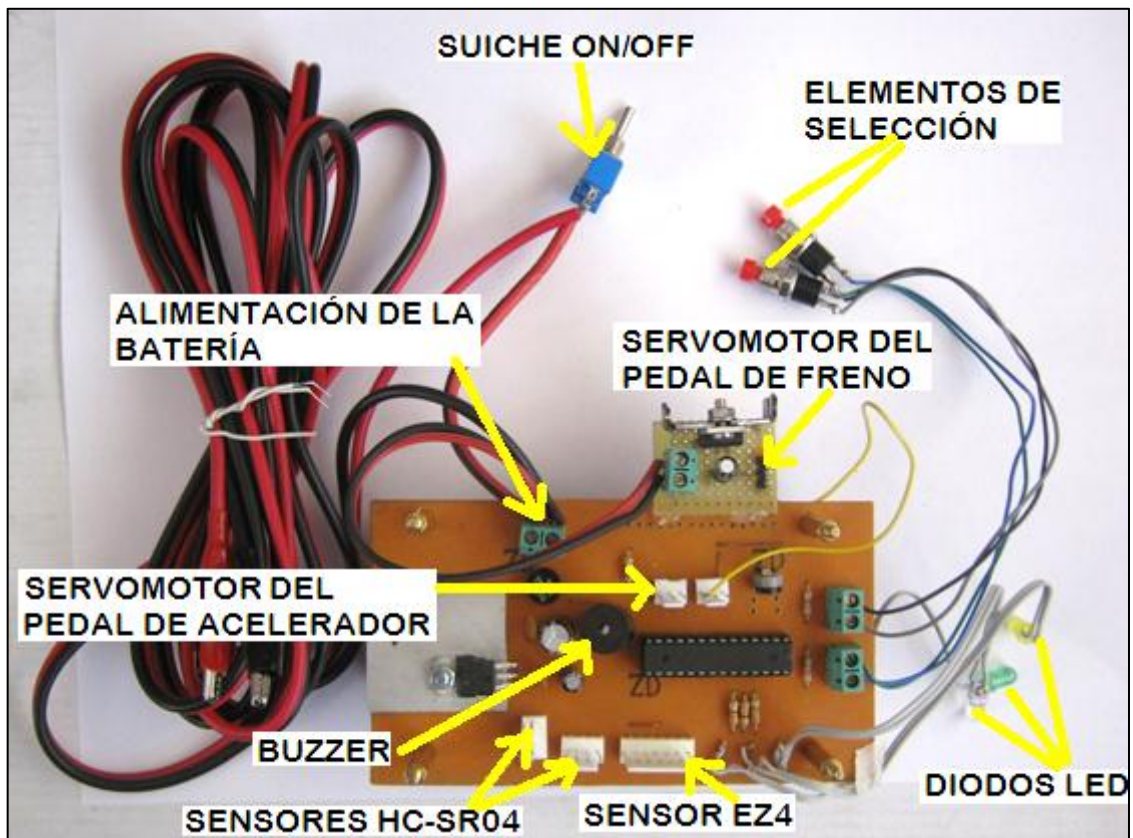


Figura 4.6 Tarjeta Electrónica con los conectores

4.1.2 ENSAMBLAJE DE LA TARJETA ELECTRÓNICA AL CHASIS

Al acoplar la tarjeta electrónica a la base del chasis, fue necesario adaptar la parte posterior a la distribución de los conectores como se muestra en la figura 4.7. Así también, la colocación del display LCD y los elementos de selección deben acomodarse a la distribución de la vista frontal del chasis como se indica en la figura 4.8

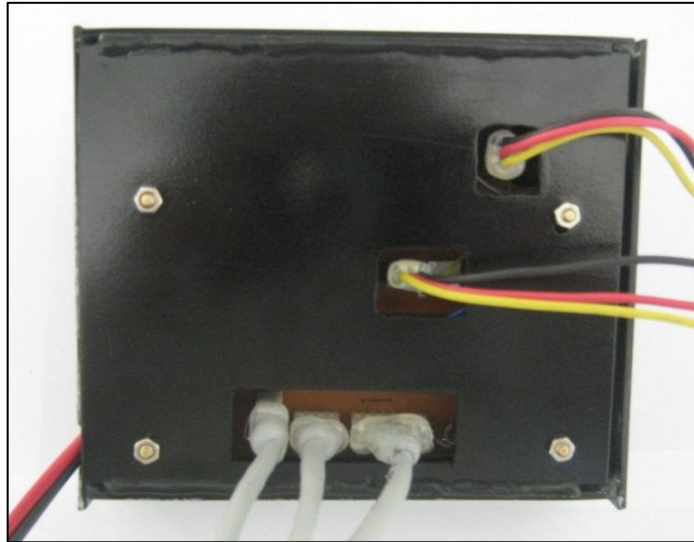


Figura 4.7 Vista posterior del chasis



Figura 4.8 Vista frontal del chasis

4.1.3 IMPLEMENTACIÓN DE LOS SENSORES DE DISTANCIA

Para la implementación de los sensores será necesario describir: el diseño del chasis en el cual irán protegidos y el tipo de cable que se va a utilizar para la conexión con la tarjeta electrónica.

4.1.3.1 DISEÑO DEL CHASIS DE PROTECCIÓN

Los medidores de distancia HC-SR04 y EZ4 han sido acoplados a cajas de acrílico para dar protección y seguridad a su circuito interno y para su conexión con la tarjeta electrónica se empleará cable sólido CAT 5 de 8 hilos como se muestra en la figura 4.9. y 4.10., la tabla 4.1 indica la longitud del cable implementado para los sensores.

Tabla 4.1 Longitud del cable empleado por los sensores de distancia

SENSOR	LONGITUD DE CABLE DE CONEXIÓN (m)
HC-SR04	4
EZ4	4

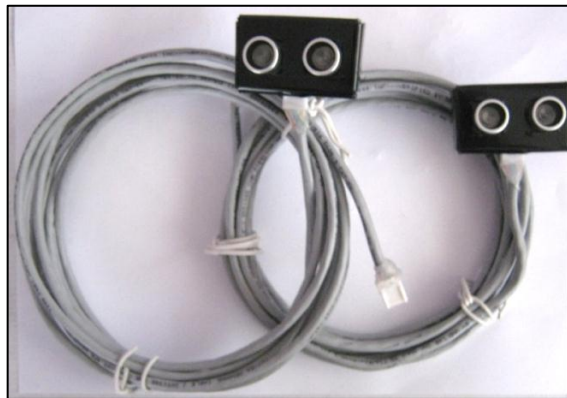


Figura 4.9 Implementación de los sensores de distancia. Sensor HC-SR04



Figura 4.10 Implementación de los sensores de distancia. Sensor EZ4

4.1.3.2 UBICACIÓN DE LOS SENSORES DE DISTANCIA

El sensor de distancia EZ4 será ubicado al centro de la parte delantera del vehículo y los sensores HC-SR04 serán ubicados en la parte posterior como se indica en la figura 4.11 y 4.12



Figura 4.11 Ubicación de los sensores de distancia. Sensor EZ4



Figura 4.12 Ubicación de los sensores de distancia. Sensores HC-SR04

4.1.4. IMPLEMENTACIÓN DE LOS SERVOMOTORES

Para la implementación de estos dispositivos será necesario describir: el diseño de la base en la cual irán sujetos los dos servomotores, los brazos de palanca que van acoplados a cada servomotor y el tipo de cable que se va a utilizar para la conexión con la tarjeta electrónica.

4.1.4.1 DISEÑO DE LA BASE DE LOS SERVOMOTORES

Para accionar el pedal de freno y obstaculizar el accionamiento del pedal del acelerador se destinó dos servomotores conectados mediante cable flexible #22 a un microcontrolador, el cual los comandará y los hará actuar simultáneamente; teniendo en cuenta esta consideración se ha diseñado el modelo de soporte mostrado en la figura 4.13. El material de la base será de chapa de acero con un espesor de 0,5mm debido a que es de fácil construcción; en la base de los dos servomotores habrá agujeros de 4mm de diámetro que servirán para la fijación de cada actuador, y dos agujeros de

13mm para la sujeción a la carrocería del vehículo; en la base el área destinada para el servomotor del pedal de freno tendrá diez agujeros de 4mm de diámetro que servirán para su fijación y regulación.



Figura 4.13 Base de los servomotores pedal de freno y del pedal del acelerador.

Se debe tomar en consideración que cada servomotor va a tener acoplado un brazo que va a servir de palanca para comandar al pedal de freno y acelerador, el material para su elaboración va a ser chapa acero de 0,5mm de espesor, contará con agujeros de 4mm para el acople a los servomotores. En la figura 4.14 se aprecia a los brazos de palanca de cada servomotor.



Figura 4.14 Brazos de palanca de los servomotores

Otra consideración relevante es el uso de una pieza metálica de 3mm de espesor que va a ser acoplada al pedal de freno con el fin de accionarlo cuando el brazo de palanca del servomotor del freno sea activado. En la figura 4.12 se indica la pieza metálica.



Figura 4.15 Pieza metálica del pedal de freno

4.1.4.2 UBICACIÓN DE LA BASE DE LOS SERVOMOTORES EN EL VEHÍCULO

Para la ubicación de la base de los servomotores es necesario tener presente que los servomotores que comandarán tanto la aceleración como el frenado, no deben interferir en el correcto funcionamiento del vehículo. Los dos servomotores deben estar cerca de los pedales para actuar sobre ellos cuando el sistema de frenado automático progresivo sea activado. En la figura 4.16 se muestra la fijación de las bases en el vehículo.

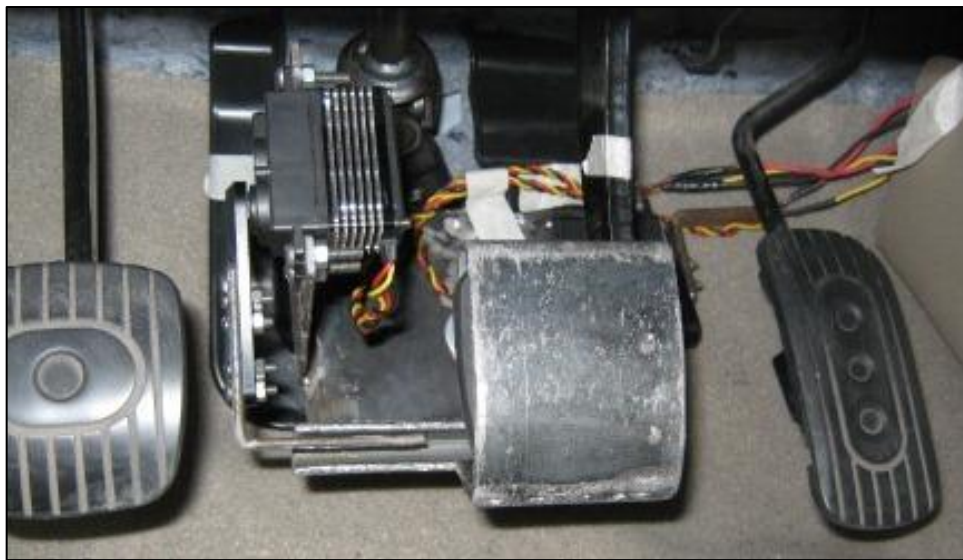


Figura 4.16 Ubicación de las bases de los servomotores

4.1.1.3 PROCEDIMIENTO DE UTILIZACIÓN DEL SISTEMA

Para la utilización del sistema de Frenado Automático Progresivo se hará accesible un MANUAL DE USUARIO en el cual se detallaran los procedimientos de utilización del sistema y la solución a posibles averías o fallas que se puedan producir en el funcionamiento del mismo. Ver **Anexo I**

Este sistema debe ser empleado a velocidades menores a los 50 km/h puesto que fue diseñado para ser utilizados en zonas urbanas, en donde el conductor se distrae con facilidad.

4.2 PRUEBAS REALIZADAS

Las pruebas realizadas con el sistema de frenado automático progresivo servirán para verificar la operación de modo de parqueo y modo de distancia segura, para ello se va a tomar dos escenarios: el primer escenario va a estar libre de factores externos que puedan afectar el desempeño en condiciones ideales de los elementos que conformarán el sistema, el segundo escenario estará bajo condiciones en las que normalmente trabajará el sistema, es decir en las zonas urbanas donde transitará el vehículo.

4.2.1 MODO DE PARQUEO

El modo de parqueo tiene un funcionamiento sencillo pero se debe verificar que los sensores y los actuadores operan adecuadamente ante diferentes circunstancias de medio, para ello se realizaron dos pruebas:

a) Medio libre de factores externos

Se configuró los valores de alcance del sensor EZ4 de 6m y de los sensores HC-SR04 de 2m, debido a que este modo no requiere de un alcance máximo para su funcionamiento. Se observó que los sensores trabajan correctamente debido a que miden la distancia real a la que se encuentra el objeto u obstáculo; los servomotores de igual manera responden óptimamente, no existe retardo en su activación y desactivación. Los elementos que conforman los indicadores de la señal audible y visible están acorde con la medida de la distancia. Esta prueba se la realizó antes de la instalación del sistema en el vehículo.

En la figura 4.17 se indican las lecturas que se obtuvieron al realizar pruebas en el modo de parqueo y en la figura 4.18 se muestra el comportamiento de los servomotores.



a)



b)



c)



d)

Figura 4.17 Modo de parqueo a) Lectura de los sensores de distancia sin obstáculos, b) Lectura del sensor EZ4 con distancia de frente de 0,196m, c) Lectura del sensor HC-SR04 con distancia del lado posterior izquierdo de 0,173m d) Lectura del sensor HC-SR04 con distancia del lado posterior derecho de 0,184m



a)



b)

Figura 4.18 Posición de los servomotores: a) Servomotores desactivados, b) Servomotores activados.

b) Medio con intervención de factores externos

Esta prueba se lo realizó en un ambiente donde existen diversos factores como el viento, el ruido y vibraciones del propio vehículo. Se observó que los sensores responden adecuadamente aunque el valor registrado en el sistema difiere en 0,03m del valor real de distancia que se encuentra el objeto medido; los servomotores accionan los pedales instantáneamente cuando la distancia es menor a 0,20m y los indicadores de la señal audible y visible informan correctamente al conductor para prevenir un impacto. El sistema no tiene retardo en el envío de la señal.

4.2.2 MODO PARA AVANZAR

El modo para avanzar tiene un funcionamiento más complejo debido a que los servomotores van a estar operando constantemente por lo tanto se debe comprobar el trabajo del sensor y los actuadores, para ello se realizaron dos pruebas:

a) Medio libre de factores externos

Se configuró al sensor EZ4 para que tenga un alcance máximo de 6m, debido a que en este modo se va necesitar los valores máximos y mínimos para detectar la distancia del objeto y con este dato hacer actuar a los servomotores.

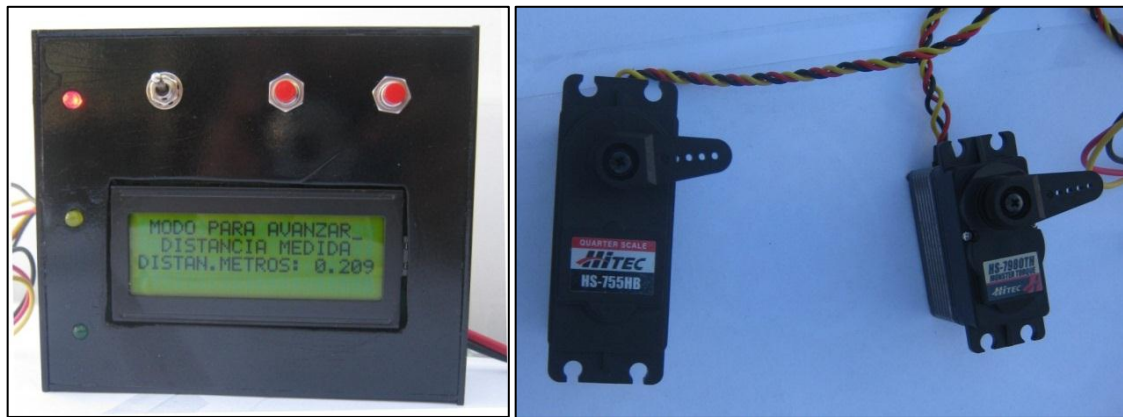
Se observó que el sensor EZ4 trabaja correctamente, y se lo ha programado para tener un valor máximo de 6,658m lo cual ofrece mayor alcance y seguridad al sistema; los servomotores responden satisfactoriamente de acuerdo a la distancia medida. Esta prueba se la realizó antes de la instalación del sistema en el vehículo. En la figura 4.19 se observa las lecturas obtenidas en el Modo Para Avanzar. En la figura 4.19 se observa las lecturas obtenidas en el Modo Para Avanzar.



a)



b)



c)

Figura 4.19 Modo Para Avanzar: a) Lectura del sensor EZ4 con distancia de 6,658m y servomotores desactivados, b) Lectura del sensor EZ4 con distancia de 2,171m y servomotores activados, c) Lectura del sensor EZ4 con distancia de 0,209 m y servomotores activados totalmente.

b) Medio con intervención de factores externos

La prueba se llevó a cabo en calles de zonas urbanas donde las condiciones ambientales cambian radicalmente, ya sea por el ruido de los vehículos, el viento, cambios de temperatura y las propias vibraciones y sonidos de funcionamiento de motor. El sensor EZ4 está calibrado para tener un alcance máximo de 6m. Se apreció que el sensor registraba una variación en la información a partir de los 4m, lo que ocasionaba un comportamiento erróneo por parte de los servomotores cuando presionaban los pedales con esta premisa se procedió a modificar el software y mediante la programación del microprocesador se pudo aumentar el alcance máximo a 6,658m lo cual permitía tener un mayor grado de amplitud de onda y por lo tanto tener más exactitud en la información obtenida. Los indicadores de la señal visible y audible respondieron óptimamente de acuerdo con el valor de la distancia proporcionada por los sensores. En esta subrutina del sistema se observó que los datos de distancia del sistema variaban con 0,05m con distancia real que tenía el objeto u obstáculo. En la figura 4.20 se indica un ejemplo del sistema funcionando en un medio externo.



Figura 4.20 Modo Para Avanzar en medio externo.

4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el modo de parqueo los resultados obtenidos indican que el prototipo del SISTEMA DE FRENADO AUTOMÁTICO PROGRESIVO es confiable dentro de un radio de acción no mayor a 6,6m en el sensor EZ4 y 2m en los sensores HC-SR04; pruebas realizadas a distancias mayores a las mencionadas no registraron lecturas, por lo tanto los sensores sólo trabajan en lugares donde el haz del ultrasonido es reflejado, esto garantiza en un 90% el correcto funcionamiento en este modo. Los servomotores trabajan perfectamente, cuando la distancia es menor a 0,20m pasan de 0° a 90° en fracción de segundos. Los indicadores audible y visible operan correctamente de acuerdo con la distancia medida. En la tabla 4.2 y 4.3 se detallan los datos obtenidos en las pruebas de modo de parqueo en medio libre y en un medio con intervención de factores externos respectivamente.

Tabla 4.2 Modo de parqueo en un medio libre de factores externos

DISTANCIAS (m)			SERVOMOTORES		INDICADORES	
SENSOR EZ4	SENSOR HC-SR04 DERECHA	SENSOR HC-SR04 IZQUIERDA	FRENO	ACELERADOR	LED ROJO	BUZZER
1,130	0,178	0,179	ACTIVADO	ACTIVADO	ENCENDIDO	BEEP
1,050	0,189	0,187	ACTIVADO	ACTIVADO	ENCENDIDO	BEEP
0,906	0,202	0,204	DESACTIVADO	DESACTIVADO	APAGADO	-
0,135	1,267	1,265	ACTIVADO	ACTIVADO	ENCENDIDO	BEEP
0,173	1,109	1,107	ACTIVADO	ACTIVADO	ENCENDIDO	BEEP
0,195	1,030	1,028	ACTIVADO	ACTIVADO	ENCENDIDO	BEEP
0,234	0,865	0,867	DESACTIVADO	DESACTIVADO	APAGADO	-

Tabla 4.3 Modo de parqueo con intervención de factores externos

DISTANCIAS (m)			SERVOMOTORES		INDICADORES	
SENSOR EZ4	SENSOR HC-SR04 DERECHA	SENSOR HC-SR04 IZQUIERDA	FRENO	ACELERADOR	LED ROJO	BUZZER
1,631	0,251	0,198	ACTIVADO	ACTIVADO	ENCENDIDO	BEEP
1,402	0,197	0,232	ACTIVADO	ACTIVADO	ENCENDIDO	BEEP
1,301	0,203	0,261	DESACTIVADO	DESACTIVADO	APAGADO	-
0,241	1,303	1,290	ACTIVADO	ACTIVADO	ENCENDIDO	BEEP
0,235	1,204	1,208	ACTIVADO	ACTIVADO	ENCENDIDO	BEEP
0,223	1,030	1,028	ACTIVADO	ACTIVADO	ENCENDIDO	BEEP
0,256	0,865	0,867	DESACTIVADO	DESACTIVADO	APAGADO	-

De acuerdo a las tablas obtenidas se puede apreciar la variación que existe en los datos cuando el sistema es activado con el vehículo en marcha, por lo tanto

los factores externos influyen en el sistema de frenado automático progresivo, pero no interfieren en su correcto funcionamiento.

Como se aprecia en la tabla 4.2 el sensor EZ4 activa a los servomotores a una distancia de 0,195m y en la tabla 4.3 lo realiza a 0,241m esto indica una variación de 0,046m, lo cual representa una ventaja por parte del sensor.

Los datos obtenidos de los sensores HC-SR04 en la tabla 4.2 se observa que activan a los servomotores a una distancia de 0,189m y en la tabla 4.3 lo hacen a 0,198m esto representa una variación de 0,011m, al igual que en el sensor EZ4 es una ventaja debido a que el sistema actúa con anticipación ante una posible colisión.

Los resultados obtenidos en el modo para avanzar demostraron que el sensor EZ4 opera correctamente en un radio de acción que de 0,18 a 6,658m siempre y cuando el objeto se mantenga constante en un tiempo mayor o igual a dos segundos, debido a que el sensor presenta un retardo en el envío de señales provocando un mal funcionamiento del sistema; el sensor también detecta la presencia de personas lo es una ventaja para el sistema. Los servomotores se activan aun cuando la distancia sea mayor a 4m, pero sólo recorren 20°, para alertar al conductor y los indicadores operan perfectamente acorde con la información de la distancia medida por los sensores.

Se observó que un ambiente sumamente oscuro afecta la capacidad de detección de los objetos, produciendo un error en la medida hasta el punto que el envío de la onda de ultrasonido no es reflejada, lo cual no asegura el correcto funcionamiento del sistema en este ambiente. En la tabla 4.4 y 4.5 se detallan los datos obtenidos en las pruebas de modo de parqueo en medio libre y en medio con intervención de factores externos respectivamente.

Tabla 4.4 Modo para avanzar en un medio libre de factores externos

DISTANCIA (m)	SERVOMOTORES		INDICADORES			
SENSOR EZ4	FRENO	ACELERADOR	LED			BUZZER
			ROJO	AMARILLO	VERDE	
0,967	ACTIVADO	ACTIVADO	ON	OFF	OFF	BEEP BEEP BEEP
1,807	ACTIVADO	ACTIVADO	OFF	ON	OFF	BEEP BEEP BEEP
2,445	ACTIVADO	ACTIVADO	OFF	ON	OFF	BEEP BEEP
3,609	ACTIVADO	ACTIVADO	OFF	ON	OFF	BEEP BEEP
4,378	ACTIVADO	ACTIVADO	OFF	OFF	ON	BEEP BEEP
5,246	ACTIVADO	ACTIVADO	OFF	OFF	ON	BEEP
6,578	DESACTIVADO	DESACTIVADO	OFF	OFF	ON	-

Tabla 4.5 Modo para avanzar con intervención de factores externos

DISTANCIA (m)	SERVOMOTORES		INDICADORES			
SENSOR EZ4	FRENO	ACELERADOR	LED			BUZZER
			ROJO	AMARILLO	VERDE	
0,924	ACTIVADO	ACTIVADO	ON	OFF	OFF	BEEP BEEP BEEP
1,521	ACTIVADO	ACTIVADO	OFF	ON	OFF	BEEP BEEP BEEP
2,177	ACTIVADO	ACTIVADO	OFF	ON	OFF	BEEP BEEP
3,207	ACTIVADO	ACTIVADO	OFF	ON	OFF	BEEP BEEP
4,293	ACTIVADO	ACTIVADO	OFF	ON	OFF	BEEP BEEP
5,136	ACTIVADO	ACTIVADO	OFF	OFF	ON	BEEP BEEP
6,632	DESACTIVADO	DESACTIVADO	OFF	OFF	ON	-

En las tablas 4.4 y 4.5 se aprecia que los valores registrados por el sensor EZ4 no tienen una mayor variación, lo cual demuestra que los factores externos no influyen en gran medida en el funcionamiento del sistema cuando el vehículo está en marcha.

Se apreció que el soporte diseñado para los servomotores puede ser instado en cualquier tipo de vehículo liviano, debido a que pueden ser regulados dependiendo a los requerimientos de cada automóvil.

De acuerdo con el análisis realizado que se obtuvo con las pruebas efectuadas, se demuestra que el sistema cumple satisfactoriamente con el objetivo principal

del proyecto que es el de asistir al conductor y prevenirlo de una posible colisión.

4.3.1 PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN

El costo del presente proyecto es relativamente bajo en comparación a otros sistemas que son implementados en vehículos de alta gama, tiene similares características y brinda ventajas para una conducción segura y asistencia al momento de parquear. Cada elemento fue elegido cuidadosamente con el fin de ofrecer un sistema confiable. La tabla 4.2 indica los elementos utilizados en la implementación del sistema de frenado automático progresivo, cantidad costo unitario y costo total de los mismos.

Tabla 4.6 Lista de elementos utilizados en el sistema y precios.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Microcontrolador ATMEGA 8	\$ 5,55	\$ 5,55
1	Servomotor HS-7980TH (freno)	\$ 190,00	\$ 190,00
1	Servomotor HS-755HB (acelerador)	\$ 53,50	\$ 53,50
2	Sensor HC-SR04	\$ 20,00	\$ 40,00
1	Sensor EZ4	\$ 45,00	\$ 45,00
4	Bornera 2 pines verde	\$ 0,28	\$ 1,12
1	Potenciómetro 10k ajustable	\$ 0,28	\$ 0,28
1	Resistencia de 10Ω a 1/4w	\$ 0,04	\$ 0,04
3	Resistencia de 330Ω 1/4w	\$ 0,04	\$ 0,12
2	Resistencia de 47kΩ 1/4w	\$ 0,04	\$ 0,08
2	Condensador cerámico 0,1μF 50v	\$ 0,05	\$ 0,10
2	Capacitor 10μF 50V	\$ 0,07	\$ 0,14
1	Capacitor 470μF 25V	\$ 0,14	\$ 0,14
2	Regulador de voltaje 7805CV	\$ 0,60	\$ 1,20
1	Puente Rectificador 1,5A 1000V	\$ 0,50	\$ 0,50
2	Zócalo 14 pines	\$ 0,12	\$ 0,24
2	Disipador de calor	\$ 0,70	\$ 1,40
9	Tornillo con tuerca 3mm	\$ 0,10	\$ 0,90
1	Conector Polarizado 7p H.M	\$ 1,07	\$ 1,07
2	Conector Polarizado 3p H.M	\$ 0,46	\$ 0,92
2	Conector Polarizado 4p H.M	\$ 0,62	\$ 1,24
1	Led amarillo 5mm	\$ 0,06	\$ 0,06
1	Led verde 5mm	\$ 0,06	\$ 0,06
1	Led rojo 5mm	\$ 0,06	\$ 0,06
2	Suiche pulsador NA	\$ 0,40	\$ 0,80
1	Buzzer	\$ 0,85	\$ 0,85
1	Pantalla LCD 20X4	\$ 13,00	\$ 13,00
1	Suiche 1 vía 2 posiciones	\$ 0,30	\$ 0,30
1	Fabricación de placa	\$ 27,00	\$ 27,00
1	Programación de microcontrolador	\$ 68,00	\$ 68,00
1	Caja contenedora de circuito	\$ 20,00	\$ 20,00
3	Contenedores de sensores de distancia	\$ 5,00	\$ 15,00
2	Soporte para servomotores	\$ 5,00	\$ 10,00
1	Cable	\$ 7,00	\$ 7,00
1	Otros materiales	\$ 6,00	\$ 6,00
1	Programación del microcontrolador	\$ 68,00	\$ 68,00
Costo de Elaboración del Circuito			\$ 579,67

El costo total de construcción del sistema de frenado automático progresivo es de \$511,67 (quinientos once con 67 centavos de dólar), sin incluir el desarrollo del prototipo.

El sistema funciona en conjunto, es decir sensores, microprocesador y actuadores; si los sensores fallan en su medición el microprocesador y los actuadores también lo harán, produciendo una falla en el sistema.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- En el presente proyecto se ha desarrollado un Sistema de Frenado Automático Progresivo capaz de asistir al conductor durante el parqueo y cuando transita por límites urbanos.
- Los sensores, los elementos de que conforman la tarjeta electrónica y los servomotores instalados en el pedal de freno y acelerador contribuyen a mantener una distancia segura entre vehículos, alertando al conductor de posibles impactos o choques causados principalmente por el factor humano.
- La ubicación adecuada de los sensores de distancia tanto en la parte delantera como posterior contribuye al buen funcionamiento del sistema, debido a que la distancia medida depende del patrón de radiación de cada sensor; se puede aumentar sensores al sistema con el fin de optimizar el radio de acción y tener una detección más exacta del objeto a medir.
- La señal de alerta proporcionada por los leds y el buzzer es suficientemente rápida, si se considera la respuesta instantánea que tiene el conductor cuando los sensores detectan un obstáculo.
- La programación del sistema central de procesos fue complicada debido a que se necesita herramientas informáticas, conocimientos e información para programar al microcontrolador debido a que la señal debe ser emitida, procesada y enviada a los sensores y actuadores.
- Para la elección de los elementos mecánicos y electrónicos utilizados en el sistema se dio prioridad a los siguientes parámetros: requerimientos del sistema, facilidad de adquisición, costo y modo de funcionamiento, y

mediante un breve análisis se determinó a los más compatibles con el prototipo a diseñar.

- El sistema propuesto puede ser implementado como un accesorio extra al vehículo, debido a que brinda seguridad y asistencia al momento de manejar, pero de ningún modo debe ser utilizado para reemplazar al conductor ya que él es responsable de la actitud que tome frente al volante.
- Lo más relevante del sistema de frenado automático progresivo es que puede ser implementado en cualquier vehículo liviano, debido a que puede ser instalado con facilidad tanto los sensores y servomotores, a más de ello no interviene en el funcionamiento normal del vehículo en el caso de ser desactivado.
- El funcionamiento de los sensores de distancia se ve afectado por diversos factores como: el cambio de clima, el tráfico, el ruido y las vibraciones propias del motor, esto ocasiona una variación en la distancia medida, por esta razón el conductor debe estar pendiente y no dejar actuar solamente al sistema.
- La implementación del sistema se debería ver como una inversión a largo plazo, debido a que contribuye en la disminución de accidentes de tránsito por pequeños que sean, esto conlleva a que el conductor no deba pagar reparaciones de los vehículos implicados en un siniestro en el caso de ser el responsable de una conducción imprudente.

5.2 RECOMENDACIONES

- El sistema propuesto da la pauta para el estudio de futuras investigaciones en el área de nuevas tecnologías, por lo tanto en la carrera de ingeniería automotriz es recomendable que se implemente en la malla curricular la materia de programación para que el estudiante pueda conocer e incursionar en la parte netamente electrónica de cada sistema del vehículo.

- En el modo de parqueo el número de sensores de distancia se podría incrementar para tener un mejor radio de acción, obteniendo más exactitud al realizar la medida de la distancia.
- En la actualidad los microcontroladores son muy utilizados en la industria automotriz, por esta razón es importante aprender el lenguaje de programación de estos elementos.
- Las interfaces y las subrutinas empleadas en el diseño del sistema pueden ser útiles para desarrollar sistemas más complejos que contribuyan a la seguridad del conductor y los pasajeros.
- Se recomienda conocer el funcionamiento de los sensores, actuadores y el microcontrolador para comprender el modo de operación del sistema, con ello se puede aprovechar a fondo cada elemento que conforma el proyecto.
- Se debe considerar que el servomotor empleado en el pedal de freno fue complicado de conseguirlo, debido a que tiene un torque de 30kgf a 5v mucho mayor que un servomotor convencional, por lo cual fue traído desde los Estados Unidos.
- El diseño del sistema requiere de un amplio conocimiento de programación de microcontroladores, por lo tanto es primordial adquirir conocimiento en esta área mediante cursos tanto teóricos y prácticos que ayuden a entender mejor la parte electrónica del sistema.
- El sistema propuesto aporta positivamente a las personas que recién están empezando a manejar, debido a que a velocidades inferiores a los 20 km/h el sensor tiene un óptimo funcionamiento.
- El sistema de frenado automático puede ser programado para que actúen los sensores HC-SR04 ubicados en la parte posterior, al momento que un vehículo se aproxime un por detrás al momento de circular en zonas urbanas, con ello se consigue alertar al conductor y pueda actuar ante un posible impacto.

NOMENCLATURA

ABS	Anti-lock braking system, es un sistema anti-bloqueo de frenos evita que las ruedas se bloqueen al frenar.
ACC	Adaptive Cruise Control, en español control de crucero adaptativo
AN	Salida analógica
BASCOM-AVR	Lenguaje de programación para microcontroladores
BASIC	Aplicación y lenguaje de programación
BID	Banco Internacional de Desarrollo
BITS	Señal electrónica que puede estar encendida (1) o apagada (0).
BRUSHLESS	Motores eléctrico sin escobillas
BUZZER	Transductor electroacústico que produce un sonido o zumbido continuo o intermitente de un mismo tono
CAN- BUS	Controller Area Network, es un bus de datos estándar diseñado para permitir que los microcontroladores y dispositivos se comuniquen entre sí dentro de un vehículo sin un ordenador central.
CNT	Comisión Nacional de Tránsito
COMMON RAIL	Denominado conducto común es un sistema de inyección de combustible electrónico para motores diésel de inyección directa
COUPÉ	Vehículo de dos puertas
DATASHEET	Documento que resume el funcionamiento y otras características de un componente
DISPLAY	Pantalla o indicador numérico utilizado para visualizar una determinada información de un

	aparato electrónico
DNCTSV	Dirección Nacional de Control del Tránsito y Seguridad Vial
ECHO	Pulso de recepción
EEPROM	Electrical EPROM, memoria borrable electrónicamente. Esta memoria puede ser borrada por medios electrónicos a través de una terminal conocida como Vpp. Los voltajes de borrado son de aprox 13v.
EPROM	Erasable PROM, memoria borrable.
ESP	Electronic Stability Program, en español programa electrónico de estabilidad
FLASH	Memoria rápida. Es igual que una EEPROM su diferencia radica en la velocidad de grabado de los datos, además que el voltaje usado para borrar es de 5v o 3.3v dependiendo de la memoria.
FOTODETECTOR	Transductor de luz que proporciona una señal eléctrica como respuesta a la radiación óptica que incide sobre la superficie
FOTOTRANSISTOR	Transistor sensible a la luz
GND	Salida a tierra o masa de un circuito
GPS	Global Positioning System en español Sistema Global de Posicionamiento
HIPEREXTENSIÓN	Extensión de un miembro o de un segmento de miembro al de los límites normales
HIPERFLEXIÓN	Posición de máxima extensión de una articulación
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
LCD	Liquid Crystal Display es un Pantalla de Cristal Líquido

LUZ INFRARROJA	Es un tipo de radiación electromagnética y térmica, de mayor longitud de onda que la luz visible, pero menor que la de las microondas.
MAGNETORRESISTIVO	Propiedad de un material para cambiar el valor de su resistencia eléctrica cuando un externo campo magnético es aplicado.
MOTRONIC	Unidad de Control de Motores
OPACIDAD	Falta de transparencia para dejar pasar la luz que tiene un cuerpo.
PAV	Park Assist Vision en español Sistema de visión para estacionamiento
PIC	Designación general de los microcontroladores
PW	Salida de pulso
PWM	Pulse Width Modulated o modulación por ancho de pulsos
RAM	Random Access Memory, un tipo de memoria de ordenador a la que se puede acceder a cualquier byte de la memoria aleatoriamente.
REFLECTIVIDAD	Fracción de radiación incidente reflejada por una superficie.
RISC	Reduced Instruction Set Computing, tecnología de los microprocesadores más rápidos y más eficiente
ROM	Read-Only Memory o memoria de sólo lectura, es la memoria que se utiliza para almacenar los programas que ponen en marcha el ordenador y realizan los diagnósticos
SENSOR HALL	Utiliza en efecto electromagnético para la medición de campos magnéticos o corrientes o para la determinación de la posición.
SIAT	Servicio de Investigación de Accidentes de

	Tránsito
SPORTBACK	Término que describe un diseño de automóvil que consiste en una cabina o área para pasajeros con un espacio de carga (maletero) integrado, al cual se tiene acceso mediante un portón trasero
TRANSLUCIDEZ	Paso de la luz de manera que las formas se hacen irreconocibles
TRIG	Pulso de envío
TX	Salida serie
VCC	Salida de voltaje positivo de un circuito
WHIPLASH INJURY	Latigazo cervical que es a menudo una enfermedad auto-limitante.
WI-FI	Wireless Fidelity en español Fidelidad inalámbrica

BIBLIOGRAFÍA

- Bosch Gmbh, R. 2003. *Regulación adaptiva de la velocidad de marcha ACC*. Alemania: Postfach.
- Kindler, H. & Kynast, H., 1986. *Matemática aplicada para la técnica del automóvil*. (8va. ed.) Alemania: Reverté, S.A.
- *Manual CEAC del automóvil*. (2003). España: Ceac S.A.
- Alonso J.M. 1998. *Técnicas del Automóvil*. (10ma ed). España: Paraninfo
- Serrano, E. 2008. *Circuitos electrotécnicos básicos: sistemas de carga y arranque del vehículo*. España: Editex
- Alonso J.M. 2006. *Electromecánica de vehículos: sistemas de transmisión y frenado*. (2da. ed.) España: Paraninfo
- Dominguez E. & Ferrer J. 2008. *Elementos amovibles de la carrocería: técnicas básicas*. España: Editex
- Gomez, T., Martin, J., Agueda, E. & Gracia, J. 2009. *Elementos estructurales del vehículo*. (2da. ed.). España: Paraninfo
- Luque, P., Alvarez, D. & Vera, C. 2008. *Ingeniería del automóvil: sistema y comportamiento dinámico*. España: Paraninfo
- Bosch Gmbh, R. 2002. *Microelectrónica en el vehículo motorizado*. (2da. ed.). Alemania: Postfach.
- Bosch Gmbh, R. 2005. *Sistemas para la estabilización del vehículo*. Alemania: Postfach.

PÁGINAS WEB

- www.ecuadorencifras.com, Cifras, INEC, Defunciones
- www.elcomercio.com, País, Accidentes de tránsito, Zona Urbana, Estadísticas
- www.cte.gob.ec, Informativo, Estadísticas
- www.ecuador-vial.com, límites de velocidad y los rangos moderados, exceso de velocidad
- www.institutferran.org, esguince
- www.micoche.com, reportajes, coches, latigazo cervical

- www.cervicalgia.com, Cervicalgia y accidentes de tráfico
- www.vivirsindolor.com, Dolor de columna
- www.corpaire.org, Varios, Reglamento General Ley Transito
- www.dmv.state.va.us, Manual del conductor de Virginia
- www.lapatria.com, Al volante, Ante todo maneje despacio para evitar accidentes
- www.tecmovvia.com. Tecnología y coches de nueva generación
- www.fastelectric.cl. Fundamentos del sensado o detección de presencia
- www.ucontrol.com.ar. Procesamiento de señales del microcontrolador.
- <http://campos-inventronica.blogspot>. Sensor ultrasónico
- <https://sites.google.com/site/electronicsscience20/Micro/pic-assembly/2-microcontroladores>. Microcontroladores
- <https://docs.google.com>. Comparativa de microcontroladores
- http://platea.pntic.mec.es/vgonzalez/cyr_0204/ctrl_robotica/sistema/motores_servo.htm. Servomotores
- www.ecured.cu. Servomotor
- <http://cosasdeingenieria.com>. Sensor-ultrasonico-de-distancia-axbotix-lv-ez4
- www.maxbotix.com/documents/MB1010_Datasheet.pdf Sensor EZ4
- www.accudiy.com/download/HC-SR04_Manual.pdf. Sensor HC-SR04
- deepblue.lib.umich.edu/bitstream/2027.42/55414/1/99826.pdf. Estándares de seguridad del sistema de frenado EE.UU
- http://noticias.juridicas.com/base_datos/Admin/rd2028-1986.html#anexo1 Estándares de seguridad UE
- http://www.webstore.jsa.or.jp/webstore/Com/FlowControl.jsp?lang=en&bu_nsyold=JIS+D+2605%3A2005&dantaiCd=JIS&status=1&pageNo=0 Estándares de seguridad japoneses
- <http://www.aladi.org>. Normas INEN

ANEXOS

ANEXO I

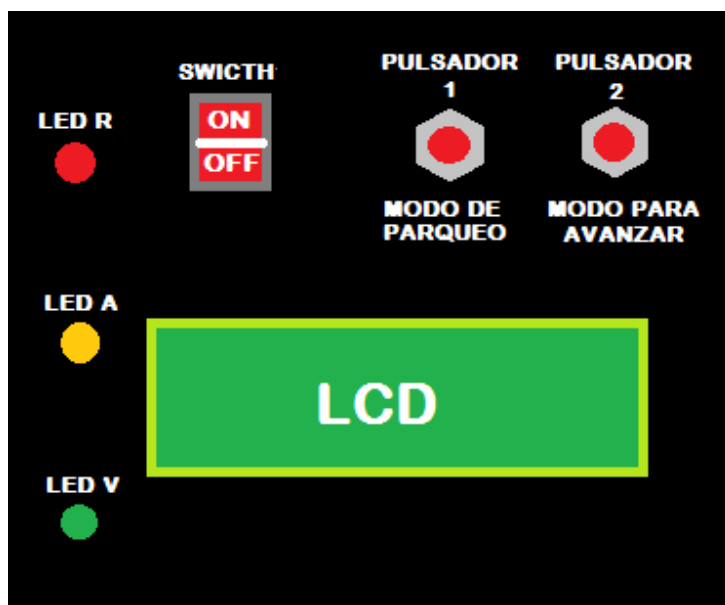
MANUAL DE USUARIO

Lea atentamente el manual de instrucciones antes de proceder a utilizar el sistema, sólo así podrá obtener las máximas prestaciones y la máxima seguridad durante su uso.

Advertencias de seguridad

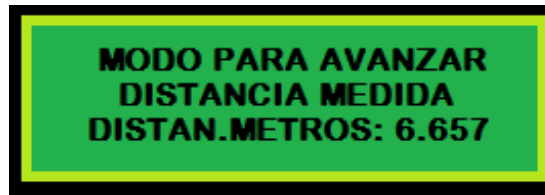
- Verificar que el sistema esté funcionando con la llave en contacto, sin poner el vehículo en marcha.
- Mantenga a mano este manual para consultas posteriores.

Partes del panel de control



Funcionamiento

Encienda el sistema con el interruptor que está situado en la parte superior izquierda del panel de control. El LCD se va a encender y se observará una pantalla igual a la siguiente:



Esto indica que el sistema ya empezó a medir directamente con el sensor ubicado en la parte delantera del vehículo.

NOTA: La distancia en metros puede diferir dependiendo de la medida a la cual se encuentre el vehículo, por lo tanto se recomienda al conductor que encienda el sistema cuando el vehículo tiene una distancia mayor a 5m con respecto a un obstáculo, con el fin de evitar inconvenientes en el pedal de freno

A partir de este momento el sistema empezará a medir la distancia a la que cualquier objeto se encuentre en frente de él y se activarán los LEDS dependiendo de la medida registrada, a continuación se detalla las distancias a las cuales van a activarse los tres LEDS:

- LED ROJO: distancia mínima menor a 1,5m
- LED AMARILLO: distancia media entre 3.99m y 1,5m
- LED VERDE: distancia segura entre 6m y 4m

Adicional a los LEDS el sistema consta de un indicador sonoro llamado BUZZER que informa al conductor de la distancia que mantiene el vehículo, su funcionamiento es el siguiente:

- Distancia menor a 1,5m: BEEP, BEEP, BEEP
- Distancia entre 3.99m y 1,5m: BEEP, BEEP
- Distancia entre 6m y 4m: NO SUENA

Cada BEEP representa el sonido que realiza al BUZZER al momento de recibir la información del sensor.

En caso de requerir la asistencia del sistema para parquear al vehículo se debe seguir los siguientes pasos:

- Presionar el Pulsador 1 ubicado en la parte superior derecha del panel de control.
- En el LCD se observará una pantalla similar a la siguiente:



Esto indica que el sistema ya empezó a medir con el sensor ubicado en la parte delantera y los dos sensores ubicados en la parte posterior del vehículo.

NOTA: La distancia en metros puede diferir dependiendo de la medida a la cual se encuentre el vehículo.

A partir de este momento el sistema empezará a medir la distancia a la que cualquier objeto se encuentre en frente y detrás del vehículo, se activarán los LEDS rojo y verde dependiendo de la medida registrada; a continuación se detalla las distancias a las cuales van a activarse los dos LEDS:

- LED ROJO: distancia menor a 0,199m y 0,240m en los sensores ubicados en la parte posterior y delantera respectivamente
- LED VERDE: distancia mayor a 0,199m y 0,240m en los sensores ubicados en la parte posterior y delantera respectivamente

Adicional a los LEDS el sistema consta de un indicador sonoro llamado BUZZER que informa al conductor de la distancia que mantiene el vehículo, su funcionamiento es el siguiente:

- Distancia menor a 0,199m (sensores posteriores) y 0,240m (sensor delantero): BEEP, BEEP.

Cada BEEP representa el sonido que realiza al BUZZER al momento de recibir la información del sensor.

El sistema de FRENADO AUTOMÁTICO PROGRESIVO fue diseñado de tal manera que no interfiera en el correcto funcionamiento del vehículo para evitar fallas, interferencias y averías tanto en el motor como en los pedales de freno y acelerador.

Por motivo de seguridad nunca apague el sistema cuando el vehículo está en marcha, puesto que puede ocasionar fallas en los actuadores (servomotores) ubicados en los pedales.

Errores Frecuentes

- Los sensores no miden correctamente
Puede ser que los sensores no estén colocados en forma tal que midan el objeto enfrente y detrás del vehículo, por lo cual es recomendable colocar los sensores de manera perpendicular y que ningún objeto este interrumpiendo el rango de vista del sensor.
- No se observa correctamente la pantalla del LCD
En la parte interna del panel de control existe un potenciómetro el cual maneja el contraste del LCD su manipulación varia la intensidad del texto y corregirá el problema.
- El pedal freno funciona inadecuadamente
Esto puede suceder porque los sensores registran datos incorrectos, por un mal funcionamiento de la parte electrónica del circuito o por recalentamiento de los servomotores, la forma de solucionar este problema es prescindir de la pieza metálica acoplada al pedal de freno con el fin de cortar la conexión entre el servomotor y el pedal.
- El módulo está fallando
Puede darse por la provocación de un cortocircuito o por una variación exagerada en el voltaje de la batería de alimentación, para lo cual el sistema posee un fusible el cual debe ser revisado para de ser el caso reemplazarlo este fusible es de 5 amperios.

Características Técnicas

Tensión de alimentación

12 VDC “batería del vehículo”

Servo Motores:

Acelerador:

- Alimentación: 5 VDC

- Torque: 11kg/cm

Freno:

- Alimentación: 5 VDC

- Torque: 30kg/cm

Interfase usuario

LCD 4x16.

Pulsadores.

Interruptor de encendido.

LED's.

BUZZER

ANEXO II

PROGRAMA DEL MICROCONTROLADOR ATMEGA 8

SUBROUTINAS Y COMANDOS UTILIZADOS EN LA PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA

```
$regfile = "m8def.dat"
$crystal = 4000000
Config Lcd = 20 * 4
Config Lcdbus = 4
Config Lcdpin = Pin , Db4 = Portd.4 , Db5 = Portd.5 , Db6 = Portd.6 , Db7 = Portd.7
, Rs =
Portd.2 , E = Portd.3
Const K = 5 / 1023 'resolucion del conversor de 10Bits
Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Internal
Start Adc
Dim Distancia As Single ' Long
Dim Distancia1 As Single
Dim Distancia2 As Single ' Long
Dim Distancia3 As Single ' Long
Dim A As Word
Dim X As Word
Dim Z As Byte
Dim W As Byte
Dim Y As Byte
Config Portb.0 = Output
Config Portb.6 = Output
Config Portb.7 = Output
Config Portc.1 = Output
Config Portc.2 = Output
Config Portc.3 = Output
Config Portc.4 = Output
Config Pinc.4 = Input
Config Pinc.5 = Input
Buzzer Alias Portb.0
Servo1 Alias Portb.6
Servo2 Alias Portb.7
Verde Alias Portc.1
Amarillo Alias Portc.2
Rojo Alias Portc.3
Suiche1 Alias Pinc.4
Suiche2 Alias Pinc.5
Z = 1
W = 1
'Gosub Ceroa
'Gosub Cerob
Set Verde
Set Amarillo
Set Rojo
Wait 1
Reset Verde
Reset Amarillo
Reset Rojo
Gosub Cuarentaycincoa
Gosub Destrabar
'Gosub Cuarentaycincob
Inicio:
Gosub Barrido
```

```

Goto Analisis
Goto Inicio
Barrido:
If Suiche1 = 0 Then Z = 1
If Suiche2 = 0 Then Z = 2
Return
Analisis:
If Z = 1 Then Goto Avanzar
If Z = 2 Then Goto Parqueo
Goto Inicio
Parqueo:
If W = 1 Then Gsub Beep1
Ddrb.1 = 1 : Portb.1 = 0
Waitms 50
Pulseout Portb , 1 , 10 ' GENERAMOS el pulso DE 10US a 11,
059200 MHz PULSO=(Tdeseado*fclock)
'Waitus 100
Ddrb.2 = 0 : Portb.2 = 0
Pulsein A , Pinb , 2 , 1
Distancia2 = A * .00179
Ddrb.3 = 1 : Portb.3 = 0
Waitms 50
Pulseout Portb , 3 , 10 ' GENERAMOS el pulso DE 10US a 11,
059200 MHz PULSO=(Tdeseado*fclock)
'Waitus 100
Ddrb.4 = 0 : Portb.4 = 0
Pulsein A , Pinb , 4 , 1
Distancia1 = A * .00179
A = Getadc(0)
Distancia3 = A * 0.00656
If Distancia1 > 2 Then Distancia1 = 2
If Distancia2 > 2 Then Distancia2 = 2
Locate 4 , 1
Lcd "DISTAN.METROS: " ; Distancia1
Locate 1 , 1
Lcd " MODO DE PARQUEO "
Locate 3 , 1
Lcd "DISTAN.METROS: " ; Distancia2
Locate 2 , 1
Lcd "DISTAN.METROS: " ; Distancia3
Locate 4 , 1
Lcd "DISTAN.METROS: " ; Distancia1
Locate 1 , 1
Lcd " MODO DE PARQUEO "
'Distancia = Distancia1
'Gosub Alerta2
Distancia = Distancia3
Gosub Pedales2
Distancia = Distancia2
Gosub Pedales3
Distancia = Distancia1
Gosub Pedales4
Gosub Barrido
Goto Analisis
'Goto Parqueo
Avanzar:
If W = 2 Then Gsub Beep2
'Waitms 100
A = Getadc(0)
Distancia3 = A * 0.00656
Locate 4 , 1
Lcd " "
Locate 1 , 1
Lcd " MODO PARA AVANZAR"

```



```

Locate 3 , 1
Lcd "DISTAN.METROS: " ; Distancia3
Locate 2 , 1
Lcd " DISTANCIA MEDIDA "
Locate 1 , 1
Lcd " MODO PARA AVANZAR"
Distancia = Distancia3
Gosub Alerta
Gosub Pedales
Gosub Barrido
Goto Analisis

```

PROGRAMACIÓN DEL SENSOR EZ4 PARA EL MODO DE AVANZAR

```

Alerta:
If Distancia < 1.0 Then X = 50
If Distancia > 1.0 And Distancia < 2.0 Then X = 100
If Distancia > 2.0 And Distancia < 3.0 Then X = 150
If Distancia > 3.0 And Distancia < 4.0 Then X = 200
If Distancia > 4.0 And Distancia < 5.0 Then X = 250
If Distancia > 5.0 And Distancia < 6.00 Then X = 300
If Distancia > 6.0 And Distancia < 7.00 Then X = 0
For Y = 1 To 2
Set Buzzer
Waitms X
Reset Buzzer
Waitms X
Next
Return

```

PROGRAMACIÓN DEL SENSOR EZ4 Y LOS SENSORES HC-SR04 PARA EL MODO DE PARQUEO

```

'Alerta2:
'If Distancia > 0.05 And Distancia < 0.2 Then X = 50
'If Distancia > 0.2 And Distancia < 0.6 Then X = 100
'If Distancia > 0.6 And Distancia < 0.8 Then X = 200
'If Distancia > 0.8 And Distancia < 1.0 Then X = 300
'If Distancia > 1 And Distancia < 2.0 Then X = 0
'For Y = 1 To 2
'Set Buzzer
'Waitms X
'Reset Buzzer
'Waitms X
'Next
'Return
Beep1:
Set Buzzer
Waitms 200
Reset Buzzer
W = 2
Return
Beep2:
Set Buzzer
Waitms 200
Reset Buzzer
W = 1
Return

```

PROGRAMACIÓN DE LOS SERVOMOTORES PARA EL MODO AVANZAR

```
Pedales:
If Distancia < 1.0 Then Gosub Ceroa
If Distancia > 1.0 And Distancia < 2.0 Then Gosub Diez
If Distancia > 2.0 And Distancia < 3.0 Then Gosub Veinte
If Distancia > 3.0 And Distancia < 4.0 Then Gosub Veinte
If Distancia > 4.0 And Distancia < 5.0 Then Gosub Treinta
If Distancia > 5.0 And Distancia < 6.00 Then Gosub Treinta
If Distancia > 6.0 And Distancia < 7.00 Then X = 0
Return
```

PROGRAMACIÓN DE LOS SERVOMOTORES PARA EL MODO DE PARQUEO

```
Pedales2:
If Distancia < 0.25 Then Gosub Ceroc
Return
Pedales3:
If Distancia < 0.2 Then Gosub Ceroc
Return
Pedales4:
If Distancia < 0.2 Then Gosub Ceroc
Return
```

PROGRAMACIÓN DE LOS INDICADORES VISIBLE Y AUDIBLE

```
Ceroa:
Set Rojo
Reset Amarillo
Reset Verde
Gosub Trabar 'SERVOMOTOR DEL FRENO
For X = 1 To 15
Set Servo1
Waitus 600
Reset Servo1
Gosub Pausa4
Next
Cerob:
A = Getadc(0)
Distancia3 = A * 0.00656
Distancia = Distancia3
If Distancia < 1.0 Then Goto Cerob
Gosub Destrabar
Return
.....

Ceroc:
Set Rojo
Reset Amarillo
Reset Verde
Set Buzzer
Gosub Trabar 'SERVOMOTOR DEL FRENO
For X = 1 To 15
Set Servo1
Waitus 600
Reset Servo1
Gosub Pausa4
Next
Waitms 600
```

```

Gosub Cuarentaycincoa
Gosub Destrabar
Reset Buzzer
Cerod:
A = Getadc(0)
Distancia3 = A * 0.00656
Distancia = Distancia3
If Distancia < 0.25 Then Goto Cerod
Ddrb.1 = 1 : Portb.1 = 0
Waitms 50
Pulseout Portb , 1 , 10 ' GENERAMOS el pulso DE 10US a 11,
059200 MHz PULSO=(Tdeseado*fclock)
'Waitus 100
Ddrb.2 = 0 : Portb.2 = 0
Pulsein A , Pinb , 2 , 1
Distancia2 = A * .00179
Distancia = Distancia2
If Distancia < 0.2 Then Goto Cerod
Ddrb.3 = 1 : Portb.3 = 0
Waitms 50
Pulseout Portb , 3 , 10 ' GENERAMOS el pulso DE 10US a 11,
059200 MHz PULSO=(Tdeseado*fclock)
'Waitus 100
Ddrb.4 = 0 : Portb.4 = 0
Pulsein A , Pinb , 4 , 1
Distancia1 = A * .00179
Distancia = Distancia1
If Distancia < 0.2 Then Goto Cerod
Reset Rojo
Reset Amarillo
Set Verde
Return
.....

Diez:
Reset Rojo
Set Amarillo
Reset Verde
Gosub Trabar 'SERVOMOTOR DEL FRENO
For X = 1 To 10
Set Servo1
Waitus 700
Reset Servo1
Gosub Pausa2
Next
'Return
Waitms 800
Gosub Cuarentaycincoa
Gosub Destrabar
Return
.....

Veinte:
Reset Rojo
Set Amarillo
Reset Verde
Gosub Trabar 'SERVOMOTOR DEL FRENO
For X = 1 To 10
Set Servo1
Waitus 800
Reset Servo1
Gosub Pausa2
Next
'Return
Waitms 700
Gosub Cuarentaycincoa

```

```

Gosub Destrabar
Return
.....
Treinta:
Reset Rojo
Set Amarillo
Reset Verde
Gosub Trabar 'SERVOMOTOR DEL FRENO
For X = 1 To 10
Set Servo1
Waitus 1000
Reset Servo1
Gosub Pausa2
Next
'Return
Waitms 500
Gosub Cuarentaycincoa
Gosub Destrabar
Gosub Destrabar
Return
.....
Cuarentaycincoa: 'SERVOMOTOR DEL FRENO
Reset Rojo
Reset Amarillo
Set Verde
For X = 1 To 10
Set Servo1
Waitus 1195
Reset Servo1
Gosub Pausa2
Next
Return
.....
Trabar: 'SERVOMOTOR DEL ACELERADOR
For X = 1 To 15
Set Servo2
Waitus 700
Reset Servo2
Gosub Pausa4
Next
Return
Destrabar:
For X = 1 To 10
Set Servo2
Waitus 1195
Reset Servo2
Gosub Pausa2
Next
Return
.....
Pausa4:
Waitms 10
Return
Pausa2:
Waitms 20

```

Return

ANEXO III

CIRCUITO GENERAL DEL SISTEMA DE FRENADO AUTOMÁTICO PROGRESIVO

