



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
AUTOMOTRIZ**

**“Diseño e implementación de un sistema automático de regulación
del alumbrado en un vehículo suzuki forsa I”**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ**

AUTORES:

**ADRIÁN FERNANDO CALDERÓN MATAMOROS
SANTIAGO ANDRÉS CLAVIJO ROSALES**

DIRECTOR:

EFRÉN ESTEBAN FERNÁNDEZ PALOMEQUE

CUENCA, ECUADOR

2014

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado especialmente a DIOS por haberme dado salud y fortaleza para vencer todos los obstáculos, a mis padres: Romeo Calderón y Marcia Matamoros quienes con mucho amor, paciencia y sacrificio hicieron posible que lograra culminar mi carrera profesional, a mi abuelita Norma que en todo instante me apoyó incondicionalmente y motivó para seguir adelante, a mis hermanas , tías y a todas las personas que con sus consejos supieron guiarme para una feliz cristalización de este triunfo académico.

Adrián Calderón

Dedico el presente proyecto final de graduación a mis padres Hidalgo Clavijo y Mónica Rosales quienes con su sacrificio siempre estuvieron brindándome su apoyo y me han enseñado el valor de la perseverancia y la dedicación, y siempre me enfocaron a culminar con mis metas, a mis hermanos Diego y Estefanía que estuvieron junto a mi brindándome su amor, y para mis abuelitos Teresita, Isabel, Héctor, pero sobre todo Ricardo (+) quien desafortunadamente ya no está entre nosotros y no pudo ver este logro, pero me enseñó el valor de la formación académica conjuntamente con la formación espiritual como complemento fundamental para alcanzar el éxito que hoy he logrado materializarlo.

Santiago Clavijo

AGRADECIMIENTO

La gratitud es uno de los sentimientos más sublimes que el ser humano debe expresar de forma espontánea y sincera; por ello, al culminar el presente trabajo de investigación, previo a la obtención del Título en Ingeniería Automotriz, dejo constancia de mi imperecedero agradecimiento a la Universidad del Azuay, en especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz por permitirme demostrar mis destrezas, habilidades, capacidades y forjarme profesionalmente; mi reconocimiento también a los Ingenieros: Efrén Fernández, Fernando Muñoz, Pedro Crespo por su valiosa colaboración como tribunal designado, a todos los ingenieros de nuestra facultad por compartir sus sabios conocimientos y aportes para la ejecución de la tesis y a mi compañero Santiago Clavijo con quien hemos realizado este proyecto de investigación.

Adrián Calderón

“El éxito se alcanza sólo cuando se tiene con quien compartirlo.”

Con el presente proyecto quiero dejar constancia de mi más infinito agradecimiento a Dios, quien me ha permitido concluir con éxito toda mi formación como Ingeniero, a su vez a nuestra prestigiosa institución Universidad del Azuay, especialmente a la noble Escuela de Ingeniería Mecánica Automotriz con todo su personal docente y administrativo, quienes siempre estuvieron dispuestos a aportar con su apoyo, a compartir con sus conocimientos y a permitirme formar como un profesional de calidad. A los Ingenieros: Efrén Fernández como director, Fernando Muñoz y Pedro Crespo como tribunal designado y a mi compañero de batalla Adrián Calderón quien fue mi apoyo durante todo el desarrollo de este proyecto. Agradezco también a todas las personas que directa o indirectamente confiaron en mí.

Santiago Clavijo

INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE DE CONTENIDOS	iv
INDICE DE FIGURAS	xii
INDICE DE ECUACIONES	xix
INDICE DE ANEXOS	xx
RESUMEN	xxi
ABSTRACT	xxii
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: REGULACIÓN DEL ALUMBRADO	2
1.1 Introducción.....	2
1.2 Seguridad Activa	2
1.3 El Sistema de Alumbrado	3
1.3.1.1 Luces en la Parte Delantera	4
1.3.1.2 Luces en la Parte Trasera.....	5
1.3.1.3 Luces del Habitáculo.	6
1.3.1.4 Luces Especiales.....	6
1.4 Elementos que Componen al Sistema de Alumbrado	7
1.4.1 Los Faros	7
1.4.1.1 Los Reflectores	8
1.4.1.1.1 El Reflector Parabólico.....	8
1.4.1.1.2 El Reflector Elipsoidal	9
1.4.1.1.3 Reflector de Superficie Compleja	11
1.4.1.2 El Portalámparas.....	12

1.4.1.3 El Cristal.....	12
1.4.2 Lámparas	13
1.4.2.1 Tipos de Lámparas	14
1.4.2.1.1 Lámparas de Baja Potencia	14
1.4.2.1.2 Lámparas de Alta Potencia.....	17
1.4.2.2 Clasificación de las Lámparas	28
1.4.2.3 Tipos de Colocación de las Lámparas	30
1.4.3 Conductores.....	30
1.4.4 Interruptores y Conmutadores.	32
1.4.4.1 Interruptores	32
1.4.4.2 Conmutadores.....	32
1.4.5 Relés y Fusibles.....	33
1.4.5.1. Los Relés de Iluminación	33
1.4.5.2 Los Fusibles.....	34
1.5 Fotometría y Unidades de Medida	34
1.5.1 Fotometría	34
1.5.2 Unidades de Medida.....	35
1.5.3 Conceptos Luminotécnicos.	36
1.6 Normas del Sistema de Alumbrado.....	36
1.6.1 Disposiciones Generales.....	36
1.6.2 Requisitos	37
1.6.2.1 Faros Delanteros.....	38
1.6.2.2 Luces Indicadoras Delanteras.....	39
1.6.2.3 Luces Indicadoras Laterales	39
1.6.2.4 Luces Indicadoras Posteriores	40
1.6.2.5 Luz Antiniebla Delantera y Posterior.....	41
1.6.2.6 Iluminación Interior.....	42

1.7	Reglaje de los Faros	43
1.7.1	Reglaje de los Faros en Forma Manual	44
1.7.2	Reglaje de los Faros por Medio del Regloscopio.....	45
1.8	Iluminación Inteligente.....	46
1.8.1	Sistema Regulación Variable del Alcance Luminoso	47
1.8.1.1	Composición del Sistema	48
1.8.1.2	Asistente de Luces Inteligentes	49
1.8.2	Sistema de Luz de Curva Dinámica	50
1.9	Control Electrónico de la Iluminación	52
1.9.1	Sensores	52
1.9.1.1	Sensor de Iluminación	53
1.9.1.2	Sensor de Imán Permanente	54
1.9.1.3	Sensor de Efecto Hall	54
1.9.1.4	Sensores Ópticos o Encoders	55
1.9.1.5	Sensores Resistivos o Potenciómetros	56
1.9.2	Microcontroladores	56
1.9.2.1	Memorias.....	57
1.9.2.2	Control.....	58
1.9.2.3	Entradas y Salidas (E/S).....	58
1.9.2.4	Unidad Central de Proceso	58
1.9.3	Actuadores.....	58
1.9.3.1	Solenoides	58
1.9.3.2	Motor de Pasos	59
1.9.3.2.1	Clasificación de los Motores de Pasos	60
1.9.3.2.1.1	Motor de Paso Unipolar	60
1.9.3.2.1.2	Motor de Paso Bipolar.....	60
1.9.3.2.2	Partes de un Motor de Pasos.....	60

1.9.3.3 Servomotor	61
1.10 Mecanismos de Transmisión de Movimiento	62
1.10.1 Mecanismos	62
1.10.1.1 Engranajes Cónicos	62
1.10.1.2 Engranaje y Tornillo Sinfín	64
1.10.1.3 Piñón y Cremallera	64
1.11 Esfuerzos en los Componentes	65
1.11.1 Esfuerzos y Fallos de los Mecanismos de Transmisión de Movimiento	65
1.11.1.1 Fractura por Fatiga	65
1.11.1.2 Fatiga Superficial	65
CAPITULO II: SISTEMA DE REGULACIÓN VARIABLE DEL ALCANCE LUMINOSO	67
2.1 Introducción.....	67
2.2 Proceso de Ejecución.....	67
2.3 Parámetros Determinantes.....	68
2.3.1 Iluminación del Entorno	68
2.3.2 Dirección del Volante.....	68
2.3.3 Temperatura Exterior.....	69
2.3.4 Humedad del Ambiente.....	69
2.3.5 Iluminación del Vehículo Opuesto.....	69
2.4 Elección de Elementos Electrónicos	69
2.4.1 Sensores.....	70
2.4.1.1 Sensor de Iluminación del Ambiente IC - (BH1750FVI)	70
2.4.1.2 Sensor de Humedad y Temperatura DHT11	72
2.4.1.3 Sensor de lluvia	74
2.4.2 Unidad de Control	75

2.4.2.1 Microcontrolador PIC16F876	75
2.4.2.1.1 Características del PIC16F876	76
2.4.2.1.2 Puertos	76
2.4.2.1.3 Organización de la Memoria	80
2.4.2.2 Display de Visualización LCD.....	81
2.4.2.3 Software de Programación MICROCODE	82
2.4.2.3.1 Lenguaje de Programación ASM o Ensamblador.	83
2.4.2.4 Componentes Electrónicos Auxiliares	84
2.4.2.4.1 Regulador de Tensión 78L05	84
2.4.2.4.2 Resistencia.....	85
2.4.2.4.3 Capacitor de Tantalio	85
2.4.2.4.4 El Diodo	86
2.4.2.4.5 Transistor 2N3904.....	87
2.4.3 Actuadores.....	87
2.4.3.1 Relé Universal	88
2.4.3.2 Cableado	88
2.4.3.3 Conectores Tipo Molex	89
2.4.4 Tecnología de Montaje Superficial	89
2.4.4.1 Elaboración de las Placas Impresas.....	90
2.4.4.1.1 Diseño del Circuito Impreso por Software.....	91
2.4.4.1.2 Impresión de las Pistas	91
2.4.4.1.3 Preparación de la Placa.....	91
2.4.4.1.4 Transferencia Térmica del Papel hacia la Lámina de Cobre.....	91
2.4.4.1.5 Proceso de Atacado	91
2.4.4.1.6 Perforación de la Placa	92
2.4.4.1.7 Soldadura de Elementos	92
2.5 Diagrama de Bloques del Sistema de Iluminación.....	93

2.6 Diseño del Circuito Electrónico	94
CAPITULO III: SISTEMA LUZ DE CURVA DINÁMICA	97
3.1 Introducción.....	97
3.2 Proceso de Ejecución.....	97
3.3 Elección de Elementos Electrónicos	98
3.3.1 Sensor de Giro	98
3.3.1.1 Características del Encoder Vertical, 24 DET, 24PPR+SW	99
3.3.1.2 Dimensiones del Encoder Mecánico.	100
3.3.2 Unidad de Control	101
3.3.3 Actuadores.....	101
3.3.3.1 Calculo para la selección del servomotor.....	102
3.4 Diagrama de Bloques del Sistema de Iluminación.....	104
3.5 Diseño del Circuito Electrónico	105
3.6 Diseño del Sistema Mecánico.	107
3.6.1 Diseño del Mecanismo de Transmisión de Movimiento.....	108
3.6.2 Mecanismo de Engrane para la conexión entre la Columna de la Dirección y el Sensor de Giro.	114
3.7 Cálculos del Mecanismo.	115
3.7.1 Diseño del Eje Vertical Principal	115
3.7.2 Diseño de la Soldadura.....	117
3.7.3 Diseño de los tornillos de fijación.....	119
3.7.4 Diseño de las Ruedas Dentadas.....	121

CAPITULO IV: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SOBRE EL VEHÍCULO..... 127

4.1 Introducción.....	127
4.2 Montaje del Sistema	127
4.2.1 Montaje de los Faros	127
4.2.2 Montaje del Sensor de Giro de la Dirección	129
4.2.3 Montaje del Sensor de Iluminación.....	131
4.2.4 Montaje del Sensor de Temperatura y Humedad.....	131
4.2.5 Montaje del Sensor de Lluvia.....	132
4.2.6 Montaje del Display de Información y del Botón de Encendido	133
4.2.7 Montaje de la Placa Electrónica.....	134

CAPITULO V: PRUEBAS Y PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO..... 135

5.1 Introducción.....	135
5.2 Calibración de las Luces.....	135
5.3 Configuración del Sistema	136
5.4 Pruebas de Funcionamiento.....	137
5.4.1 Pruebas del Sistema Automático por Medio del Sensor de Luz (BH1750FVI)	138
5.4.1.1 Encendido Automático de las Luces de Cruce	138
5.4.1.2 Encendido Automático de las Luces de Carretera.....	140
5.4.1.3 Apagado Automático de las Luces de Carretera y Cruce.....	141
5.4.2 Pruebas del Sistema Automático por Medio del Sensor de Temperatura y Humedad (DHT11).....	142
5.4.2.1 Encendido Automático de las Luces	142
5.4.2.2 Apagado Automático de las Luces	143

5.4.3 Pruebas del Sistema Automático por Medio del Sensor de lluvia (Modelo 7039).....	143
5.4.3.1 Encendido Automático de las Luces	144
5.4.3.2 Apagado Automático de las Luces	144
5.4.4 Pruebas del Sistema Automático de Luz de Curva Dinámica.....	145
5.4.5 Pruebas de Fiabilidad del Sistema Automático de Luces.....	146
5.4.6 Pruebas de Consumo Energético	147
5.5 Presupuesto.....	148
CONCLUSIONES	151
RECOMENDACIONES.....	153
BIBLIOGRAFÍA.....	155
FUENTES BIBLIOGRÁFICAS	155
ANEXOS	163

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Circuito de Alumbrado del Vehículo	4
Figura 1.2: Haz de Luz Paralelo	8
Figura 1.3: Haz de Luz Convergente	9
Figura 1.4: Haz de Luz Divergente.....	9
Figura 1.5: Faro Elipsoidal.	10
Figura 1.6: Faro de Superficie Compleja.....	11
Figura 1.7: Portalámparas	12
Figura 1.8: Cristal de un Faro	13
Figura 1.9: Lámparas para Automoción	14
Figura 1.10: Lámparas Plafón	15
Figura 1.11: Lámparas Pilotos.....	15
Figura 1.12: Lámparas Control.....	16
Figura 1.13: Lámparas Lancia	16
Figura 1.14: Lámparas Wedge.....	17
Figura 1.15: Lámpara R2	18
Figura 1.16: Lámpara H1	19
Figura 1.17: Lámpara H2.....	19
Figura 1.18: Lámpara H3.....	20
Figura 1.19: Lámpara H4.....	20
Figura 1.20: Lámpara H5.....	20
Figura 1.21: Lámpara H7	21
Figura 1.22: Lámpara H8.....	21
Figura 1.23: Lámpara H9.....	21
Figura 1.24: Lámpara H11	22
Figura 1.25: Lámpara HB3	22

Figura 1.26: Lámpara HB4	22
Figura 1.27: Estructura de la lámpara Xenón	24
Figura 1.28: Elementos que forman el foco Bixenón	25
Figura 1.29: Esquema de funcionamiento de un foco Bixenon.....	26
Figura 1.30: Lámparas D1R/S y D2R/S	27
Figura 1.31: Automóvil equipado con faros Led.....	27
Figura 1.32: Óptica delantera con proyectores independientes.....	29
Figura 1.33: Conductores.....	31
Figura 1.34: Interruptores	32
Figura 1.35: Conmutadores	32
Figura 1.36: Relé Automotriz	33
Figura 1.37: Relé de Intermitencias.....	34
Figura 1.38: Fusible	34
Figura 1.39: Distribución espectral de luminancia	35
Figura 1.40: Reglaje Manual de los Faros	44
Figura 1.41: Proyector de Cristal Móvil y Reflector Móvil	45
Figura 1.42: Ángulo formado por el Haz Luminoso	45
Figura 1.43: Regloscopio.....	46
Figura 1.44: Patrones de Iluminación Inteligente.....	47
Figura 1.45: Sistema de regulación variable del alcance luminoso.....	48
Figura 1.46: Componentes del sistema (VW PASSAT).....	50
Figura 1.47: Iluminación Dinámica de Curvas.....	51
Figura 1.48: Control del Sistema Dinámico de Curvas	52
Figura 1.49: Sensores.....	53
Figura 1.50: Sensor de Iluminación.....	53
Figura 1.51: Sensor de Velocidad de Imán Giratorio	54
Figura 1.52: Sensor de Efecto Hall.....	55

Figura 1.53: Sensor de Velocidad de Imán Giratorio	55
Figura 1.54: Potenciómetro multivuelta	56
Figura 1.55: Componentes del microcontrolador	57
Figura 1.56: Motor Paso a Paso: Unipolar y Bipolar	60
Figura 1.57: Estator	61
Figura 1.58: Servomotor.....	62
Figura 1.59: Engranajes cónicos.....	63
Figura 1.60: Engranaje y Tornillo sinfín.	64
Figura 1.61: Piñón - Cremallera	65
Figura 2.1: Diagrama de Bloque del Sensor de Luz.....	70
Figura 2.2: Procedimiento de Medición.	71
Figura 2.3: Sensor de Temperatura y Humedad DHT11	73
Figura 2.4: Sensor de lluvia.....	74
Figura 2.5: Diagrama del PIC16F876.....	75
Figura 2.6: Diagrama de Bloque del PIC16F876.	79
Figura 2.7: Mapa Memoria de Programa.....	80
Figura 2.8: Display LCD	81
Figura 2.9: Regulador de Voltaje SMD 78L05	85
Tabla 2.10: Designación de las resistencias.	85
Figura 2.11: Capacitor de Tantalio SMD	86
Figura 2.12: Diodos Semiconductores SMD	86
Figura 2.13: Transistor NPN 2N3904.....	87
Figura 2.14: Relé Universal.....	88
Figura 2.15: Cable UTP Categoría 6.	89
Figura 2.16: Conector Molex.....	89
Figura 2.17: Comprobación del Sistema en el Protoboard.....	90
Figura 2.18: Perforación de la Placa.....	92

Figura 2.19: Soldadura de Elementos.....	93
Figura 2.20: Diagrama de Bloques del Sistema de Regulación Variable.....	93
Figura 2.21: Diagrama del Circuito de Regulación Variable del Alcance Luminoso.....	95
Figura 3.1: Encoder Mecánico.....	99
Figura 3.2: Estructura del Encoder Mecánico.....	99
Figura 3.3: Diagrama del Mecanismo de Giro del Haz de Luz.....	102
Figura 3.4: Diagrama de Cuerpo Libre del Mecanismo de Giro.....	102
Figura 3.5: Servomotor Tower Pro MG995.....	103
Figura 3.6: Diagrama de Bloques del Sistema de Luz de Curva Dinámica. ..	104
Figura 3.7: Diagrama del Circuito de Luz de Curva Dinámica.....	106
Figura 3.8: Vehículo Suzuki Forsa I en el que se Implementara el Sistema. .	107
Figura 3.9: Faros del Volkswagen Jetta A4.....	108
Figura 3.10: Bases de Aluminio.....	109
Figura 3.11 Alojamiento del Rodamiento.....	109
Figura 3.12: Ejes del Mecanismo.....	110
Figura 3.13: Unión Soporte-Portalámpara-Eje.....	110
Figura 3.14: Mecanismo de Transmisión de Movimiento.....	111
Figura 3.15: Mecanismo de Giro de la Luz de Cruce.....	111
Figura 3.16: Alargamiento del Faro.....	112
Figura 3.17: Superficie Inferior del Faro.....	112
Figura 3.18: Caja de Plástico.....	113
Figura 3.19: Bujes de Aluminio.....	113
Figura 3.20: Montaje de los Bujes entre la Base Interior y el Portalámpara Luz de Carretera.....	113
Figura 3.21: Ruedas Dentadas de Diente Recto.....	114
Figura 3.22: Diagrama de Cuerpo Libre Eje- Portalámpara.....	116
Figura 3.23: Diagrama de Cuerpo Libre Soldadura.....	117

Figura 3.24: Tornillos de Fijación.	120
Figura 3.25: Diagrama del Engrane de las Ruedas Dentadas.	122
Figura 3.26: Diagrama de Nomenclatura y Propiedades del Engrane.	123
Figura 4.1: Mascarilla.	128
Figura 4.2: Modificación del Chasis.	128
Figura 4.3: Instalación de la Mascarilla y Faros.	129
Figura 4.4: Montaje de las Ruedas Dentadas.	129
Figura 4.5: Estructura y Montaje de la Rueda Dentada de Aluminio.	130
Figura 4.6: Montaje de las Ruedas Dentadas y Encoder.	130
Figura 4.7: Montaje del Sensor de Iluminación.	131
Figura 4.8: Montaje del Sensor de Temperatura y Humedad.	132
Figura 4.9: Montaje del Sensor lluvia.	132
Figura 4.10: Montaje del Display de Información.	133
Figura 4.11: Montaje del Botón de Encendido.	134
Figura 4.12: Montaje de la Placa Electrónica.	134
Figura 5.1: Calibración de las Luces.	136
Figura 5.2: Pantalla Inicial del Display.	137
Figura 5.3: Valores Obtenidos por los Sensores en el Display.	137
Figura 5.4: Encendido de las Luces al Atardecer.	138
Figura 5.5: Conmutación de Luces al Detectar un Vehículo.	139
Figura 5.6: Conmutación de Luces al Ingresar a una Ciudad.	139
Figura 5.7: Encendido de las Luces al transitar por Zonas sin Alumbrado. ...	140
Figura 5.8: Conmutación de Luces al Ingresar a Trayectos Poco Iluminados.	140
Figura 5.9: Apagado de las Luces en el Día.	141
Figura 5.10: Apagado de las Luces al Amanecer.	141
Figura 5.11: Encendido de las Luces al Detectar Neblina.	142

Figura 5.12: Apagado de las Luces al Transitar sin Neblina.....	143
Figura 5.13: Encendido de las Luces al Detectar lluvia.	144
Figura 5.14: Apagado de las Luces al Transitar sin lluvia.	145
Figura 5.15: Giro de los Faros según la Dirección del Vehículo.....	146

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Revestimiento de Faros	10
Tabla 1.2: Secciones y colores distintivos de los conductores (Chrysler).....	31
Tabla 1.3: Cantidad, ubicación y color de las luces indicadoras delanteras.....	39
Tabla 1.4: Cantidad, ubicación y color de las luces indicadoras laterales.....	40
Tabla 1.5: Cantidad, ubicación y color de las luces indicadoras posteriores ...	41
Tabla 2.1: Especificaciones Técnicas.	72
Tabla 2.2: Características del sensor DHT11	73
Tabla 2.3: Puertos y Pines del Pic16F876.	77
Tabla 2.4: Tabla de Descripción de los Pines del PIC16F876.	77
Tabla 2.5: Características del Display LCD	82
Tabla 3.1: Dimensiones del Encoder.	100
Tabla 3.2: Datos Técnicos del Servomotor Tower Pro MG955.	104
Tabla 5.1: Calibración de las Luces.....	136
Tabla 5.2: Comparación del Consumo Eléctrico de los Sistemas.	147
Tabla 5.3: Costos de los Elementos Electrónicos.	148
Tabla 5.4: Costos de los Elementos Mecánicos.....	149
Tabla 5.5: Costos de Mano de Obra y Accesorios de Oficina.....	150
Tabla 5.6: Costo Total del Proyecto.	150

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Torque del servomotor.....	103
Ecuación 2: Diámetro del eje.....	116
Ecuación 3: Resistencia a la fluencia cortante.....	118
Ecuación 4: Factor de seguridad.....	118
Ecuación 5: Cortante primaria.....	118
Ecuación 6: Cortante secundaria.....	118
Ecuación 7: Segundo momento polar unitario del área.....	119
Ecuación 8: Segundo momento polar de inercia.....	119
Ecuación 9: Factor de seguridad de los tornillos.....	121
Ecuación 10: Cortante puro.....	121
Ecuación 11: Addendum o altura de la cabeza.....	123
Ecuación 12: Dedendum o altura del pie.....	123
Ecuación 13: Holgura.....	124
Ecuación 14: Diámetro exterior.....	124
Ecuación 15: Diámetro de raíz.....	124
Ecuación 16: Altura total del diente.....	124
Ecuación 17: Profundidad de trabajo.....	125
Ecuación 18: Paso circular.....	125
Ecuación 19: Espesor del diente.....	125
Ecuación 20: Distancia entre centros.....	125
Ecuación 21: Diámetro del círculo base.....	126
Ecuación 22: Relación de contacto.....	126
Ecuación 23: Relación de velocidad.....	126

INDICE DE ANEXOS

ANEXO N°1: Diagrama de disposición de los componentes electrónicos en el vehículo (vista superior y lateral)	164
ANEXO N°2: Plano del soporte superior del portalámpara.....	167
ANEXO N°3: Plano del soporte inferior del portalámpara	169
ANEXO N°4: Soporte superior e inferior del portalámpara	171
ANEXO N°5: Despiece del mecanismo de giro del portalámpara de cruce ..	173
ANEXO N°6: Placa de control del sistema automático de luces	175
ANEXO N°7: Flujo de información del sistema automático de luces	177
ANEXO N°8: Diagrama de enlace del sistema electrónico y mecánico para el sistema de luces automáticas	179
ANEXO N°9: Programación del sistema de regulación automático del alcance luminoso y luz de curva dinámica	181

**PRESENTACIÓN DEL RESUMEN DEL TRABAJO DE GRADO A LA
JUNTA ACADÉMICA**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE
REGULACIÓN DEL ALUMBRADO EN UN VEHÍCULO SUZUKI FORSA I.**

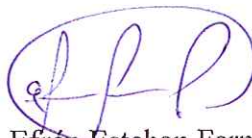
El presente trabajo de grado se basó en el diseño e implementación de los sistemas automáticos de regulación variable del alcance luminoso y luz de curva dinámica por medio de la integración de sensores, actuadores y un módulo de control que permite modificar el haz luminoso según las condiciones que se presenten durante la circulación del automotor. El diseño del proyecto incluyó los siguientes factores externos: iluminación ambiental, temperatura, humedad, lluvia y trayectoria del vehículo. Una vez analizado se ejecutó el diseño e implementación siguiendo un proceso técnico y planificado mediante el uso de métodos de análisis y experimentación práctica. Como resultado final se consiguió construir un sistema eficaz y fiable que brinda un mayor campo de visión, mayor confort y seguridad al conductor sin interferir con el sistema convencional de luces.

Palabras claves: sistemas automáticos, alcance luminoso, regulación variable, curva dinámica, deslumbrar, haz luminoso, seguridad.



Ing. Edgar Mauricio Barros Barzallo

DIRECTOR DE ESCUELA



Ing. Efrén Esteban Fernández Palomeque

DIRECTOR DE TESIS



Adrián Fernando Calderón Matamoros

AUTOR



Santiago Andrés Clavijo Rosales

AUTOR

ABSTRACT

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AN AUTOMATIC REGULATION SYSTEM FOR THE LIGHTING OF A SUKUKI FORSA I VEHICLE

The present graduation project was based on the design and implementation of automatic variable regulation systems for light ranges and dynamic curve lighting through the integration of sensors, actuators and a control module that allows the modification of light beams according to the conditions presented during the car's circulation. The project design included the following external factors: ambient lighting, temperature, humidity, rain and vehicle trajectory. Once analyzed, the design and implementation were executed following a planned technical process with the use of methods for analysis and practical experimentation. As a final result, an effective and reliable system was constructed that offers a wider field of vision and greater comfort and security for the driver without interfering with the conventional lighting system.

KEYWORDS: automatic systems, light range, variable regulation, dynamic curve, blinding, light beams, security.

(signature)

Engineer Edgar Mauricio Barros Barzallo
Paredes

SCHOOL DIRECTOR

(signature)

Adrián Fernando Calderón Matamoros
AUTHOR

(signature)

Engineer Efrén Esteban Fernández
Palomeque

THESIS DIRECTOR

(signature)

Santiago Andrés Clavijo Rosales
AUTHOR



Translated by

Ing. Melita Vega

August 5, 2014

Adrián Fernando Calderón Matamoros

Santiago Andrés Clavijo Rosales

“Trabajo de Grado”

Ing. Efrén Esteban Fernández Palomeque

Octubre, 2014

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE REGULACIÓN DEL ALUMBRADO EN UN VEHÍCULO SUZUKI FORSA I

INTRODUCCIÓN

Cuando se conduce un vehículo por carreteras con dos sentidos de circulación es muy frecuente que se produzca un efecto de encandilamiento al conductor que circula en sentido contrario, de igual manera al tomar una curva sinuosa el campo de visión queda reducido, ya que los faros proyectan únicamente un haz luminoso paralelo al vehículo, que genera un punto ciego e impide la visualización de obstáculos en la vía, dando como consecuencia un accidente de tránsito.

El proyecto se fundamenta en la necesidad de facilitar el tránsito nocturno del vehículo, aumentar el confort y la seguridad activa del mismo con un sistema automático de regulación variable del alcance luminoso y luz de curva dinámica, y así disminuir la probabilidad de provocar un accidente de tránsito. Se busca implementar un sistema capaz de reducir automáticamente el haz de luz longitudinal proyectado con las luces sobre la carretera, en función de la distancia al vehículo que circula en dirección contraria; y otro sistema capaz de modificar la dirección del ángulo de proyección luminosa en función del giro del volante; todo aplicado en un vehículo Suzuki Forsa I. Con este proyecto se busca implementar un sistema eficaz y fiable que permita mejorar la conducción nocturna y desarrollar un sistema que a la larga pueda aplicarse a cualquier vehículo que transite por las carreteras del país.

CAPITULO I

REGULACIÓN DEL ALUMBRADO

1.1 Introducción

A principios de la revolución industrial y con la invención del automóvil se han realizado distintas modificaciones en cada uno de los sistemas adosados al vehículo, desde los automotores más simples que se utilizaron a principios de siglo hasta los vehículos más modernos y eficientes que transitan por las carreteras en nuestros días; donde la electricidad y la electrónica son parte fundamental en materia de los avances tecnológicos aplicados en la industria automotriz. Las modificaciones e implementaciones realizadas van enfocadas primordialmente a mejorar la seguridad activa - pasiva, ergonomía y confort de todos los ocupantes para así evitar accidentes de tránsito con consecuencias lamentables. (Denton 2013).

Al hablar de seguridad activa en el vehículo, el sistema de iluminación es quien ocupa mayor ímpetu durante etapas de conducción nocturna, ya que favorece en la visibilidad del conductor y permite que el automotor sea visto por los peatones y demás conductores advirtiéndoles de las maniobras que se han de realizar durante su recorrido. El desarrollo de este sistema ha permitido adaptarse a las condiciones de conducción (carreteras en mal estado, curvas pronunciadas, pendientes, etc.) y a condiciones meteorológicas adversas (lluvia, neblina, nieve, etc.), con sistemas inteligentes asistidos electrónicamente a fin de mejorar su eficacia. En este capítulo se abarcará acerca de este sistema con mayor profundidad. (Hermógenes 2002).

1.2 Seguridad Activa

Esta desempeña un papel primordial en todos los fabricantes de vehículos, en estos últimos años ha tenido una rápida evolución con la aplicación de sistemas de alumbrado, frenos, suspensión, dirección y neumáticos. La seguridad activa está conformada por todos aquellos mecanismos o dispositivos que ayudan a controlar de mejor manera el automotor, para de esta manera evitar que suceda un accidente de tránsito. La función primordial del sistema de alumbrado es permitir al conductor

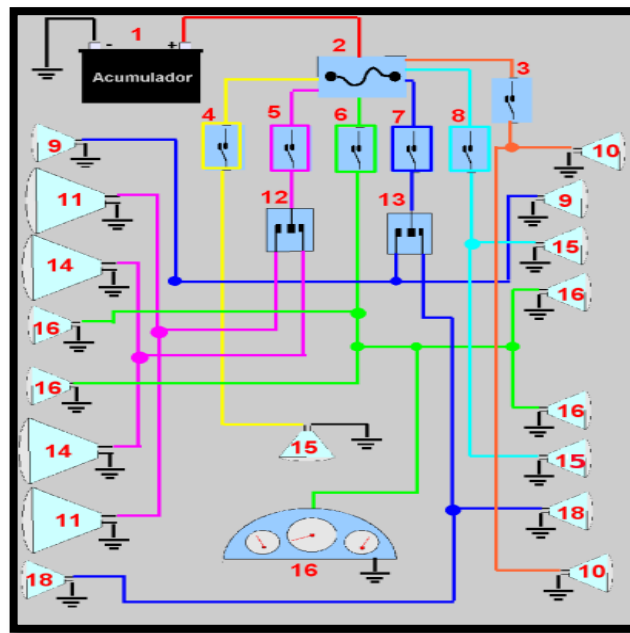
ver con claridad todos los obstáculos que se le presenten y ser vistos por los demás ocupantes de la vía con el fin de advertir las maniobras que se han de realizar. (Agueda 2010).

En la actualidad se han presentado nuevos avances tecnológicos en iluminación como son las lámparas de descarga de gas, lámparas led y los sistemas de luz inteligentes que se encargan de regular el haz de luz automáticamente según las condiciones que se presenten en el transcurso de la conducción con el fin de mejorar la visibilidad y evitar deslumbrar a los conductores que transitan cerca. El sistema de alumbrado debe estar compuesto por luces de: carretera, cruce, población, antiniebla, estacionamiento, direccionales, freno, marcha atrás, matrícula, cuadro, panel de control, interiores. (Ros y Barrera 2011).

1.3 El Sistema de Alumbrado

El sistema de alumbrado en un automóvil está compuesto por un conjunto de luces instaladas sobre el mismo cuyo objetivo es facilitar al conductor de todos los servicios de luces necesarias establecidos por la ley de tránsito, para poder transitar tanto en carretera como ciudad. Las funciones principales de este sistema son las de brindar visibilidad al conductor para transitar en la noche, posicionar y permitir ser detectados por los peatones y conductores que circulan alrededor del automóvil; a su vez permite indicar los cambios de maniobra durante la trayectoria del automotor; pone en manifiesto cualquier avería en los diferentes sistemas del vehículo y finalmente brinda servicios auxiliares para confort del conductor y sus ocupantes. (Hermógenes 2002). (Figura 1.1).

Figura 1.1: Circuito de Alumbrado del Vehículo



Fuente: Sabelotodo.org.

1.-Acumulador 2.-Caja de fusibles 3.-Interruptor de luces de reversa 4.-interruptor de luz de cabina 5.-Interruptor de luz de carretera 6.-Interruptor de luces de ciudad 7.-interruptor de Luces de vía a la derecha 8.-Interruptor de luz de frenos 9.-Luces de vía 10.-Luces de reversa 11.-Luces altas de carretera 12.-Permutador de luces de carretera 13.-Interruptor de luces de vía 14.-Luces bajas de carretera 15.-Luces de frenos 16.-Luces de ciudad y tablero de instrumentos 18.-Luces de vía a la izquierda.

1.3.1 Clasificación

Según la posición en la que se encuentran los dispositivos de iluminación podemos diferenciarlos de la siguiente manera.

1.3.1.1 Luces en la Parte Delantera

- **Luces de Carretera.-** Este circuito está conformado por dos faros luminosos, a una distancia entre 0.5 y 1.2 metros del suelo. Emiten un haz de luz asimétrico que permite obtener mejor visibilidad de largo alcance en la iluminación de la vía.

- **Luces de Cruce.-** Este circuito está conformado por dos faros luminosos, a una distancia entre 0.5 y 1.2 metros del suelo. Emiten un haz de luz asimétrico que permite iluminar la carretera delante del vehículo a corta distancia, sin ocasionar deslumbramiento o molestias a los conductores y otros usuarios de la vía que vengan en sentido contrario.
- **Luces de Población.** Esta constituido pos dos luces ubicadas lo más cerca posible de los laterales del vehículo. Se emplean tanto en población como en carretera y su luz permite ser visualizado por los conductores y peatones que circulan en torno al mismo.
- **Luces de Estacionamiento.-** Este circuito está constituido por cuatro focos luminosos ubicados delante y detrás del vehículo. Son de baja intensidad e iluminan intermitentemente en parejas a cada lado del vehículo a una frecuencia de oscilación de 50 a 120 oscilaciones por minuto.
- **Luces Direccionales.-** Este circuito está destinado a indicar a los conductores de otros vehículos de que se va a realizar una maniobra de cambio de dirección. Está compuesto por luces intermitentes en ambos lados del vehículo. (Bosch 2005, Llanos 2011).

1.3.1.2 Luces en la Parte Trasera.

- **Luces de Freno.-** Este circuito tiene el objetivo de avisar a los conductores de los vehículos que transitan en la parte posterior que se está realizando la maniobra de frenado, y se activan cuando se oprime el pedal del freno. Puede estar conformado por dos o tres focos indicadores.
- **Luces de Marcha Atrás.-** Están conformadas por uno o dos focos que iluminan el camino por la parte posterior del vehículo, durante el movimiento hacia atrás. Estas no deben ser deslumbrantes pero si perfectamente visibles.

- **Luces Rojas Posteriores.-** Son las luces que se encienden simultáneamente al activar las luces de población, cruce o carretera permitiendo ser vistos por los vehículos que circulan en la parte posterior del mismo. Su intensidad es menor a la emitida por las luces de freno.
- **Luces de Matrícula.-** Consiste en una o dos luces que aseguran por reflexión el alumbrado de la placa trasera, orientadas para que ningún rayo de luz se dirija hacia atrás, sin deslumbrar ni molestar a otros conductores. (Alonso 2014, Llanos 2011).

1.3.1.3 Luces del Habitáculo.

- **Luces de Cuadro.-** Su objetivo es iluminar todos los aparatos indicadores en el tablero de control y panel de mandos.
- **Luces de Control.-** Su misión es poner en manifiesto la avería en un circuito o para indicar la puesta en servicio del mismo.
- **Luces de Alumbrado Interior.-** Son aquellas que están instaladas al interior de la cabina y destinadas a la iluminación de los pasajeros en el interior del habitáculo.
- **Luces de Capó y Motor.-** Se utiliza para iluminar los compartimientos por la noche y durante el mantenimiento de motor. (Alonso 2014, Llanos 2011).

1.3.1.4 Luces Especiales.

- **Luces Antiniebla.-** El haz de luz emitido por los mismos es paralelo al suelo, amplio y de baja altura. Permite una mejor visualización del trayecto de la carretera durante situaciones de niebla. Su instalación se realiza por debajo de la línea del capo del vehículo.

- **Luces de Emergencia.-** Se instalan como indicadores de fallos y consisten, generalmente, en un dispositivo que hace funcionar al mismo tiempo los cuatro indicadores de dirección de una forma intermitente.
- **Luces de Gálibo.-** Indican la posición de los vehículos que rebasan determinadas dimensiones en longitud, anchura o altura. Son colocadas en los extremos del mismo y a una altura superior al plano de luces normales.
- **Luces para Servicios Públicos.-** Son aquellas luces que pueden ser utilizados por vehículos que cumplen la función pública, como son maquinaria de obras públicas, camiones de limpieza, ambulancias, policía, bomberos, etc. Generalmente están formados por focos de luz destellante y giratoria, que van sobre la parte superior del vehículo para alertar a los transeúntes de su presencia. (Hermógenes 2002).

1.4 Elementos que Componen al Sistema de Alumbrado

Los sistemas de alumbrado están compuestos por una serie de elementos definidos y reglamentados; en función del objetivo que debe cumplir durante la utilización del vehículo. Entre los elementos que componen a este sistema se puede diferenciar los siguientes grupos:(Hermógenes 2002).

- Los Faros.
- Las Lámparas.
- Los Conductores.
- Los Interruptores y Conmutadores.
- Los Relés y Fusibles.

1.4.1 Los Faros

Los faros son los encargados de transmitir la luz a distancia. La luz está producida por la lámpara que abarcaremos a continuación, pero es el componente encargado de proyectar la luz sobre la carretera en dirección y con las características necesarias

para que la iluminación nocturna sea eficiente. Es necesario segmentar el estudio de los faros en las siguientes partes: (Hermógenes 2002, Llanos 2011).

- Los Reflectores.
 - a) Parabólico.
 - b) Elipsoidales.
 - c) De superficie compleja.
- El Portalámparas.
- El Cristal.

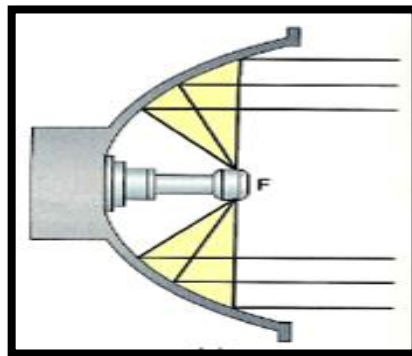
1.4.1.1 Los Reflectores

La misión fundamental de un reflector es de reflejar la luz producida por la lámpara en una dirección conveniente, de modo que todo el haz de luz sea proyectado hacia un punto determinado aplicando las leyes de la reflexión lumínica.(Hermógenes 2002, Ros y Barrera 2011).

1.4.1.1.1 El Reflector Parabólico

Los sistemas de faros convencionales con reflectores parabólicos están basados en la forma de una figura geométrica llamada parábola; así se logra captar toda la luz posible emitida por la lámpara siempre que se encuentre dentro del límite del foco (F) de la parábola. Cuando la luz se coloca en el foco de la parábola, los rayos emitidos por reflexión están proyectados paralelamente al rayo central. (Figura 1.2).

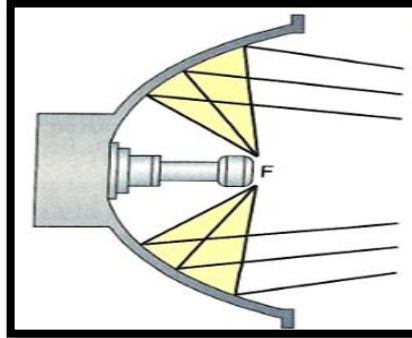
Figura 1.2: Haz de Luz Paralelo



Fuente: Ros Marín.

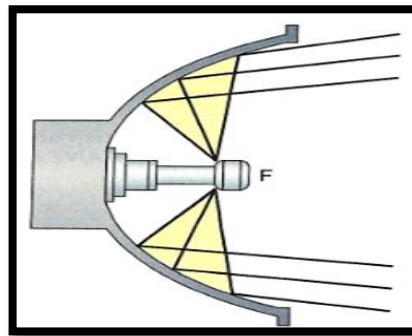
Si la luz es colocada antes del foco de la parábola, los rayos proyectados por el faro son divergentes (Figura 1.3), y convergentes en el caso de que la luz se encuentre ubicada después del foco de la parábola. (Alonso 2010, Hermógenes 2002). (Figura 1.4).

Figura 1.3: Haz de Luz Convergente



Fuente: Ros Marín.

Figura 1.4: Haz de Luz Divergente



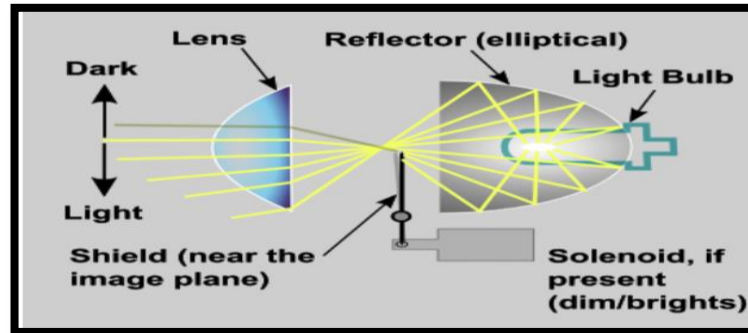
Fuente: Ros Marín.

1.4.1.1.2 El Reflector Elipsoidal

Dada la búsqueda de los constructores por diseñar vehículos más aerodinámicos y así obtener una marcha más suave y con un menor consumo de combustible. El reflector elipsoidal permite obtener un foco plano capaz de asumir inclinaciones del cristal de hasta 45° . Están conformados por una unidad reflectora de forma elíptica, cuya lámpara lleva estrecha relación con la pantalla antideslumbrante, el lente y la óptica exterior. Tienen la utilidad de servir como luces de cruce por estar siempre orientadas hacia el suelo y por necesitar lámparas monofilamento como las del tipo H3. Por lo tanto es necesario disponer de otro faro adicional para las luces de

carretera que van junto a este pero bajo el mismo cristal. (Hermógenes 2002). (Figura 1.5).

Figura 1.5: Faro Elipsoidal.



Fuente: Photobucket.

Los reflectores están hechos de plástico, chapa de fundición o chapa de acero, con un ligero recubrimiento de un material reflectante según el tipo de faro y los requerimientos de proyección luminosa (Tabla 1.1).

Tabla 1.1: Revestimiento de Faros

Material de Revestimiento	Rendimiento (%)
Plata	91 a 94
Níquel	60 a 70
Espejo	80 a 90

Fuente: Repositorio ESPE.

La pantalla antideslumbrante evita que los rayos de luz emitidos por la lámpara hacia abajo sean reflejados por la parábola o elipsoide, con lo cual, solamente lo son los que van hacia la mitad superior, que parten del reflector con una cierta inclinación hacia abajo, lo que supone un corte del haz luminoso a una distancia menor y evita el deslumbramiento. El lente de proyección es el encargado de aumentar el haz de luz reflejado por la parábola e indistintamente de la lámpara utilizada (xenón o halógena) su aumento de potencia oscila entre 5W como mínimo. La óptica exterior encierra a todo el grupo del faro y está fabricado en policarbonato. (Hermógenes 2002).

1.4.1.1.3 Reflector de Superficie Compleja

El término Superficie Compleja (Valeo), de Superficies Libres FF (Hella), o sistema HNSS de Robert Bosch refiere a lámparas monofilamento sin tapa-luz que aprovecha el 100% de la superficie del reflector, aumentando en un 80% el flujo del haz luminoso. Entre estos se subdividen:

- **Reflectores Escalonados.-** Reflectores segmentados compuestos de partes paraboloides o paraelípticas, que teniendo menor profundidad de montaje, conservan las características de los reflectores profundos.
- **Reflectores sin Escalones.-** Mediante el diseño de secciones no parabólicas. El punto focal de las distintas zonas del reflector puede alterar su posición respecto de la fuente de luz y así, aprovechar toda la sección de reflexión.
- **Faros Biselados.-** La superficie de reflexión está dividida en celdas. Una característica esencial de las superficies es que puede haber discontinuidades y escalones en todas las superficies límite de la división. Con esto se obtienen reflectores libremente conformados, con la máxima homogeneidad e iluminación lateral. (Bosch 2005), (Figura 1.6).

Figura 1.6: Faro de Superficie Compleja



Fuente: Mediateca de EducaMadrid

1.4.1.2 El Portalámparas

El portalámparas es un componente que conecta los conductores eléctricos por un lado y por el otro sujeta a la lámpara formando un conjunto que asegura una buena conexión eléctrica. Luego esta se unirá al foco, ubicándolo de manera correcta al punto exacto de la parábola que proporcionará el haz de luz más conveniente para la iluminación nocturna. Es desmontable para facilitar el reemplazo en caso de la sustitución de la lámpara averiada. Existen distintos tipos de portalámparas; como por ejemplo las de cazoleta y tetones que son utilizados para pilotos y luces posteriores, y los de cazoleta con capuchón de caucho y grapas para los faros de cruce y carretera. (Bosch 2005, Hermógenes 2002), (Figura 1.7).

Figura 1.7: Portalámparas



Fuente: Bimg2.

1.4.1.3 El Cristal

El cristal es el objeto que recubre a todo el conjunto del faro y es la parte transparente del mismo. Están fabricados en vidrio tallado; pero desde la última década han sido sustituidos por materiales plásticos, por su bajo peso, facilidad de construcción en diseños complejos y mejor resultado en las pruebas de colisión a peatones. Éste permite soportar fuertes impactos de proyectiles desprendidos durante la marcha del vehículo; pero lo más importante es que permita la correcta dispersión de la luz. (Agueda 2010, Hermógenes 2002) (Figura 1.8).

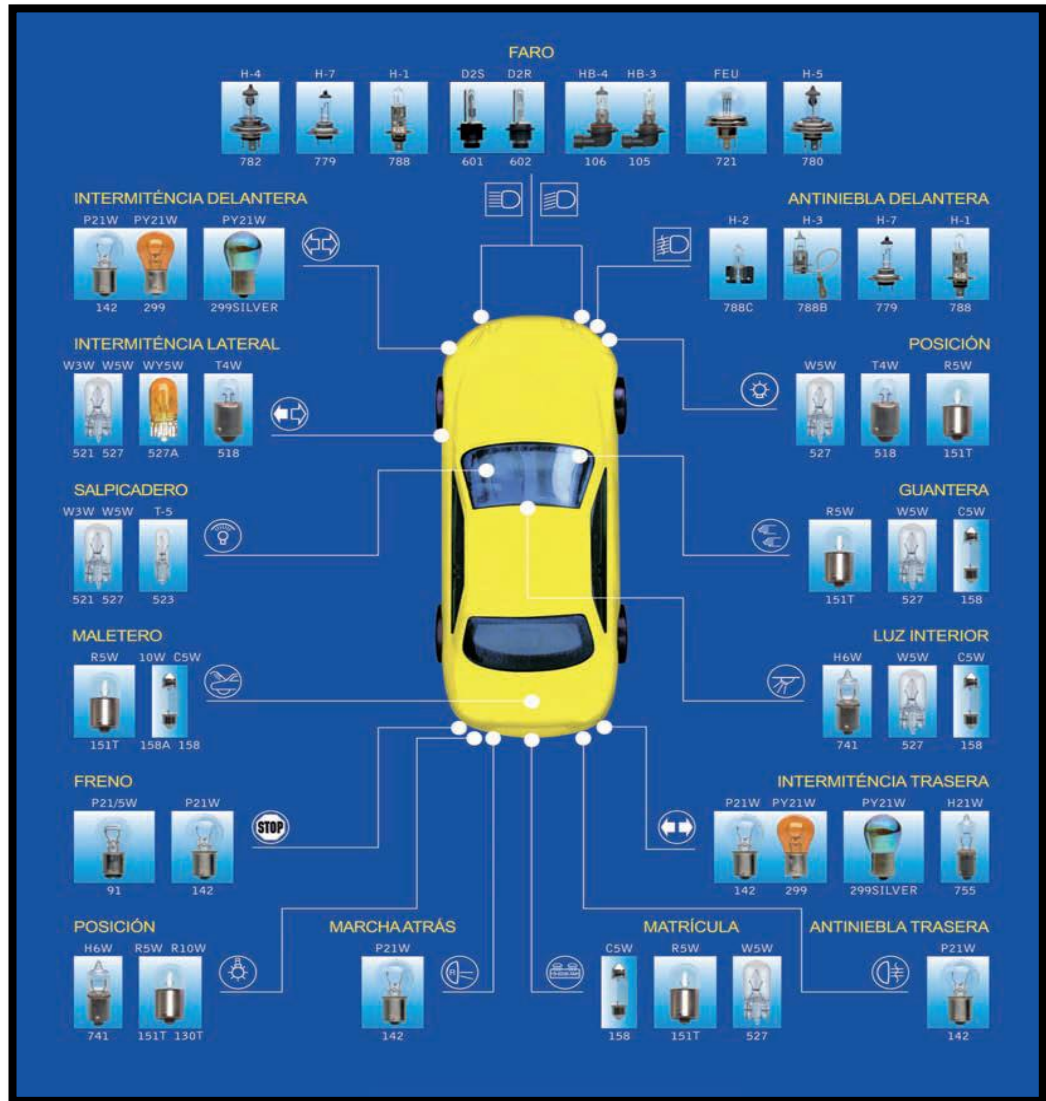
Figura 1.8: Cristal de un Faro

Fuente: Taller Virtual.

1.4.2 Lámparas

El componente básico para todo circuito de iluminación es la lámpara, ya que es la encargada de transformar la energía eléctrica en energía luminosa; actualmente las lámparas están disponibles en (6, 12 y 24) voltios, las mismas que disminuirán un 75% de su vida útil si el vehículo está expuesto a sobre tensiones y perderá un 30% de su luminosidad. La unidad de medida para el rendimiento luminoso es el lumen por vatio (Lm/W); el rendimiento luminoso en las lámparas convencionales es de 10 a 18 lm/W, en las lámparas halógenas de 22 a 26 lm/W y en las lámparas de xenón próximas a 85 lm/W. (Ros y Barrera 2011), (Figura 1.9).

Figura 1.9: Lámparas para Automoción



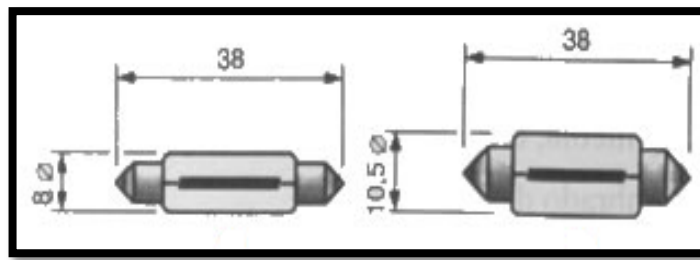
Fuente: Grupo Serca Automoción.

1.4.2.1 Tipos de Lámparas

1.4.2.1.1 Lámparas de Baja Potencia

- a) **Plafón:** Está constituida por un filamento el cual se conecta a los casquillos que están en cada extremo, los mismos que están unidos a la ampolla tubular. Se implementa en luces de techo, guantera, maletero y matrícula. Se elaboran en diversos tamaños de ampolla para potencias de 3, 5, 10 y 15 W (Figura 1.10).

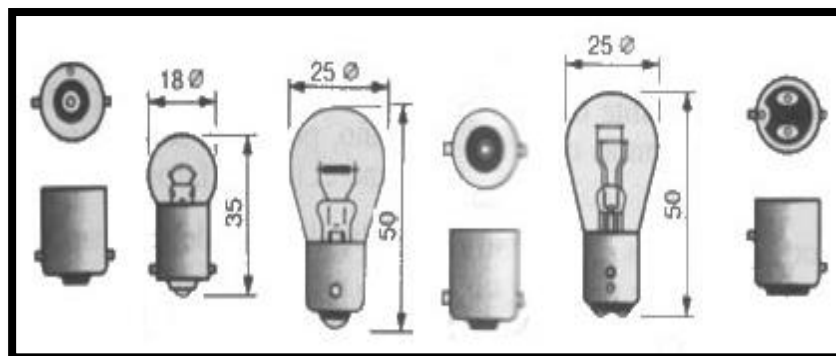
Figura 1.10: Lámparas Plafón



Fuente: Aficionados a la Mecánica.

- b) Pilotos:** La ampolla tiene forma esférica, se alarga en su unión con el casquillo metálico; consta de dos tetones que se acoplan en un portalámparas de tipo bayoneta. Este tipo de lámparas se emplean en luces de posición, iluminación, stop, marcha atrás, entre otras. Para luces de posición se utilizan ampollas esféricas de un filamento, con potencias de 5 o 6 W. En luces de señalización, stop, marcha atrás, se usan ampollas alargadas con potencia de 15, 18 y 21 W. Para otros empleos se aplican lámparas provistas de dos filamentos, los tetones de los casquillos están ubicados a diferentes alturas (Figura 1.11).

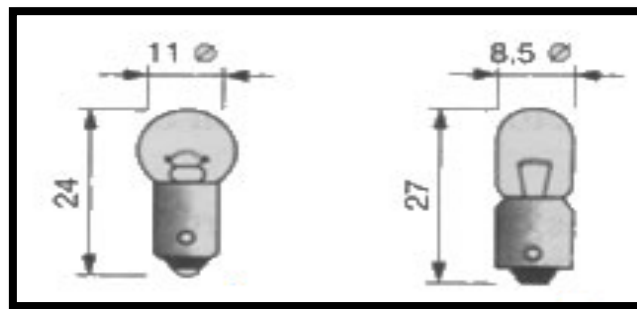
Figura 1.11: Lámparas Pilotos



Fuente: Aficionados a la Mecánica.

- c) Control:** Tienen un casquillo con dos tetones simétricos y ampolla esférica o tubular. Se emplean en luces testigo, con potencias de 2 a 6 W (Figura 1.12).

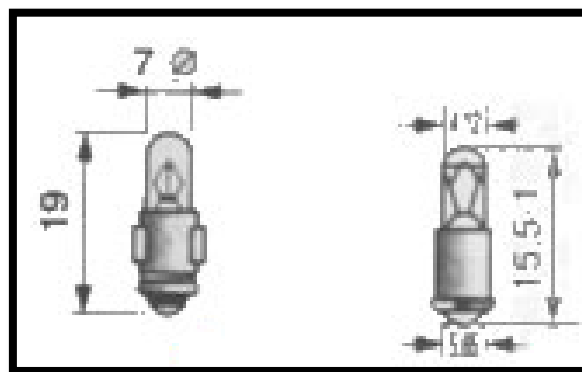
Figura 1.12: Lámparas Control



Fuente: Aficionados a la Mecánica.

- d) **Lancia:** Es similar al tipo control, la diferencia es que su casquillo es más angosto y los tetones son alargados en vez de redondos. Se utiliza para iluminación del cuadro de instrumentos, con potencias de 1 y 2 W (Figura 1.13).

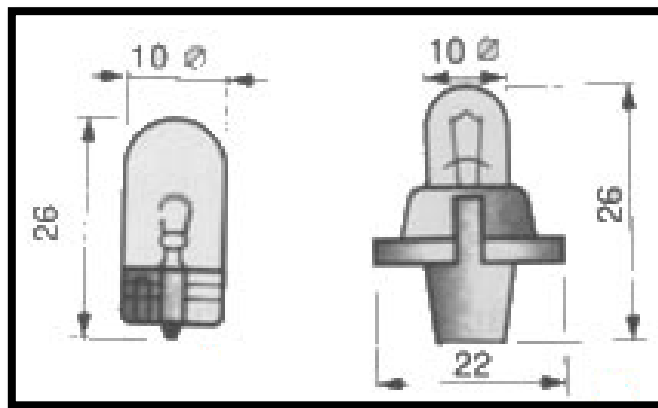
Figura 1.13: Lámparas Lancia



Fuente: Aficionados a la Mecánica.

- e) **Wedge:** La ampolla tubular se sella en su extremo inferior en forma de cuña, permaneciendo plegados los extremos del filamento para su instalación en el portalámparas. En algunos casos estas lámparas se suministran con el portalámparas. (Alonso 2010, Alonso 2014) (Figura 1.14).

Figura 1.14: Lámparas Wedge

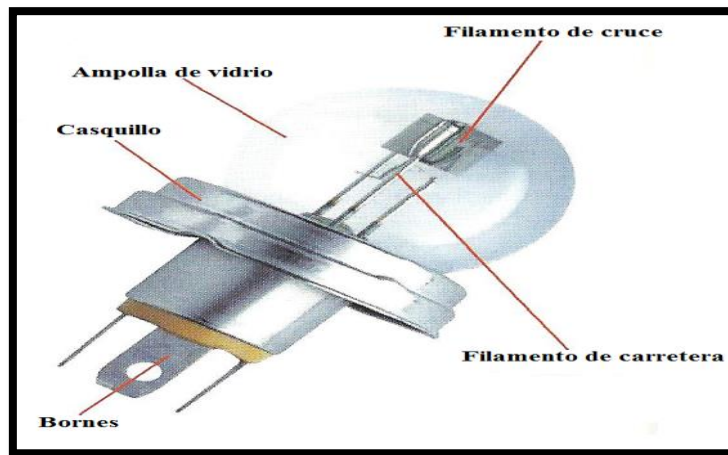


Fuente: Aficionados a la Mecánica.

1.4.2.1.2 Lámparas de Alta Potencia

- a) **Lámparas de Incandescencia Convencional.**- Son lámparas de dos filamentos para cruce y carretera, la ampolla de la lámpara es de vidrio y el filamento de wolframio, la misma que está perfectamente sellada para evitar el ingreso de aire y su interior está lleno de argón, impidiendo de esta manera que el filamento entre en contacto con el aire en su activación, ya que si no fuese así enseguida se fundiría por la combustión del oxígeno. Estas lámparas fundamentan su funcionamiento en la transformación de la energía eléctrica en calorífica; entre mayor sea la temperatura de trabajo mayor será la capacidad lumínica y más se parecerá a la luz solar. La lámpara R2 fue la más utilizada, con el filamento de luz de carretera de 45W y luz de cruce de 40W para los sistemas de 12 voltios, debido a su rendimiento energético bajo se dejó de utilizar. La primordial desventaja de estas lámparas es la no regeneración del wolframio, por lo que la vida útil a tensión nominal es baja; debido a esto su utilización tanto en proyección como señalización está en desuso (Ros y Barrera 2011). (Figura 1.15).

Figura 1.15: Lámpara R2



Fuente: Ros Marín.

- b) Lámparas de Incandescencia Halógena.-** En estas lámparas se mantiene el filamento de tungsteno o wolframio, y se remplaza el argón por gas halógeno, el cual puede ser iodo o bromo, sujeto a una presión superior. Se sustituye el cristal de la ampolla por cuarzo debido a que la temperatura de trabajo es mayor; para lograr una temperatura favorable en la ampolla es preciso que el volumen de esta sea pequeño, obteniendo una lámpara de halógeno sensiblemente menor que la convencional y más robusta (Alonso 2010).

La lámpara de incandescencia halógena ha sustituido a la convencional principalmente en la proyección lumínica por lo que tienen una vida útil más larga y provocan una iluminación brillante con un mínimo consumo de potencia de 5W a 10W, mejorando el alcance del faro. La desaparición de ennegrecimiento de la ampolla, hace que su eficacia luminosa sea sensible en el transcurso de su vida útil (Ros y Barrera 2011).

El incremento de energía que soportan los átomos de tungsteno que constituyen el filamento origina la salida de los electrones fuera de sus órbitas, ocasionando que las partículas metálicas del filamento sean expulsadas en todas las direcciones; las mismas que impactan las paredes de la ampolla generando un ennegrecimiento, que con el tiempo se torna más opaca obstaculizando el flujo luminoso. Paralelamente va reduciéndose la sección del filamento, que se debilita al mismo tiempo que aumenta la

densidad de corriente; acortando la vida útil de la lámpara. Atendiendo a la forma de la ampolla, número de filamentos y posicionamiento de los mismos, existen las siguientes lámparas halógenas (Alonso 2010).

- **Lámpara H-1.-** Lámpara de ampolla tubular alargada cuyo filamento está ubicado longitudinalmente y alejado de la base del soporte; consta de casquillo. Se implementa especialmente en faros de largo alcance y antinieblas (Figura 1.16).

Figura 1.16: Lámpara H1

H1					
REFERENCIA	ECE R37	VOLTIOS	WATIOS	CASQUILLO	Unds/Pcs.
640.0788*	H1	12	55	P14,5s	12
640.0789	H1	24	70	P14,5s	12

Fuente: Grupo Serca Automoción.

- **Lámpara H-2.-** Parecido al H-1 en su ampolla y filamento, pero de menor longitud y no consta de casquillo, ya que tiene unas láminas de unión. Se utiliza en faros auxiliares (Figura 1.17).

Figura 1.17: Lámpara H2

H2					
REFERENCIA	ECE R37	VOLTIOS	WATIOS	CASQUILLO	Unds/Pcs.
640.2788	H2	12	55	X-511	12
640.2690	H2	24	70	X-511	12

Fuente: Grupo Serca Automoción.

- **Lámpara H-3.-** Tiene un filamento transversal sobre la ampolla, lleva en su extremo un terminal conector; esta lámpara no tiene casquillo. Se usa generalmente en faros auxiliares antinieblas y largo alcance (Figura 1.18).

Figura 1.18: Lámpara H3

H3					
REFERENCIA	ECE R37	VOLTIOS	WATIOS	CASQUILLO	Unds/Pcs.
640.3788	H3	12	55	PK22s	12
640.0692	H3	24	70	PK22s	12

Fuente: Grupo Serca Automoción.

- **Lámpara H-4.-** Es frecuentemente implementada en luces de carretera y cruce. Consta de dos filamentos los cuales se ubican en una ampolla cilíndrica, que se sujeta a un casquillo de disco para su ajuste a la óptica de faro (Figura 1.19).

Figura 1.19: Lámpara H4

H4					
REFERENCIA	ECE R37	VOLTIOS	WATIOS	CASQUILLO	Unds/Pcs.
640.0782*	H4	12	60/55	P43t	12
640.0783*	H4	24	75/70	P43t	12

Fuente: Grupo Serca Automoción.

- **Lámpara H-5.-** Parecido al H-4, se distingue solamente por el casquillo (Figura 1.20).

Figura 1.20: Lámpara H5

H5					
REFERENCIA	ECE R37	VOLTIOS	WATIOS	CASQUILLO	Unds/Pcs.
640.0780	H5	12	60/55	P45t	12

Fuente: Grupo Serca Automoción.

- **Lámpara H7.-** Implementadas en luces de carretera, cruce y antiniebla, consta de doble filamento, los cuales se ubican en la ampolla cilíndrica (Figura 1.21).

Figura 1.21: Lámpara H7

H7						
REFERENCIA	ECE R37	VOLTIOS	WATIOS	CASQUILLO	Unds/Pcs.	
640.0779*	H7	12	55	Px26d	12	
640.0775*	H7	24	70	Px26d	12	

Fuente: Grupo Serca Automoción.

- **Lámpara H8.-** Son de doble filamento antideslumbrante, se utiliza para iluminación de cruce, carretera o antiniebla (Figura 1.22).

Figura 1.22: Lámpara H8

H8						
REFERENCIA	ECE R37	VOLTIOS	WATIOS	CASQUILLO	Unds/Pcs.	
640.0050*	H8	12	35	PGJ19-1	12	

Fuente: Grupo Serca Automoción.

- **Lámpara H9.-** Similar a la H8, es apta como luz de cruce, carretera o antinieblas (Figura 1.23).

Figura 1.23: Lámpara H9

H9						
REFERENCIA	ECE R37	VOLTIOS	WATIOS	CASQUILLO	Unds/Pcs.	
640.0051*	H9	12	65	PGJ19-5	12	

Fuente: Grupo Serca Automoción.

- **Lámpara H11.-** Es de gran intensidad y de larga duración, se emplean en luces de cruce, carretera, antinieblas y en ojos de ángel (Figura 1.24).

Figura 1.24: Lámpara H11

H11					
REFERENCIA	ECE R37	VOLTIOS	WATIOS	CASQUILLO	Unds/Pcs.
640.0052*	H11	12	55	PGJY19-1	12

Fuente: Grupo Serca Automoción.

- **Lámpara HB3.-** Se aplican para luces de carretera, cruce y antinieblas. Consiguen una luz blanca, más intensa y elegante que la clásica luz amarillenta (Figura 1.25).

Figura 1.25: Lámpara HB3

HB3					
REFERENCIA	ECE R37	VOLTIOS	WATIOS	CASQUILLO	Unds/Pcs.
640.0106	HB3	12	55	P20d	12

Fuente: Grupo Serca Automoción.

- **Lámpara HB4.-** Se emplean para faros de largo alcance, rotativos, faros antiniebla; también se está utilizando en luces de posición y frenado debido a que tienen mayor vida útil por la duración de su filamento. (Alonso 2010, Hermógenes 2002), (Figura 1.26).

Figura 1.26: Lámpara HB4

HB4					
REFERENCIA	ECE R37	VOLTIOS	WATIOS	CASQUILLO	Unds/Pcs.
640.0105	HB4	12	65	P20d	12

Fuente: Grupo Serca Automoción.

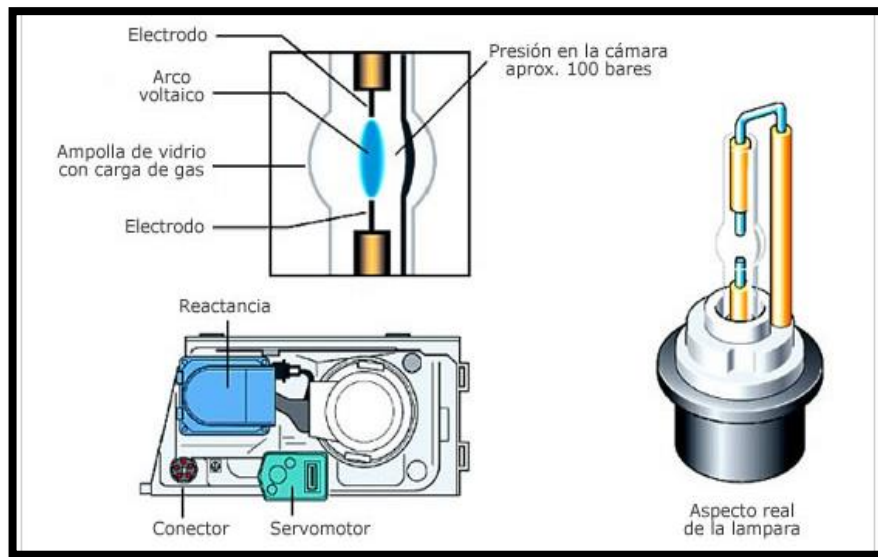
- c) **Lámpara de Descarga.-** La iluminación la origina un arco eléctrico en el interior de la ampolla de cuarzo que es rellena con gas xenón, con lo que se obtiene un gran alcance con una buena intensidad luminosa. La proyección del haz luminoso de estas lámparas se asemeja a la luz del día; debido a la intensidad de brillo y alcance los automóviles deben tener un regulador de altura y de inclinación para no encandilar a los conductores que transitan en sentido contrario (Alonso 2014).

1. Lámparas de Xenón

“La lámpara de xenón utiliza dos electrodos de wolframio encerrados en una ampolla de cristal de protección contra UV, entre los dos electrodos se dispone una pequeña cámara de cuarzo (de aproximadamente 20 mm²) rellena de gas xenón a alta presión (100 bares) y sales de sodio o mercurio. Un impulso eléctrico generado por el transformador de 30000 V crea un arco voltaico que produce la ionización del gas en este espacio (al evaporarse las sales de iodo a mercurio), con lo que este se vuelve conductor, permitiendo el paso de la corriente eléctrica entre ambos electrodos. Una vez efectuado el encendido, la lámpara de descarga recibe durante menos de un segundo una corriente de alta intensidad, para que la lámpara alcance su máxima luminosidad con un mínimo retardo. Seguidamente, el balastro electrónico regula el suministro de corriente, hasta estabilizar el sistema a los 85 V en corriente AC, todo el proceso dura entre tres y dos segundos (según tipo de sistema y fabricante)”¹ (Figura 1.27).

¹Ros Marín, Joan Antoni y Barrera Doblado, Oscar, (2011). *Sistemas eléctricos y de seguridad y confortabilidad*. Editorial Paraninfo. España. Página 131.

Figura 1.27: Estructura de la lámpara Xenón



Fuente: Aficionados a la Mecánica.

Ventajas:

- Gran intensidad luminosa de 3200 Lúmenes. Esta luz es comparable a la luz del día, mejorando la visibilidad y aumentando la comodidad y seguridad.
- Haz lumínico que brinda 50% más alcance y 100% más ancho que las halógenas, iluminando mejor el borde de la calzada reduciendo la fatiga visual del conductor.
- Menor consumo de potencia para proporcionar la misma iluminación.
- Vida útil de 3000 horas.(Hermógenes 2002, Ros y Barrera 2011).

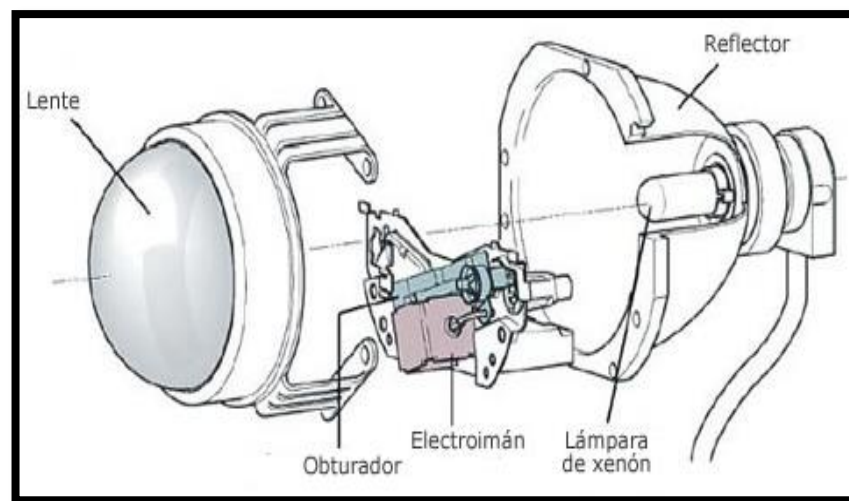
Desventajas.

- Precio elevado debido a que trabajan con alta tensión y requieren un transformador de corriente alterna a corriente continua.
- Tiempo de encendido aproximado de 1.2" y 3" para obtener una intensidad máxima. (Hermógenes 2002, Ros y Barrera 2011).

2. Lámparas de Descarga de Gas Bi-Xenón

En los anteriores sistemas no se podía crear luces de cruce y carretera con una sola lámpara de descarga de gas. No era posible variar el límite claro a oscuro en el transcurso de funcionamiento. Actualmente con estas lámparas hay como emplear la luz de xenón para cruce y carretera, esto se logra interviniendo un obturador mecánico, cuya posición se conmuta por medio de un electroimán. (Ros y Barrera 2011), (Figura 1.28).

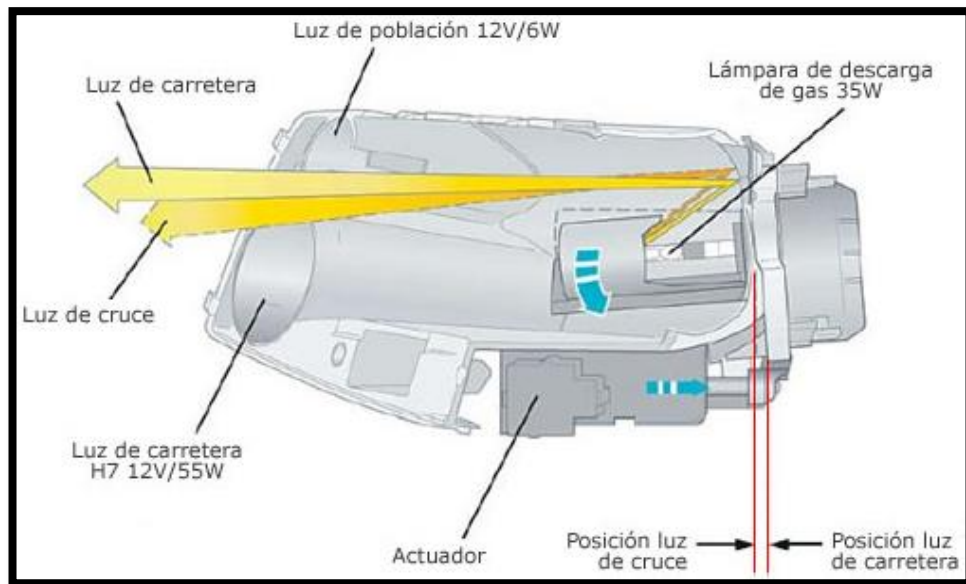
Figura 1.28: Elementos que forman el foco Bixenón



Fuente: Aficionados a la Mecánica.

Este dispositivo obturador cubre una porción de la luz creada por la lámpara, obteniendo de esta manera la luz de cruce. Cuando el dispositivo cambia a luz de carretera permite pasar la luminosidad generada por la lámpara. Se conserva una lámpara H7 para ráfagas, debido a las características de inflamación del gas para la creación de la luz, ya que no puede trabajar en la función de apagado y encendido rápido. (Ros y Barrera 2011), (Figura 1.29).

Figura 1.29: Esquema de funcionamiento de un foco Bixenon



Fuente: Aficionados a la Mecánica.


3. Tipos de Lámparas de Descarga de Gas.


Las lámparas de uso frecuente son las de tipo D1R/S y D2R/S. La designación R es utilizada para las luces de cruce, mientras que la designación S por medio de un motor eléctrico hace que la misma lámpara sea también de carretera. Las lámparas de tipo 1 constan de un ballast por zócalo, mientras que en las de tipo 2 tiene un transformador externo lo que las hace más pequeñas; estas lámparas requieren una óptica de geometría con lente de tipo elipsoidal para la proyección educada del haz de luz. (Ros y Barrera 2011).

Desde el año 2006, algunos automóviles disponen lámparas tipos D3/D4, estas difieren de la D1/D2 principalmente por que trabajan a 42 V, están libres de mercurio y muestran una geometría diferente del haz de luz. Los dispositivos de control se diseñan específicamente para cada tipo de lámpara por lo que no se puede intercambiar con las del tipo D1/D2. Las lámparas de tipo D3 están formadas por un sistema electrónico de alta tensión para el encendido, montado en el zócalo de la lámpara, similar a las lámparas de tipo D1. Las lámparas de tipo D4 están conformadas por un zócalo de alta tensión

y una ampolla de cristal con protección UV similar a las D2 (Ros y Barrera 2011), (Figura 1.30).

Figura 1.30: Lámparas D1R/S y D2R/S

		D1S/D1R				
REFERENCIA	ECE R37	VOLTIOS	WATIOS	CASQUILLO	Unds/Pcs.	
640.0603	D1S	85	35	PK32d-2	1	
640.0604	D1R	85	35	PK32d-3	1	

		D2S/D2R				
REFERENCIA	ECE R37	VOLTIOS	WATIOS	CASQUILLO	Unds/Pcs.	
640.0601	D2S	85	35	P32d-2	1	
640.0602	D2R	85	35	P32d-3	1	
640.1601	*D2S	85	35	P32d-2	1	

Fuente: Grupo Serca Automoción.

d) Lámparas LED.- Sistema conformado por un conjunto de lámparas semiconductoras denominados (Leds) que son diodos emisores de luz, la intensidad de estas pueden ser modificadas de manera individual por un módulo electrónico que permite producir proyecciones de luz de diversas intensidades luminosas. Los vehículos modernos incorporan iluminación híbrida la cual está conformada por faros de xenón y tecnología led, la cual permite obtener una eficiencia energética cuatro veces superior a los faros halógenos convencionales y a su vez menor consumo energético (Alonso 2014, Ros y Barrera 2011), (Figura 1.31).

Figura 1.31: Automóvil Equipado con Faros Led.



Fuente: Ros Marín.

Ventajas.

- Vida útil sumamente larga y sólida de aproximadamente 20000 horas.
- Tiempo de encendido diez veces más rápido que las lámparas incandescentes tradicionales.
- Lámparas de alto rendimiento, con bajo consumo energético.
- Variación de la luz a voluntad del conductor. (Ros y Barrera 2011).

Desventajas.

- Precio elevado ya que hay pocos fabricantes de lámparas led.
- Estas lámparas se funden a temperaturas mayores o iguales a 80°C. (Ros y Barrera 2011).

1.4.2.2 Clasificación de las Lámparas**a) Lámparas de pequeña potencia para señalización de control e iluminación interior**

El conductor debe poseer un control de lo que ocurre en el automóvil, para ello el fabricante elige instalar en el cuadro de instrumentos lámparas que permitan avisar cualquier anomalía en los distintos sistemas electrónicos o mecánicos.

Para brindar un mejor confort al conductor y acompañantes el vehículo debe contar con una buena iluminación en las áreas internas del habitáculo, por lo que se instalan luces para interiores, guantera, cuadro de instrumentos, etc. Para la iluminación de las partes internas del habitáculo se eligen lámparas incandescentes (halógenas y estándar), aunque los led son utilizados para señales de alerta, las potencias de las bombillas es inferior a los 5 W, excepto las luces de lectura de mapas que pueden llegar a los 10 W. Las luces varían de color gracias a los led, el conductor puede elegir varios perfiles cromáticos los cuales crean un ambiente adecuado en el interior del vehículo (Ros y Barrera 2011).

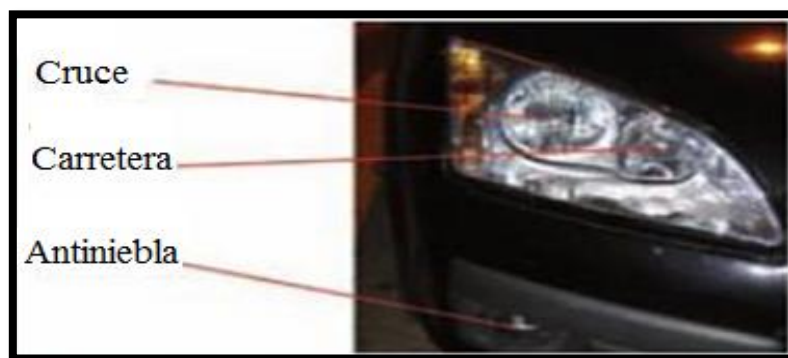
b) Lámparas de media potencia para visualización y señalización del automóvil

El vehículo debe constar con luces que no produzcan un efecto de encandilamiento sobre los conductores que transitan en sentido contrario y a su vez que permitan indicar los cambios de maniobra que se han de realizar en el transcurso de la conducción; de modo que los usuarios de las vías tengan una mejor visibilidad de la carretera y obstáculos que puedan presentarse de improviso, lo cual ayudará a reducir los accidentes de tránsito. El automotor como mínimo debe llevar los siguientes sistemas de alumbrado: luces de posición, freno, matrícula, marcha atrás, maniobra, emergencia y antiniebla. En el medio existen las siguientes lámparas para estos sistemas las cuales son: Lámparas de Incandescencia convencional, halógena y Led (Ros y Barrera 2011).

c) Lámparas de gran potencia para faros de proyección

En el vehículo deben existir las luces de cruce, carretera y antiniebla, las mismas que deben funcionar de forma correcta y estar instaladas apropiadamente para conseguir una iluminación adecuada. En el medio existen los siguientes tipos de lámparas para estos sistemas: De incandescencia convencional, incandescencia halógena, de descarga y led (Ros y Barrera 2011), (Figura 1.32).

Figura 1.32: Óptica delantera con proyectores independientes.



Fuente: Ros Marín.

1.4.2.3 Tipos de Colocación de las Lámparas

- **Lámpara de Cruce y Lámpara de Carretera.-** Es lo más usual en nuestros días ya que permite realizar los trabajos de mantenimiento y ofrecen a la óptica de una geometría moderna.
- **Lámpara de Cruce – Carretera y de Ráfagas.-** Si el automóvil consta de luces bixenón, este requerirá de una luz halógena que permita accionar las ráfagas, debido a que la velocidad de encendido del xenón es alrededor de 1.2” aproximadamente.
- **Lámpara de Cruce – Carretera.-** Es el sistema antiguo, los fabricantes de estas lámparas escogen recurrir a una bombilla de doble filamento (H4 o R2) para luces cortas y largas, teniendo en cuenta el problema de la durabilidad de la bombilla y de que posee una estructura poco desarrollada.
- **Lámpara de Cruce – Carretera y de Ráfagas Adicional.-** A partir del uso de las lámparas de descarga este sistema está en desuso. Al activar las ráfagas las luces adicionales de largo alcance y de carretera también funcionan (Ros y Barrera 2011).

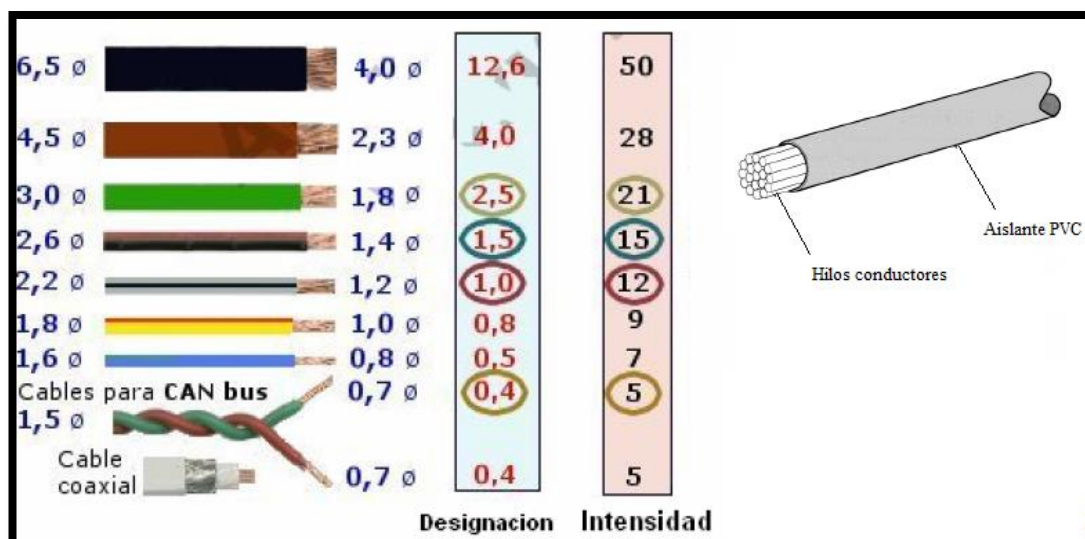
1.4.3 Conductores

Los conductores empleados para la instalación de los circuitos de alumbrado en la automoción están compuestos por un alma metálica de cobre electrolítico recocido y en algunos casos recubiertos por estaño, está conformado por un número determinado de hilos finos enrollados en hélice recubiertos por un aislante el cual normalmente es de plástico PVC o caucho. Esta configuración permite tener una mayor flexibilidad para acoplarse a los contornos de la carrocería (Alonso 2010, Bosch 2005).

La resistencia de los conductores tiene que ser lo más pequeña posible para evitar caídas de tensión por el paso de corriente por estos, ya que si no es así afectara el buen funcionamiento de los componentes receptores. El color que se

utiliza para los conductores de corriente es el rojo o marrón, el negro es para conexiones a masa y otros tipos de colores para conductores de interconexión (Alonso 2010, Bosch 2005), (Figura 1.33), (Tabla 1.2).

Figura 1.33: Conductores



Fuente: Docs.

Tabla 1.2: Secciones y colores distintivos de los conductores (Chrysler)

Circuito	Conductores	Color	Sección en mm ²
Alumbrado en carretera (ver figura 9.3)	Bateria-contacto	Rojo	2,5
	Contacto-conmutador luces	Azul-rojo	2,5
	Conmutador-luz larga	Azul-verde	1,6
	Conmutador-luz corta	Azul-amarillo	1,6
	Lámparas testigo	Azul	0,63
	Masas faros	Negro	1
Alumbrado Situación y matrícula (ver figura 9.6)	Contacto-interruptor luces	Rojo	2,5
	Interruptor-pilotos	Verde	1
	Luz cuadro	Verde	0,63
	Masas	Negro	0,63
Luces interiores (ver figura 9.1)	Fusible-lámparas	Rojo	0,63
	Interruptores puerta	Negro	0,63
Circuito de intermitencias (ver figura 9.8)	Contacto-fusible	Rojo	2,5
	Fusible-relé	Gris	2,5
	Relé-conmutador	Blanco-marrón	1,6
	Relé-testigo	Blanco	0,63
	Intermitencias derechas	Blanco-verde	1
	Intermitencias izquierdas	Blanco-rojo	1
	Masas	Negro	1
Luces de freno y marcha atrás (ver figura 9.7)	Fusible-interruptores	Gris	1,6
	Luces de freno	Bianco-violeta	1
	Luces de marcha atrás	Verde-marrón	1
	Masas	Negro	1

Fuente: Docs.

1.4.4 Interruptores y Conmutadores.

1.4.4.1 Interruptores

Son los dispositivos encargados de poner en funcionamiento los circuitos de encendido, arranque y servicios; estos interruptores generalmente van ubicados en el panel de mandos. Su configuración más simple consiste en dos contactos de metal inoxidable y el actuante. El actuante es el elemento móvil que ejerce presión sobre los contactos, lo cual permite que se unan para que la corriente circule y active el circuito correspondiente (Bosch 2005), (Figura 1.34).

Figura 1.34: Interruptores



Fuente: Panasonic.

1.4.4.2 Conmutadores

Son interruptores rotativos de doble posición, constan de un recuperador automático que permite regresar la palanca de accionamiento a su posición inicial, una vez realizada la maniobra de giro (Agueda 2010), (Figura 1.35).

Figura 1.35: Conmutadores



Fuente: Electricidad Automotriz Weblog..

1.4.5 Relés y Fusibles

1.4.5.1. Los Relés de Iluminación

Los relés o relevadores de iluminación son dispositivos electromecánicos que funcionan como un interruptor eléctrico controlado por una bobina y un electroimán. La ventaja de utilizar un relé es que permite comandar grandes corrientes eléctricas a partir de la utilización de otro circuito con corrientes más bajas. Para el comando de las luces del sistema de encendido se utilizan relés de tipo automotriz, que operan a distancia con una señal eléctrica de muy bajo consumo (0,15A en los terminales 85 y 86) para abrir o cerrar un circuito eléctrico entre los terminales 30 y 87 (también 87a si el relé dispone del quinto terminal) existen modelos de relé de 30A, 50A y 70A de capacidad (Agueda 2010), (Figura 1.36).

Figura 1.36: Relé Automotriz



Fuente: Elprofe`s Weblog.

Para el circuito de intermitencia se utiliza un relé especial (Flasher) que permite la intermitencia de los indicadores luminosos, con una cadencia de 50 a 120 pulsaciones por minuto. Utiliza una lámina bimetálica que se encarga de realizar las pulsaciones gracias a su deformación programada por el aumento y disminución de temperatura durante su operación (Agueda 2010), (Figura 1.37).

Figura 1.37: Relé de Intermitencias

Fuente: Olx.

1.4.5.2 Los Fusibles

Para la protección de todos los circuitos eléctricos del automóvil es necesario colocar fusibles calibrados a la intensidad de consumo. Están intercalados en el circuito y evitan averías en todos los componentes al producirse sobrecarga o un cortocircuito. Consisten en unos cartuchos de vidrio o plástico con dos terminales de conexión (una entrada y una salida) y unidos por un hilo conductor de material fundente y calibrados a la intensidad nominal que tiene que pasar por el mismo. El calibre viene indicado en Amperios admisibles en la carcasa del mismo (Agueda 2010, Bosch 2005), (Figura 1.38).

Figura 1.38: Fusible

Fuente: Ampolletas Chile.

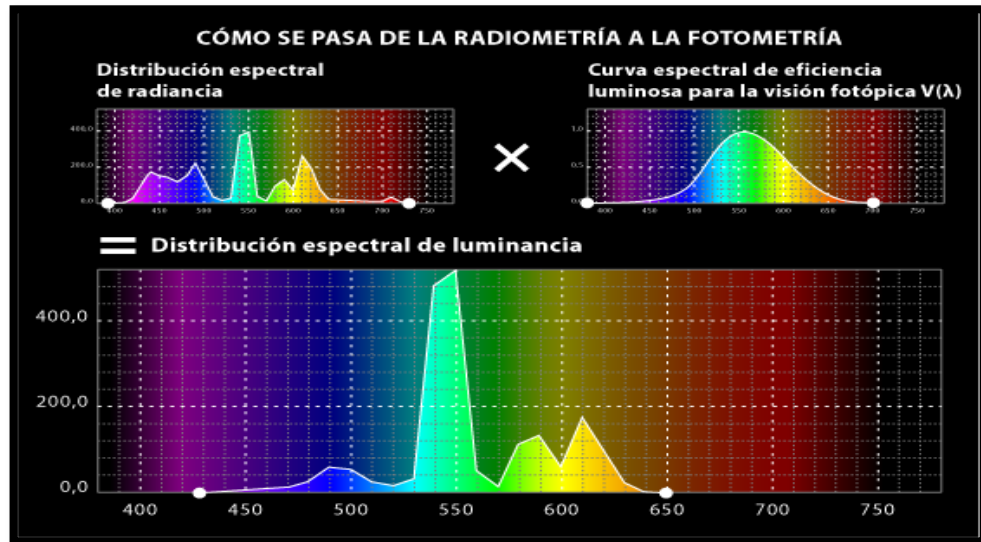
1.5 Fotometría y Unidades de Medida

1.5.1 Fotometría

Se emplea para la selección de equipos o dispositivos que permitan plantear un proceso de diseño de iluminación más eficiente. El haz de luz emitido por una lámpara no se distribuye uniformemente en todas las direcciones; la orientación del flujo luminoso varía según la forma de la ampolla y del montaje que se realice.

Analizar detalladamente el reporte fotométrico permitirá recopilar los datos necesarios de cada tipo de luminaria (Alonso 2010, Hermógenes 2002), (Figura 1.39).

Figura 1.39: Distribución espectral de luminancia



Fuente: Mi Blog de Electromecánica.

1.5.2 Unidades de Medida

- **Flujo Luminoso (Φ).**-Es la potencia producida como radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible, la unidad de medida es el lumen (Lm).
- **Intensidad Luminosa (I).**- Es la emisión del flujo luminoso por unidad de ángulo en una dirección dada, la unidad de medida es la candela (cd).
- **Iluminancia (E).**-Es la relación entre el flujo luminoso recibido y la superficie iluminada, la unidad de medida es el lux (Lx).
- **Luminancia (L).**- Es la relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente observada por el ojo en una dirección establecida, la unidad de medida es la Candela por metro cuadrado (cd/m^2).

- **Rendimiento Luminoso (η).**- Es la relación entre el flujo luminoso emitido y la potencia consumida, la unidad de medida es el lumen por watt (lm/W) (Alonso 2010, Enríquez 2009, Hermógenes 2002).

1.5.3 Conceptos Luminotécnicos.

- **Alcance de un Faro.**- Trayecto en el que la intensidad luminosa del haz de luz tiene un valor establecido; generalmente la línea de un lux en el borde derecho de la calzada.
- **Campo de Visión.**- Distancia a la que es perceptible un objeto que se encuentra dentro de la proyección luminosa de la visión.
- **Deslumbramiento Fisiológico.**- Es la pérdida de la capacidad visual causada por fuentes de luz deslumbrantes.
- **Deslumbramiento Psicológico.**- Se origina por una molesta proyección luminosa, pero sin afectar la capacidad visual. (Enríquez 2009).

1.6 Normas del Sistema de Alumbrado.

1.6.1 Disposiciones Generales

- “Los dispositivos de alumbrado y de señalización luminosa estarán instalados de tal modo que, en condiciones normales de utilización, y a pesar de vibraciones a las que pudieran estar sometidos, se asegure su buen funcionamiento.
- Las luces no deben accionarse inadecuadamente por si solas de forma inadvertida.
- Las luces altas y bajas deben estar instaladas de forma que sea posible ajustar correctamente su orientación.
- Todos los dispositivos de señalización luminosa, serán paralelos al plano de apoyo del vehículo sobre la vía; además, serán perpendiculares al plano

longitudinal medio del vehículo, en el caso de los catadióptricos laterales y de las luces de posición laterales, y paralelo a tal plano para todos los demás dispositivos de señalización. Se admitirá en cada dirección una tolerancia de $\pm 3^\circ$, excepto los faros delanteros que se sujetarán a las normas de la revisión técnica vehicular.

- Las luces podrán ser agrupadas, combinadas o recíprocamente incorporadas, a condición de que cada una de ellas cumpla todos los requisitos referentes a color, posición, alineación, visibilidad geométrica, conexiones eléctricas y otros requisitos, si los hubiera.
- Sólo serán intermitentes las luces indicadoras de dirección y las de estacionamiento o emergencia.
- Ninguno de los dispositivos de alumbrado podrá emitir hacia adelante luz roja o diferente a la establecida en los requisitos que pueda prestarse a confusión; para esta consideración no debe tomarse en cuenta los dispositivos de alumbrado instalados para la iluminación interior del vehículo.
- Ninguno de los dispositivos de alumbrado posterior, excepto las luces de marcha atrás, podrá emitir hacia atrás luz blanca o diferente a la establecida en los requisitos que pueda prestarse a confusión; para esta consideración no debe tomarse en cuenta los dispositivos de alumbrado instalados para la iluminación interior del vehículo.
- No se permite el uso de luces estroboscópicas en vehículos particulares, excepto en vehículos de emergencia autorizados por la autoridad competente.

1.6.2 Requisitos

Todo vehículo automotor, comprendido en el alcance de esta norma, debe tener incorporado los siguientes dispositivos de alumbrado y de señalización luminosa para que mantengan o mejoren la visibilidad del conductor y del automotor.

- Faros delanteros: Luces bajas y altas.
- Luces indicadoras delanteras: Posición, emergencia, direccionales y volumen.
- Luces indicadoras laterales: Posición, emergencia y direccionales. No obligatorio para vehículos livianos.

- Luces indicadoras posteriores: Posición, emergencia, direccionales, volumen, reversa, freno y luz de la placa de matrícula
- Luz antiniebla delantera y posterior.
- Iluminación interior

1.6.2.1 Faros Delanteros

- El faro delantero puede ser doble, con dos focos independientes, o con un único foco dual que por conmutación activa la luz alta o baja.
- El faro delantero debe disponer de un dispositivo de reglaje que permita regular el mismo.
- Los faros delanteros deben ser asimétricos con mayor iluminación hacia la derecha para no deslumbrar a los conductores que vienen de frente y poder ver a los peatones que circulen por la berma.
- La intensidad luminosa y el reglaje de cada faro debe ser como se indica a continuación:
 - a) La alineación horizontal del faro delantero será mayor o igual al 2% hacia el centro del vehículo, excepto para vehículos de 2 o 3 ruedas.
 - b) La alineación vertical del faro delantero será mayor o igual al 2,5 % por debajo del plano horizontal del vehículo, excepto para vehículos de 2 o 3 ruedas.
 - c) La intensidad luminosa del faro delantero debe ser menor o igual a 135 candela metro. (135 luxes).
- Para vehículos automotores de 2 o 3 ruedas, mínimo una luz de cada tipo y máximo dos.
- Para vehículos automotores de 4 o más ruedas, dos luces de cada tipo.
- Para vehículos automotores de 2 o 3 ruedas, las luces deben estar ubicadas en la parte frontal y en el centro del vehículo y a una altura suficiente para poder proyectar el haz lumínico.
- Para vehículos automotores de 4 o más ruedas, las luces deben estar ubicadas en la parte frontal del vehículo, una de cada tipo a cada lado y a una altura suficiente para poder proyectar el haz lumínico.
- Las luces de los faros de alumbrado deben ser de color blanco o amarillo.

1.6.2.2 Luces Indicadoras Delanteras

- Intensidad luminosa. Los focos de las luces indicadoras delanteras deben ser de baja intensidad luminosa menor a la de los faros delanteros.
- Para vehículos automotores de 2 ruedas, una luz a cada lado del vehículo en la parte delantera y posterior y a una altura suficiente para poder ser observadas a distancia de acuerdo al diseño original del vehículo.
- La cantidad, ubicación y el color de las luces indicadoras delanteras para vehículos motorizados de 3 o más ruedas y para remolques (Tabla 1.3).

Tabla 1.3: Cantidad, ubicación y color de las luces indicadoras delanteras

LUCES INDICADORAS DELANTERAS	CANTIDAD Mín. por cada lado	UBICACIÓN	COLOR
Luces de posición	1	Incorporadas o próximas a los faros delanteros y vértices de la carrocería a no más de 400 mm de los extremos laterales y entre 350 mm y 1500 mm de altura respecto del suelo (hasta 2 100 mm para camiones o tractocamiones).	Blanco o ámbar
Luces direccionales	1	Lo más cercano o en los extremos mismos a no más de 400 mm de los extremos laterales y entre 350 mm y 1500 mm de altura respecto del suelo (hasta 2100 mm para camiones o tractocamiones).	Ámbar
Luces de emergencia	1	Lo más cercano o en los extremos mismos a no más de 400 mm de los extremos laterales y entre 350 mm y 1500 mm de altura respecto del suelo (hasta 2100 mm para camiones o tractocamiones).	Ámbar
Luces de volumen	1	A la máxima altura posible y no más de 400mm desde los extremos laterales.	Blanco
NOTA 1. La frecuencia de los destellos debe ser de 90 ± 30 períodos por minuto. NOTA 2. Los dispositivos de las luces direccionales pueden usarse como luces de emergencia. NOTA 3. Aplicables a vehículos con carrocerías mayores a 2 100 mm de ancho.			

Fuente: INEN.

1.6.2.3 Luces Indicadoras Laterales

- Intensidad luminosa. Los focos de las luces indicadoras laterales deben ser de intensidad luminosa menor o igual a la de las luces indicadoras delanteras.
- Las luces indicadoras laterales son obligatorias para vehículos cuya longitud sea mayor o igual a los 6 000 mm, excepto para chasis cabinados.

- La cantidad, ubicación y el color de las luces indicadoras laterales para vehículos automotores y para unidades de carga se indica en la (Tabla 1.4).

Tabla 1.4: Cantidad, ubicación y color de las luces indicadoras laterales

LUCES INDICADORAS LATERALES	CANTIDAD Mín. por cada lado	UBICACIÓN	COLOR
Luces de posición	Según la longitud del vehículo	La primera luz debe estar instalada a no más de 3m, medido desde el plano frontal del vehículo, la distancia entre las siguientes luces no debe exceder de 3 m. Cuando la estructura no lo permita se podrá ampliar a 4 m. Al menos una luz debe ubicarse en el tercio medio del vehículo. La distancia entre la última luz y el plano posterior no debe ser mayor a 1 m.	Ámbar
Luces direccionales	1	Máximo a 1 800 mm medidos a partir del plano frontal del vehículo y a una altura comprendida entre 500 mm y 1 500 mm.	Ámbar
Luces de emergencia	1	Máximo a 1 800 mm medidos a partir del plano frontal del vehículo y a una altura comprendida entre 500 mm y 1 500 mm.	Ámbar
NOTA 4. La frecuencia de los destellos debe ser de 90 ± 30 períodos por minuto.			
NOTA 5. Los dispositivos de las luces direccionales pueden usarse como luces de emergencia.			

Fuente: INEN.

1.6.2.4 Luces Indicadoras Posteriores

- Intensidad luminosa. Los focos de las luces indicadoras posteriores deben ser de baja intensidad, menor a la de los faros delanteros. La intensidad de las luces de freno debe ser mayor a la intensidad de las luces de posición.
- Los vehículos automotores de 2 ruedas deben tener al menos una luz de posición, una luz de freno, una direccional por lado, luces de emergencia y luz de placa en el centro del vehículo y a una altura suficiente para poder ser vista a distancia.
- La cantidad, ubicación y el color de las luces indicadoras posteriores para vehículos automotores de 3 o más ruedas y para unidades de carga se indica en la (Tabla 1.5).

Tabla 1.5: Cantidad, ubicación y color de las luces indicadoras posteriores

LUCES INDICADORAS POSTERIORES	CANTIDAD Mínima	UBICACIÓN	COLOR
Luces de posición	1 por lado	A no más de 400 mm de los extremos laterales y entre 350 mm y 1500 mm de altura respecto de la calzada (hasta 2 100 mm cuando la carrocería no lo permita).	Rojo
Luces direccionales	1 por lado	Lo más cercano o en los extremos mismos a no más de 400 mm de los extremos laterales y entre 350 mm y 1 500 mm de altura respecto del suelo (hasta 2 100 mm para camiones o tractocamiones).	Ámbar o rojo
Luces de emergencia	1 por lado	Lo más cercano o en los extremos mismos a no más de 400 mm de los extremos laterales y entre 350 mm y 1500 mm de altura respecto del suelo (hasta 2 100 mm para camiones o tractocamiones).	Ámbar o rojo
Luces de volumen	1 por lado	A la máxima altura posible y no más de 400 mm desde los extremos laterales.	Rojo
Luces de reversa	1	A una altura máxima de 1 200 mm de la calzada.	Blanco
Luces de freno	1 por lado	En su parte posterior a no más de 400 mm de los extremos laterales y a una altura entre 350 y 1 500 mm (hasta 2 100 mm para camiones o tractocamiones).	Rojo
Luz de freno central	1	Central en su parte posterior.	Rojo
Luz de placa	1	La necesaria para iluminar la placa.	Blanco
<p>NOTA 6. La frecuencia de los destellos debe ser de 90 ± 30 períodos por minuto. NOTA 7. Los dispositivos de las luces direccionales pueden usarse como luces de emergencia. NOTA 8. Aplicables a vehículos con carrocerías mayores a 2 100 mm de ancho. NOTA 9. Para vehículos con longitud mayor a 6 000 mm deben disponer de mínimo 1 a cada lado. NOTA 10. No obligatorio para chasis cabinados, vehículos de carga con espacio abierto y para vehículos con longitud mayor a 6 000 mm.</p>			

Fuente: INEN.

- Los elementos que conforman las luces de frenado, posición o direccionales deben encenderse de modo simultáneo y con los colores especificados en esta norma para cada tipo de uso de luz.

1.6.2.5 Luz Antiniebla Delantera y Posterior.

Opcional, en caso de disponer debe cumplir con lo siguiente:

- Número de luces antiniebla. Máximo dos delanteras y una o dos posteriores.
- Ubicación de las luces delanteras antiniebla
 - a) En anchura. El punto de la superficie aparente en la dirección del eje de referencia más alejado del plano longitudinal medio del vehículo no

deberá hallarse a más de 400 mm del extremo de la anchura máxima del vehículo.

- b) En altura. A no menos de 250 mm por encima del suelo; y no más alto de los faros delanteros del vehículo.
 - c) En longitud. En la parte delantera del vehículo se considerará que se ha cumplido este requisito si la luz emitida no molesta al conductor ni directa ni indirectamente a través de los retrovisores o de otras superficies reflectantes del vehículo.
 - d) Orientación. Estarán orientadas hacia adelante sin que deslumbren ni molesten indebidamente a los conductores que se aproximen en sentido contrario o a otros usuarios de la carretera.
- Ubicación de la luz antiniebla posterior
La luz antiniebla posterior estará ubicada en el lado posterior izquierdo del vehículo, o en la parte posterior al centro si es una sola; y en los extremos del vehículo si son dos, a una altura menor o igual a 1 000 mm del suelo y mayor o igual a 250 mm del suelo, pudiendo llegar a 1 200 mm para vehículos todo terreno. Puede estar incorporada dentro del conjunto de luces de indicadores posteriores, o ser independiente.
 - Color de las luces antiniebla delanteras y posteriores
 - a) Las luces antiniebla delanteras deben ser de color blanco o amarillo selectivo.
 - b) La luz antiniebla posterior debe ser de color rojo.

1.6.2.6 Iluminación Interior

Todo vehículo automotor debe tener incorporado al menos en su interior los siguientes elementos:

- Una lámpara de salón, excepto los vehículos sin carrocería y motocicletas.
- Para el caso de vehículos de transporte de pasajeros deben disponer el número suficiente de lámparas que garanticen una adecuada iluminación

interior; además, deben disponer de lámparas de iluminación en las áreas de acceso de entrada y salida de los pasajeros. Las luces deben ser de color blanco.

- Panel de instrumentos con sistema de iluminación.
- Un sistema de señales luminosas que indique al conductor el accionamiento de los faros direccionales y de los faros de iluminación alta, y luces antiniebla en caso de tenerlas”.²

1.7 Reglaje de los Faros

El alcance luminoso de la luz de cruce y carretera está reglamentado dentro de unos límites máximos para obtener la mejor iluminación sobre el trayecto recorrido y no deslumbrar a los ocupantes de los vehículos que circulan en dirección contraria, cuyo alcance y proyección del haz está en función de la posición del foco. Un defecto en el reglaje de los faros puede consecutivamente generar otro desperfecto.

En Luces de Cruce

- **Alta:** Deslumbramiento a los vehículos que vienen de frente. (Está penado por la Ley de Transito).
- **Baja:** Pérdida de Visibilidad.
- **Lateral:** Alumbrado Indebido.

En Luces de Carretera

- **Alta:** Pérdida del alumbramiento en carretera.
- **Baja:** Pérdida de distancia luminosa.
- **Lateral:** Alumbrado Indebido. (Bosch 2005).

Para obtener una correcta regulación es necesario proceder al reglaje de los faros con los métodos de regulación manual y asistida por el regloscopio; de los cuales hablaremos a continuación.

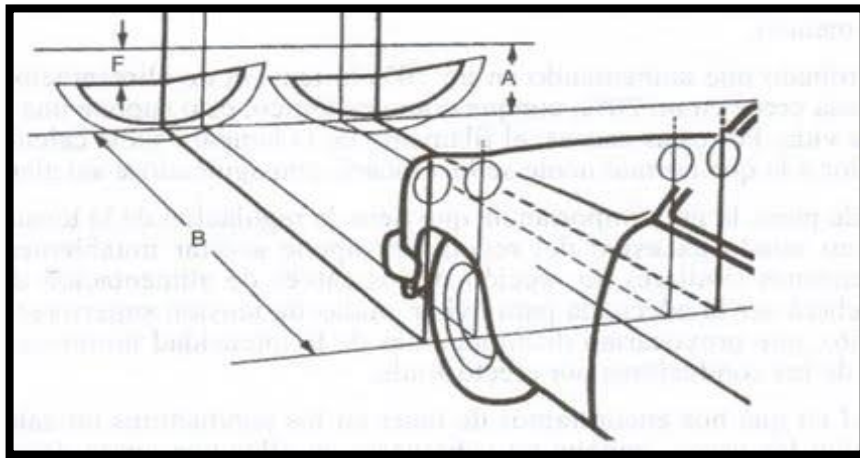
² Norma INEN 1155. Vehículos Automotores. Dispositivos para mantener o mejorar la visibilidad.

1.7.1 Reglaje de los Faros en Forma Manual

Cuando existan anomalías en el alumbrado, se debe realizar este procedimiento que consiste en posicionar los mismos de forma que los rayos luminosos se proyecten adecuadamente. Previamente al proceso de regulación, es necesario que la presión de los neumáticos sea la indicada por el fabricante y ubicar al vehículo en una zona perfectamente plana y horizontal. El orden de operaciones será el siguiente:

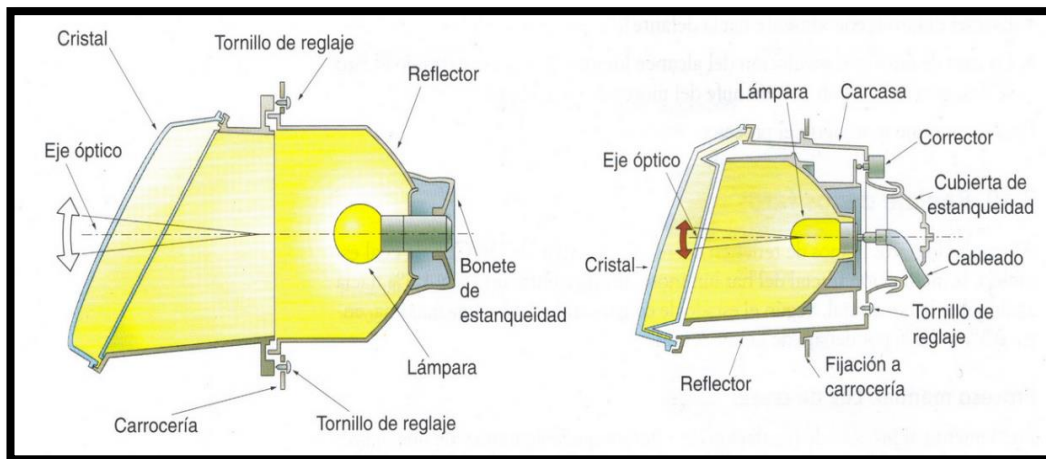
- Ubicar al vehículo con los faros muy próximos a la pared y marcar sobre ésta dos cruces que corresponderán con la altura (A) y distancia entre los centros de los faros. Unir las dos marcas por medio de una línea horizontal.
- Retirar el vehículo de la pared unos 5 metros (B), asegurándose que la orientación de las ruedas corresponde a marcha en línea recta (Figura 1.40).

Figura 1.40: Reglaje Manual de los Faros



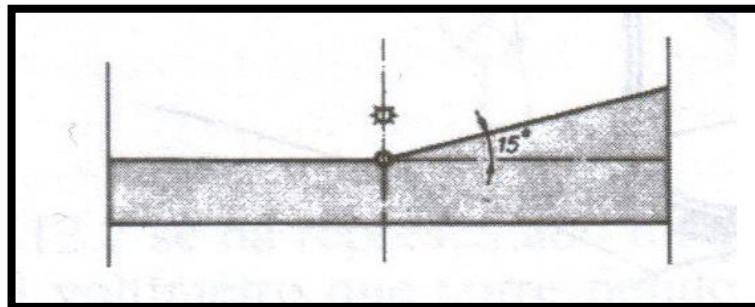
Fuente: GT Sistema de Alumbrado.

- Encender la luz de cruce y actuar sobre los tornillos de reglaje hasta conseguir que el haz de cada uno de los faros quede 5 cm (si la pendiente es 1%, en caso contrario ajustar a dicha pendiente) por debajo de la línea horizontal trazada anteriormente (F) y bien centrado sobre la cruz. Para mayor facilidad tapar uno de los faros mientras se regula el otro (Figura 1.41).

Figura 1.41: Proyector de Cristal Móvil y Reflector Móvil

Fuente: GT Sistema de Alumbrado.

- El ángulo formado por el haz en el centro de la cruz debe ser el adecuado (15°) (Figura 1.42).

Figura 1.42: Ángulo formado por el Haz Luminoso

Fuente: GT Sistema de Alumbrado.

- Encender la luz de carretera y comprobar que el haz de cada faro incida sobre la cruz trazada. La luz de carretera debe ser simétrica respecto del plano vertical central, con el máximo de luz en el eje central del faro (Alonso 2010, Bosch 2005, Llanos 2011).

1.7.2 Reglaje de los Faros por Medio del Regloscopio.

Este método de reglaje es más moderno pues utiliza un equipo llamado Regloscopio que se lo ubica frente a cada faro en la línea central del foco y a la distancia determinada por el mismo aparato. Este aparato está compuesto de un tubo óptico

que se puede ajustar a la altura del faro y al interior del mismo se conforma una cámara obscura terminada en una pantalla. En el extremo delantero se ubica una lente capaz de condensar el haz luminoso de manera que su imagen se concentre sobre la pantalla. En el centro de la pantalla se graban líneas de referencia para el ajuste de los focos; a esto se suma un sensor fotoeléctrico para medir la intensidad de la luz que el operador puede visualizar en una pantalla digital. Para lograr el reglaje de los faros la imagen del foco debe estar centrada de manera similar a la indicada en el reglaje manual (Figura 1.42). Estos aparatos están preparados para proyecciones de haz simétrico y asimétrico con una inclinación lateral de 15° respecto al punto de enfoque. (Alonso 2010, Bosch 2005, Llanos 2011), (Figura 1.43).

Figura 1.43: Regloscopio



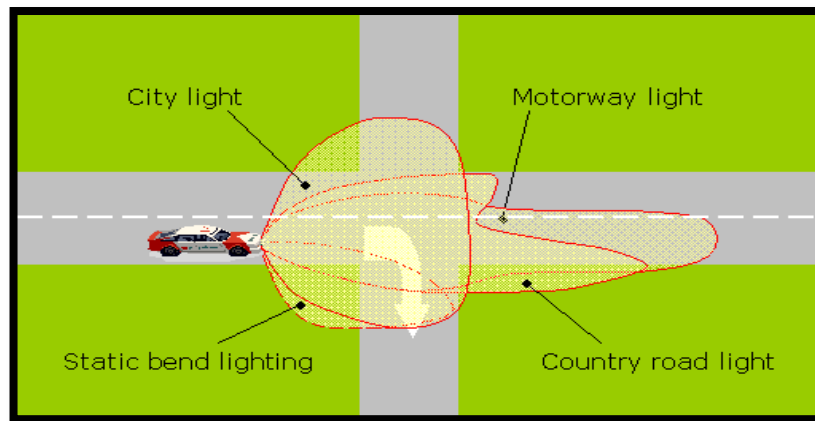
Fuente: Ensayo de Vehículos.

1.8 Iluminación Inteligente

La iluminación de los vehículos modernos ha ido mejorando continuamente a fin de poder aumentar significativamente la seguridad de circulación así como el confort de marcha; brindando mayor alcance de iluminación, y menor deslumbramiento a los conductores que circulan en sentido contrario. Lo que se busca con los sistemas de iluminación inteligente es la adaptabilidad del alumbrado a todas las condiciones externas al vehículo (de circulación, climáticas y de iluminación) a fin de facilitar su tránsito. Gracias a la incorporación de sensores y módulos electrónicos el conductor posee mejor visibilidad y menor deslumbramiento sin importar el trayecto por donde se circule. Los principales avances que definen la iluminación inteligente se basa en los sistemas de encendido y conmutación automático del sistema de luces, además de

los sistemas de iluminación dinámica o adaptativa que modifican la dirección, forma del haz e intensidad de la luz según las características de circulación. (Denton 2013, Llanos 2011, Ros y Barrera 2011), (Figura 1.44).

Figura 1.44: Patrones de Iluminación Inteligente



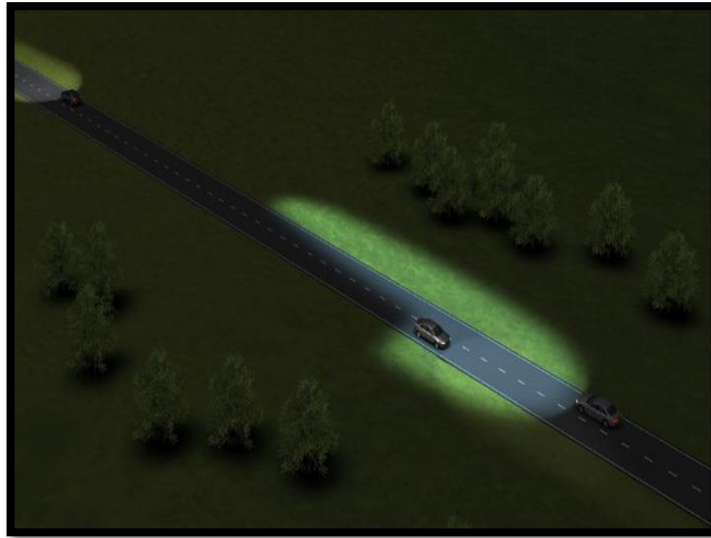
Fuente: Frost & Sullivan.

1.8.1 Sistema Regulación Variable del Alcance Luminoso

Al transitar por vías poco iluminadas es necesario utilizar las luces de carretera, pero ocurre el inconveniente que al tener una variación manual para luces de cruce se provocará un deslumbramiento sobre los conductores que circulan de frente, debido a la demora que existe en el transcurso de cambio de luces. El sistema de regulación variable permite cambiar de luces de carretera a cruce y viceversa de forma automática, evitando de esta manera deslumbrar a los demás conductores que transitan cerca; mantiene el mayor tiempo posible las luces largas permitiendo al conductor tener un mejor campo de visión al circular en la noche.

Al estar un automóvil dentro de la zona de detección del sensor de iluminación, se realiza el cambio automático de luz de carretera a luz de cruce para evitar el deslumbramiento; mientras que al alejarse de la zona de detección el sistema conmuta de nuevo a luz de carretera. El sistema también se activa al pasar por poblaciones, ya que detectara la luz de estas y cambiara a luz de cruce; tiene el inconveniente que no reconoce objetos no iluminados como ciclistas o peatones, por lo que el conductor se debe hacer cargo de estas situaciones (Denton 2013, Llanos 2011, Ros y Barrera 2011), (Figura 1.45).

Figura 1.45: Sistema de regulación variable del alcance luminoso



Fuente: AUDI.

1.8.1.1 Composición del Sistema

- **Sensores de Iluminación:** Son utilizados para captar la intensidad de luz emitida por alguna fuente (vehículos o una población); para luego enviar una señal al microprocesador, el cual realiza la regulación de las luces según las condiciones que se presenten.
- **Sensor de Inclinación:** Permite determinar la inclinación a la que se haya el vehículo; este sensor envía una señal al microcontrolador, el mismo que adecua la proyección luminosa de forma correcta sobre la calzada.
- **Sensor de Velocidad:** Emite una señal cuantificada al microcontrolador de las revoluciones a las que se encuentra el vehículo, para poder hacer las correcciones de cambio de luces según los parámetros configurados.
- **Procesador:** Determina la existencia de otro vehículo o de una fuente de luz en función de la información proporcionada por los sensores.
- **Unidad de Control:** Toma decisiones acerca de cuándo es posible circular con la iluminación de carretera activada, esta unidad de control es la

encargada de activar el cambio de tipo de alumbrado de carretera a cruce o viceversa. (Ros y Barrera 2011).

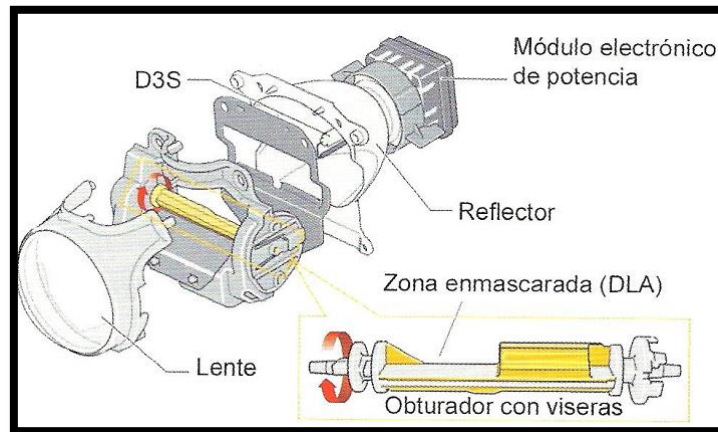
1.8.1.2 Asistente de Luces Inteligentes

Este sistema de iluminación varía la intensidad luminosa un 60% más según el tipo de carretera por la que se transite. Existen dos sistemas de regulación:

- **Variando la Potencia del Bixenón (ILS o AFL^{PLUS}):** Este sistema modifica la potencia de los faros bixenón según de la velocidad, consta de cinco funciones para ofrecer la mejor iluminación posible en cada situación del vehículo: cruce-carretera, curvas, carretera, autopista y niebla. Las luces de cruce poseen un alcance de visión de 10 metros más. En las luces de carretera al activarse el obturador del xenón y si el automóvil llega a los 90 Km/h se incrementa la intensidad de las lámparas de 28 a 35 vatios. Si se continúa acelerando hasta pasar los 110 Km/h la lámpara izquierda aumenta su potencia a 38 W y varía la altura del proyector hasta 10°, obteniendo un haz lumínico de 120 metros por delante del vehículo. Según las condiciones que se presenten, la proyección luminosa puede llegar hasta los 300 metros; la distancia mínima de iluminación de las luces de carretera son los 65 metros, en curvas o a velocidad moderada. Las lámparas que se usan son las D3S o D4S, y al transitar con niebla el sistema trabaja sincronizando las luces de antiniebla del parachoques con las del bixenón, las mismas que la unidad de control habrá bajado la altura hasta 8° y las dirigirá hacia el exterior, funciona entre los 70 a 100 Km/h.(Ros y Barrera 2011).
- **Variando la Salida de la Luz (DLA):** Este sistema consta de un motor eléctrico que mueve un obturador giratorio, el mismo que tiene cuatro perfiles de la pantalla, con lo que la luz de carretera está continuamente enmascarada y se opera en la visera del obturador para modificar los rangos de iluminación según la velocidad del vehículo. Este sistema se activa a partir de los 60 Km/h y se conserva activo en caso de desaceleración hasta una velocidad de 55 Km/h. Se emplean para las siguientes situaciones: Luz de cruce, luz de

autopista, luz de ciudad y modo para viaje. (Ros y Barrera 2011), (Figura 1.46).

Figura 1.46: Componentes del sistema (VW PASSAT)



Fuente: Ros Marín.

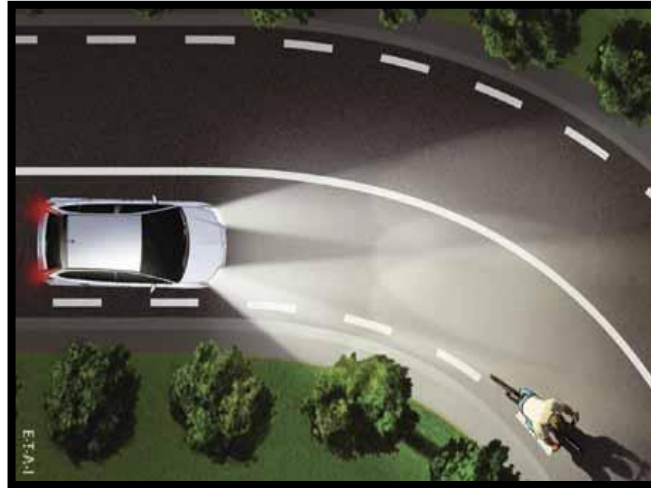
1.8.2 Sistema de Luz de Curva Dinámica

Durante el tránsito en carretera al conductor del vehículo debe realizar un mayor esfuerzo para visualizar los obstáculos del trayecto, especialmente en las curvas muy estrechas o de ángulo elevado, en los cruces y durante una maniobra de adelantamiento. Por lo que la utilización de un sistema de iluminación de viraje permite duplicar la visión en éste tipo de situaciones, mejorar la seguridad vial, al adaptar la orientación de la óptica a la trayectoria del vehículo. El sistema fue utilizado en primera instancia por Citroën en 1950; pero la primera homologación fue posible por Hella que situó directamente sobre el faro un motor eléctrico que gira horizontalmente cuando las luces de cruce están en marcha en concordancia con la dirección. (Llanos 2011, Ros y Barrera 2011).

“Este tipo de sistema, al funcionar, provoca el movimiento del proyector en concordancia con el giro del volante cuando la luz de cruce como mínimo está en funcionamiento. El ángulo máximo de giro de la óptica es de 15 a 20 grados, y el sistema funciona con curvas de 200 metros como máximo de radio. Gracias a este sistema el aumento de visión en curva es el doble, por lo que el conductor del

vehículo puede reconocer a tiempo el trazado de la curva correspondiente y puede ajustar su conducción a las condiciones de la carretera”³ (Figura 1.47).

Figura 1.47: Iluminación Dinámica de Curvas

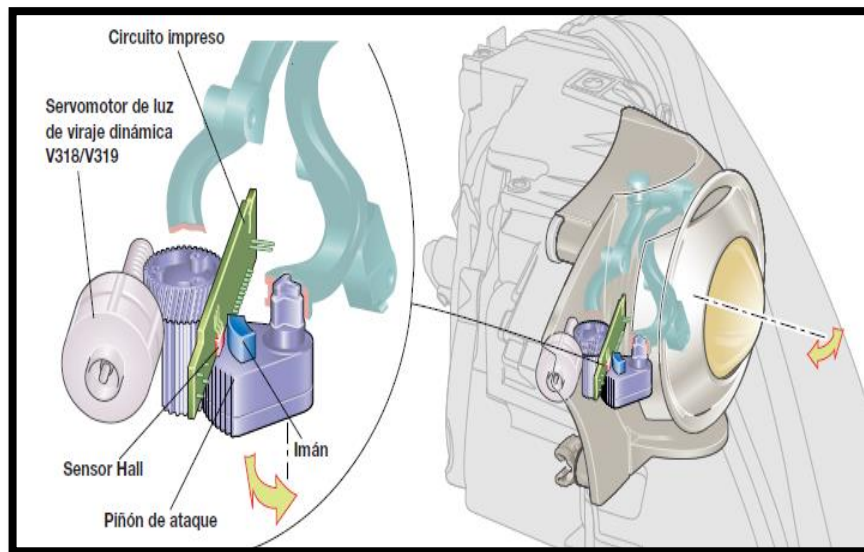


Fuente: Terra Argentina.

La luz de curva dinámica tiene la particularidad de ajustar la velocidad de movimiento del motor eléctrico para que a velocidades altas los faros sigan más rápidamente la trayectoria de la curva y a velocidades lentas a una velocidad menor, repartiendo el haz de luz según las necesidades de la marcha. El sistema funciona con una unidad de control que activa las luces según los parámetros de velocidad y radio del viraje; se atenúa paulatinamente de forma que no produzca cambios de luminosidad bruscos en nuestra visión. Cuando uno de los motores falla, su semejante también se detiene por estar conectados en paralelo al mismo sistema.

Se utilizan para el control de los faros motores paso a paso, que mediante multiplexado se recibe la información de la velocidad del vehículo, de la posición del conmutador de luces y del ángulo de giro del volante. Si los parámetros son los adecuados para el movimiento, se necesita saber la posición del motor eléctrico para indicar al módulo de control la polaridad que debe aplicar al mismo y girar hacia la derecha o izquierda, por lo que se usa un sensor Hall. (Ros y Barrera 2011). (Figura 1.48).

³Ros Marín, Joan Antoni y Barrera Doblado, Oscar, (2011). *Sistemas eléctricos y de seguridad y confortabilidad*. Editorial Paraninfo. España. Página 159

Figura 1.48: Control del Sistema Dinámico de Curvas

Fuente: SEAT Service.

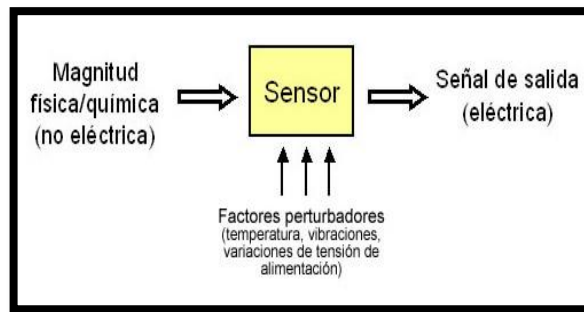
1.9 Control Electrónico de la Iluminación

La automatización del sistema de luces está basada principalmente en el avance y aplicación de la electrónica en dichos sistemas. Así mediante la información obtenida por sensores de magnitudes físicas y químicas, su procesamiento y finalmente comando y control de actuadores se permite automatizar muchas maniobras y asistencias en la conducción que de otro modo ha de realizar el conductor. (Ros y Barrera 2011).

1.9.1 Sensores

Los sensores de un vehículo son los encargados de captar las magnitudes físicas (velocidad, temperatura, inclinación, revoluciones, iluminación, posición, etc.) y las magnitudes químicas (gases de escape, cantidad de oxígeno, etc.) y transformar en magnitudes eléctricas (amplitudes de corriente y tensión, la frecuencia, el periodo, la fase o asimismo la duración de impulso de una oscilación eléctrica) que pueden ser manejada por una unidad de control electrónico. (Denton 2013, Domingo et al 2003), (Figura 1.49).

Figura 1.49: Sensores



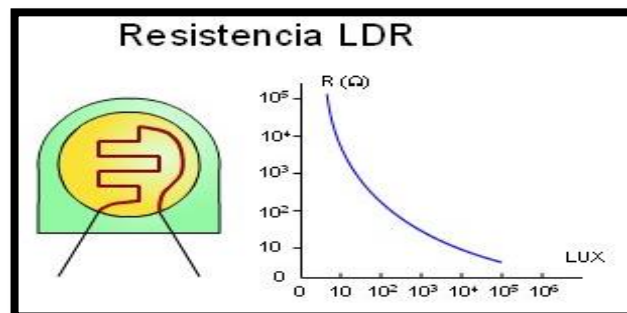
Fuente: Aficionados a la Mecánica.

1.9.1.1 Sensor de Iluminación

Un sensor de luz es un dispositivo electrónico que responde al cambio en la intensidad de la luz o iluminancia. Se usan para detectar el nivel de luz y producir una señal de salida representativa respecto a la cantidad de luz detectada. Un sensor de iluminación incluye un transductor fotoeléctrico que convierte la luz en una señal eléctrica y puede incluir dispositivos para condicionamiento, compensación y formateo de la señal de salida.

El sensor de luz más común es el LDR (Light Dependant Resistor) o fotoresistor que es básicamente un resistor que cambia su resistencia cuando cambia la intensidad de la luz. La grafica de la resistencia en función de la iluminación de este sensor se la puede ver a continuación. Las escalas presentadas se manejan de manera exponencial en función de la cantidad de luz percibida por el LDR (Denton 2013, Serna et al 2010), (Figura 1.50).

Figura 1.50: Sensor de Iluminación

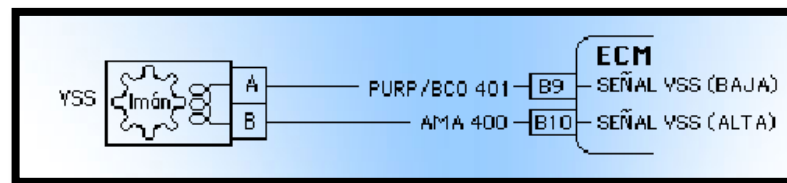


Fuente: PortalESO.

1.9.1.2 Sensor de Imán Permanente

Está basado en un captador magnético de imán giratorio que genera una onda senoidal de corriente alterna directamente proporcional a la velocidad del vehículo. Así, al aumentar la velocidad del automotor aumenta la amplitud y la frecuencia de la onda para informar al módulo de la velocidad a la que se transita (Domingo et al 2003, Serna et al 2010), (Figura 1.51).

Figura 1.51: Sensor de Velocidad de Imán Giratorio



Fuente: Automecánico.

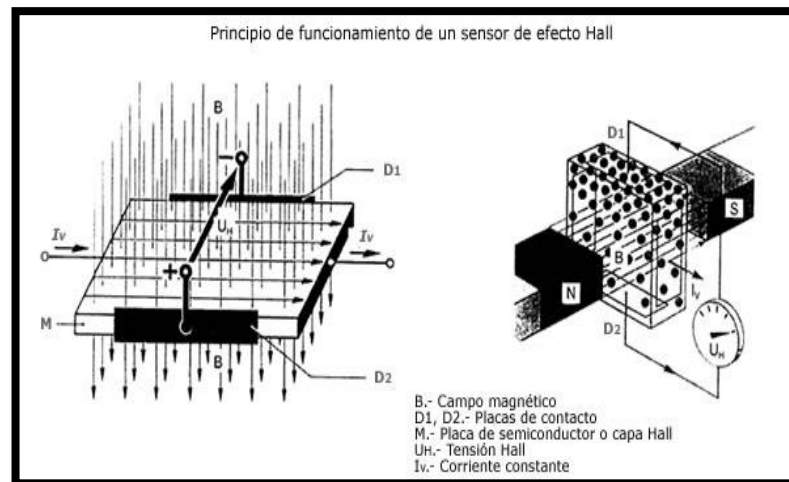
1.9.1.3 Sensor de Efecto Hall

“El efecto de Hall depende de la cantidad de corriente en un conductor eléctrico. La corriente consiste en partículas con carga eléctrica (típicamente electrones) que son sujetas a una fuerza (Fuerza de Lorentz) en la presencia de un campo magnético. Cuando la fuerza del campo magnético perpendicular no existe tampoco existe fuerza de Lorentz y por lo tanto la corriente sigue un trayecto lineal. Cuando hay fuerza en el campo magnético la distribución de la carga eléctrica en la corriente se vuelve asimétrica generando un diferencial de voltaje. Con el efecto de Hall se determina si hay cargas positivas que van en una dirección y si las negativas se mueven en dirección opuesta. Esto quiere decir que sensores basados en el principio de Hall se utilizan para medir campos magnéticos.”⁴

Así permite la medición de velocidades relativamente bajas (Incluso velocidades de cero) y que mantiene el voltaje de salida independientemente de la velocidad del vehículo. Si a través de un material se hace circular corriente eléctrica a través de un campo magnético perpendicular a éste (Figura 1.52).

⁴ Sensor de Hall. Magnivent.org. http://www.maginvent.org/articles/sensorarht/Sensor_Hall.html

Figura 1.52: Sensor de Efecto Hall

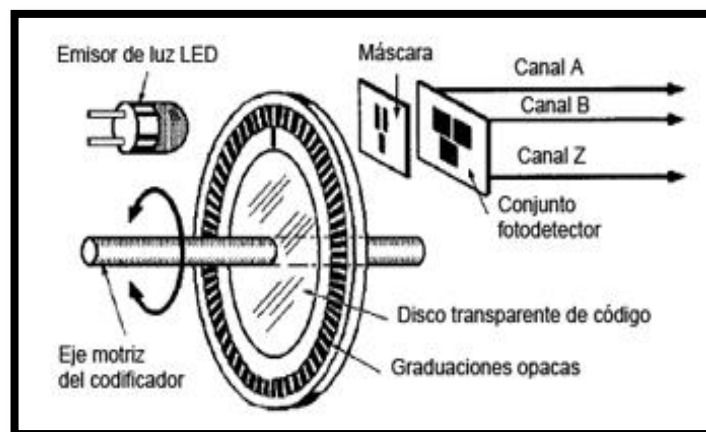


Fuente: Automecánico.

1.9.1.4 Sensores Ópticos o Encoders

En ciertos casos se utiliza el sensor óptico que proporciona la posición rotacional con un sensor simple. Consiste en una foto transistor como detector y un diodo LED como fuente. Así cuando el haz luminoso es captado por el foto transistor, permite el paso de la corriente del emisor al receptor y cuando el haz es interrumpido se corta el paso de la corriente; y se obtiene una señal cuadrada con frecuencia proporcional a la velocidad (Domingo et al 2003, Serna et al 2010), (Figura 1.53).

Figura 1.53: Sensor de Velocidad de Imán Giratorio



Fuente: Automecánico.

1.9.1.5 Sensores Resistivos o Potenciómetros

Un potenciómetro es un resistor cuyo valor de resistencia es variable gracias a que posee un contacto móvil deslizante. La resistencia entre dicho contacto móvil y uno de los terminales es proporcional al recorrido del cursor. De esta manera, indirectamente, se puede controlar la intensidad de corriente que fluye por un circuito si se conecta en paralelo, o la diferencia de potencial al conectarlo en serie. Los modelos disponibles comercialmente admiten movimientos lineales y circulares (una vuelta o más en los helicoidales).

Los potenciómetros electrolíticos permiten actuar como sensor de inclinación y consisten en un tubo de vidrio curvado y cerrado herméticamente, que tiene en su interior un fluido conductor (electrolito). Cuando el tubo está nivelado, la tensión en el electrodo de control es la mitad de la tensión aplicada, es decir 0V, pero cuando el tubo se inclina, cambia la posición de la burbuja, y con ella la resistencia eléctrica.

En los potenciómetros multivuelta el cursor va unido a un tornillo desmultiplicador de modo que para completar el recorrido necesita varias vueltas de la perilla de control. Es muy utilizado en los sensores de giro del volante. (Denton 2013, Domingo et al 2003, Serna et al 2010), (Figura 1.54).

Figura 1.54: Potenciómetro multivuelta



Fuente: Construya su videorockola.

1.9.2. Microcontroladores

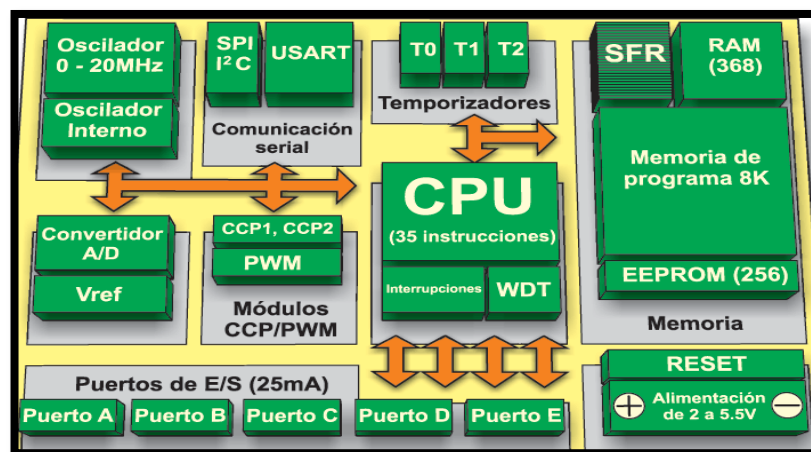
Un microcontrolador es un circuito integrado que está estructurado por los dispositivos de un microcomputador. Sus aplicaciones son ilimitadas y al ser de pequeño tamaño se puede instalar en el mismo dispositivo al que se desee gobernar.

Los microcontroladores más avanzados están constituidos de convertidores análogo digital, contadores, temporizadores y un sistema para la comunicación en serie y en paralelo. (Valdés y Pallás 2007), (Figura 1.55).

Los microcontroladores constan de los siguientes componentes:

- Unidad central de proceso.
- Memoria RAM.
- Memoria ROM/PROM/EPROM.
- Líneas de entrada y salida.
- Módulos para el control de periféricos.
- Generador de impulsos de reloj para sincronizar el funcionamiento del sistema.

Figura 1.55: Componentes del microcontrolador



Fuente: MikroElektronika.

1.9.2.1 Memorias

Una unidad de memoria es un banco de celdas que almacena información binaria en grupos denominados palabras, estas palabras se recopilan en un registro de memoria. Una palabra de memoria puede significar una instrucción, un conjunto de caracteres alfanuméricos o una información codificada binariamente. (Valdés y Pallás 2007).

1.9.2.2 Control

Es un programa informático que se encarga de cómo debe controlar y comunicar al sistema operativo con los dispositivos periféricos, realizando una abstracción del hardware y suministrando una interfaz para usarlo. Es una pieza fundamental, ya que sin esta no se podría usar el hardware. (Valdés y Pallás 2007).

1.9.2.3 Entradas y Salidas (E/S)

Las (E/S) sirven para comunicar al computador interno con los dispositivos periféricos exteriores. Estas se destinan principalmente para proporcionar el soporte a las señales de entrada, salida y control. (Valdés y Pallás 2007).

1.9.2.4 Unidad Central de Proceso

La (U.C.P) es el componente más importante del microcontrolador ya que puede considerarse como el cerebro del mismo; es un dispositivo lógico que se encarga de descifrar las instrucciones que contienen los programas en el ordenador, además se ocupa del control y procesamiento de los datos generados. (Denton 2013, Valdés y Pallás 2007).

1.9.3 Actuadores

Existen muchas formas de proveer control sobre las variables del vehículo. En términos generales los actuadores son utilizados para describir a los mecanismos de control. Por lo que podemos definir a un actuador como un dispositivo electromecánico, que convierte señales eléctricas en movimiento mecánico para mover o controlar mecanismos o sistemas. (Denton 2013).

1.9.3.1 Solenoide

Un solenoide es un dispositivo físico capaz de crear un campo magnético sumamente uniforme e intenso en su interior, y muy débil en el exterior. Una aproximación real a un solenoide es un alambre aislado enrollado en forma de hélice llamado bobina. Se

utiliza en gran medida para generar un campo magnético uniforme y así poder desplazar a un núcleo o vástago y generar movimiento mecánico. (Denton 2013).

1.9.3.2 Motor de Pasos

Cuando se tiene mecanismos que requieren de movimientos de elevado grado de exactitud, es necesario recurrir a la utilización de motores con movimientos muy cortos y precisos; llamados también motores de pasos. La principal característica de estos motores es el hecho de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique. Este paso puede variar desde 90° hasta pequeños movimientos de tan solo 1.8; para el primer caso se necesitarían de 4 pasos para completar una vuelta y tanto que para el segundo se necesitarían de 200 pasos.

Estos motores tienen la habilidad de permanecer retenidos en una posición o bien quedar totalmente libres. Si una o más de sus bobinas están energizadas, el motor estará enclavado en la posición correspondiente y por el contrario quedará completamente libre si no circula corriente por ninguna de sus bobinas. La frecuencia de los pasos (número de pasos por segundo) puede ser de hasta varias decenas de miles por segundo y la velocidad de giro puede alcanzar las 1000 R.P.M. (Domingo et al 2003).

Principio de Funcionamiento

Los motores están constituidos por un rotor sobre el que van aplicados distintos imanes permanentes y por un cierto número de bobinas excitadoras bobinadas en su estator. El devanado estático de un motor de pasos puede constar de 4 fases o ramas. Dichas fases se alimentan con corriente continua una tras otra, a través de un conmutador, de modo que cada vez los polos del estator giren precisamente el valor del ángulo de paso; por lo que es necesario para su funcionamiento de un interruptor de mando electrónico o mecánico. Por tanto un motor paso a paso transforma impulsos eléctricos en movimientos de giro controlados, que puede girar en sentido, ángulo y vueltas que sean necesarias. (Domingo et al 2003).

1.9.3.2.1 Clasificación de los Motores de Pasos

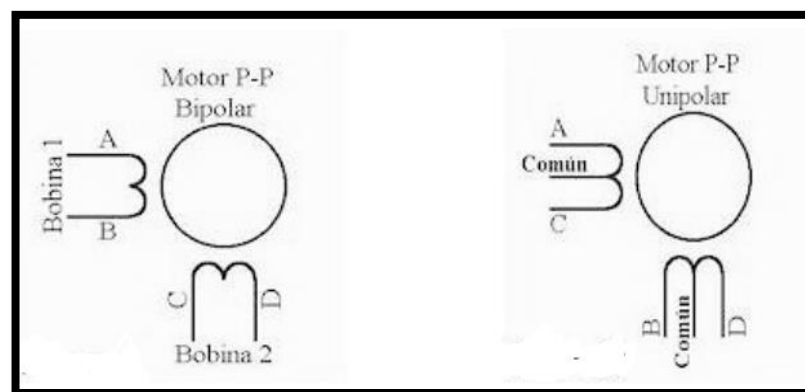
1.9.3.2.1.1 Motor de Paso Unipolar

Estos motores suelen tener 6 o 5 cables de salida, dependiendo de su conexión interna. Este tipo se caracteriza por su sencillo método de control. Las entradas de activación (Activa A, B, C y D) pueden ser directamente activadas por un microcontrolador. (Domingo et al 2003).

1.9.3.2.1.2 Motor de Paso Bipolar

Estos motores suelen tener cuatro cables de salida. Debido a que requieren del cambio de dirección del flujo de corriente a través de las bobinas en la secuencia apropiada para realizar un movimiento, es necesario utilizar una secuencia de control especial. En general es recomendable el uso de H-Bridge integrados como son los casos del L293B (Figura 1.56).

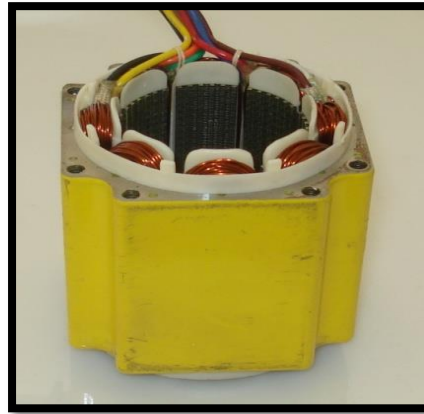
Figura 1.56: Motor Paso a Paso: Unipolar y Bipolar



Fuente: DIYMakers.

1.9.3.2.2 Partes de un Motor de Pasos

- El estator es la parte fija del motor y está construida a base de cavidades en las que se alojan las bobinas que excitadas convenientemente formarán los polos norte-sur de forma que se cree un campo magnético giratorio (Figura 1.57).

Figura 1.57: Estator

Fuente: FabricaTuPropioRouterCNC.

- El rotor es la parte móvil del motor y está construida mediante un imán permanente, con el mismo número de pares de polos, que el contenido en una sección de la bobina del estator; este conjunto va montado sobre un eje soportado por dos cojinetes que le permiten girar libremente. (Domingo et al 2003).

1.9.3.3 Servomotor

Un servomotor es un tipo especial de motor, ya que se puede controlar la velocidad de trabajo y a su vez la ubicación dentro de un rango de operación para realizar la actividad deseada, a través de una señal electrónica codificada. Este tipo de motores giran en pequeños pasos en sentido horario y antihorario mediante un campo limitado de movimiento. En la actualidad se usan servomotores de corriente alterna, este tipo de motores permite trabajar con voltajes más altos; lo que permite ser implementados en máquinas al momento de desempeñar un proceso deseado.

Funcionamiento

Estos motores se comunican mediante señales pulsatorias moduladas en amplitud, a través de un circuito de control que establece el ángulo de posición del eje del motor; estos pulsos están formados por una señal digital que se crea aproximadamente cada 20 milisegundos, los mismos que determinan el giro del motor. La velocidad del motor y la dirección del movimiento se controlan mediante servo-pulsos los cuales

generan un movimiento mecánico para hacer funcionar un dispositivo (Figura 1.58). (Domingo et al 2003).

Figura 1.58: Servomotor.



Fuente: MLStatic.

1.10 Mecanismos de Transmisión de Movimiento

1.10.1 Mecanismos

Son dispositivos que se encargan de convertir el movimiento producido por un elemento motriz en un movimiento deseado en la salida.

Los mecanismos de transmisión pueden ser agrupados en dos grupos:

1. Mecanismos de transmisión circular: El elemento conductor y el elemento conducido tienen movimiento circular.
2. Mecanismos de transmisión lineal: El elemento conducido y el elemento conductor tienen movimiento lineal.

A continuación se describirán los mecanismos que pueden servir para la regulación de los faros.

1.10.1.1 Engranajes Cónicos

Se emplean para la transmisión de fuerza y movimiento giratorio entre dos ejes inclinados o ejes que se cortan. El paso depende de la sección considerada, por lo que

deben engranar con ruedas de características semejantes. Se construyen a partir de un tronco de cono, los dientes son elaborados por fresado de la superficie exterior. Los dientes pueden ser rectos, helicoidales o curvos. (Budynas y Nisbett 2012, Mott 2006), (Figura 1.59).

Figura 1.59: Engranajes cónicos



Fuente: Direct Industry.

a) Engranajes Cónicos de Dientes Rectos

Generan el movimiento de ejes que se cortan en un mismo plano, son utilizados como reductores de velocidad con ejes dispuestos a 90° . Se utilizan para velocidades en línea de paso de hasta (5 m/s), el nivel de ruido es alto.

b) Engranaje Cónico Helicoidal

Se emplean para reducir la velocidad en un eje de 90° . Posee una mayor superficie de contacto en relación a los engranajes cónicos de diente recto. Este sistema es relativamente silencioso.

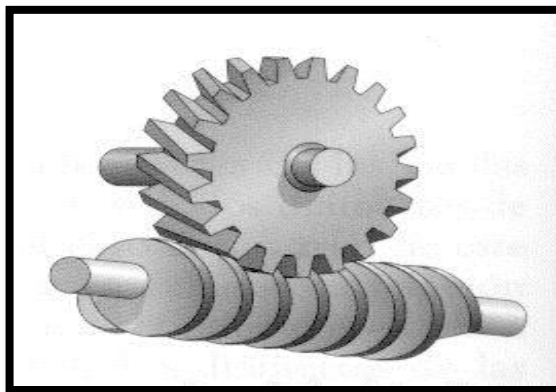
c) Engranaje Cónico Hipoide

Es un conjunto de engranajes cónicos helicoidales constituidos por un piñón reductor con pocos dientes y una rueda con varios dientes. La disposición de estos engranes permiten tener un mejor contacto entre los dientes del piñón y los de la rueda. (Budynas y Nisbett 2012, Mott 2006).

1.10.1.2 Engranaje y Tornillo Sinfín

En comparación con otros sistemas de engranajes, el acoplamiento tornillo sin fin engrane tiene una eficiencia mecánica mucho menor. Este mecanismo está diseñado para transmitir grandes esfuerzos, también son usados como reductores de velocidad ya que aumentan la potencia de transmisión. Son empleados para trabajar en ejes que se cortan a 90°; sus principales inconvenientes son el de no ser reversible el sentido de giro ya que únicamente es posible transmitir potencia del eje del sinfín al eje de la rueda y no en sentido contrario, especialmente en elevadas relaciones de transmisión y la otra desventaja es el rozamiento que existe entre las superficies de contacto ya que se pierde una parte importante de la potencia; para reducir el rozamiento se suele construir la corona de bronce y el tornillo sin fin de acero templado. En este mecanismo para que la rueda dentada dé una vuelta, el tornillo deberá dar tantas vueltas como dientes tenga la rueda. La velocidad a la que giren ambos ejes va a depender del número de dientes que tenga la rueda, así como del número de entradas que tenga el tornillo sinfín. (Budynas y Nisbett 2012, Mott 2006), (Figura 1.60).

Figura 1.60: Engranaje y Tornillo sinfín.



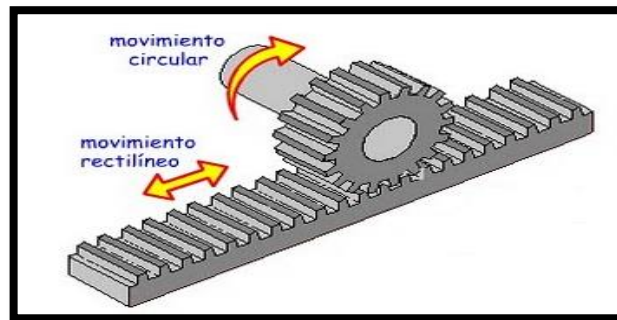
Fuente: Tecnoquendas.

1.10.1.3 Piñón y Cremallera

Se emplea para transformar el movimiento giratorio ejercido por el piñón en uno lineal continuo de la cremallera. Este sistema es completamente reversible ya que tanto el piñón o la cremallera pueden ser el elemento conductor; para el perfecto acoplamiento y funcionamiento del mecanismo los dientes del piñón y de la

cremallera deben tener el mismo paso. La relación entre la velocidad de giro del piñón y la velocidad lineal de la cremallera depende de dos factores, los cuales son: el número de dientes que tiene el piñón y el número de dientes por centímetro de la cremallera. (Budynas y Nisbett 2012, Mott 2006), (Figura 1.61).

Figura 1.61: Piñón - Cremallera



Fuente: La Electricidad Weblog.

1.11 Esfuerzos en los Componentes.

1.11.1 Esfuerzos y Fallos de los Mecanismos de Transmisión de Movimiento

Los esfuerzos a los que están sometidos los dientes de los mecanismos son a fallas de fractura por fatiga debido a los esfuerzos fluctuantes a flexión en la raíz del diente y a fatiga superficial debido al desgaste que se genera entre dientes. La picadura es la forma de fallo más común, después se produce la falla por descascarado que es la pérdida de grandes pedazos de superficie.

1.11.1.1 Fractura por Fatiga

Existirá falla por flexión cuando el esfuerzo del diente sea igual o exceda la resistencia a la fluencia o al límite de resistencia a la fatiga.

1.11.1.2 Fatiga Superficial

Los factores que intervienen en el desgaste de los engranes son el deslizamiento, el rodamiento o una combinación de estos dos. Se pueden dar los siguientes tipos de fallos por desgaste superficial del diente:

- a) **Fallo por Adhesión.-** Se genera cuando quedan pequeñas limallas o asperezas entre dos superficies que se encuentran en contacto, ya que estas se adhieren en ambos materiales al momento de ejercer una carga sobre estos; lo que puede ocasionar rayones en la superficie de ambas piezas.
- b) **Falla por Abrasión.-** Es el deterioro que existe entre las superficies en contacto debido a que suelen presentarse los siguientes montajes:
- Al estar en contacto un material áspero y duro sobre uno blando.
 - Al haber la existencia de partículas duras entre dos superficies en contacto.
- c) **Fallo por Corrosión.-** Se genera debido a la reacción del metal con el oxígeno del aire o del agua. Un metal que está sometido a un entorno corrosivo y a deslizamiento incrementará su deterioro superficial. (Budynas y Nisbett 2012, Mott 2006).

CAPITULO II

SISTEMA DE REGULACIÓN VARIABLE DEL ALCANCE LUMINOSO

2.1 Introducción

En la actualidad, los sistemas de iluminación presentan grandes variaciones dado las condiciones a las que se expone durante la marcha del vehículo; tratando de mejorar las condiciones de visibilidad para el conductor y sin generar un efecto de encandilamiento para los conductores que circulan cercanos al automotor. Las ópticas de los faros no están exentas de los esfuerzos dinámicos y estáticos, por lo que sin importar la disposición debe permitirse que el haz sea regulado en altura de manera que evite deslumbrar a los demás conductores. Para evitar esta disfunción en el faro se ubica un conmutador eléctrico que regula el alcance de incidencia del haz luminoso, corrigiendo los desfases de iluminación debidos a los movimientos de la carga dinámica (aceleraciones, frenadas, carga del vehículo) y a la cantidad de luz emitida por las fuentes lumínicas cercanas; captados por sensores y comandado por una unidad de control. (Ros y Barrera 2011).

En el siguiente capítulo se brinda todo el proceso de desarrollo del sistema automático de regulación del alcance luminoso y la implementación en el vehículo Suzuki Forsa I.

2.2 Proceso de Ejecución

- Interpretación del sistema de alumbrado original del vehículo.
- Reemplazo de los faros convencionales por faros de lupa.
- Modificación de la camisa, manteniendo la estética y líneas originales del vehículo.
- Montaje de los faros en el automóvil.
- Selección de sensores y actuadores a emplearse en el automóvil.
- Selección del microcontrolador a utilizarse en el sistema.
- Diseño de los módulos de procesamiento, control y potencia.

- Instalación de los conductores para faros, módulos, sensores y actuadores en el automóvil.
- Montaje de los sensores y actuadores en el vehículo.
- Ubicación del visualizador y botonera en la cabina del vehículo.
- Generar los diagramas de los sistemas eléctricos empleados para su posterior mantenimiento y/o reparación.

2.3 Parámetros Determinantes

Los parámetros a tomar en cuenta para la regulación del alcance luminoso son todos los fenómenos físicos del entorno que intervienen directamente y de los cuales depende el desempeño y funcionamiento del sistema de iluminación. A continuación se da a conocer las siguientes variables consideradas.

- Iluminación del Entorno.
- Dirección del Volante.
- Temperatura Exterior.
- Humedad del Ambiente.
- Iluminación del Vehículo Opuesto.

2.3.1 Iluminación del Entorno

La iluminación circundante al automotor determina las condiciones de activación y desactivación del sistema cuando éste se encuentre transitando por vías rurales, zonas pobladas y túneles. La condición de iluminación es la que permite conmutar entre luces de cruce y carretera respectivamente por lo que tiene la mayor jerarquía de comando.

2.3.2 Dirección del Volante

La dirección que lleva el volante es importante porque permite anticipar la conmutación del circuito antes de entrar a una curva; de modo que si se encuentra con otro vehículo en la trayectoria no se produzca el efecto de encandilamiento.

Además es importante para el sistema de luz de curva dinámica que trataremos en el próximo capítulo.

2.3.3 Temperatura Exterior

Es necesario tomar en cuenta este parámetro que junto con el sensor de humedad permiten determinar las condiciones de niebla y altitud terrestre que se encuentren en el entorno, de modo que se pueda controlar al sistema con las condiciones óptimas de iluminación.

2.3.4 Humedad del Ambiente

La humedad es un factor muy importante al momento de determinar condiciones adversas como neblina y lluvia como factores circunstanciales al desempeño y funcionamiento del sistema. Como ya se dijo también determina parámetros conjuntamente con la temperatura del entorno.

2.3.5 Iluminación del Vehículo Opuesto

La iluminación de los vehículos que transitan en sentido opuesto determina el parámetro más importante en este circuito durante su funcionamiento; pues con la cantidad de luz emitida por el faro del automotor opuesto se establece la necesidad del cambio de luces según éste y los demás parámetros influyentes.

2.4 Elección de Elementos Electrónicos

Para iniciar con la implementación del sistema de regulación variable del alcance luminoso en el vehículo, primeramente se procederá a conocer los distintos elementos y componentes electrónicos disponibles en nuestro medio, la elección de estos se regirán primordialmente a las características de utilización, funcionamiento y economía. En el Sistema de Regulación Variable del Alcance Luminoso se utilizaran los siguientes componentes:

- Sensores.
- Unidad de Control.
- Actuadores.
- Placa con Tecnología de Montaje Superficial.

2.4.1 Sensores

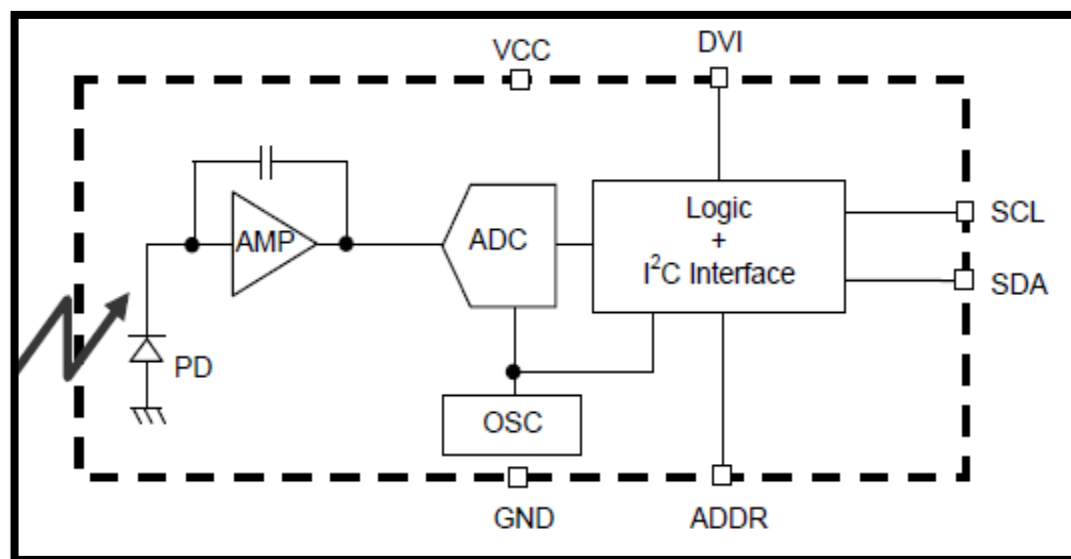
Para la implementación de este sistema se utilizaran los siguientes sensores:

- Sensor de Iluminación del Ambiente IC - (BH1750FVI).
- Sensor de Humedad DHT11.
- Sensor de Temperatura DHT11.
- Sensor de lluvia Modelo 7039.

2.4.1.1 Sensor de Iluminación del Ambiente IC - (BH1750FVI)

Este circuito integrado es el más adecuado para captar la luz ambiental, ya que está conformado por fotodiodos, circuito convertidor de corriente-voltaje, convertidor analógico-digital, circuitos lógicos de control, circuitos de interfaz, etc. (Figura 2.1).

Figura 2.1: Diagrama de Bloque del Sensor de Luz.

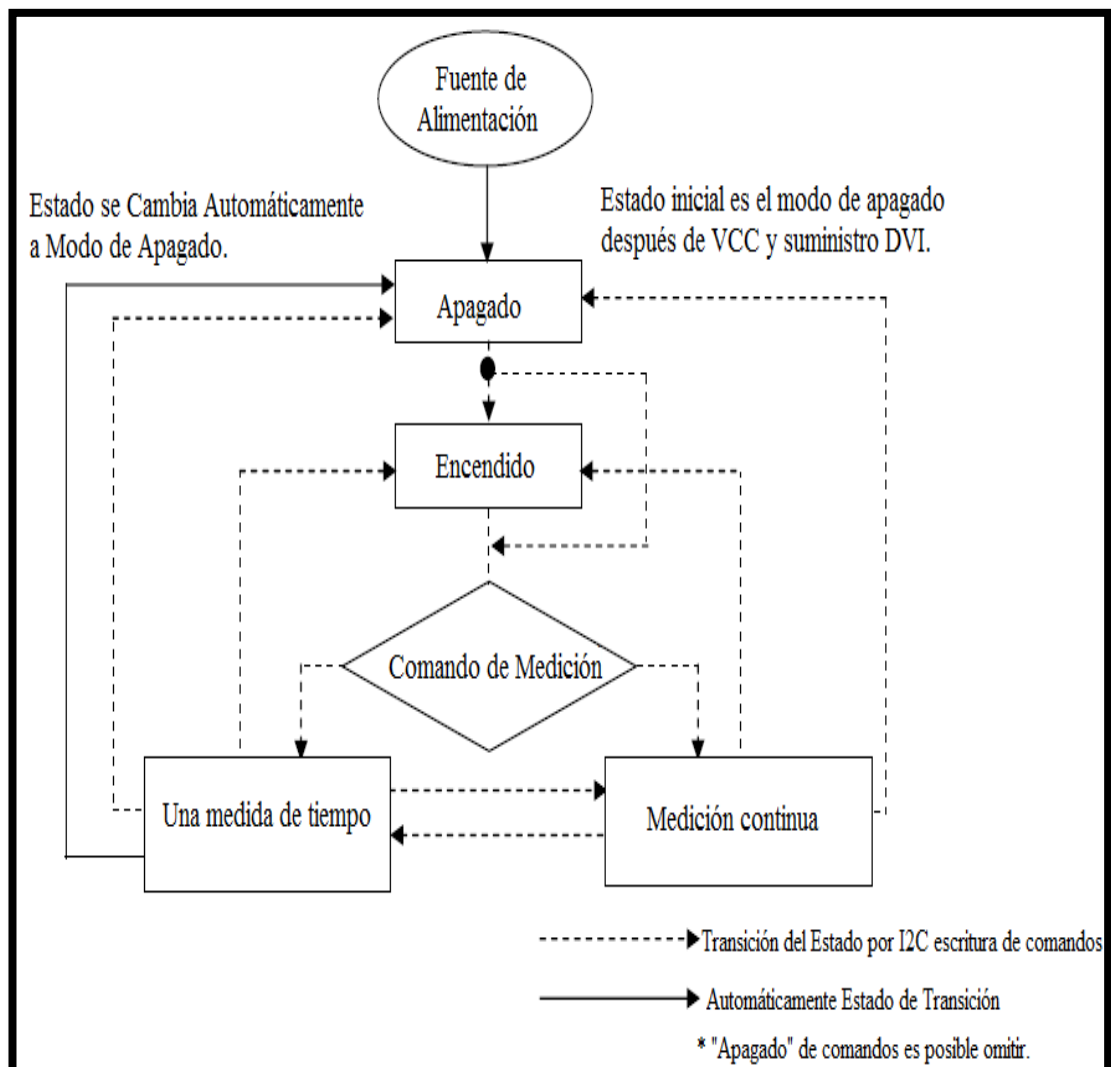


Fuente: Elechouse.

➤ Descripción del Diagrama de Bloque

- **PD:** Fotodiodo, tiene la respuesta del ojo humano aproximadamente.
- **AMP:** Integración-OPAMP para la conversión de corriente a voltaje.
- **ADC:** Convertidor AD de 16 bits para los datos digitales de obtención.
- **Lógica + I2C Interface:** Calcula la luz del ambiente y la interfaz del BUS I2C. Está incluida debajo del registro. (Figura 2.2).
- **OSC:** Oscilador interno (320kHz típico). Este es CLK para la lógica interna.

Figura 2.2: Procedimiento de Medición.



Fuente: Elechouse.

✚ Características

- Sensor digital con salida I2C.
- La responsabilidad espectral es aproximada a la respuesta del ojo humano.
- Tiene un convertidor analógico-digital.
- Amplia gama y alta resolución. (1-65.535 lx)
- No necesita ninguna pieza externa.
- Permite una detección más estable.
- Corresponden a la interfaz lógica 1.8V
- Resultado de la medición ajustable por influencia de ventana óptica, es posible detectar mínimo 0,11 lx y máximo 100.000 lx utilizando esta función.
- Tiene una variación de medición pequeña (+ / - 20%).
- La influencia de infrarrojos es muy pequeña. (Tabla 2.1). (datasheet).

Tabla 2.1: Especificaciones Técnicas.

Tipo de Sensor	ALS digital
Vcc (Mín.) [V]	2,4
Vcc (máx.) [V]	3,6
Tipo de salida	I2C
Iluminancia Rango de medición [lx]	De 0 a 65
Variaciones Sensibilidad [%]	± 20
Temperatura de funcionamiento (Mín.) [° C]	- 40

Fuente: ROHM Semiconductor.

2.4.1.2 Sensor de Humedad y Temperatura DHT11

Se va a utilizar un sensor integrado DHT11 que permite obtener parámetros de humedad relativa y temperatura con un rango muy efectivo de resultados. Se utiliza un sensor de humedad capacitivo y un termistor para medir el aire circundante, y transmite una señal digital a través del pin de datos. Es bastante simple de usar, pero requiere sincronización cuidadosa para tomar la información (Figura 2.3).

Figura 2.3: Sensor de Temperatura y Humedad DHT11



Fuente: Taller Arduino.

Este sensor es caracterizado por tener la señal digital calibrada que asegura una alta calidad y fiabilidad a lo largo del tiempo, ya que contiene un microcontrolador de 8 bits integrado. Está constituido por dos sensores resistivos (NTC y humedad). Tiene una excelente calidad y una respuesta rápida en las medidas. Puede medir la humedad entre el rango 20% – aprox. 95% y la temperatura entre el rango 0°C – 50°C.

Cada sensor DHT11 está estrictamente calibrado en laboratorio, presentando una extrema precisión en la calibración. Los coeficientes de calibración se almacenan como programas en la memoria OTP, que son empleados por el proceso de detección de señal interna del sensor.

El protocolo de comunicación es a través de un único hilo (protocolo 1-wire), por lo tanto hace que la integración de este sensor en nuestros proyectos sea rápida y sencilla. Además presenta un tamaño reducido, un bajo consumo y la capacidad de transmitir la señal hasta 20 metros de distancia (Tabla 2.2). (datasheet).

Tabla 2.2: Características del sensor DHT11

Modelo	DHT11
Tensión de la Fuente	3-5.5 V
Señal de Salida	Señal digital via single-bus
Compuesto del Sensor	Resistor de polimero
Rango de Medición	Humedad: 20-90% RH Temperatura: 0-50 Celcius
Rango de Precisión	Humedad: +-4% RH (MAX +-5% RH); Temperatura: +- 2.0 Celsius

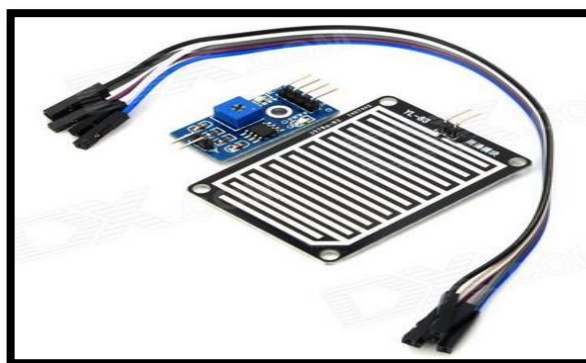
Resolución o sensibilidad	Humedad: 1% RH; Temperatura: 0.1 Celsius
Repetibilidad	Humedad: +-1% RH; Temperatura: +-1 Celsius
Hysteresis de Humedad	+ - 1% RH
Estabilidad a Largo Plazo	+ - 0.5% RH anual
Periodo del Trabajo	Estimado: 2 segundos
Intercambiabilidad	Completamente intercambiable
Dimensiones	Tamaño: 12x15.5x5.5 mm.

Fuente: Taller Arduino.

2.4.1.3 Sensor de lluvia

Para el sistema de luces se implementara un sensor de lluvia modelo 7039 que permita detectar de manera efectiva la presencia de gotas de agua en el transcurso de circulación del automóvil, con el fin de encender automáticamente las luces del vehículo y permitir obtener un mejor campo de visión. Este sensor consta de un potenciómetro para la regulación de la sensibilidad, una sencilla interfaz de tres pines y un indicador led de salida; tiene una capacidad de transmisión de aproximadamente 100mA y trabaja con una fuente de tensión de 5V (Figura 2.4). (Datasheet).

Figura 2.4: Sensor de lluvia.



Fuente: Dealextrreme.

2.4.2 Unidad de Control

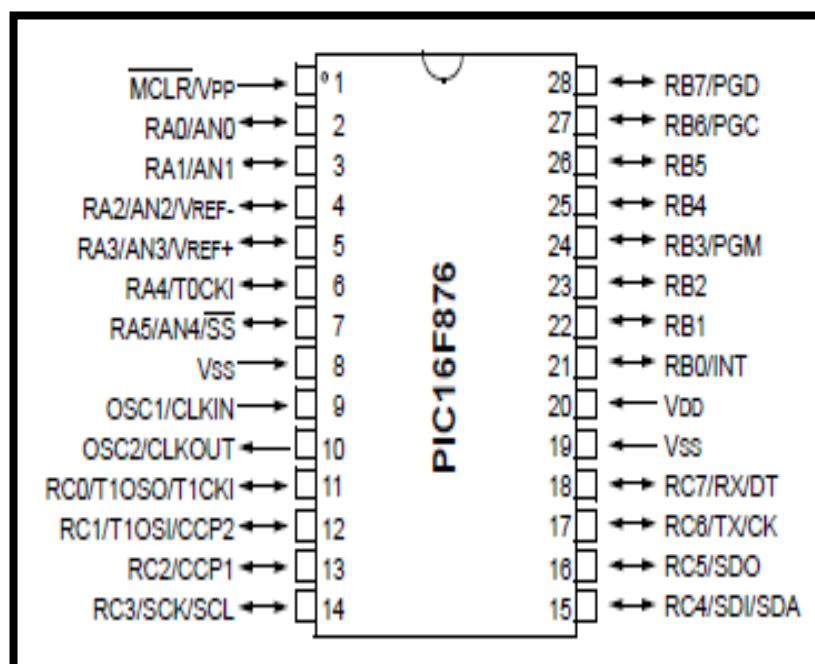
Para la implementación de este sistema se utilizaran los siguientes componentes:

- Microcontrolador PIC16F876.
- Display de Visualización LCD.
- Software de Programación y Diseño Electrónico MICROCODE.
- Componentes Electrónicos Auxiliares.

2.4.2.1 Microcontrolador PIC16F876

El PIC 16F876 es un microcontrolador de 28 pines, el cual tiene una estructura del paquete en línea dual que consiste en dos filas de pines en ambos extremos 14 en el lado izquierdo y 14 en el derecho. Está conformado por tres puertos de entrada y salida (A, B, C); este dispositivo encapsulado tiene hasta 8KB palabras de 14 bits para la memoria de programa tipo FLASH, además brinda una serie de características que permitirán el óptimo funcionamiento del sistema automático de regulación del alumbrado en el vehículo (Figura 2.5). (datasheet).

Figura 2.5: Diagrama del PIC16F876.



Fuente: Microchip Technology. Inc

2.4.2.1.1 Características del PIC16F876

- “Procesador de arquitectura RISC avanzada.
- Juego de solo 35 instrucciones con 14 bits de longitud. Todas ellas se ejecutan en un ciclo de instrucción, menos las de salto que tardan dos.
- Hasta 8K palabras de 14 bits para la Memoria de Programa, tipo FLASH.
- Hasta 368 Bytes de memoria de Datos RAM.
- Hasta 256 Bytes de memoria de Datos EEPROM.
- Pines de salida compatibles para el PIC 16C73/74/76/77.
- Hasta 14 fuentes de interrupción internas y externas.
- Pila de 8 niveles.
- Modos de direccionamiento directo e indirecto.
- Power-on Reset (POP).
- Temporizador Power-on (POP) y Oscilador Temporizador Start-Up.
- Perro Guardián (WDT).
- Código de protección programable.
- Modo SLEEP de bajo consumo.
- Programación serie en circuito con dos pines, solo necesita 5V para programarlo en este modo.
- Voltaje de alimentación comprendido entre 2 y 5,5 V.
- Bajo consumo: < 2 mA valor para 5 V y 4 Mhz 20 μ A para 3V y 32 M <1 μ A en standby.”⁵

2.4.2.1.2 Puertos

El microcontrolador PIC16F876 consta de 28 pines, los cuales se dividen en 3 puertos (A, B, C.). Las líneas de Entrada/Salida se distribuyen de la siguiente manera: 6 del puerto A, 8 del puerto B y 8 del puerto C; además consta de 5 canales de entrada al conversor Analógico/Digital. (Tabla 2.3, 2.4), (Figura 2.6).(datasheet).

⁵ PIC 16F876. http://proton.ucting.udg.mx/tutorial/Manual_PIC16F87X/Manual_PIC16F87X.pdf, pág.1.

Tabla 2.3: Puertos y Pines del Pic16F876.

Puertos	Pines por Puerto	Nombre del Pin	Número de Pin
Puerto A	6	RA0	2
		RA1	3
		RA2	4
		RA3	5
		RA4	6
		RA5	7
Puerto B	8	RB0	21
		RB1	22
		RB2	23
		RB3	24
		RB4	25
		RB5	26
		RB6	27
		RB7	28
Puerto C	8	RC0	11
		RC1	12
		RC2	13
		RC3	14
		RC4	15
		RC5	16
		RC6	17
		RC7	18

Fuente: Microchip Technology. Inc

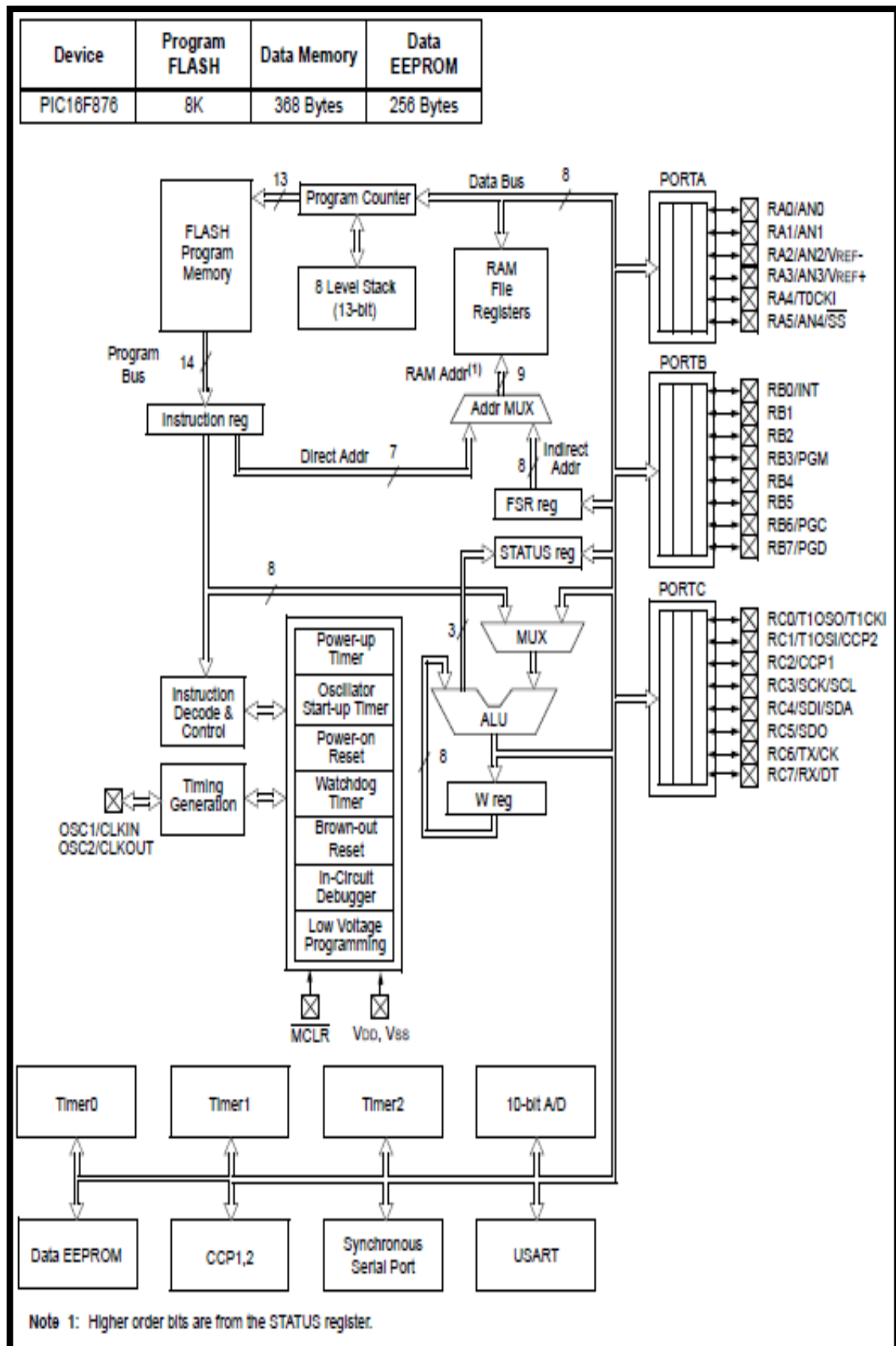
Tabla 2.4: Tabla de Descripción de los Pines del PIC16F876.

N° de Pin	Nombre	Descripción
1	MCLR/VPP/THV	MCLR: Reset externo. VPP: Entrada de tensión de programación.
2	RA0/AN0	RA0: IN/OUT TTL. AN0: Entrada analógica 0.
3	RA1/AN1	RA1: IN/OUT TTL. AN1: Entrada analógica 1.
4	RA2/AN2/VREF-	RA2: IN/OUT TTL. AN2: Entrada analógica 2. VREF-: Entrada tensión referencia baja A/D y comparador.
5	RA3/AN3/VREF+	RA3: IN/OUT TTL. AN3: Entrada analógica 3. VREF+: Entrada tensión referencia alta A/D y comparador.
6	RA4/T0CKI	RA4: IN/OUT ST. T0CKI: Entrada de reloj del timer 0.
7	RA5/AN4/SS	RA5: IN/OUT TTL. AN4: Entrada analógica 4. SS: Entrada selección esclavo SPP (módulo MSSP).
8	VSS	Alimentación negativa o referencia a masa.
9	OSC1/CLKIN	OSC1: Entrada oscilador principal. CLKI: Entrada señal reloj externa.
10	OSC2/CLKOUT	OSC2: Salida oscilador principal. CLKO: Salida de señal de reloj.
11	RC0/T1OSO/T1CKI	RC0: IN/OUT ST.

		T1OSO: Salida del oscilador del Temporizador 1. T1CKI: Entrada de contador de los Temporizadores.
12	RC1/T1OSI/CCP2	RC1: IN/OUT ST. T1OSI: Entrada del oscilador del Temporizador 1. CCP2: Entrada/Salida comparador CCP2 y PWM 2.
13	RC2/CCP1	RC2: IN/OUT ST. CCP1: Entrada/Salida comparador CCP1 y PWM 1.
14	RC3/SCK/SCL	RC3: IN/OUT ST. SCK/SCL: reloj serie síncrono para los modos SPI y I2C.
15	RC4/SDI/SDA	RC4: IN/OUT ST. SDI/SDA: Entrada de datos SPI (modo SPI) o Entrada/Salida (modo I2C).
16	RC5/SDO	RC5: IN /OUT ST. SDO: Salida de datos SPI.
17	RC6/TX/CK	RC6: IN /OUT ST. TX: Salida de transmisión del USART. CK: Línea de reloj del USART.
18	RC7/RX/DT	RC7: IN /OUT ST. RX: Entrada de recepción del USART. DT: Línea de datos síncrona del USART
19	VSS	Alimentación negativa o referencia a masa.
20	VDD	Alimentación positiva.
21	RB0/INT	RB0: IN/OUT ST/TTL. INT: Interrupción externa 0.
22	RB1	RB1: IN/OUT TTL.
23	RB2	RB2: IN/OUT TTL.
24	RB3/PGM	RB3: IN/OUT TTL. PGM: Entada de programación de bajo voltaje.
25	RB4	RB4: IN/OUT TTL.
26	RB5	RB5: IN/OUT TTL.
27	RB6/PGC	RB6: IN/OUT ST/TTL. PGC: Señal de reloj de programación en modo ICSP.
28	RB7/PGD	RB7: IN/OUT ST/TTL. PGD: Señal de datos de programación en modo ICSP.
ST: Buffer de entrada Schmitt Trigger. TTL: Buffer de entrada/salida TTL.		

Fuente: Microchip Technology. Inc

Figura 2.6: Diagrama de Bloque del PIC16F876.



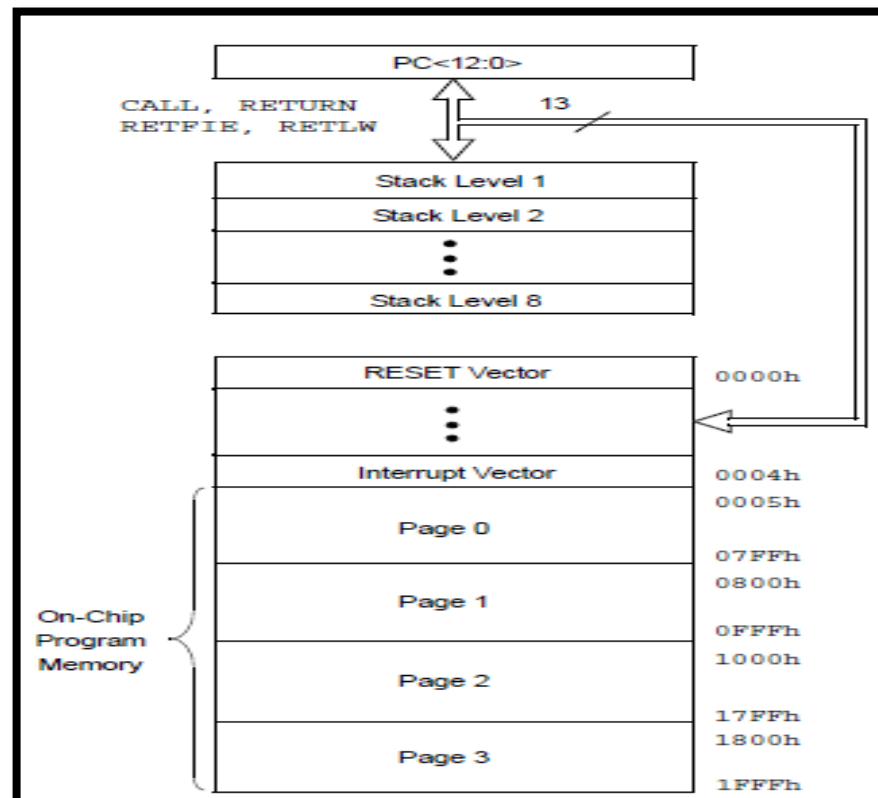
Fuente: Microchip Technology. Inc

2.4.2.1.3 Organización de la Memoria

El Pic16F876 tienen tres bloques de memoria: Memoria de Datos, Memoria de Programa y la memoria EEPROM; cada bloque con su propio bus: Bus de datos y Bus de programa.

- **Memoria de Programa:** Los PIC de rango medio poseen un contador de programa (PC) de 13 bits, capaz de direccionar 8K x 14 posiciones de memoria de programa tipo flash; como todas las instrucciones son de 14 bits, esto significa un bloque de 8k instrucciones (Figura 2.7). (datasheet).

Figura 2.7: Mapa Memoria de Programa.



Fuente: Microchip Technology. Inc

- **Memoria de Datos:** La memoria de datos consta de dos áreas mezcladas y destinadas a funciones distintas:
 - Registros de Propósito Especial (SFR).
 - Registro de Propósito General (GPR).

Los SFR son localidades asociadas específicamente a los diferentes periféricos y funciones de configuración del PIC y tienen un nombre específico asociado con su función. Mientras que los GPR son memoria RAM de uso general. (datasheet).

- **Memoria EEPROM Y FLASH:** Estas memorias pueden ser modificadas sin necesidad de utilizar un programador exterior y a la tensión nominal de VDD. Se necesita de seis registros para poder leer y escribir en la memoria no volátil que son: EECON1, EECON2, EEDATA, EEDATH, EEADR y EEADRH. Para direccionar las 256 posiciones del PIC basta con 8 bit, por esto para escribir o leer en la memoria EEPROM solo se requiere del EEADR para direccionar la posición y el EEDATA para colocar el dato leído o escrito. Para escribir o leer datos en la memoria FLASH que puede tener hasta 8K por 14 bits hacen falta dos registros, el EEADR y EEADRH para direccionar la posición de memoria. De forma similar se utilizan los registros EEDATA concatenado con el registro EEADRH que contiene los 6 bit de mayor peso de las palabras de 14 bits. (datasheet).

2.4.2.2 Display de Visualización LCD

Es necesario utilizar una pantalla de visualización para observar los valores de operación y de calibración del vehículo durante el funcionamiento del sistema. Se ha optado por utilizar un display de cristal líquido LCD que permita mostrar 32 caracteres, con 2 filas y 16 columnas, de forma que la información presentada sea clara y entendible al usuario del vehículo (Figura 2.8). (Denton 2013).

Figura 2.8: Display LCD



Fuente: SK Pang electronics.

A continuación se muestran las características operativas del display (Tabla 2.5).

Tabla 2.5: Características del Display LCD

Número de Caracteres	16 caracteres por 2 filas
Dimensión Módulo	80.0mm x 36.0mm x 13.2mm
Voltaje	5 V
Número de Pines	14
Tamaño del Carácter	2.96 x 5.46 mm
Tipo de Pantalla	LCD con retroiluminación verde/amarilla

Fuente: SK Pang electronics

2.4.2.3 Software de Programación MICROCODE

Hemos utilizado el software de programación MICROCODE para el desarrollo del circuito electrónico con el que se pudo generar un diseño a partir de las variables, sensores, unidad de control y actuadores que elegimos en un principio para de esa manera comprobar el desempeño y realizar las correcciones pertinentes antes de su ensamblaje físico.

“Microcode es un software que ejecuta instrucciones a nivel de hardware o estructuras de datos que intervienen en la ejecución de instrucciones de código-máquina de nivel superior en las unidades centrales de procesamiento, y en la implementación de la lógica interna de muchos controladores de canal, los controladores de disco, controladores de interfaz de red, procesadores de red, unidades de procesamiento de gráficos, y otros equipos. Reside su ventaja en el manejo de memorias de alta velocidad y traduce las instrucciones de la máquina en secuencias de operaciones detalladas a nivel de circuito. Se ayuda a separar las instrucciones de la máquina de la electrónica subyacentes de modo que las instrucciones pueden ser diseñadas y alteradas más libremente. También hace que sea factible construir instrucciones de pasos múltiples complejas reduciendo al mismo tiempo la complejidad de la circuitería electrónica en comparación con otros métodos. Escribir en microcode es a menudo llamado a ejecutar procesos de

microprogramación y el micro código desarrollado en una implementación particular del procesador es a veces llamado un microprograma. ⁶

Para su estructuración es necesario utilizar el lenguaje de programación ASM o ensamblador y a diferencia de código de máquina que a menudo mantiene cierta compatibilidad entre los diferentes procesadores en una familia, micro código sólo se ejecuta en el circuito electrónico exacto para el que está diseñado, ya que constituye una parte inherente del propio diseño particular del procesador, en nuestro caso del PIC16F876.

2.4.2.3.1 Lenguaje de Programación ASM o Ensamblador.

Para el desarrollo de la programación en el software elegido es necesario aplicar un lenguaje de programación llamado Ensamblador ó ASM que permite ejecutar las opciones y los comandos aplicados al sistema de manera que funcionen de manera correcta. El hablar de un lenguaje de programación es un tema muy extenso y no contempla el foco de interés de nuestro proyecto por lo que a continuación únicamente hemos destacado las características más importantes de este lenguaje:

- El único lenguaje que entienden los microcontroladores es el código máquina formado por ceros y unos del sistema binario.
- El lenguaje ensamblador expresa las instrucciones de una forma más natural al hombre a la vez que muy cercana al microcontrolador, ya que cada una de esas instrucciones se corresponde con otra en código máquina.
- El lenguaje ensamblador trabaja con nemónicos, que son grupos de caracteres alfanuméricos que simbolizan las órdenes o tareas a realizar.
- La traducción de los nemónicos a código máquina entendible por el microcontrolador la lleva a cabo un programa ensamblador.
- El programa escrito en lenguaje ensamblador se denomina código fuente (*.asm). El programa ensamblador proporciona a partir de este fichero el correspondiente código máquina, que suele tener la extensión *.hex. (Valdéz et al 2007).

⁶ Smith, Richard E. (1988). "A Historical Overview of Computer Architecture". Analysis of the History of Computing

2.4.2.4 Componentes Electrónicos Auxiliares

Para el desarrollo del circuito integrado de la unidad de control; además de los acondicionadores de señal para los sensores del vehículo es necesaria la utilización de componentes auxiliares que permiten regular, y ajustar las señales de entrada y salida para su mejor funcionamiento. Brevemente se detalla los que se ha utilizado en nuestro diseño:

- Regulador de Tensión 78L05.
- Resistencia (Varias).
- Capacitor de Tantalio (Varios).
- Diodo.
- Transistor 2N3904.

2.4.2.4.1 Regulador de Tensión 78L05

Los reguladores de voltaje 7805 son uno de los modelos más usados en circuitos electrónicos porque tienen una salida perfecta para alimentar otros circuitos y microcomponentes. Este se alimenta con un voltaje de hasta 20V y se obtiene a la salida 5V a una corriente máxima de 1A. El regulador de voltaje 7805 tiene 3 pines. El de en medio va a masa (GND), el de la izquierda (IN) recibe el voltaje de entrada, que maneja un rango de 7V hasta 20V y el pin derecho provee de 5V.

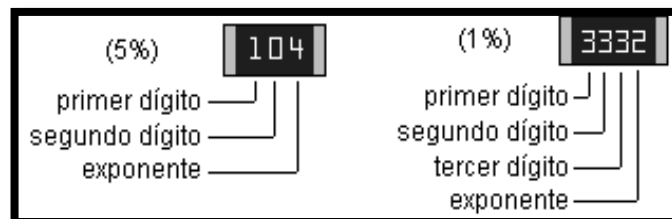
Una variación de este componente es el 78L05 que posee las mismas características pero se lo utiliza en circuitos de tipo SMD. Posee en su parte superior una placa metálica con un agujero de manera que se pueda disipar rápidamente el calor; ya que este microcomponente eleva su temperatura con facilidad en especial cuando se le lleva al límite de su funcionamiento. Para nuestro circuito será utilizado para la alimentación de todo el sistema y para los actuadores utilizados en el mismo (Figura 2.9). (Denton 2013).

Figura 2.9: Regulador de Voltaje SMD 78L05

Fuente: Nerokas.

2.4.2.4.2 Resistencia

En el circuito se emplearan resistencias de montaje superficial SMD, el valor de estas viene marcado bajo un sistema de tres dígitos; los dos primeros nos indican el valor de la resistencia , mientras que el tercer número nos da el factor de multiplicación (la cantidad de ceros) con 5% de tolerancia. En un sistema de cuatro dígitos, los tres primeros nos dan el valor de la resistencia y el cuarto la cantidad de ceros que se debe poner a continuación, estas tienen tolerancia de 1%. (Figura 2.10). (Alonso 2010).

Tabla 2.10: Designación de las resistencias.

Fuente: Dinastia Soft.

2.4.2.4.3 Capacitor de Tantalio

*“Es un dispositivo pasivo, utilizado en electricidad y electrónica, capaz de almacenar energía sustentando un campo eléctrico. Está formado por un par de superficies conductoras, generalmente en forma de láminas o placas, en situación de influencia total (esto es, que todas las líneas de campo eléctrico que parten de una van a parar a la otra) separadas por un material dieléctrico o por el vacío”*⁷(Figura 2.11).

⁷ Capacitor de Tantalio http://es.wikipedia.org/wiki/Condensador_eléctrico

Figura 2.11: Capacitor de Tantalio SMD

Fuente: Ayuda Electrónica.

Los capacitores de tantalio son ampliamente usados para proveer valores de capacitancia mayores a aquellos que pueden obtenerse en los capacitores cerámicos. Como resultado de diferentes formas de construcción y requerimientos los encapsulados son distintos. Este dispositivo electrónico ayuda a mantener el mismo nivel de voltaje regular y evitar los picos de voltaje ya que al encender el vehículo el voltaje por varios segundos el voltaje varía de 12.6V a 14.5V antes de estabilizarse al voltaje nominal. (Denton 2013).

2.4.2.4.4 El Diodo

El diodo es un componente electrónico que posee de dos terminales y permite la circulación de la corriente eléctrica a través de él en un solo sentido. La curva característica de un diodo (Corriente - Voltaje) consta de dos regiones: por debajo de cierta diferencia de potencial, se comporta como un circuito abierto que no conduce, y por encima de ella como un circuito cerrado con una resistencia eléctrica muy pequeña. Debido a este comportamiento, se les suele denominar rectificadores de media onda, ya que son dispositivos capaces de suprimir la parte negativa de cualquier señal, como paso inicial para convertir una corriente alterna en corriente continua. En nuestro diseño eléctrico los diodos son necesarios para la rectificación de la señal que envían los sensores al módulo de control y para rectificar la corriente de la fuente de alimentación (Figura 2.12). (Ros y Barrera 2011).

Figura 2.12: Diodos Semiconductores SMD

Fuente: PersianMotor.

2.4.2.4.5 Transistor 2N3904

“Es un transistor de unión bipolar de mediana potencia, destinado para propósito general en amplificación y conmutación, construido con semiconductor silicio en diferentes formatos como TO-92, SOT-23 y SOT-223. Puede amplificar pequeñas corrientes a tensiones pequeñas o medias y trabajar a frecuencias medianamente altas.”⁸ (Figura 2.13).

Figura 2.13: Transistor NPN 2N3904



Fuente: Sistema de Riego Automatizado Weblog.

Está diseñado para funcionar a bajas intensidades, bajas potencias y tensiones medias, y puede operar a velocidades razonablemente altas. Se trata de un transistor de bajo coste, muy común, pero lo suficientemente robusto como para controlar el paso de corriente de los relés de los servomotores o del conmutador de luces principal. (Alonso 2010).

2.4.3 Actuadores

Para la implementación de este sistema se utilizaran los siguientes componentes:

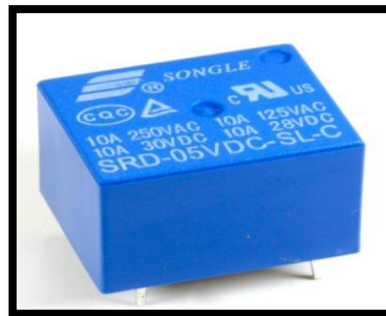
- Relé Universal.
- Cableado.
- Conectores tipo Molex.

⁸ ECURED. http://www.ecured.cu/index.php/Transistor_2N3904.

2.4.3.1 Relé Universal

Los relés universales, tal como lo hace un interruptor, son los mecanismos que permiten controlar potencias muy elevadas mediante un consumo de potencia reducido. La ventaja de los relés es la independencia entre la corriente de accionamiento, que circula por la bobina del electroimán, y los circuitos controlados por los contactos, lo que hace que se puedan manejar altos voltajes o elevadas potencias con pequeñas tensiones de control. También ofrecen la posibilidad de control de un dispositivo a distancia mediante el uso de pequeñas señales de control; sin la necesidad de circuitos complejos y de conductores sobredimensionados. De igual forma se puede usar como conmutadores que mientras se activan las luces de cruce las de carretera están apagadas y viceversa (Figura 2.14). (Denton 2013).

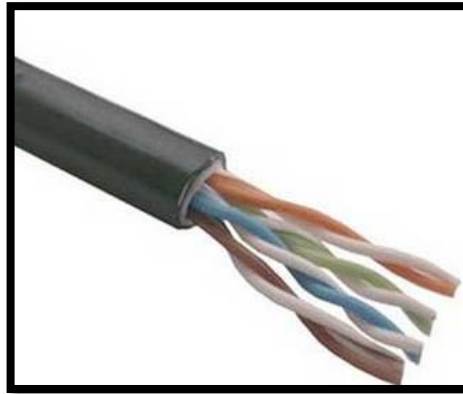
Figura 2.14: Relé Universal.



Fuente: Dash Electronics.

2.4.3.2 Cableado

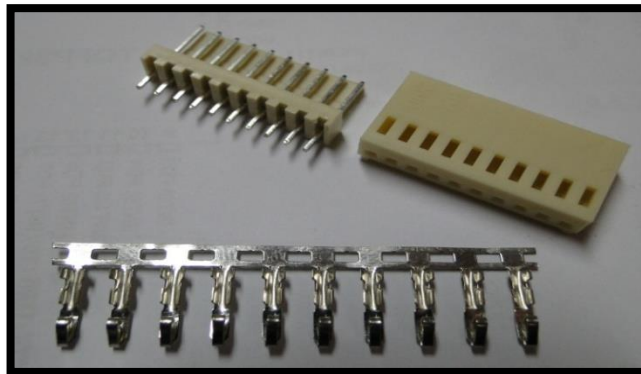
Las conexiones de los elementos electrónicos que componen el sistema de luces se realizarán por medio de cables UTP de categoría 6, los cuales constan de 4 pares de cables recubiertos por una funda de plástico o vinilo; cada par de cables posee un código de color, un cable tiene un aislamiento de color sólido y el otro cable un aislamiento rayado con el mismo color, estos pares de cables se encuentran trenzados y separados con una tablilla de plástico que recorre toda la longitud del cable para reducir las interferencias; tienen una frecuencia de 250 MHz, lo que permite a estas redes operar a 1 Gbps de velocidad (Figura 2.15). (Denton 2013).

Figura 2.15: Cable UTP Categoría 6.

Fuente: Servicios Generales Weblog.

2.4.3.3 Conectores Tipo Molex

Se emplearan conectores Molex los cuales suministraran a la placa base de las tenciones de alimentación necesarias provenientes de la fuente, garantizando la fiabilidad en la conexión; también son utilizados para alimentar, enviar y recibir señales a los componentes periféricos. Tienen una estructura plástica de color blanco y en su interior se encuentran los pines de conexión. (Figura 2.16). (Denton 2013).

Figura 2.16: Conector Molex.

Fuente: Sigma Electrónica Ltda.

2.4.4 Tecnología de Montaje Superficial

Para el diseño del sistema automático de regulación del alumbrado en el vehículo se utilizara la tecnología de montaje superficial, la misma que trata de un conjunto de procesos usados para soldar los componentes en una placa de circuito impreso. Los componentes presentan terminales externos totalmente pequeños o hasta en algunos

casos carecen de ellos, presentan un aumento de desempeño en relación a los de inserción. Se empleara el montaje tipo 2B ya que consta solo de componentes de montaje superficial y estos van a ir montados en ambas caras de la placa.

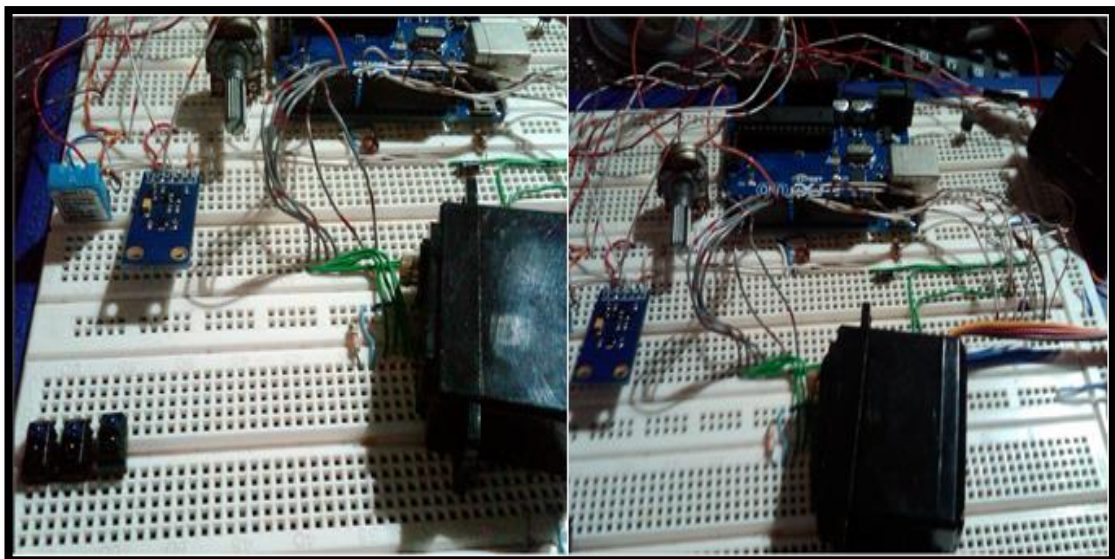
Esta tecnología nos brinda las siguientes ventajas:

- Permite una mayor automatización en el proceso de fabricación de equipos.
- Permite una reducción de peso y tamaño del circuito.
- Posibilidad de instalar componentes en ambas caras de la placa.
- Ensamble más exacto.
- Soporta ambiente ruidoso.
- Reduce la cantidad de agujeros en la placa.
- Reduce las interferencias electromagnéticas.
- Soporta condiciones de vibración o estrés mecánico.

2.4.4.1 Elaboración de las Placas Impresas

Una vez verificado el correcto funcionamiento del sistema automático de luces en el Protoboard, procederemos al diseño y construcción de los circuitos impresos en la placa (Figura 2.17).

Figura 2.17: Comprobación del Sistema en el Protoboard.



Fuente: Grupo de Investigación.

2.4.4.1.1 Diseño del Circuito Impreso por Software

Para la elaboración de la placa de circuitos electrónicos impresos, se inicia convirtiendo el diagrama esquemático en una lista de nodos en los cuales se conectaran los pines de los componentes a utilizarse; para esto nos ayudamos del software MICROCODE el cual es responsable de la generación de los nodos para obtener los circuitos que necesitamos.

2.4.4.1.2 Impresión de las Pistas

Una vez obtenido el diseño del circuito procedemos a imprimir en un material termotransferible (papel fotográfico), utilizando una impresora láser.

2.4.4.1.3 Preparación de la Placa

Se corta la placa dejando aproximadamente unos 4mm adicionales en el contorno de la misma en relación al esquema del circuito que se va a transferir. Luego se debe limpiar las limallas de cobre que quedan en los filos de la placa, con una lija fina de metal. No se debe tocar con los dedos la lámina de cobre, ya que la grasa de estos genera óxido.

2.4.4.1.4 Transferencia Térmica del Papel hacia la Lámina de Cobre

Se coloca el papel fotográfico con el lado de la tinta sobre el lado del cobre previamente limpio, para por medio del calor transferir toda la tinta a la lámina de cobre sin que se presenten partes cortadas o faltantes del circuito.

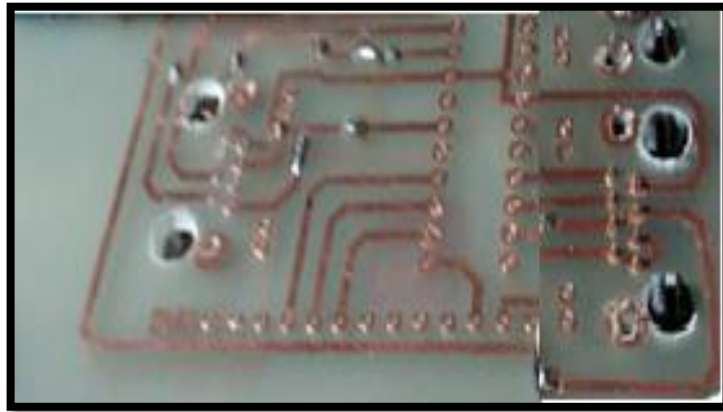
2.4.4.1.5 Proceso de Atacado

Este proceso se realiza para eliminar el excedente de cobre que no está protegido por la tinta y el barniz; los químicos más empleados son el cloruro férrico, el sulfuro de amonio, el ácido clorhídrico mezclado con agua y el peróxido de hidrógeno.

2.4.4.1.6 Perforación de la Placa

Las perforaciones del circuito impreso se realizan por medio de brocas según el tamaño de los agujeros por los que ingresarán los terminales, con el fin de soldar la placa con los elementos electrónicos que vamos a utilizar para el correcto funcionamiento del sistema (Figura 2.18).

Figura 2.18: Perforación de la Placa.

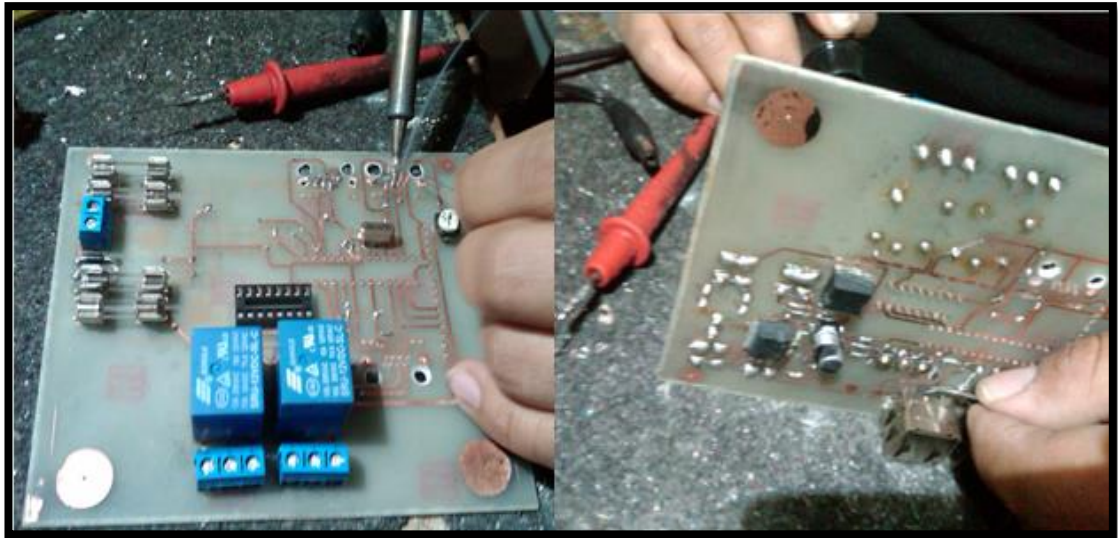


Fuente: Grupo de Investigación.

2.4.4.1.7 Soldadura de Elementos

Para fijar los elementos a la placa a través de los orificios hay que seguir una secuencia, primeramente soldamos los elementos más bajos y luego los más altos; tenemos que estar atentos con la colocación y la polaridad correcta de los componentes electrónicos. La mejor técnica para soldar es primeramente calentar el elemento y luego colocar el estaño, mover la punta del cautín de arriba hacia abajo tocando el alambre de suelda y el elemento; la colocación de la pomada en el componente permite una rápida adherencia y una buena soldadura (Figura 2.19).

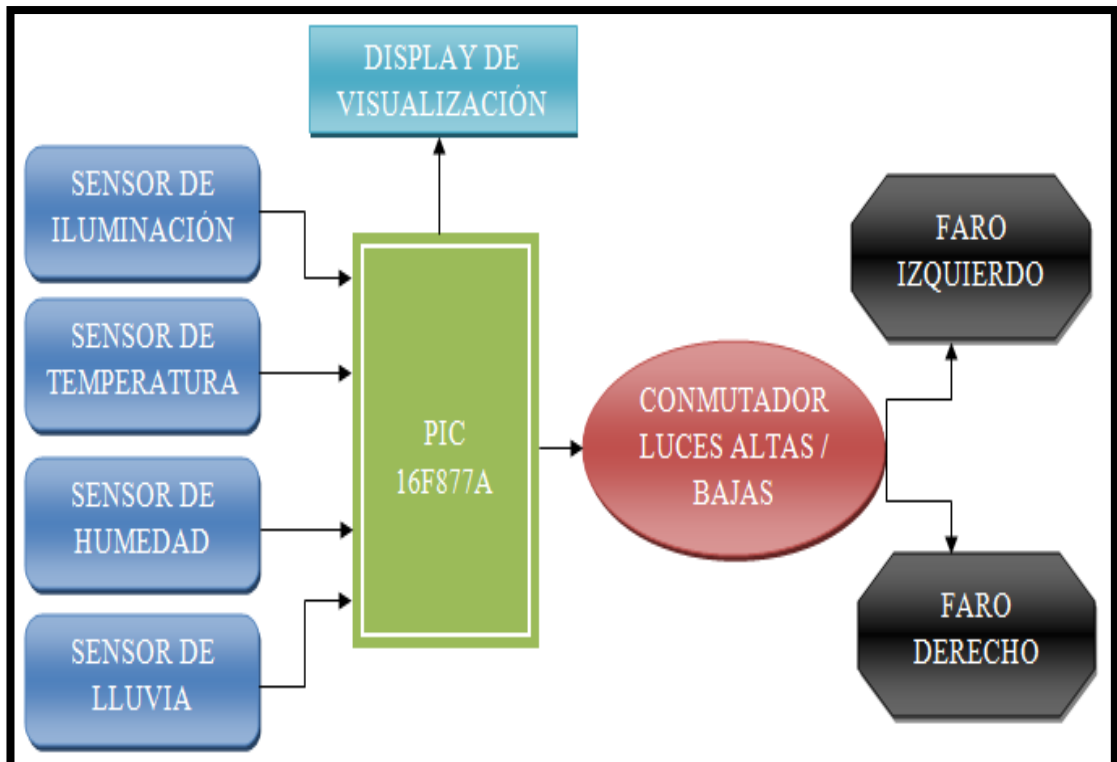
Figura 2.19: Soldadura de Elementos.



Fuente: Grupo de Investigación.

2.5 Diagrama de Bloques del Sistema de Iluminación (Figura 2.20)

Figura 2.20: Diagrama de Bloques del Sistema de Regulación Variable.



Fuente: Grupo de Investigación.

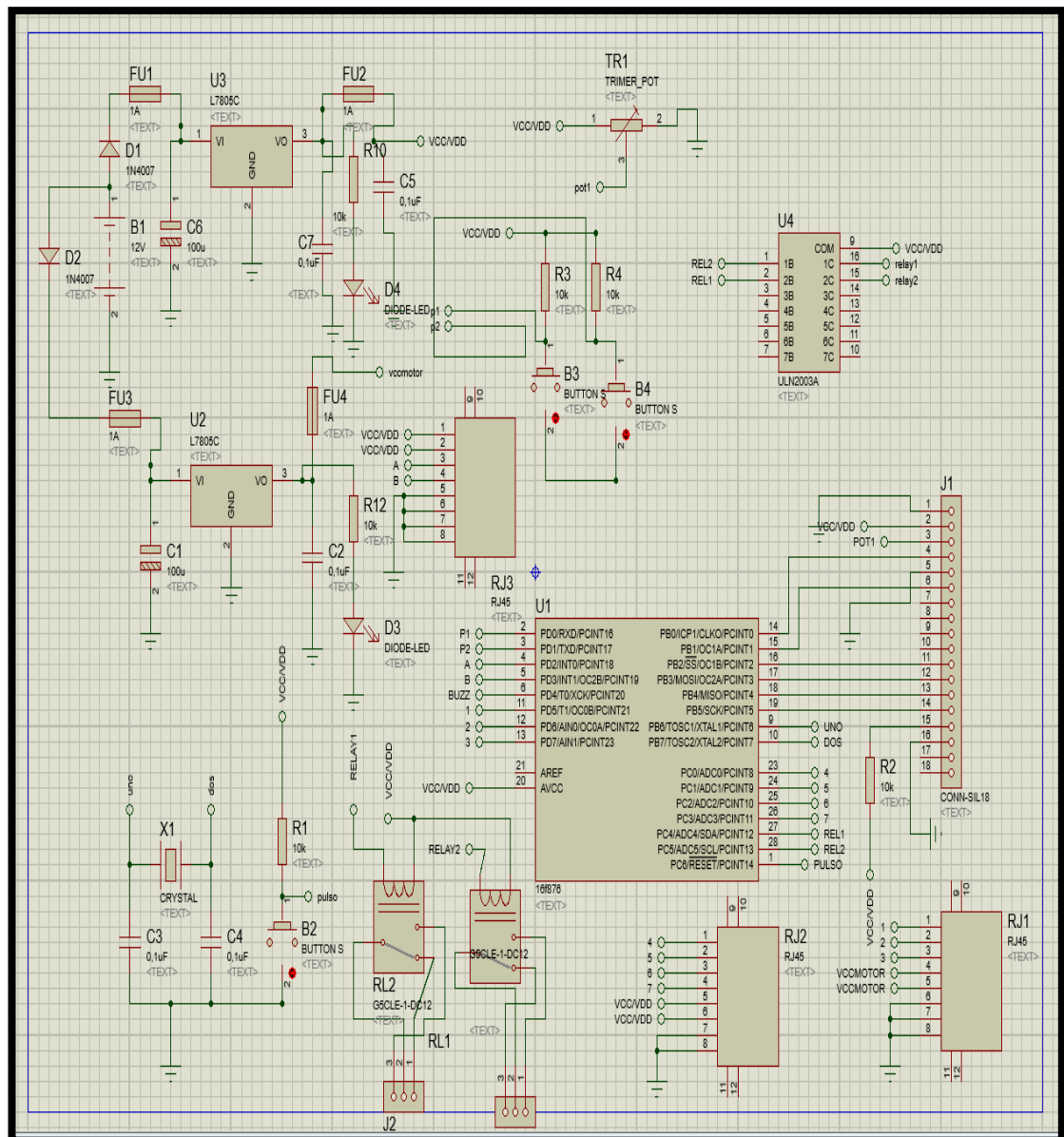
2.6 Diseño del Circuito Electrónico

Para el diseño del circuito se debe considerar que el voltaje de alimentación de la batería del automóvil es de 12 voltios, y por tanto es necesario un regulador de tensión que permita alimentar al sistema únicamente con 5 voltios. Se ha utilizado dos reguladores de tensión LM7805 y con un conjunto de capacitores que evitan la formación de picos de voltaje sobre el regulador. Además por precaución a cortocircuitos y sobrecargas se han utilizado dos fusibles regulados a 3 amperios para cada relé y un fusible principal de 10 amperios para la activación de todo el sistema. El microcontrolador de tipo PIC16F876 es el encargado de recibir la información de los sensores y procesar de manera eficaz según las condiciones de circulación que se presenten; el grupo de sensores está compuesto por:

Un sensor de luz ambiental BH1750FVI, el cual proporciona la cantidad de lúmenes percibida por el entorno de circulación ya sea de día o de noche independientemente. Para determinar condiciones de lluvia adversa durante el tránsito del automóvil se dispone de un sensor de lluvia; el cual detecta la presencia de agua y dispone el encendido de las luces según la programación aplicada al microcontrolador. Finalmente, el tercer elemento es un sensor de temperatura y humedad DHT11 con el cual se determina la humedad relativa del ambiente y la temperatura para obtener parámetros de circulación de niebla, la cual es otro factor que determina el encendido automático de las luces.

El grupo de sensores poseen niveles de jerarquía para evitar sobrecarga de información y conflictos al microcontrolador; así el sensor de luz es el que tiene mayor jerarquía sobre los otros sensores determinando si es de día o de noche. A continuación es el sensor de lluvia el que tiene la posibilidad de comandar los relés de activación de las luces pero únicamente en el día; pues en la noche el sensor de luz prevalece. Finalmente el sensor de temperatura y humedad verifica si las condiciones de niebla están presentes y pueden intervenir sobre el control de las luces. A continuación se presenta el esquema del circuito de luces automáticas y su diseño final (Figura 2.21).

Figura 2.21: Diagrama del Circuito de Regulación Variable del Alcance Luminoso.



Fuente: Grupo de Investigación

Para el control y comando de todo el circuito se utilizo un microcontrolador PIC16F876 debido a las características que presenta este componente, es ideal para trabajar con los componentes electrónicos anteriormente descritos, tiene una rápida respuesta, alta capacidad de memoria, además de tener compatibilidad con USB que permite realizar modificaciones de los parámetros de funcionamiento en un menor tiempo.

Para el control del sistema de regulación del alcance luminoso; el conjunto de control más utilizado es el de relés. Mediante un par de pines del microcontrolador se puede

activar un transistor que energiza la bobina del relé y permite que se comande el cambio de luces de cruce y de carretera independientemente. Para evitar el pico de voltaje después de la activación se ha incluido en el sistema un capacitor de protección y un diodo que bloquea el retorno de la corriente.

Para la instalación de los sensores fue necesario utilizar borneras de tres puertos a fin de que su funcionamiento y activación sea el adecuado. El borne central es el que provee al microcontrolador la señal de entrada para su procesamiento y control de las variables, los bornes extremos energizan a los sensores con alimentación positiva y masa.

El display de visualización del circuito está comandado por un conjunto de pines designados mediante programación, los cuales permiten el control de la escritura y las salidas multiplexadas de información que recibe del microcontrolador; y así visualizar las variables que los sensores captan durante el funcionamiento. La retroiluminación y el contraste de los caracteres se visualizan siempre con los valores más altos permitidos por el LCD.

Finalmente, el circuito permite el accionamiento mediante un interruptor automotriz convencional que se activa a voluntad del conductor cuando éste desea contar con la asistencia automática de la regulación variable de luces; caso contrario puede optar por el uso del sistema convencional de las luces del vehículo.

CAPITULO III

SISTEMA LUZ DE CURVA DINÁMICA

3.1 Introducción

En este capítulo brindaremos todo el proceso de diseño, construcción e implementación del sistema luz de curva dinámica en el vehículo Suzuki Forsa I.

Con la implementación de este sistema en el automóvil se pretende mejorar la visibilidad del conductor al momento de realizar una maniobra de viraje en horario nocturno, ya que se garantiza la iluminación permanente sobre la vía eliminando las zonas ciegas de modo que permita la visualización de obstáculos en la carretera previniendo los accidentes de tránsito. Este sistema es capaz de modificar la dirección del ángulo de proyección luminosa en función del giro del volante, para esto se ubicará un sensor de giro y dos servomotores que se encargaran de comandar los faros en dos sentidos (horario y antihorario) según las condiciones de manejo que se presenten. (Ros y Barrera 2011).

3.2 Proceso de Ejecución

- Interpretación del sistema de alumbrado original del vehículo.
- Selección de sensores y actuadores a emplearse en el automóvil.
- Reemplazo de los faros convencionales por faros de lupa.
- Modificación de la camisa, manteniendo la estética y líneas originales del vehículo.
- Diseño de estructuras para los faros y servomotores.
- Montaje de la camisa, faros y servomotores en el automóvil.
- Selección del microcontrolador a utilizarse en el sistema.
- Diseño de los módulos de procesamiento, control y potencia.
- Instalación de los conductores para faros, módulos, sensores y actuadores en el automóvil.
- Montaje de los sensores y actuadores en el vehículo.

- Ubicación del visualizador en la cabina del vehículo.
- Generar los diagramas de los sistemas eléctricos empleados para su posterior mantenimiento y/o reparación.

3.3 Elección de Elementos Electrónicos

Antes de iniciar el diseño y construcción del sistema luz de curva dinámica, procederemos a la elección de los distintos elementos y componentes electrónicos que nos brinden características de utilización, funcionamiento y economía que se requieren. En este Sistema se utilizaran los siguientes componentes:

- Sensor de Giro.
- Unidad de Control.
- Actuadores.
- Placa con Tecnología de Montaje Superficial.

3.3.1 Sensor de Giro

Para la implementación de este sistema se utilizara el siguiente sensor de giro.

- **Encoder**

Para el accionamiento del sistema de luz de curva dinámica se utilizó un encoder incremental tipo mecánico, el cual genera pulsos de salida al momento de moverse permitiendo tener la información del desplazamiento angular y la dirección a la que se encuentra el volante. Se eligió este dispositivo debido a que tiene un diseño de funcionamiento sencillo, su eje de mando gira sin topes, nos brinda facilidad de montaje, se encuentra en nuestro medio y tiene un bajo costo. (Figura 3.1).

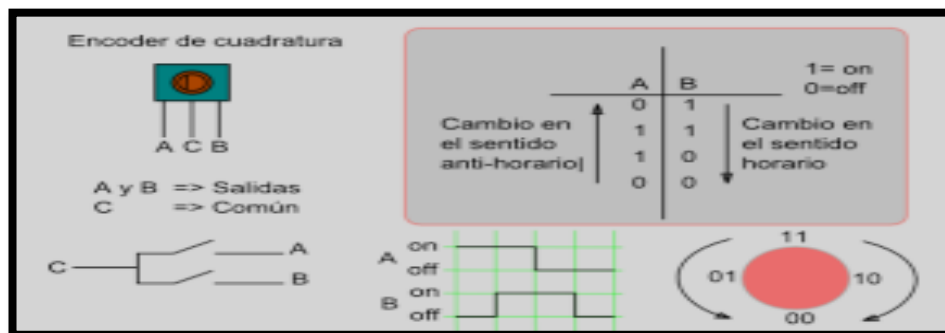
Figura 3.1: Encoder Mecánico.



Fuente: Farnell.

Al momento de girar el eje de mando ya sea en sentido antihorario u horario los contactos que se encuentran dentro del encoder se activan y desactivan siguiendo un orden lógico, el mismo que viene dado en código grey de dos bits que nos permite saber la dirección y el ángulo de desplazamiento del volante y a su vez nos permite detectar errores en el sistema (Figura 3.2). (Datasheet).

Figura 3.2: Estructura del Encoder Mecánico.



Fuente: Nómadas Electrónicos.


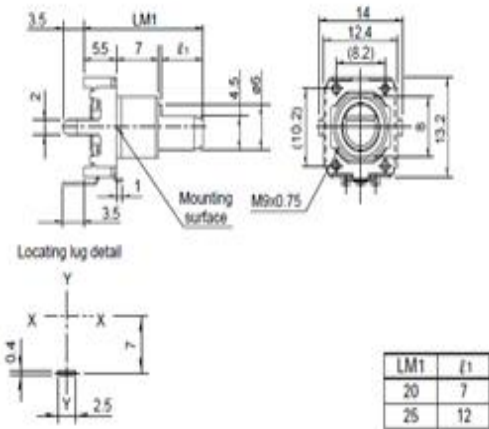
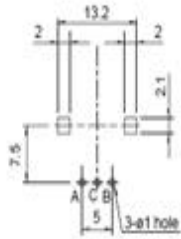
3.3.1.1 Características del Encoder Vertical, 24 DET, 24PPR+SW

- *“Número de canales: 2*
- *Voltaje de fuente máximo: 5V*
- *Tipo de conector: Pin*
- *VAC Resistencia dieléctrica: 50V*
- *Resolución del encoder: 24*
- *Profundidad externa: 12.4mm*
- *Longitud externa / altura: 20mm*

- Anchura externa: 13.2mm
- Altura: 5 mm
- N° de bloqueadores: 24
- Temperatura de funcionamiento máxima: 70 ° C
- Temperatura de funcionamiento Min: 10 ° C
- Rango de temperatura de funcionamiento: -10 ° C a +70 ° C
- Contador de impulsos de salida: 24
- Ángulo de rotación mecánica: 360 °
- Diámetro del eje: 6 mm
- Longitud del eje: 9mm
- Corriente de suministro: 0,5 mA
- Tipo: Encoder Incremental”⁹

3.3.1.2 Dimensiones del Encoder Mecánico. (Tabla 3.1).

Tabla 3.1: Dimensiones del Encoder.

Model	Style	PC board mounting hole dimensions (Viewed from mounting face)						
<p>With bushing</p> 	 <table border="1" data-bbox="991 1608 1098 1682"> <tr> <td>LM1</td> <td>l1</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>12</td> </tr> </table>	LM1	l1	20	7	25	12	
LM1	l1							
20	7							
25	12							

Fuente: Farnell.

⁹ Encoder Vertical. <http://es.farnell.com/alps/ec12e2424407/encoder-vertical-24-det-24ppr-sw/dp/1520813> .

3.3.2 Unidad de Control

Para la implementación de la unidad de control del Sistema luz de Curva Dinámica se utilizarán los mismos componentes electrónicos y software de programación que se utilizó en el Sistema de Regulación Variable del Alcance Luminoso, los cuales se describieron en el capítulo II.

- Microcontrolador PIC16F876.
- Display de Visualización LCD.
- Software de Programación MICROCODE.
- Componentes Electrónicos Auxiliares (regulador de tensión, resistencias, capacitores, diodos, transistor, relé).

3.3.3 Actuadores

Para la implementación de este sistema se utilizarán los siguientes actuadores:

- **Servomotor**

El servomotor es un dispositivo pequeño que consta internamente de una circuitería de control y para su tamaño es sumamente poderoso; tiene tres cables de conexión externa: rojo para alimentación Vcc (+5volts), negro para conexión a tierra GND y amarillo para la entrada de control. Este servomotor nos permite cumplir con los parámetros establecidos de funcionamiento que se busca para comandar los faros en dos sentidos (horario y antihorario) según las condiciones de manejo que se presenten; de modo que nos permita llevarlos a posiciones angulares específicas al enviar a estos una señal codificada; tienen un rango de giro aproximadamente de 180 grados. (Datasheet).

3.3.3.1 Cálculo para la selección del servomotor.

Para utilizar el servomotor correcto es necesario conocer el torque que se requiere para mover el portalámpara de luz de cruce, para lo cual disponemos de los siguientes datos:

Datos:

$$n = 3$$

$$W = 0,4264 \text{ Kg.}$$

$$L = 7,2 \text{ cm.}$$

$$T = ?.$$

Dónde:

n = Factor de seguridad.

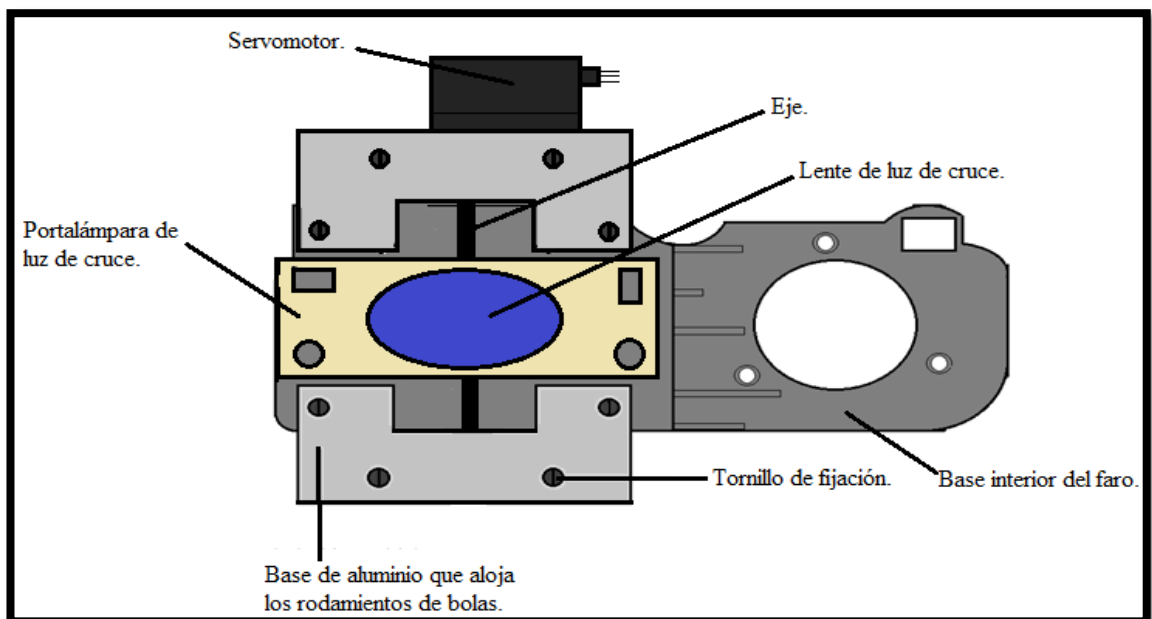
W = Peso del faro y mecanismos anexos.

L = Longitud entre ejes del reflector.

T = Torque ejercido por el servomotor.

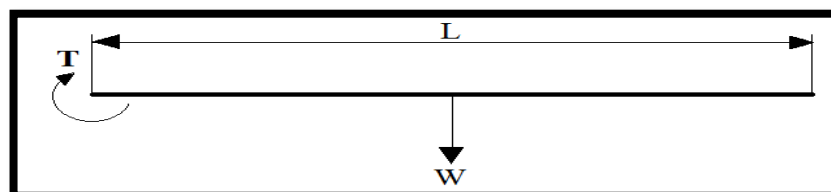
➤ **Diagramas:** (Figura 3.3 y 3.4)

Figura 3.3: Diagrama del Mecanismo de Giro del Haz de Luz.



Fuente: Grupo de Investigación.

Figura 3.4: Diagrama de Cuerpo Libre del Mecanismo de Giro.



Fuente: Grupo de Investigación.

➤ **Desarrollo:**

Ecuación 1: Torque del servomotor.

$$T = W \times L \times n$$

$$T = 0,4264\text{Kg} \times 7,2\text{cm} \times 3$$

$$T = 9.21 \text{ Kg.cm}$$

Se utilizo un factor de seguridad de 3 ya que se está implementando un diseño que mejore notablemente el campo de visión a la hora de conducir un vehículo; permitiéndonos garantizar una tolerancia adicional de seguridad y fiabilidad del correcto funcionamiento del sistema. El servomotor que se requiere es aquel que brinde un torque de hasta 10 Kg-cm, por lo que se opto por servos de marca Tower Pro MG995; los cuales tiene una estructura compacta y robusta con engranes de metal; lo cual nos permite obtener un alto rendimiento de trabajo (Figura 3.5), (Tabla 3.2).

Figura 3.5: Servomotor Tower Pro MG995.



Fuente: ServoDatabase.

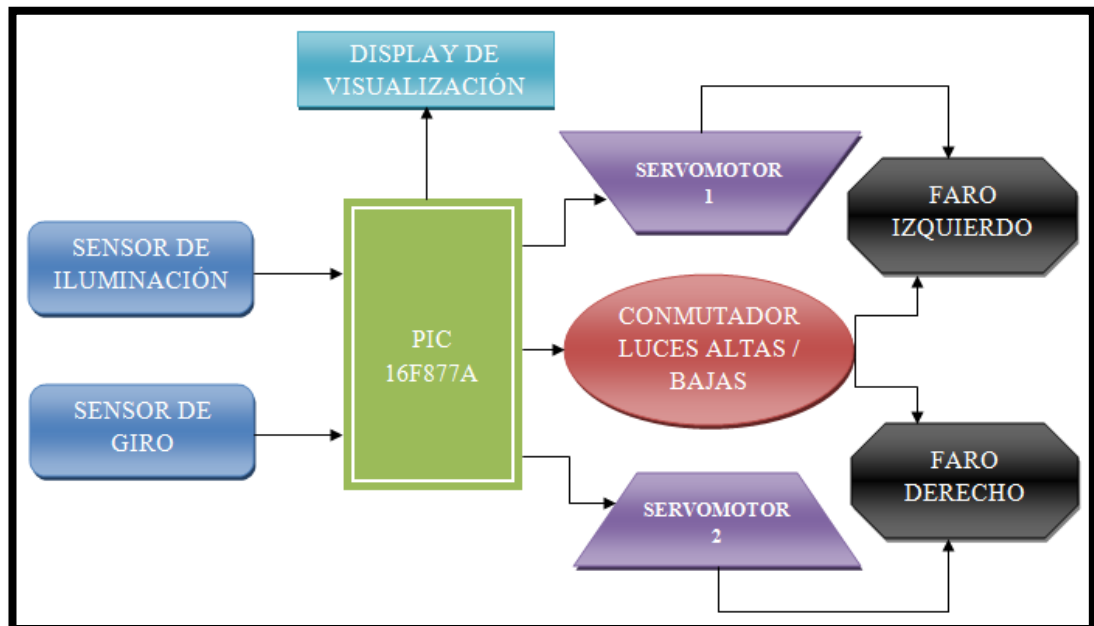
Tabla 3.2: Datos Técnicos del Servomotor Tower Pro MG955.

Datos Básicos	
Modulación	Analógico
Par	4.8V: 138,9 oz-in (10 kg-cm)
Velocidad	4.8V: 0.20 sec/60 °
Peso	1,94 oz (55,0 g)
Dimensiones	Largo: 1,60 in (40,6 mm) Ancho: 0.78 in (19,8 mm) Altura: 1.69 in (42,9 mm)
Tipo de motor	Sin núcleo
Tipo de arte	Metal
Rotación/Soporte	Rodamientos duales
Especificaciones Adicionales	
Rango de revoluciones	180 °
Ciclo de pulso	20 ms
Ancho de pulso	1000-2000 ms
Tipo de conector	JR

Fuente: ServoDatabase.

3.4 Diagrama de Bloques del Sistema de Iluminación (Figura 3.6)

Figura 3.6: Diagrama de Bloques del Sistema de Luz de Curva Dinámica.



Fuente: Grupo de Investigación.

3.5 Diseño del Circuito Electrónico

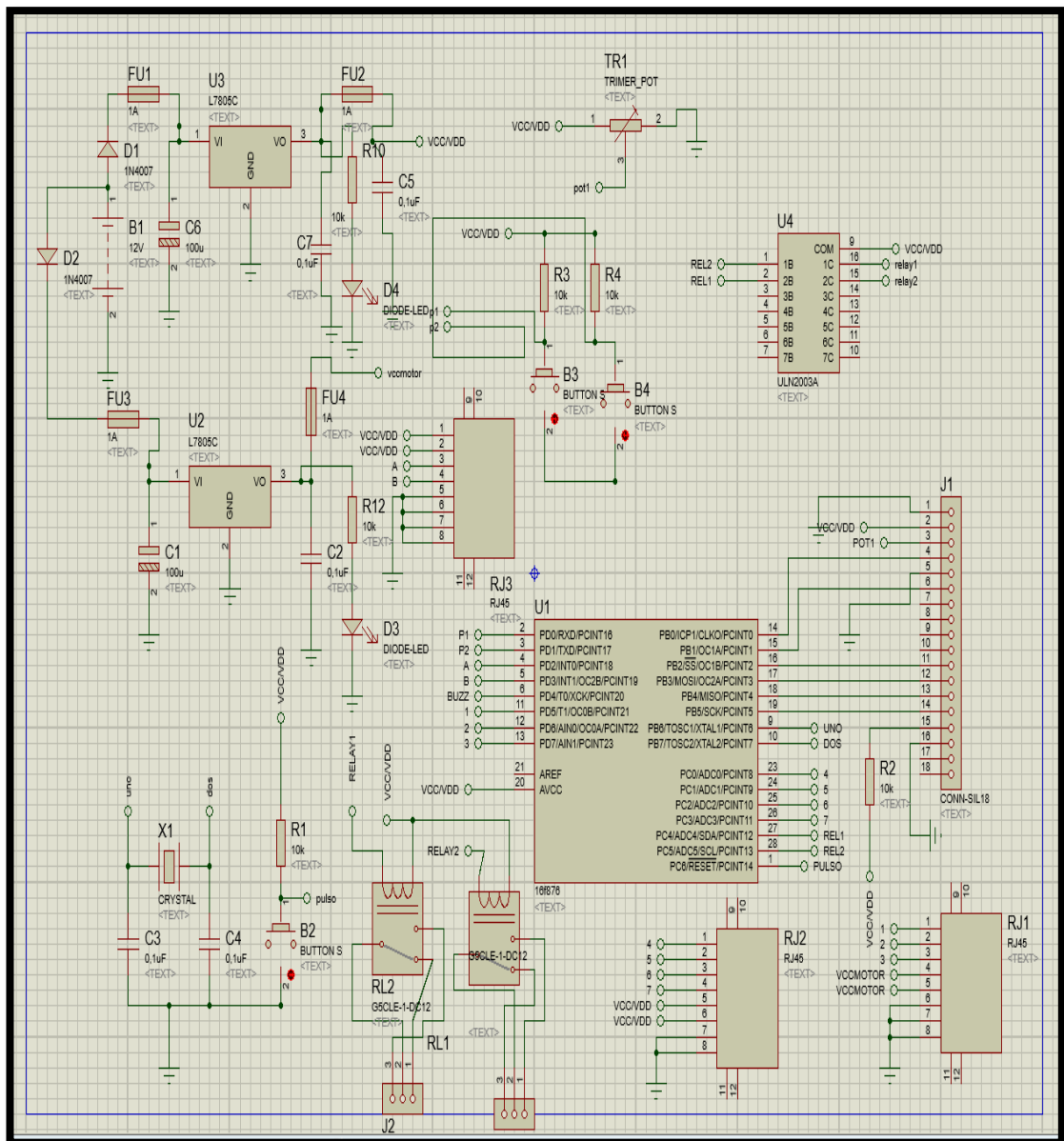
Este sistema se diseñó a la par con el Sistema de Regulación Variable del Alcance Luminoso por lo que están ensamblados sobre la misma placa. Por esta razón los elementos de regulación de voltaje, fusibles de protección y el microcontrolador utilizado se comparten para ambos sistemas; reduciendo de esta manera el número de componentes utilizados, optimizando el espacio y finalmente simplificando las operaciones de comando y control.

Para el sensor de giro se ha utilizado un encoder mecánico tipo potenciómetro, el cual permite captar el ángulo del giro del volante y la dirección (izquierda – derecha) en función de la variación de los pulsos que genera éste componente, a través del giro de un par de ruedas dentadas acopladas a la columna de la dirección.

El microcontrolador de tipo PIC16F876 es el encargado de recibir la información del sensor de giro del volante y procesar de manera eficaz según las condiciones de circulación que se presenten. Finalmente el microcontrolador envía la señal de comando a los actuadores que para este sistema son dos servomotores ubicados uno en cada faro permitiendo de esta manera proyectar el haz luminoso hacia el interior de la curva durante el trayecto del vehículo.

Los servomotores utilizados permiten efectuar movimientos precisos del giro de los faros durante la marcha del automotor sin perder su fiabilidad incluso durante condiciones de vibración excesiva y períodos de utilización prolongados. A continuación se presenta el circuito del Sistema de Luz de Curva Dinámica (Figura 3.7).

Figura 3.7: Diagrama del Circuito de Luz de Curva Dinámica.



Fuente: Grupo de Investigación

Para el control del sistema de Luz de Curva Dinámica; el conjunto de control utilizado es el de relés el cual permite activar y desactivar las luces de cruce al tomar una curva. El sensor de tipo encoder utiliza borneras de tres puertos; el borne central es el común de entrada al componente y sus bornes extremos son las salidas que envían la señal de entrada al microcontrolador.

El display de tipo LCD permite visualizar los valores del ángulo de la dirección en grados sexagesimales según el giro y la dirección del volante. Finalmente, el circuito permite el accionamiento mediante el mismo interruptor utilizado para el sistema de

regulación variable del alcance luminoso; pues ambos sistemas funcionan simultáneamente.

3.6 Diseño del Sistema Mecánico.

Para diseñar un mecanismo que nos permita mover los faros en función del ángulo de giro del volante, nos basaremos en los siguientes parámetros:

- Espacio disponible en el vehículo para la adaptación del mecanismo.
- Selección del mecanismo de transmisión de movimiento que se adapte a los requisitos y características deseadas.
- Tipo de material que se vaya a utilizar.
- Esfuerzos que debe resistir el sistema.
- Costos de construcción.

El sistema se implementara en un vehículo Suzuki Forsa I, para ello primeramente debemos cerciorarnos que exista espacio suficiente en la parte frontal del vehículo que es en donde se procederá a la instalación de los nuevos faros y del mecanismo que permitirá el movimiento del haz luminoso (Figura 3.8).

Figura 3.8: Vehículo Suzuki Forsa I en el que se Implementara el Sistema.



Fuente: Grupo de Investigación.

Los Faros que se eligieron para la implementación de este sistema son los del Volkswagen Jetta A4, estos faros están conformados por luces altas, bajas, medias, antiniebla y direccionales. Estos faros de halógeno fueron los más aconsejables de instalar, ya que su estructura permite que se acople a las características de diseño del automóvil, de manera que no se afecten las líneas de fabricación. (Figura 3.9)

Figura 3.9: Faros del Volkswagen Jetta A4.



Fuente: Grupo de Investigación.

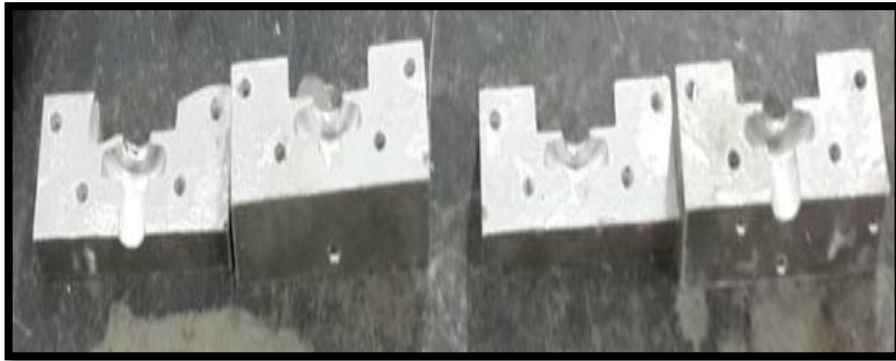
3.6.1 Diseño del Mecanismo de Transmisión de Movimiento

Se implemento un sistema que permita rotar la lámpara de cruce en dos direcciones (izquierda o derecha) según el giro del volante; para ello se utilizo un servomotor por faro que mueve directamente al portalámpara. Este sistema nos brinda las siguientes ventajas:

- Es un mecanismo de fácil construcción y por lo tanto económico.
- Todo el torque que brinda el servomotor se transmite directamente al portalámpara.
- La relación de transmisión es 1:1. Es decir, si el servomotor gira 20 grados el portalámpara también girará 20 grados.
- No se necesita cálculos de relación de transmisión, ya que se conecta directamente por medio de un estriado el servomotor y el eje que se fija al portalámpara.

Para este mecanismo se diseño cuatro bases de aluminio (dos por cada faro), cada base se compone de dos piezas que son la parte superior e inferior, las mismas que se hallan unidas por cuatro tornillos y a su vez se fijan en el interior del faro (Figura 3.10).

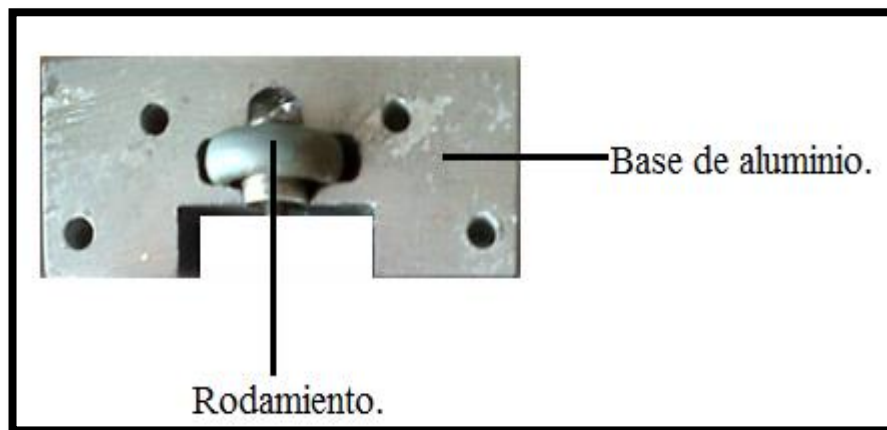
Figura 3.10: Bases de Aluminio.



Fuente: Grupo de Investigación.

Entre estas piezas se aloja un rodamiento de bolas que permita pivotar al portalámpara en dos sentidos (izquierda y derecha), (Figura 3.11).

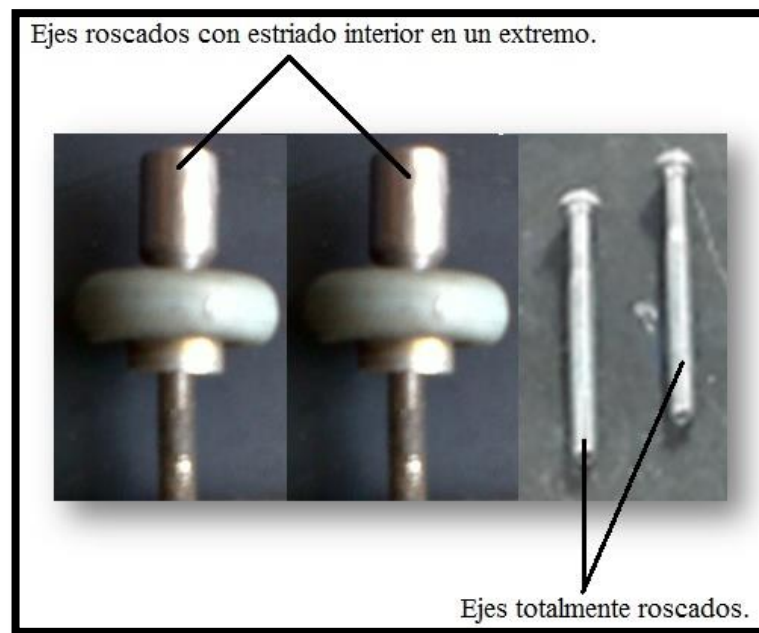
Figura 3.11 Alojamiento del Rodamiento.



Fuente: Grupo de Investigación.

Se elaboraron cuatro ejes roscados (dos por cada faro), para la conexión del portalámpara con los rodamientos; además se realizo un estriado interior en el extremo de dos ejes para la unión del servomotor (Figura 3.12).

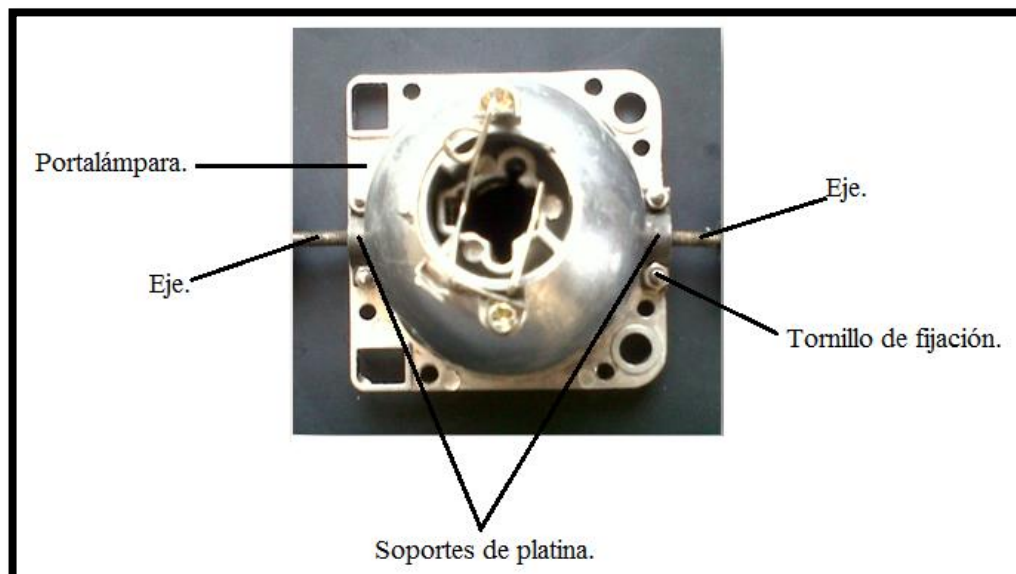
Figura 3.12: Ejes del Mecanismo.



Fuente: Grupo de Investigación.

Se realizaron dos soportes de platina por cada faro para fijar el portalámpara con los ejes roscados que transmitirán el movimiento del haz luminoso; a su vez se realizó unos puntos de suelda para la fijación (eje-platina), (Figura 3.13).

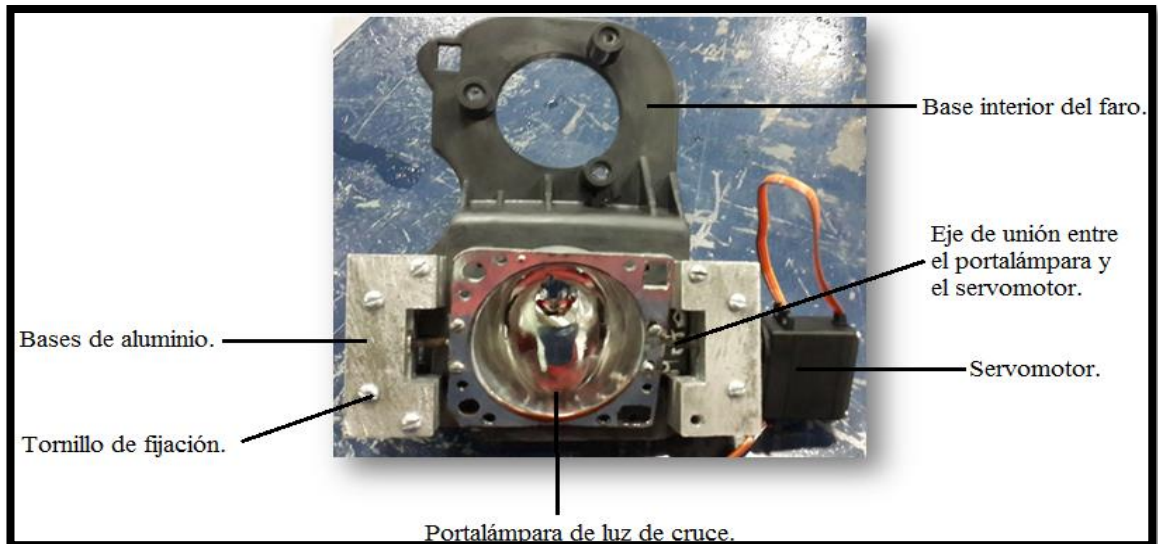
Figura 3.13: Unión Soporte-Portalámpara-Eje.



Fuente: Grupo de Investigación.

El servomotor se conecta directamente por medio de un estriado a uno de los ejes fijos al portalámpara y va sujeto a la base de aluminio por medio de dos tornillos (Figura 3.14).

Figura 3.14: Mecanismo de Transmisión de Movimiento.



Fuente: Grupo de Investigación.

Se tuvo que modificar el diseño original del faro, con el propósito de obtener el espacio suficiente dentro de este para acoplar el mecanismo que permita girar el haz luminoso en ambos sentidos (izquierda o derecha), según las condiciones de manejo que se presenten. (Figura 3.15).

Figura 3.15: Mecanismo de Giro de la Luz de Cruce.



Fuente: Grupo de Investigación.

Se realizó un alargamiento de 25 milímetros en la anchura del faro para que nos permita acoplar el sistema de giro en el interior de este. (Figura 3.16).

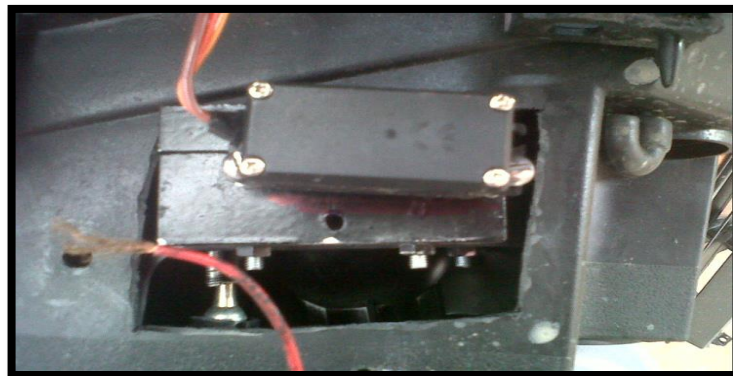
Figura 3.16: Alargamiento del Faro.



Fuente: Grupo de Investigación.

Se efectuó un corte de (110mm x 70mm) en la superficie inferior del faro, para la conexión del servomotor al mecanismo de giro. (Figura 3.17).

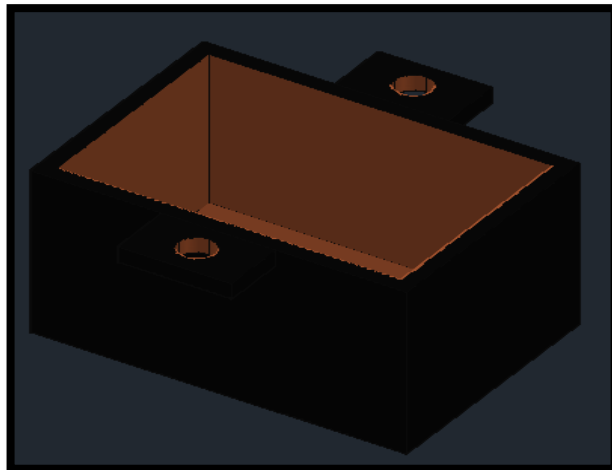
Figura 3.17: Superficie Inferior del Faro.



Fuente: Grupo de Investigación.

Se construyó una caja de plástico de 90mm de largo, 70mm de ancho y 55mm de alto; para cubrir el servomotor y a su vez hermetizar el faro con el objetivo de no permitir que ingresen partículas de polvo al interior de este. (Figura 3.18).

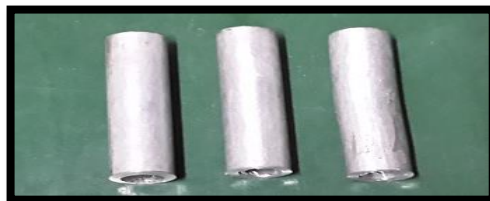
Figura 3.18: Caja de Plástico.



Fuente: Grupo de Investigación.

Se tuvo que elaborar tres bujes de aluminio por cada faro para evitar que se vea afectada la proyección del haz luminoso que genera la lámpara de carretera debido a la modificación del espesor del faro. Estos bujes se ubican entre la base interior del faro y el portalámpara de luz de carretera; a su vez se cambió la longitud de los tornillos de fijación de estos elementos por unos más largos. (Figura 3.19; 3.20).

Figura 3.19: Bujes de Aluminio.



Fuente: Grupo de Investigación.

Figura 3.20: Montaje de los Bujes entre la Base Interior y el Portalámpara Luz de Carretera.



Fuente: Grupo de Investigación.

3.6.2 Mecanismo de Engrane para la conexión entre la Columna de la Dirección y el Sensor de Giro.

Para el sistema de luz de curva dinámica se optó por emplear como sensor de giro un encoder mecánico incremental tipo potenciómetro, el cual nos permite captar el ángulo de giro del volante y el recorrido que efectúa el mismo; para ello se empleó un sistema de engranes de iguales características, pero de distinto material para evitar que exista desgaste y ruido al momento de engranar (Figura 3.21).

Figura 3.21: Ruedas Dentadas de Diente Recto.



Fuente: Grupo de Investigación.

El engrane tiene una relación de transmisión de 1:1 debido a que las dos ruedas dentadas tienen las mismas especificaciones y características. El haz luminoso empieza a desplazarse cuando el volante gira más de 15 grados ya sea hacia la izquierda o derecha; si el volante se encuentra girado 90 grados o más en cualquier sentido, los faros son posicionados a sus extremos máximos que sería 45 grados.

El encoder se encuentra acoplado a una estructura metálica por medio de una tuerca para de esta manera poder desmontar si fuese necesario para realizar alguna reparación o recambio.

3.7 Cálculos del Mecanismo.

De acuerdo con "Mechanical Design Handbook" por Harold A. Rothbart, "*Los valores típicos de factores de diseño de seguridad van desde 3 en aplicaciones típicas de diseño de la máquina a aproximadamente 10 en el caso de algunos recipientes de presión*".

Por lo que hemos utilizado un factor de seguridad de 3 para el diseño de los elementos del sistema automático de regulación variable del alumbrado en el vehículo, el mismo que mantiene una resistencia aceptable y no involucra un coste elevado de fabricación.

3.7.1 Diseño del Eje Vertical Principal

Para el diseño del mecanismo es necesario determinar el diámetro del eje vertical principal, que une el portalámparas y el servomotor, de modo que soporte la carga dada por el faro, la lámpara y la lente de dispersión lumínica. Para ello mediante el método de diseño de ejes y utilizando la fórmula de la energía de la distorsión de Von Misses para materiales dúctiles y carga estática se determinó:

➤ Cálculo del diámetro (Eje-Portalámpara)

Datos:

$n = 3.$

$T = 0.7355 \text{ Nm.}$

Tipo de material = Acero AISI 1018.

$S_y = 220 \text{ MPa.}$ (Véase Tabla Anexa).

$d = ?.$

Dónde:

n = Factor de seguridad.

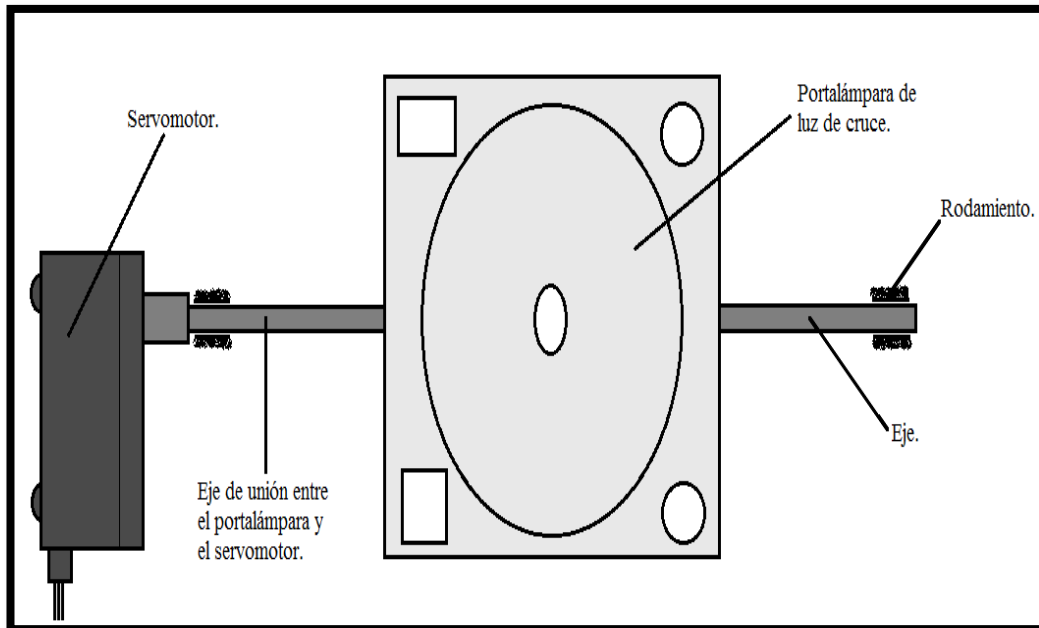
T = Torque ejercido por el servomotor.

S_y = Resistencia a la fluencia.

d = Diámetro del eje.

- **Diagrama:** (Figura 3.22)

Figura 3.22: Diagrama de Cuerpo Libre Eje- Portalámpara.



Fuente: Grupo de Investigación.

- **Desarrollo:**

Ecuación 2: Diámetro del eje.

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \times n}{\pi \times S_y} \sqrt{4M^2 + 3T^2}} \quad 10$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \times 3}{\pi \times 220 \text{ Mpa}} \sqrt{(4 \times 0)^2 + (3 \times 0.7355 \text{ Nm})^2}}$$

$$d = 5.35 \text{ mm} \approx 5.5 \text{ mm}$$

El diámetro del eje a utilizar para que resista los esfuerzos a los que se halla sometido el mecanismo de pivote de los faros es de 5.5 mm.

¹⁰ Diseño de árboles. <http://blog.utp.edu.co/lvanegas/files/2011/08/Cap7.pdf>, pág. 10.

3.7.2 Diseño de la Soldadura

Por la necesidad de sujetar el eje al portalámpara de luz de cruce se ha utilizado cordones de soldadura a fin de fijarlos de manera permanente. El cálculo de esta unión se la realizó de la siguiente manera.

➤ Cálculo del ancho de la garganta de Soldadura (Eje-Portalámpara)

Datos:

$n = 3.$

Tipo de electrodo = 6011.

$r = 0.2\text{cm}.$

$M = 7.5 \text{ kg-cm}.$

$S_y = 345\text{MPa}.$ (Véase Tabla Anexa).

$h = ?.$

Dónde:

n = Factor de seguridad.

r = Radio del eje soldado.

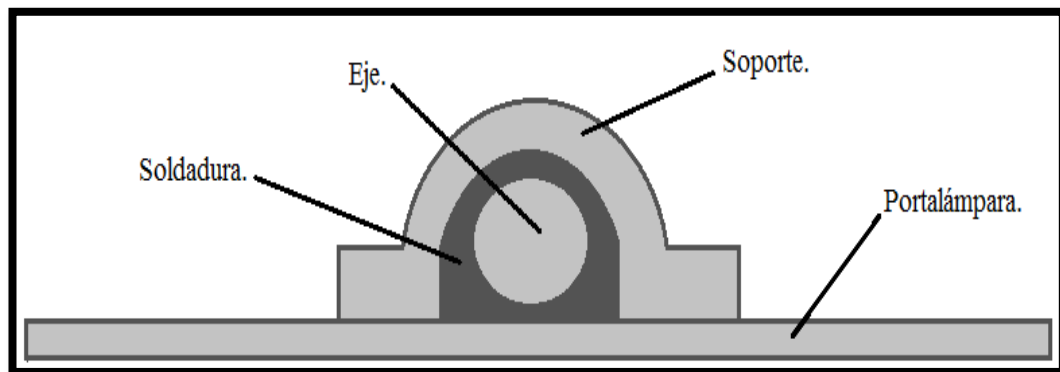
M = Torque ejercido por el servomotor.

S_y = Resistencia a la fluencia.

h = Ancho de la garganta de soldadura.

- **Diagrama:** (Figura 3.23)

Figura 3.23: Diagrama de Cuerpo Libre Soldadura.



Fuente: Grupo de Investigación.

- **Desarrollo:**

$$S_y = 345000000\text{Pa} = 3520.41 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

Ecuación 3: Resistencia a la fluencia cortante.

$$Ssy = 0.577 \times Sy^{11}$$

$$Ssy = 0.577 \times 3520.41 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\boxed{Ssy = 2031.277 \text{ Kg/cm}^2}$$

Ecuación 4: Factor de seguridad.

$$n = \frac{Ssy}{\tau}^{12}$$

$$\tau = \frac{Ssy}{n}$$

$$\tau = \frac{2031.277 \text{ Kg/cm}^2}{3}$$

$$\boxed{\tau = 677.092 \text{ Kg/cm}^2}$$

Ecuación 5: Cortante primaria.

$$\tau' = \frac{V}{A} = 0 \text{ (No existe cortante primaria en la soldadura)}^{13}$$

$$\tau'' = \tau \text{ (Ya que no hay cortante primaria)}$$

Ecuación 6: Cortante secundaria.

$$\tau'' = \frac{M \times r}{J}^{14}$$

$$J = \frac{M \times r}{\tau''}$$

¹¹ Budynas, Richard y Nisbett, Keith, (2008) Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, 8^{va} edición, editorial McGraw-Hill, Interamericana, México, pág.217.

¹² Budynas, Richard y Nisbett, Keith, Op. Cit. pág 477.

¹³ Budynas, Richard y Nisbett, Keith, Op. Cit. pág.464.

¹⁴ Idem, pág.464.

$$J = \frac{7.5 \text{Kgcm} \times 0.2 \text{cm}}{677.092 \text{Kg/cm}^2}$$

$$\boxed{J = 0.0022 \text{cm}^4}$$

Ecuación 7: Segundo momento polar unitario del área.

$$J_u = 2 \times \pi \times r^3 \quad ^{15}$$

$$J_u = 2 \times \pi \times (0.2 \text{cm})^3$$

$$\boxed{J_u = 0.05 \text{cm}^3}$$

Ecuación 8: Segundo momento polar de inercia.

$$J = 0.707 \times h \times J_u \quad ^{16}$$

$$h = \frac{J}{J_u \times 0.707}$$

$$h = \frac{0.0022 \text{cm}^4}{0.05 \text{cm}^3 \times 0.707}$$

$$\boxed{h = 0.063 \text{cm} = 0.62 \text{mm}}$$

3.7.3 Diseño de los tornillos de fijación

Para la fijación de la base interior del faro con la base de aluminio que aloja los rodamientos de bolas en su interior se emplearan cinco tornillos de acero de bajo carbono SAE de grado 1, los cuales se encuentran expuestos a un esfuerzo cortante puro; el cálculo de los tornillos a utilizar para la unión se realizó de la siguiente manera.

¹⁵Budynas, Richard y Nisbett, Keith, Op. Cit. Pág.466.

¹⁶Budynas, Richard y Nisbett, Keith, Op. Cit. Pág.465.

➤ **Cálculo del diámetro del tornillo de fijación (base del faro - base de aluminio)**

Datos:

$n = 3.$

$F = 2.03644N.$

$N_p = 4.$

$S_p = 33000 \text{ Psi}$ (Véase Tabla Anexa).

$d = \text{Diámetro del perno} = ?.$

Dónde:

$n = \text{Factor de seguridad.}$

$F = \text{Carga estática (Peso de la base y del servomotor).}$

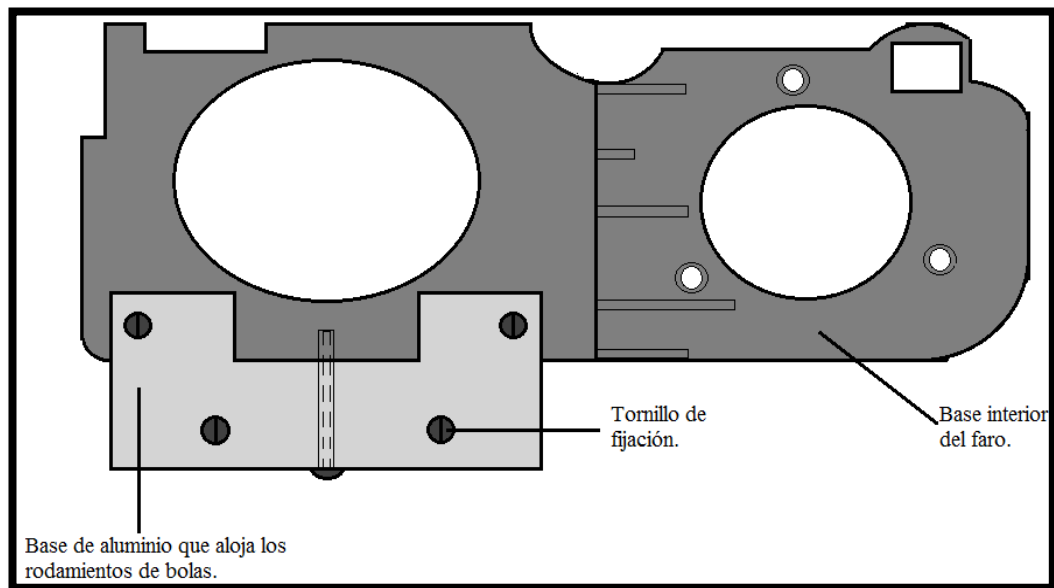
$N_p = \text{Numero de pernos.}$

$S_p = \text{Resistencia de prueba mínima.}$

$d = \text{Diámetro del perno.}$

- **Esquema:** (Figura 3.24)

Figura 3.24: Tornillos de Fijación.



Fuente: Grupo de Investigación.

- **Desarrollo:**

$$S_p = 33000 \text{ Psi} = 227370000 \text{ Pa}$$

Ecuación 9: Factor de seguridad de los tornillos.

$$n = \frac{0.577 \times Sp}{J} \quad 17$$

$$J = \frac{0.577 \times Sp}{n}$$

$$J = \frac{0.577 \times 227370000Pa}{3}$$

$$\boxed{J = 43730000Pa}$$

Ecuación 10: Cortante puro.

$$J = \frac{F}{A \times Np} \quad 18$$

$$J = \frac{2.03644N}{\frac{\pi \times d^2}{4} \times 4}$$

$$J = \frac{0.648218984N}{d^2}$$

$$J = J$$

$$43730000Pa = \frac{0.648218984N}{d^2}$$

$$d^2 = \frac{0.648218984N}{43730000Pa}$$

$$\boxed{d = 0.122mm}$$

3.7.4 Diseño de las Ruedas Dentadas

Para la conexión del sensor de giro y la columna de la dirección se utilizaron dos ruedas dentadas de dientes rectos de iguales características obteniendo una relación de transmisión 1:1; pero de distinto material para evitar desgaste y ruido al momento de engranar los mismos. La rueda dentada que se encuentra solidario al eje de la dirección es de aluminio y la que esta fija al sensor de giro es de grilón.

¹⁷Budynas, Richard y Nisbett, Keith, Op. Cit. Pág.438.

¹⁸Budynas, Richard y Nisbett, Keith, Op. Cit. Pág.436.

➤ **Cálculo de las Ruedas Dentadas de Dientes Rectos de Aluminio y Grilón**

Datos:

$D_o = 44\text{mm.}$

$N = 20$ dientes.

$m = 2$ mm.

$\theta = 20^\circ.$

$m_f = ?.$

$V_R = ?.$

Dónde:

D_o = Diámetro exterior.

N = Número de dientes.

m = Módulo.

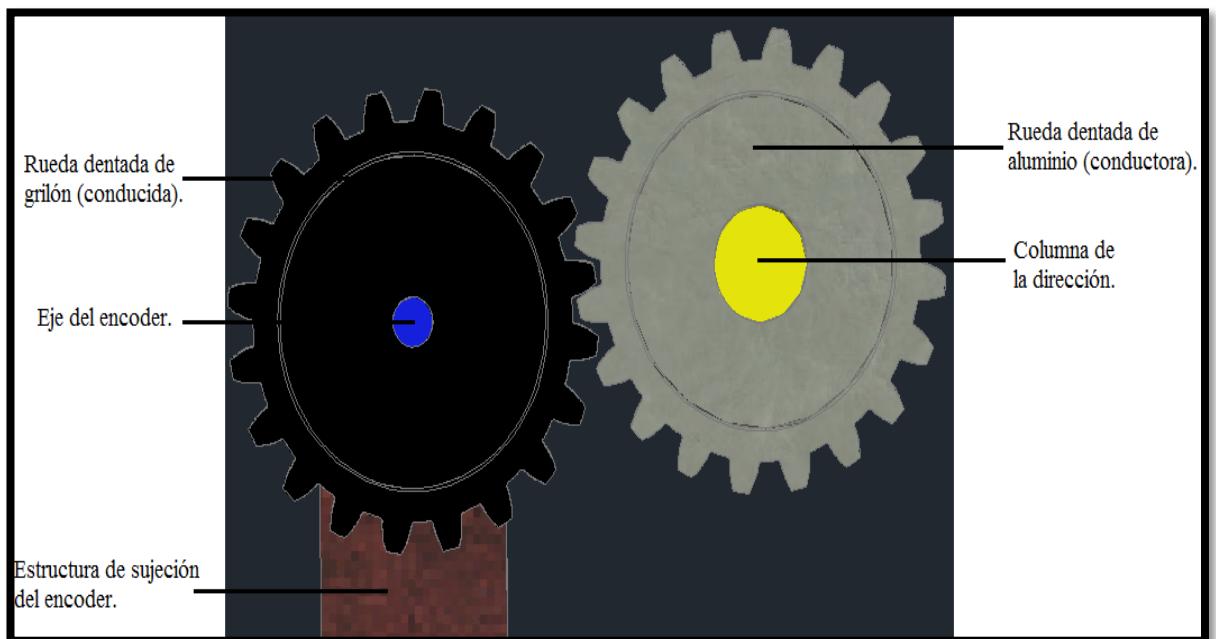
θ = Ángulo de presión.

m_f = Relación de contacto.

V_R = Relación de velocidad.

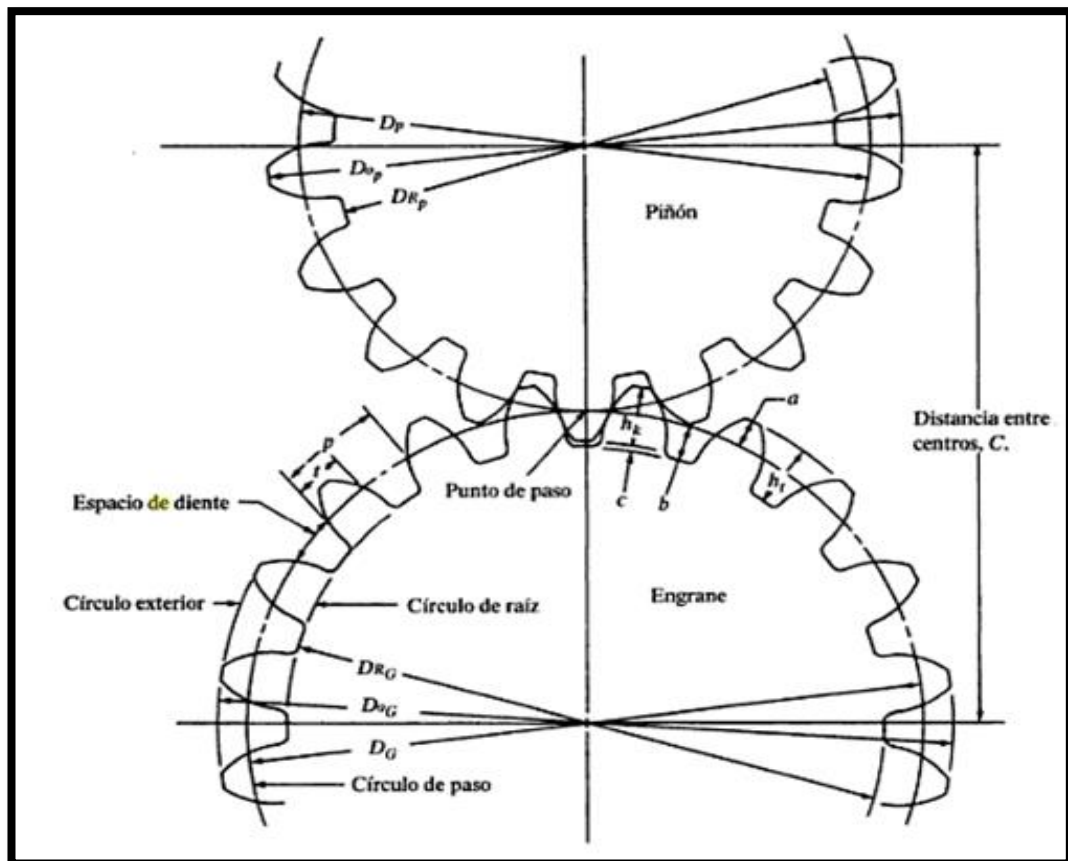
- **Diagrama:** (Figura 3.25; 3.26).

Figura 3.25: Diagrama del Engrane de las Ruedas Dentadas.



Fuente: Grupo de Investigación.

Figura 3.26: Diagrama de Nomenclatura y Propiedades del Engrane.



Fuente: Diseño de Elementos de Máquinas, Mott Robert L., Pág.313.

- **Desarrollo:**

Ecuación 11: Addendum o altura de la cabeza.

$$a = 1.00 \times m^{19}$$

$$a = 1.00 \times 2mm$$

$$a = 2mm$$

Ecuación 12: Dedendum o altura del pie.

$$b = 1.25 \times m^{20}$$

$$b = 1.25 \times 2mm$$

¹⁹ Mott, Robert, (2006) Diseño de Elementos de Máquinas, Cuarta Edición, editorial Pearson Educación, México, pág. 314.

²⁰ Idem, pág. 314.

$$b = 2.5mm$$

Ecuación 13: Holgura.

$$c = b - a^{21}$$

$$c = 2.5mm - 2mm$$

$$c = 0.5mm$$

Ecuación 14: Diámetro exterior.

$$D_o = D + 2a^{22}$$

Donde:
D = Diámetro de paso.

$$D = D_o - 2a$$

$$D = 44mm - (2 \times 2mm)$$

$$D = 40mm$$

Ecuación 15: Diámetro de raíz.

$$D_R = D - 2b^{23}$$

$$D_R = 40mm - (2 \times 2.5mm)$$

$$D_R = 35mm$$

Ecuación 16: Altura total del diente.

$$ht = a + b^{24}$$

$$ht = 2mm + 2.5mm$$

$$ht = 4.5mm$$

²¹Mott, Robert, Op. Cit. pág. 312.

²²Mott, Robert, Op. Cit. pág. 314.

²³Idem, pág. 314.

²⁴Idem, pág..314.

Ecuación 17: Profundidad de trabajo.

$$hk = 2a^{25}$$

$$hk = 2 \times 2mm$$

$$\boxed{hk = 4mm}$$

Ecuación 18: Paso circular.

$$p = \frac{\pi \times D}{N}^{26}$$

$$p = \frac{\pi \times 40mm}{20}$$

$$\boxed{p = 6.2832mm}$$

Ecuación 19: Espesor del diente.

$$t = \frac{p}{2}^{27}$$

$$t = \frac{6.28mm}{2}$$

$$\boxed{t = 3.1416}$$

Ecuación 20: Distancia entre centros.

$$C = \frac{DG + DP}{2}^{28}$$

$$C = \frac{40mm + 40mm}{2}$$

$$\boxed{C = 40mm}$$

²⁵ Mott, Robert, Op. Cit. pág. 314.

²⁶ Mott, Robert, Op. Cit. pág. 310.

²⁷ Mott, Robert, Op. Cit. pág. 314.

²⁸ Mott, Robert, Op. Cit. pág. 316.

Ecuación 21: Diámetro del círculo base.

$$Db = D \times \text{Cos } \theta \quad 29$$

$$Db = 40\text{mm} \times \text{Cos } 20$$

$$\boxed{Db = 37.58\text{mm}}$$

Ecuación 22: Relación de contacto.

$$mf = \frac{\sqrt{(RoP)^2 - (RbP)^2} + \sqrt{(RoG)^2 - (RbG)^2} - (C \times \text{Sen}\theta)}{p \times \text{Cos}\theta} \quad 30$$

$$mf = \frac{\sqrt{(22\text{mm})^2 - (18.79\text{mm})^2} + \sqrt{(22\text{mm})^2 - (18.79\text{mm})^2} - (40\text{mm} \times \text{Sen}20)}{6.2832\text{mm} \times \text{Cos}20}$$

$$\boxed{mf = 1.6\text{mm}}$$

Ecuación 23: Relación de velocidad.

$$VR = \frac{NG}{NP} \quad 31$$

$$VR = \frac{20 \text{ dientes}}{20 \text{ dientes}}$$

$$\boxed{VR = 1:1}$$

²⁹ Mott, Robert, Op. Cit. pág. 316.

³⁰ Mott, Robert, Op. Cit. pág. 317.

³¹ Mott, Robert, Op. Cit. pág. 323.

CAPITULO IV

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SOBRE EL VEHÍCULO

4.1 Introducción

En este capítulo se explicará todo el proceso de construcción en la instalación de los elementos necesarios para el funcionamiento del sistema de regulación variable del alcance luminoso y de luz de curva dinámica sobre el vehículo. Mediante el análisis de la ubicación de todos los elementos; de manera que se eviten obstáculos tales como temperatura, corrientes parásitas, vibraciones, humedad, visibilidad y partículas corrosivas; se permite la disposición correcta de sensores, actuadores y la unidad de control, de modo que todo el sistema trabaje de manera armónica y sincronizada.

4.2 Montaje del Sistema

4.2.1 Montaje de los Faros

Como ya se explicó en el desarrollo del capítulo tres, los faros que se seleccionaron e implementaron no son propios para el vehículo Suzuki Forsa I, ya que en el mercado no existen faros de lente propios para este automóvil; por lo que se realizó la adaptación de los faros del automotor Volkswagen Jetta A4. Estos faros guardan mayor semejanza estética con los faros originales y de igual manera permiten realizar modificaciones internas y externas para aplicar los sistemas de iluminación que se requieren para nuestro proyecto.

Para esto se tuvo que cambiar la mascarilla convencional por la del Suzuki Sprint y realizar ajustes en la misma, con el propósito de que encajen perfectamente los faros y a su vez aloje de manera segura los sensores de temperatura, humedad y luz (Figura 4.1).

Figura 4.1: Mascarilla.

Fuente: Grupo de Investigación.

Además se efectuó modificaciones sobre la carrocería de forma que permita acoplar los faros de manera firme, y acorde con la estética del vehículo en sí; pero principalmente para que aloje a toda la óptica del vehículo con los servomotores sin presentar obstáculos durante el funcionamiento y con la iluminación adecuada. (Figura 4.2).

Figura 4.2: Modificación del Chasis.

Fuente: Grupo de Investigación.

Finalmente se montaron los faros y la mascarilla de manera que se acoplen correctamente y sin variar en mayor proporción con las especificaciones estéticas del fabricante; permitiendo así que la iluminación sea igual a la que presenta los faros originales y que permita el funcionamiento correcto de los nuevos sistemas acoplados sin generar obstáculos durante la marcha (Figura 4.3).

Figura 4.3: Instalación de la Mascarilla y Faros.

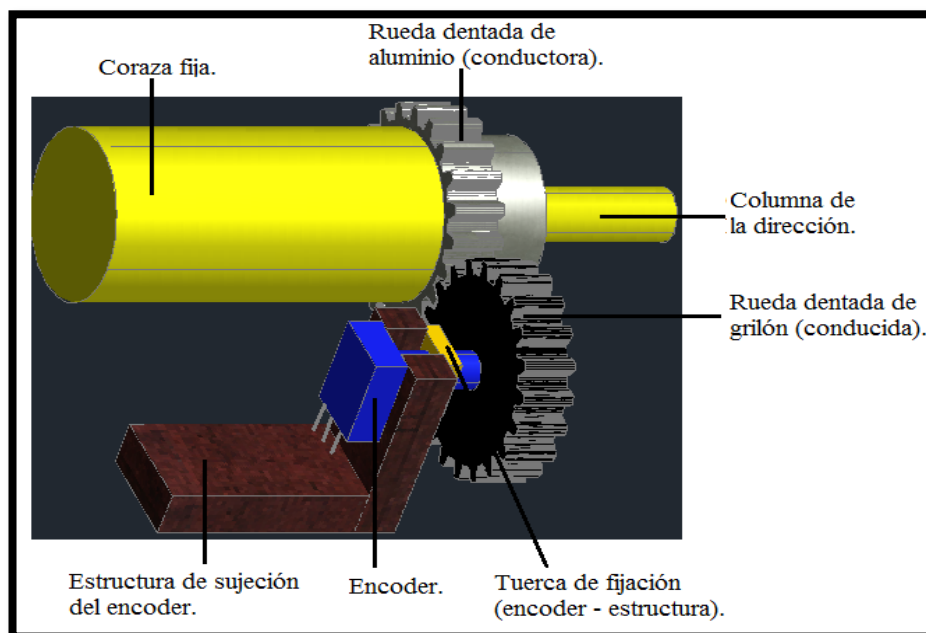


Fuente: Grupo de Investigación.

4.2.2 Montaje del Sensor de Giro de la Dirección

El eje de mando del sensor de giro se conecta a una rueda dentada de grilón por medio de pegamento acrílico, la misma que engrana directamente con otra de aluminio de iguales características fijada a la columna de la dirección. Mediante una tuerca se adapta el encoder a la estructura metálica que se une a la carrocería (Figura 4.4).

Figura 4.4: Montaje de las Ruedas Dentadas.



Fuente: Grupo de Investigación.

Para no desmontar la columna de la dirección se efectuó un corte en la mitad de la rueda dentada de aluminio de forma simétrica y sin alterar las propiedades del mismo; para luego fijar por medio de dos tornillos el piñón al eje de la dirección (Figura 4.5).

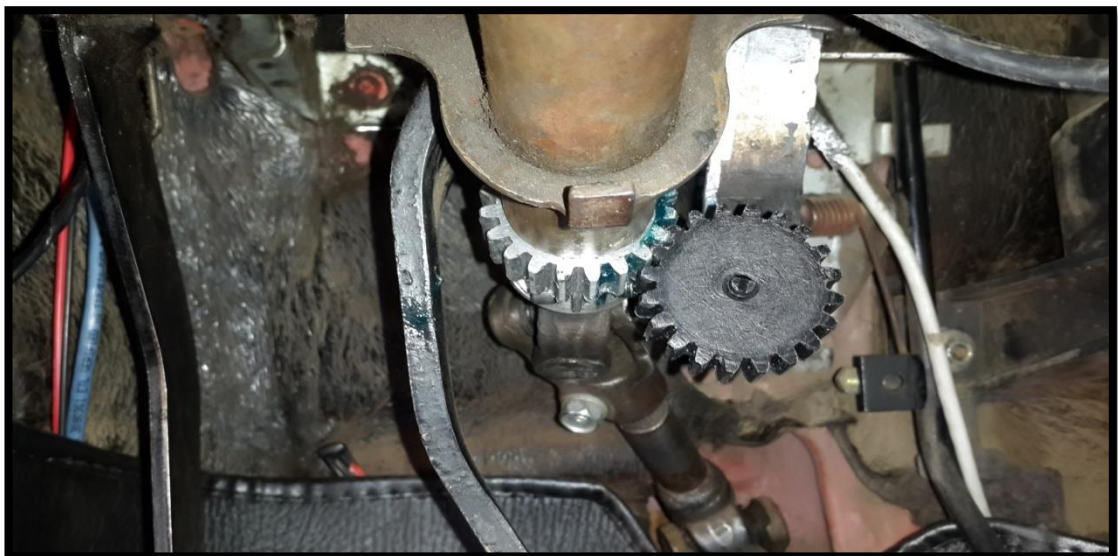
Figura 4.5: Estructura y Montaje de la Rueda Dentada de Aluminio.



Fuente: Grupo de Investigación.

Finalmente se colocó el conjunto sobre la columna de la dirección, teniendo en cuenta que el apriete del piñón que acopla sobre el eje de la dirección sea el adecuado y no genere resbalamiento durante el funcionamiento. Además que el acoplamiento del sensor no interfiera con el giro del volante y no produzca ruidos o incomodidad durante la conducción (Figura 4.6).

Figura 4.6: Montaje de las Ruedas Dentadas y Encoder.



Fuente: Grupo de Investigación.

4.2.3 Montaje del Sensor de Iluminación

El sensor de iluminación tiene la finalidad de medir la cantidad de luz ambiental que se antepone al vehículo y por tal razón se encuentra ubicado en la parte delantera; al tratarse de un sensor lumínico requiere un campo de percepción directo de las fuentes de luz que se presentan en el trayecto del vehículo. Así mismo por ser un sensor delicado, se lo debe proteger de condiciones de humedad, temperatura e impactos por ello se lo colocó detrás del parabrisas el cual brinda protección y a su vez no dificulta la sensibilidad del dispositivo (Figura 4.7).

Figura 4.7: Montaje del Sensor de Iluminación.

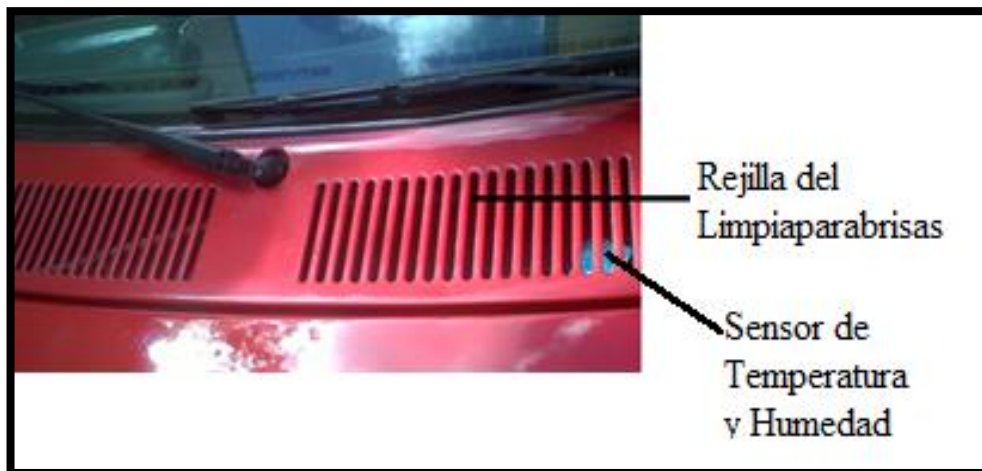


Fuente: Grupo de Investigación.

4.2.4 Montaje del Sensor de Temperatura y Humedad.

Este sensor permite obtener parámetros de humedad y temperatura existentes en el entorno del vehículo con un rango muy efectivo de resultados; al ser un sensor de medición necesita estar protegido de la lluvia e impactos de partículas por lo que se encuentra ubicado en la rejilla del limpiaparabrisas para que pueda medir sin ninguna dificultad el aire circundante. Para obtener medidas exactas este sensor debe estar lo más distante posible del motor para evitar la interferencia de la temperatura que emite este (Figura 4.8).

Figura 4.8: Montaje del Sensor de Temperatura y Humedad.



Fuente: Grupo de Investigación.

4.2.5 Montaje del Sensor de Lluvia.

Este sensor permite detectar la presencia de lluvia en el entorno del vehículo, por esta razón se instalo en la rejilla del limpiaparabrisas para que pueda captar sin ninguna dificultad las gotas de lluvia; ya que estas caen directamente sin obstaculizarse (Figura 4.9).

Figura 4.9: Montaje del Sensor lluvia.



Fuente: Grupo de Investigación.

4.2.6 Montaje del Display de Información y del Botón de Encendido

El display de información es el encargado de mostrar al usuario toda la información referente al funcionamiento del sistema y a las magnitudes tomadas por los diferentes sensores tales como: Cantidad de Luz Ambiental (Lúmenes), Temperatura (Grados Celsius), Humedad (Humedad relativa) y Ángulo de Giro del volante (Grados Sexagesimales). El display se encuentra ubicado en la parte inferior derecha del tablero de instrumentos como se indica en la figura; para que de este modo sean fácilmente apreciados los valores y la información relevante durante su funcionamiento (Figura 4.10).

Figura 4.10: Montaje del Display de Información.



Fuente: Grupo de Investigación.

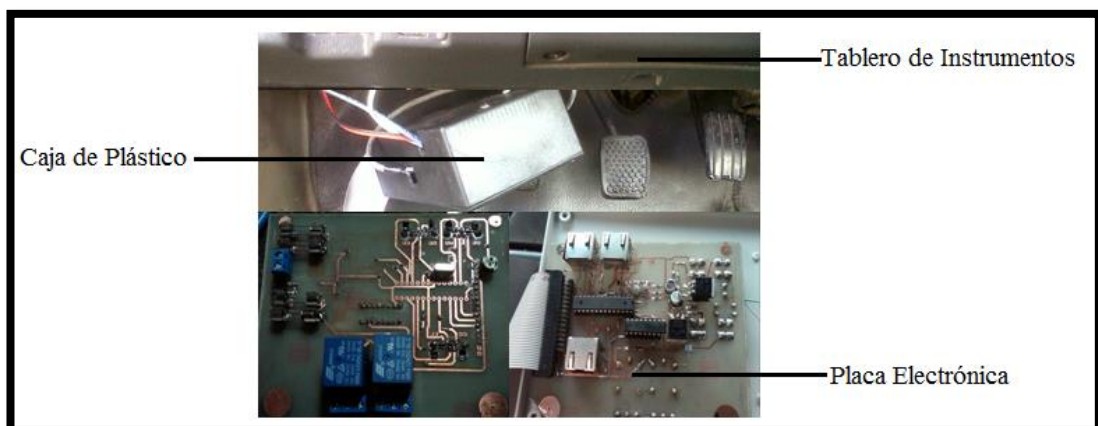
El botón de encendido y apagado del sistema automático de luces se encuentra en la parte izquierda del tablero de instrumentos junto a los botones de activación de los demás accesorios propios del vehículo, dado a que favorece a su accesibilidad y facilidad de control (Figura 4.11).

Figura 4.11: Montaje del Botón de Encendido.

Fuente: Grupo de Investigación.

4.2.7 Montaje de la Placa Electrónica.

Para la instalación de la placa electrónica del sistema de regulación automática del alumbrado en el vehículo se consideró el lugar más apropiado y que genere menos molestia para los ocupantes; para ello se ubico ésta en la parte inferior del tablero de instrumentos. Para evitar que ingrese polvo, humedad y temperatura excesiva, se hermetizo la placa por medio de una caja de plástico con sus respectivos orificios de ventilación y tornillos de fijación. Los cables de instalación se tendieron por debajo del tapizado para evitar obstáculos en los tripulantes del automotor (Figura 4.12).

Figura 4.12: Montaje de la Placa Electrónica.

Fuente: Grupo de Investigación.

CAPITULO V

PRUEBAS Y PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO.

5.1 Introducción

En este capítulo se describe todas las pruebas y parámetros de funcionamiento que permiten obtener el mejor desempeño y fiabilidad de los sistemas de regulación variable del alcance luminoso y luz de curva dinámica implantado en el vehículo. Gracias a la variación de los valores obtenidos por los sensores (luz, humedad, temperatura, lluvia y giro) se permite efectuar las modificaciones necesarias para tener un control eficaz sobre los actuadores; a fin de realizar la conmutación de las luces y permitir el giro de los faros oportunamente en el transcurso de la conducción.

5.2 Calibración de las Luces

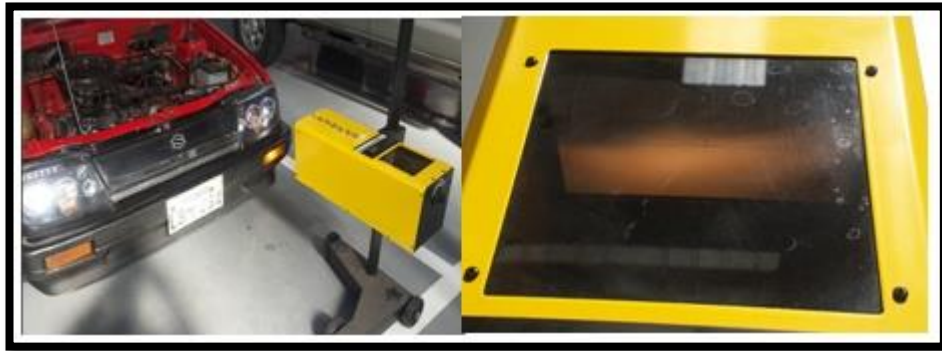
Luego de la implementación de los dos sistemas auxiliares sobre el vehículo se procedió a poner a punto la calibración de las luces, dado que se realizaron modificaciones sobre la estructura y posición del faro. Para ello, utilizamos el método de regulación dinámica con ayuda de un regloscopio automotriz; debido a que este artefacto brinda mayor precisión y está homologado según las normas vigentes en el país.

Para la calibración iniciamos colocando al vehículo sobre una calzada horizontal y con la correcta presión regulada en todos los neumáticos. Luego se ubicó el regloscopio a 30 centímetros del faro alineado paralelamente con el eje longitudinal del vehículo. Se procedió a regular el ángulo de inclinación del faro sobre el regloscopio con el valor dado por el fabricante. Finalmente se proyectó el haz de las luces de cruce sobre la pantalla de calibración y se actuó sobre los tornillos de ajuste de manera que coincidan con las líneas de asimetría del regloscopio (Tabla 5.1), (Figura 5.1).

Tabla 5.1: Calibración de las Luces.

Presión de los Neumáticos	180 Kpa
Ángulo de Inclinación del Faro	1.2%
Distancia del Faro al Regloscopio	30 cm
Cantidad Luz de Cruce	45 Lúmenes
Cantidad Luz de Carretera	80 Lúmenes

Fuente: Grupo de Investigación.

Figura 5.1: Calibración de las Luces.

Fuente: Grupo de Investigación.

5.3 Configuración del Sistema

Para el correcto accionamiento del sistema automático de luces es necesario realizar la configuración inicial del modulo de control, en el cual se establecerá los diferentes parámetros de funcionamiento y ciertas limitaciones que permitan controlar de forma adecuada el encendido, apagado, conmutación y giro de las luces según las condiciones de circulación que se presenten.

Al accionar el interruptor de alimentación del sistema automático se activa la pantalla del display permitiendo visualizar la palabra BIENVENIDOS SISTEMA DE LUCES durante un segundo, indicándonos que el sistema se encuentra preparado para su funcionamiento (Figura 5.2).

Figura 5.2: Pantalla Inicial del Display.

Fuente: Grupo de Investigación.

Después la pantalla del display nos permite visualizar las variaciones de los distintos valores captados por los sensores de luz, temperatura, humedad, lluvia y giro; lo cual nos permitirá garantizar el correcto funcionamiento del sistema según los rangos y limitaciones establecidos en el módulo de control (Figura 5.3).

Figura 5.3: Valores Obtenidos por los Sensores en el Display.

Fuente: Grupo de Investigación.

5.4 Pruebas de Funcionamiento

Para comprobar el correcto funcionamiento del sistema automático de luces se procedió primeramente a determinar el estado de los sensores (luz, lluvia, humedad, temperatura y giro), así como de los actuadores (relés y servomotores) implementados en el vehículo; después se verificó la instalación de los cables que conectan al módulo con los distintos elementos electrónicos para descartar cualquier interferencia o inadecuada conexión ya que esto puede afectar al sistema. Se debe contar con la correspondiente tensión dentro y fuera del circuito con el fin de no tener inconvenientes en el funcionamiento y a su vez ocasionar daños de los distintos componentes electrónicos.

5.4.1 Pruebas del Sistema Automático por Medio del Sensor de Luz (BH1750FVI)

El encendido, apagado y conmutación de las luces se efectúa automáticamente por medio de un sensor de luz (BH1750FVI) que está constituido por un circuito integrado que permite captar la intensidad de iluminación ambiental a través de un fotodiodo; el cual va a determinar si el vehículo se encuentra en el día o en la noche según el cambio de intensidad lumínica que se produzca en el transcurso de la conducción. El circuito lógico de control y de interface que conforman a este sensor nos permite calcular la cantidad de luz existente en el medio que se encuentre el automóvil, luego envía la información censada al módulo de control para que este active o desactive al relé de altas o bajas según los parámetros de funcionamiento establecidos.

5.4.1.1 Encendido Automático de las Luces de Cruce

Las luces se activaran de manera automática cuando el vehículo transite por una zona con insuficiente cantidad de luz ambiental; para ello el sensor de luz debe estar dentro de un rango establecido de captación (mínima de 1 Lux y máxima de 80 Lux), con el fin de mantener activadas las luces de cruce durante la conducción. Al realizar las pruebas se comprobó que:

- Si se encendieron las luces de cruce al atardecer (Figura 5.4).

Figura 5.4: Encendido de las Luces al Atardecer.



Fuente: Grupo de Investigación.

- Si conmutó a luces bajas al detectar un vehículo que circulaba en sentido contrario (Figura 5.5).

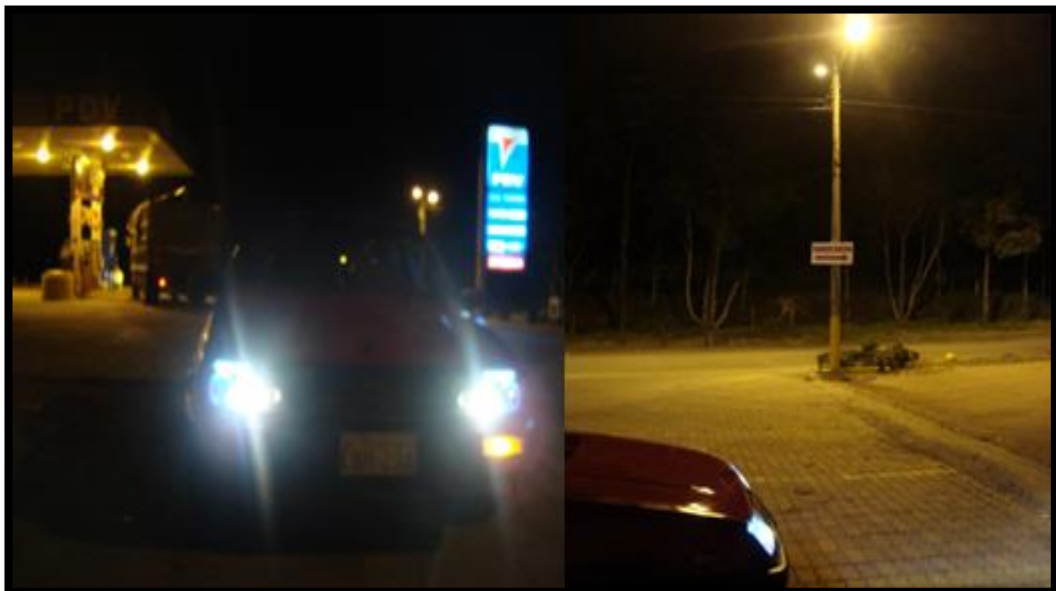
Figura 5.5: Conmutación de Luces al Detectar un Vehículo.



Fuente: Grupo de Investigación.

- Si conmutó a luces de cruce al ingresar a una ciudad con alumbrado público (Figura 5.6).

Figura 5.6: Conmutación de Luces al Ingresar a una Ciudad.



Fuente: Grupo de Investigación.

5.4.1.2 Encendido Automático de las Luces de Carretera

Las luces se accionaran de forma automática cuando el vehículo transite por una zona sin cantidad de luz ambiental; para ello el sensor de luz debe estar dentro de un parámetro establecido de captación de (0 Lux), con el propósito de mantener activadas las luces de carretera durante la circulación. Al realizar las pruebas se comprobó que:

- Si se encendieron las luces de carretera al transitar por zonas sin alumbrado público (Figura 5.7).

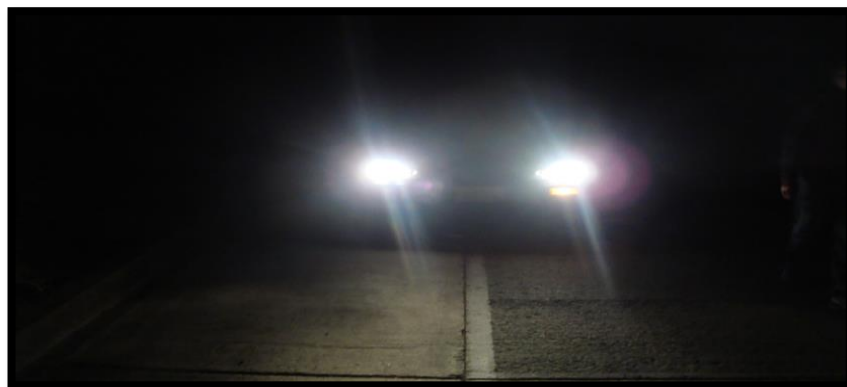
Figura 5.7: Encendido de las Luces al transitar por Zonas sin Alumbrado.



Fuente: Grupo de Investigación.

- Si conmutó a luces de carretera al ingresar a trayectos poco iluminados (Figura 5.8).

Figura 5.8: Conmutación de Luces al Ingresar a Trayectos Poco Iluminados.



Fuente: Grupo de Investigación.

5.4.1.3 Apagado Automático de las Luces de Carretera y Cruce

Las luces se apagan de forma automática cuando el vehículo transite por zonas con suficiente cantidad de luz ambiental; para ello el sensor de luz debe estar dentro de un parámetro establecido de captación superior a (80 Lux), con el propósito de mantener desactivadas las luces de carretera y cruce durante la conducción en el transcurso del día. Al realizar las pruebas se comprobó que:

- No se encendieron las luces al transitar en el día (más de 80 Lux). (Figura 5.9).

Figura 5.9: Apagado de las Luces en el Día.



Fuente: Grupo de Investigación.

- Si se apagaron las luces al amanecer (Figura 5.10).

Figura 5.10: Apagado de las Luces al Amanecer.



Fuente: Grupo de Investigación.

5.4.2 Pruebas del Sistema Automático por Medio del Sensor de Temperatura y Humedad (DHT11).

El encendido y apagado de las luces del vehículo se efectúa automáticamente por medio de un sensor de temperatura y humedad (DHT11) que está constituido por un circuito integrado que permite obtener parámetros de humedad relativa y temperatura con un rango muy efectivo de resultados; está formado por un sensor de humedad capacitivo y un termistor que mide el aire circundante, y transmite una señal digital a través del pin de datos al módulo de control para que este active o desactive las luces según los parámetros de funcionamiento establecidos.

5.4.2.1 Encendido Automático de las Luces

Las luces altas y bajas se activaran de forma automática cuando el vehículo transite por condiciones ambientales hostiles tales como neblina y granizo, los mismos que dificultan la visibilidad de la calzada ya sea de día o de noche; para ello el sensor de humedad y temperatura debe estar en un rango menor a (6°C), con el fin de mantener activadas las luces durante el trayecto. Al realizar las pruebas se comprobó que:

- Si se encendieron las luces al transitar por zonas hostiles (neblina). (Figura 5.11).

Figura 5.11: Encendido de las Luces al Detectar Neblina.



Fuente: Grupo de Investigación.

5.4.2.2 Apagado Automático de las Luces

Las luces se apagaran automáticamente cuando el vehículo transite por zonas con suficiente iluminación y condiciones ambientales normales que no dificulte la conducción; para ello el sensor de humedad y temperatura debe estar en un rango mayor a (6°C), con el fin de mantener desactivadas las luces durante el trayecto. Al realizar las pruebas se comprobó que:

- No se encendieron las luces al transitar en el día sin condiciones hostiles (más de 6°C). (Figura 5.12).

Figura 5.12: Apagado de las Luces al Transitar sin Neblina.



Fuente: Grupo de Investigación.

5.4.3 Pruebas del Sistema Automático por Medio del Sensor de lluvia (Modelo 7039)

El encendido y apagado de las luces de cruce se efectúa automáticamente por medio de un sensor de lluvia (modelo 7039), el cual está constituido por un potenciómetro para regular la sensibilidad ante la presencia de gotas de agua en el transcurso de la conducción del automóvil; cuando la resistencia captada por este sensor no supera el valor establecido en la programación, las luces de cruce se encenderán.

5.4.3.1 Encendido Automático de las Luces

Las luces de cruce se activaran de manera automática cuando el vehículo transite por condiciones climáticas adversas como lluvia, debido a que dificulta la perfecta visibilidad de la vía ya sea de día o de noche; para ello el sensor debe captar la presencia de gotas de agua con un parámetro ($\leq 100\Omega$), con el fin de mantener activadas las luces durante la conducción. Al realizar las pruebas se comprobó que:

- Si se encendieron las luces al haber presencia de lluvia (Figura 5.13).

Figura 5.13: Encendido de las Luces al Detectar lluvia.



Fuente: Grupo de Investigación.

5.4.3.2 Apagado Automático de las Luces

Las luces se apagaran automáticamente cuando el vehículo transite por zonas con suficiente iluminación y condiciones ambientales normales que no dificulte la conducción; para ello el sensor de lluvia debe captar un rango ($\geq 100\Omega$), con el fin de mantener desactivadas las luces durante el trayecto. Al realizar las pruebas se comprobó que:

- No se encendieron las luces al transitar en el día sin condiciones hostiles (sin presencia de lluvia). (Figura 5.14).

Figura 5.14: Apagado de las Luces al Transitar sin lluvia.



Fuente: Grupo de Investigación.

5.4.4 Pruebas del Sistema Automático de Luz de Curva Dinámica

Se comprobó el funcionamiento del sistema automático de luz realizando pruebas de manejo en curvas pronunciadas, así como en giros rápidos de izquierda a derecha y viceversa donde se pudo verificar que los faros no pierden su nivel de referencia; a su vez permite visualizar el giro de los faros ya que estos proyectaban su haz luminoso hacia el lado que se dirigía el vehículo, permitiendo obtener una mejor visión del trayecto de la curva pudiendo detectar cualquier obstáculo que se presente.

Cuando se apaga el sistema de luces automáticas los faros permanecen en la última posición en la que esté el volante; al momento de poner en funcionamiento el sistema debemos cerciorarnos que la dirección del vehículo se encuentre en posición recta ya que el módulo de control se encarga de mover los faros a la posición inicial de referencia (centrados en la mitad), sin importar si las llantas están rectas o no, y a partir de esta posición comenzaran a moverse los faros según el giro del volante.

Los faros empiezan a desplazarse a partir de los 15° del giro del volante, y alcanzan su máximo desplazamiento de (20°) a cada lado cuando el volante ha efectuado un giro de 90° o más ya sea hacia la izquierda o derecha según las condiciones de manejo que se presenten (Figura 5.15).

Figura 5.15: Giro de los Faros según la Dirección del Vehículo.

Fuente: Grupo de Investigación.

5.4.5 Pruebas de Fiabilidad del Sistema Automático de Luces

Al realizar las pruebas de funcionamiento según los parámetros y limitaciones establecidas previamente en el sistema de luces automáticas se consiguió tener un mayor campo de visión ya que el haz luminoso se proyecta hacia el lado que gire el automóvil; además brinda al conductor mayor confort y seguridad al transitar por la noche o en condiciones ambientales adversas (lluvia, granizo o neblina) ya que no tiene que preocuparse de realizar la conmutación de luces, ni de encender o apagar las mismas.

Los sensores, actuadores y demás elementos electrónicos que conforman el sistema brindaron la fiabilidad necesaria para resistir las diferentes condiciones a los que se hallan sometidos los cuales son: mecánicos (vibraciones, golpes, ruidos), climáticos (temperatura, humedad), químicos (fluidos, polvos), y electromagnéticos (sobretensiones, interferencias). El vehículo cuenta con el sistema de luces automático y convencional con la finalidad de que si por algún motivo llegase a dañarse algún elemento electrónico el vehículo pueda transitar con el sistema convencional sin ningún problema. Los sensores y actuadores fueron instalados de manera que puedan ser reemplazados fácilmente en caso de colapsar, asegurando la confiabilidad del sistema.

5.4.6 Pruebas de Consumo Energético

Se realizó una comparación entre el sistema convencional y el sistema automático para determinar la diferencia de consumo de energía que existe entre los dos; a continuación se detallarán los componentes que conforman los sistemas y sus parámetros eléctricos (Tabla 5.2).

Tabla 5.2: Comparación del Consumo Eléctrico de los Sistemas.

Elementos	Sistema Convencional				Sistema Automático			
	In (A)	Vn (V)	Cantidad de Elementos	Pn (W)	In (A)	Vn (V)	Cantidad de Elementos	Pn (W)
Batería	45	12	1	540	45	12	1	540
Lámparas de Carretera	8,33	12	2	200	8,33	12	2	200
Lámparas de Cruce	4,58	12	2	110	4,58	12	2	110
Servomotores	-	-	-	-	2,2	4.8	2	21,12
Módulo de Control	-	-	-	-	0,068	5	25	8,5
Consumo de Potencia Máximo				200	Consumo de Potencia Máximo			339,62
Consumo de Potencia Mínimo				110	Consumo de Potencia Mínimo			139,62

Fuente: Grupo de Investigación.

Según los resultados obtenidos se puede analizar que el sistema automático implementado en el vehículo presenta un consumo máximo de potencia de (339,62 W) al transitar por zonas oscuras (0 Lux), ya que se encienden las luces de carretera y cruce simultáneamente; mientras que al circular por trayectos con un rango de iluminación de (1 a 80 Lux) el consumo es de (139,62 W) debido a que se activan únicamente las luces de cruce. El aumento de energía en comparación con el sistema convencional se debe a que se dispone de una mayor cantidad de elementos eléctricos y electrónicos, lo cual no dificulta el correcto funcionamiento del sistema ya que la batería tiene una capacidad de reserva de 20A de 72 min.

5.5 Presupuesto

A continuación se detalla puntualmente cada uno de los elementos utilizados y sus valores económicos, de modo que permita tener un control financiero del proyecto realizado (Tablas 5.3, 5.4, 5.5, 5.6).

Tabla 5.3: Costos de los Elementos Electrónicos.

PRESUPUESTO DEL PROYECTO			
Detalle de Costos de los Elementos Electrónicos			
Ítem	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
PIC16F876	1	20,00	20,00
LCD 2x16 Blacklight Azul	1	8,50	8,50
Cristal	1	2,00	2,00
Conectores RJ45	3	0,50	1,50
Cable UTP Categoría 6	4 metros	0,75	3,00
Diodos 1N4007 SMD	8	0,20	1,60
2N3904 SMD	12	0,15	1,80
LM7805 SMD	3	2,03	6,09
Fusibles y Porta fusible de 3A	4	2,25	9,00
Fusible y Porta fusible de 25A	1	1,50	1,50
ULN2003A SMD	2	3,00	6,00
Capacitores 1uf SMD	5	1,50	7,50
Trimer SMD	1	2,50	2,50
Potenciómetro	1	1,00	1,00
Leds	2	0,25	0,50
Resistencias Varias	6	0,05	0,30
Sensor de Luz	1	9,00	9,00
Sensor de lluvia	1	12,00	12,00
Sensor DHT11	1	12,00	12,00
Encoder	1	10,00	10,00
Relés	4	1,50	6,00
Servo motores	2	28,00	56,00
Molex 4 pines	4	4,50	18,00
Molex 3 pines	3	3,00	9,00
Interruptor	1	2,50	2,50
Placa	1	8,50	8,50

Papel de Transferencia A4	2	2,00	4,00
Bus de Datos	1	1,60	1,60
Caja de Plástico del Circuito	1	5,00	5,00
Caja de Plástico del LCD	1	3,00	3,00
Estaño	2 metros	0,50	1,00
Zócalo de 28 Pines	1	3,00	3,00
Zócalo de 16 Pines	1	3,00	3,00
Lámparas de 55W	2	5,00	10,00
Lámparas de 100W	2	7,50	15,00
Kit de Instalación Faros	1	12,50	12,50
		Total 1	273,89

Fuente: Grupo de Investigación.

Tabla 5.4: Costos de los Elementos Mecánicos.

PRESUPUESTO DEL PROYECTO			
Detalle de Costos de los Elementos Mecánicos			
Ítem	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Faros	2	162,50	325,00
Soportes de Aluminio	4	35,00	140,00
Rodamientos	4	0,50	2,00
Tornillos y tuercas de Fijación	20	0,08	1,60
Ejes con Estriado Interior	2	18,00	36,00
Soportes de Platina	4	1,25	5,00
Cajas Plásticas	2	25,00	50,00
Mascarilla	1	11,00	11,00
Ensanchado de los Faros y vinchas	2	10,00	20,00
Pantalla Acrílica	1	20,00	20,00
Piñón de Aluminio	1	55,00	55,00
Piñón de Grilón	1	35,00	35,00
Estructura de Sujeción del Encoder	1	30,00	30,00
Malla Mascarilla	1	18,00	18,00
Spray Negro	2	2,50	5,00
Silicón sikaflex	1	9,50	9,50

Velcro	1	5,00	5,00
Amarras Plásticas	1	2,00	2,00
		Total 2	770,10

Fuente: Grupo de Investigación.

Tabla 5.5: Costos de Mano de Obra y Accesorios de Oficina.

PRESUPUESTO DEL PROYECTO			
Detalle de Costos de Mano de Obra y Accesorios de Oficina			
Ítem	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Mano de Obra Latonería	1	200,00	200,00
Calibración de los Faros	1	18,00	18,00
Mano de Obra General	1	250,00	250,00
Impresiones y Copias	800	0,10	80,00
Empastados	4	10,00	40,00
Ítems de Oficina	1	70,00	70,00
		Total 3	658,00

Fuente: Grupo de Investigación.

Tabla 5.6: Costo Total del Proyecto.

PRESUPUESTO DEL PROYECTO	
SUBTOTALES	COSTO TOTAL
Total 1	273,89
Total 2	770,10
Total 3	658
TOTAL	1701,99

Fuente: Grupo de Investigación.

CONCLUSIONES

Al finalizar la implementación del sistema automático de luces se puede aportar las siguientes conclusiones:

- Terminado el proyecto se logró cumplir con el objetivo general que consistía en el Diseño e implementación de un sistema automático de regulación del alumbrado en un vehículo Suzuki Forsa I.
- El sistema automático de regulación variable del alcance luminoso es capaz de encender, conmutar y apagar de manera automática las luces de población y carretera, según las condiciones de luz ambiental y proyección lumínica de vehículos que circulan en sentido opuesto, neblina y lluvia que se presenten sobre el automotor.
- El sistema de luz de curva dinámica es capaz de proyectar automáticamente el haz luminoso de los faros de cruce hacia la trayectoria de la curva que el vehículo lleva durante su circulación; permitiendo ampliar el campo de visión lateral y a su vez visualizar los obstáculos que encontrados en los puntos ciegos que existen al transitar con el sistema de luces convencional.
- Se tomó en cuenta que los elementos mecánicos y electrónicos implementados en el sistema brinden la suficiente fiabilidad al momento de enfrentarse a condiciones adversas ya sean estas: mecánicas, climáticas, químicas o electromagnéticas.
- Para realizar la instalación del sistema automático fue necesario interpretar los diagramas eléctricos del sistema de iluminación convencional.
- Para permitir el control del sistema dinámico de luces se procedió a enlazar los sistemas mecánicos con los electrónicos, aprovechando al microcontrolador como vínculo entre estos.

- Se utilizó un microcontrolador PIC 16F876 para controlar el sistema de regulación variable del alcance luminoso y luz de curva dinámica; ya que posee una serie de características que permiten el óptimo funcionamiento de ambos sistemas simultáneamente.
- Se utilizó dos servomotores de marca Tower Pro MG995 con engranes de metal para obtener la mayor precisión y un alto rendimiento de trabajo al momento de mover los faros.
- El consumo de potencia total del sistema automático aumento (139,62 W), lo cual no dificulta el correcto funcionamiento del sistema ya que la batería tiene una capacidad de reserva de 20A de 72 min.
- El sistema automático implementado brinda al conductor mayor confort y seguridad al transitar por la noche o en condiciones ambientales adversas, ya que mejora la visibilidad al proyectar el haz luminoso hacia donde se dirige el vehículo y a su vez suprime las tareas de encendido, apagado y conmutación de las luces.

RECOMENDACIONES

Para obtener un buen desempeño del sistema se brinda a continuación las siguientes recomendaciones:

- Para culminar un proyecto en el menor tiempo posible es pertinente efectuar todo el proceso de forma continua y de manera sistematizada.
- Al seleccionar el microcontrolador debemos analizar que este abarque con todas las expectativas de funcionamiento requeridas para el sistema, así como la capacidad de memoria, velocidad de respuesta y el número de puertos de entrada/salida que se vayan a necesitar.
- No se deben manipular las lámparas por la ampolla de vidrio con las manos durante la instalación ya que se pueden quemar, únicamente se debe sujetar por su casquillo.
- Se debe evitar a toda costa que ingrese suciedad al compartimiento interno del faro porque esto ocasiona que se opaque la proyección del haz y disminuya la eficiencia lumínica.
- Se debe colocar fusibles para la protección del sistema de modo de evitar que algún elemento electrónico se queme debido al aumento de corriente que pueda suscitarse.
- Se debe proteger a los elementos mecánicos y electrónicos de condiciones ambientales hostiles y a su vez es necesario realizar un mantenimiento preventivo con el fin de salvaguardar el sistema.
- Antes de encender el sistema es conveniente revisar todas las conexiones, ya que una defectuosa instalación provocaría pérdidas en el rendimiento de las luces o daños irreversibles de los componentes.

- Se debe mantener encendido el vehículo durante las pruebas de funcionamiento, ya que la reserva de la batería se puede agotar debido al consumo de potencia de los elementos que intervienen en el sistema.
- Para disminuir el consumo de energía y a su vez mejorar la eficiencia lumínica se debe optar por lámparas de Xenón que brindan mejores características.
- Antes de proceder con la instalación del nuevo sistema se debe conocer completamente el esquema del circuito convencional de luces; basados en el manual de reparación del vehículo.
- Al momento de seleccionar los componentes es necesario optar por los de mejor calidad o de uso industrial, ya que brinda mayor fiabilidad y eficacia durante su uso prolongado.
- Se debe tener en cuenta la mejor forma de optimizar el espacio para la disposición de los dispositivos de manera que no obstaculicen a los demás sistemas y al conductor.
- Como mejora a este sistema se podría sugerir la utilización simultánea de un sensor de iluminación ambiental y un sensor de distancia ya que incrementa la eficacia de detección de los vehículos que circulan en sentido contrario; pero su costo se eleva severamente.
- Se debe controlar la temperatura de funcionamiento de las lámparas y de los servomotores para evitar sobrecalentamiento y disminuya su vida útil.
- Periódicamente se debe reajustar la calibración de los faros; pues en nuestro medio las carreteras no son de primera categoría y presentan muchas irregularidades que los van desajustando.

BIBLIOGRAFÍA

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- **AGUEDA CASADO**, Eduardo. (2010). *Elementos Amovibles*. Cuarta edición. Editorial Paraninfo. España.
- **ALONSO**, José Manuel. (2010). *Técnicas del automóvil: equipo eléctrico*. Undécima Edición. Editorial Paraninfo. España.
- **ALONSO PÉREZ**, José Manuel. (2014). *Circuitos Eléctricos Auxiliares del Vehículo*. Primera Edición. Editorial Paraninfo. España.
- **BOSCH**, Robert. (2005). *Manual de la Técnica del Automóvil*. Cuarta Edición. Editorial Reverte. Alemania.
- **BUDYNAS**, Richard y **NISBETT**, Keith. (2012). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*. 9na Edición. Editorial McGraw-Hill, Interamericana. México.
- **DENTON**, Tom. (2013). *Automobile Electrical and Electronic Systems*. Cuarta Edición. Editorial Routledge. Inglaterra.
- **DOMINGO**, J. **GÁMIZ**, J. **GRAU**, A. **MARTINEZ**, H. (2003). *Introducción a los Automatas Programables*. Primera Edición. Editorial UOC.
- **ENRÍQUEZ**, Gilberto. (2009). *Manual Práctico del Alumbrado*. Editorial Limusa S.A. De C.V. México.
- **HERMÓGENES**, Gil. (2002). *Circuitos Eléctricos en el Automóvil*. Editorial CEAC. Barcelona- España.
- **LLANOS LÓPEZ**, José. (2011). *Circuitos Eléctricos Auxiliares del Vehículo*. Editorial Paraninfo. España.
- **MOTT**, Robert. (2006). *Diseño de Elementos de Máquinas*. Cuarta Edición. Editorial Pearson Educación. México.
- **ROS MARÍN**, Joan Antoni y **BARRERA DOBLADO**, Oscar. (2011). *Sistemas eléctricos y de seguridad y confortabilidad*. Editorial Paraninfo. España.
- **SERNA**, A. **ROS**, F. **RICO**, N. (2010). *Guía Práctica de Sensores*. Editorial Creaciones Copyright. España.

- **VALDÉZ**, Fernando y **PALLÁS**, R. (2007). *Microcontroladores: Fundamentos y Aplicaciones con PIC*. Edición MARCOMBO. España.

REFERENCIAS DIGITALES

- **AFICIONADOS A LA MECÁNICA.**
<http://www.aficionadosalamecanica.com/luces.htm>. Consultado 7 de Septiembre 2013.
- **AFICIONADOS A LA MECÁNICA.**
<http://www.aficionadosalamecanica.com/sensores.htm>. Consultado 16 de Septiembre 2013.
- **ALLDATASHEET.** Regulador de voltaje 78105.
http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheets/150/9358_DS.pdf. Consultado 21 de Enero del 2014.
- **ALLDATASHEET.** Sensor de luz ambiental BH1750FVI.
<http://pdf1.alldatasheet.es/datasheetpdf/view/338083/ROHM/BH1750FVI.html>. Consultado 5 de Enero del 2014.
- **AMPOLLETAS CHILE.** <http://ampolletaschile.cl/wp-content/uploads/2009/12/fusible.jpg>. Consultado 11 Septiembre 2013.
- **AUDI.** *Regulación Variable del Alcance Luminoso.*
http://www.audi.com.ec/aola/brand/es_ec/eficiencia/efficiency_technologies/light_systems/headlight_range_control.html. Consultado 12 de Septiembre 2013.
- **AUTOMECÁNICO.** <http://automecanico.com/auto2027A/chevr1222.html>. Consultado 16 de Septiembre 2013.
- **AYUDA ELECTRONICA.** <http://ayudaelectronica.com/capacitores-smd/>. Consultado 21 de Enero 2014.
- **BIRNG2.** http://bimg2.mlstatic.com/portalampara-luz-de-giro-para-optica-arteb-vw-gol-trend_MLA-F-4728809932_072013.jpg. Consultado 9 de Septiembre 2013.
- **CIRCULA SEGURO.** *¿Qué son las luces adaptativas y automáticas?*
<http://www.circulaseguro.com/que-son-las-luces-adaptativas-y-automaticas/>. Consultado 12 de Septiembre 2013.
- **CONSTRUYA SU VIDEOROCKOLA.**
<http://construyasuvideorockola.com/imagenes/curso/potenciometro.jpg>. Consultado 16 de Septiembre 2013.

- **DASH ELECTRONICS.** http://www.dash.co.il/image/data/SRD-5VDC-SL-C/songleRelay_26952.1352405200.1280.1280.jpg. Consultado 16 de Enero 2014.
- **DEALEXTREME.** <http://www.dx.com/es/p/7039-rain-raindrop-sensor-module-black-silver-dc-5v-187199#.U36kxn9kNWk>. Consultado 14 de Enero 2014.
- **DINASTIA SOFT.**
<http://www.dinastiasoft.com.ar/Tecnologia/Resistencias.htm>. Consultado 14 Enero 2014.
- **DIRECT INDUSTRY.** <http://www.directindustry.es/prod/martin-sprocket-gear/engranajes-conicos-9091-861605.html> . Consultado 17 de Septiembre 2013.
- **DIYMAKERS.** <http://diymakers.es/mover-motores-paso-paso-con-arduino/> Consultado 17 Septiembre 2013.
- **DOCS.**
<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbm9pdGlhdXRvbW90cml6fGd4OjM4ZWQ5MGU3Y2FIZmRhY2E>, Pág. 234. Consultado 9 Septiembre 2013.
- **ELECHOUSE.**
<http://www.elechouse.com/elechouse/images/product/Digital%20light%20Sensor/bh1750fvi-e.pdf>. pág. 4. Consultado 14 de Enero 2014.
- **ELECTRICIDAD AUTOMORIZ WEBLOG.**
<http://electroaut.blogspot.com/2011/08/instalacion-de-luces-principales-del.html>. Consultado 11 de Septiembre 2013.
- **ELPROFE'S WEBLOG.**
http://elprofe3.files.wordpress.com/2009/12/rele_5.jpg. Consultado 11 de Septiembre 2013.
- **ENSAYO DE VEHÍCULOS.**
<http://www.ensayovehiculos.com/imgs/es/regloscopio.jpg>. Consultado 12 de Septiembre 2013.
- **FABRICA TUPROPIOROUTERCNC.**
<http://fabricatupropioroutercnc.com/blog/wpcontent/uploads/2011/08/Estator-Stepper-1.jpg>. Consultado 17 de Septiembre 2013.

- **FARNELL.** <http://www.farnell.com/datasheets/1685514.pdf>. Consultado 15 de Abril 2014
- **FROST & SULLIVAN.** <http://www.frost.com/prod/servlet/cio/49620280>. Consultado 12 de Septiembre 2013.
- **GRUPO SERCA AUTOMOCIÓN.**
http://www.serca.es/uploads/documentos/documentos_catalago_lamparas_1-22OK_9c1714a2.pdf. Consultado 7 Septiembre 2013.
- **GT SISTEMA DE ALUMBRADO.** *Normativa*
<https://sites.google.com/site/gtsistemadealumbrado/Home/2--normativa-1/2-2--otras-normativas>. Consultado 11 de Septiembre 2013.
- **HELLA.** *Iluminación Frontal Adaptativa.*
<http://www.hella.com/hella-es/202.html?rdeLocaleAttr=es>. Consultado 7 de Septiembre 2013.
- **INEN.** *Vehículos automotores. Dispositivos para mantener o mejorar la visibilidad.* <http://www.inen.gob.ec/>. Consultado 12 de Septiembre 2013.
- **LA ELECTRICIDAD WEBLOG.**
<http://laelectricidadleireonintze.blogspot.com/2010/04/mecanismo-pinon-cremallera.html> .Consultado 17 de Septiembre 2013.
- **MEDIATECA DE EDUCAMADRID.**
http://mediateca.educa.madrid.org/imagen/miniatura.php?id_imagen=iue26s71ryobjsqd&t=3&ra=1&na=350. Consultado 9 de Septiembre 2013.
- **MI BLOG DE ELECTROMECAÁNICA.**
<http://electromecanicadetotos.blogspot.com/2012/05/tema-3.html>. Consultado 12 de Septiembre 2013.
- **MICROCHIP.** PIC16F876.
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582b.pdf>. Consultado 13 de Enero del 2014.
- **MICROCHIP TECHNOLOGY. INC.**
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/30292D.pdf>, pag.2. Consultado 14 de Enero 2014.
- **MIKROELEKTRONIKA.** <http://www.mikroe.com/chapters/view/81/>. Consultado 17 Septiembre 2013.

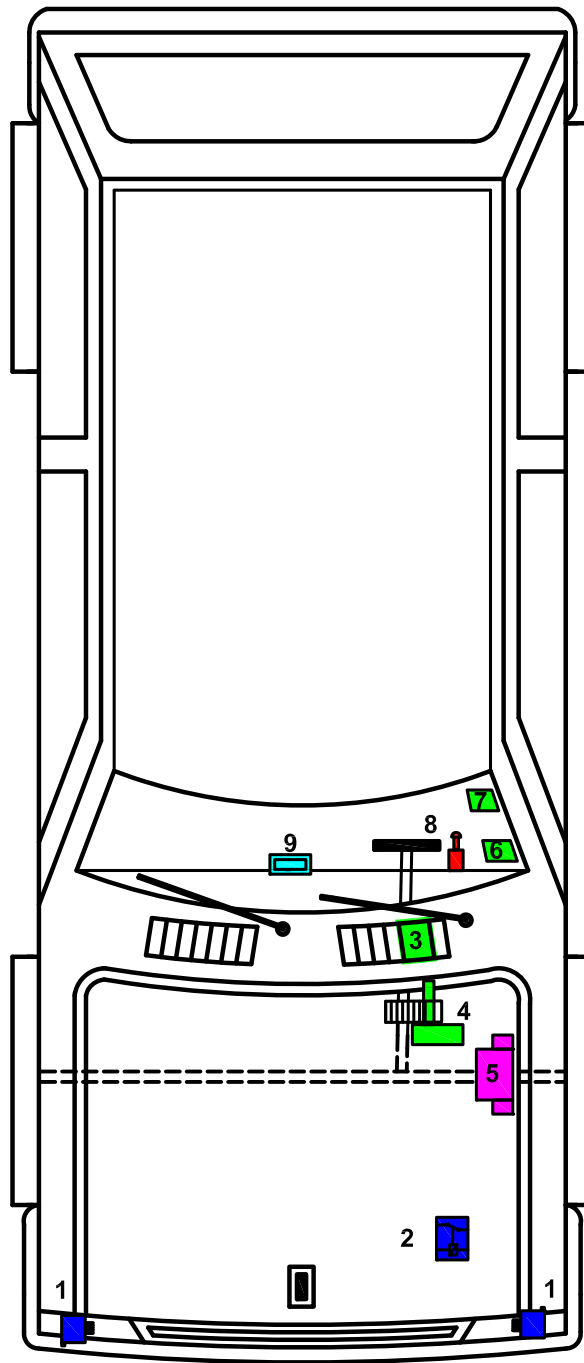
- **MLS TATIC.** http://img2.mlstatic.com/servomotores-ideales-para-prototipos-robots-y-mucho-mas_MLM-O-3084083632_082012.jpg. Consultado 17 de Septiembre 2013.
- **NEROKAS.** http://store.nerokas.co.ke/index.php?route=product/product&product_id=665. Consultado 14 de Enero 2014.
- **NÓMADAS ELECTRÓNICOS.** Encoder Incremental. <http://nomadaselectronicos.wordpress.com/2013/02/01/encoder-de-cuadratura/>. Consultado 15 de Abril del 2014.
- **OLX.** http://safe-img02.olx.com.mx/ui/15/23/41/1317267916_256532241_1-Fotos-de--Destelladores-Flasher-y-Relay-Para-Autos-Americanos.jpg. Consultado 11 de Septiembre 2013.
- **PANASONIC.** http://www.panasonic-electric-works.es/pewes/es/html/interruptores_de_palanca.php. Consultado 11 de Septiembre 2013.
- **PERSIANMOTOR.** <http://www.persianmotor.net/thread2255-3.html>. Consultado 21 de Enero 2014.
- **PHOTOBUCKET.** http://s227.photobucket.com/user/SpeedAdict_bucket/media/projector_schematic.png.html. Consultado 9 de Septiembre 2013.
- **PORTALESO.** http://www.portaleso.com/usuarios/Toni/web_electronica_3/imagenes/ldr.jpg. Consultado 16 de Septiembre 2013.
- **REPOSITORIO ESPE.** <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5359/1/T-ESPEL-0906.pdf>. Pág. 18. Consultado 9 de septiembre 2013.
- **REVISTA EXCELENCIAS.** *Autos con luces inteligentes.* <http://www.revistasexcelencias.com/excelencias-del-motor/lubricantes-total-en-la-cima-de-los-deportes-motor/tecnica/autos-con-luces-int>. Consultado 2 de Septiembre 2013.
- **ROHM SEMICONDUCTOR.** <http://www.rohm.com/web/global/products/-/product/BH1750FVI>. Consultado 14 Enero 2014.

- **SABELOTODO. ORG.**
<http://www.sabelotodo.org/automovil/sisiluminacion.html>. Consultado 3 de Septiembre 2013.
- **SCRIBD.** Programa autodidáctico 335: Sistema de luz de curva.
<http://es.scribd.com/doc/47767495/335-Luz-de-curva-dinamica>. Consultado 11 de Abril 2014.
- **SELECTOR DE ALUMBRADO DEL VEHÍCULO.**
<http://www.carlightingselector.com/es/features.html>. Consultado 10 de Septiembre 2013.
- **SERVICIOS GENERALES WEBLOG.**
<http://dhrb.blogspot.com/2011/09/cable-utp-categoria-6.html>. Consultado 16 de Enero 2014.
- **SERVO DATABASE.**
<http://www.servodatabase.com/servo/towerpro/mg995>. Consultado 14 de Enero 2014.
- **SIGMA ELECTRÓNICA LTDA.** <http://www.sigmaelectronica.net/molex-p-1615.html>. Consultado 16 de Enero 2014.
- **SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO WEBLOG.** <http://domotik-aspersor.blogspot.com/2011/09/transistor-2n3904.html>. Consultado 21 de Enero 2014.
- **SK PANGELECTRONICS.**
http://skpang.co.uk/catalog/index.php?main_page=popup_image&pID=138 . Consultado 14 de Enero 2014
- **SOLUTIONS 3M.** Cable UTP categoría 6.
http://solutions.3m.com.mx/3MContentRetrievalAPI/BlobServlet?locale=es_MX&lmd=1202830933000&assetId=1180595793338&assetType=MMM_Image&blobAttribute=ImageFile. Consultado: 16 de Enero del 2014.
- **TALLER ARDUINO.** Sensor de temperatura y humedad DHT11.
<http://tallerarduino.com/2012/12/24/sensor-dht11-humedad-y-temperatura-con-arduino/>. Consultado 14 de Enero del 2014.
- **TALLER VIRTUAL.** <http://img.tallervirtual.com/wp-content/uploads/2009/09/Faros-Xenon.jpg>. Consultado 9 de Septiembre 2013.

- **TECNOQUENDAS.**
http://1.bp.blogspot.com/_nEWLI1tVgF0/SIcKFfIueLI/AAAAAAAAAPs/cTw7vyem648/s320/sinfin.jpg. Consultado 17 de Septiembre 2013.
- **TERRA ARGENTINA.**
<http://www.terra.com.ar/imagenes/originales/71/71667.jpeg>. Consultado 12 de Septiembre 2013.

ANEXOS

ANEXO N°1: DIAGRAMA DE DISPOSICIÓN DE LOS COMPONENTES
ELECTRÓNICOS EN EL VEHÍCULO (VISTA SUPERIOR Y LATERAL)



9	1	DISPLAY	Cristal líquido	80 x 36 x 13.2 mm
8	1	INTERRUPTOR SISTEMA AUTOMÁTICO	Automotriz	
7	1	SENSOR DE LUZ AMBIENTAL	BH1750FVI	
6	1	SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD	DHT11	12x15.5x5.5 mm
5	1	MÓDULO DE CONTROL	PIC16F876	
4	1	SENSOR DE GIRO (ENCODER)	Incremental	20 x 13.2 x 5 mm
3	1	SENSOR DE LLUVIA	7039	
2	4	RELÉ	SRU-12VDC-SL-C	
1	2	SERVOMOTOR	Tower Pro MG995	40.6x19.8x42.9mm
P OS	CAN	DENOMINACIÓN	MODELO	DIMENSIONES

Escala: 1.1

Fecha: 09/07/2014

Calif:



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

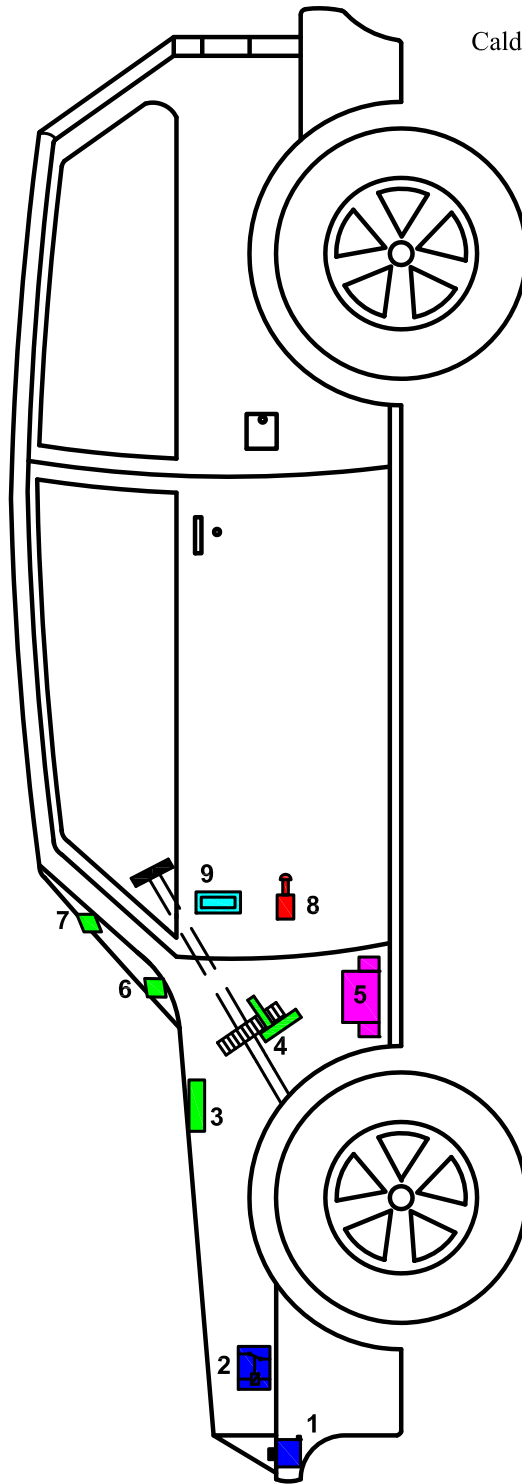
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DIAGRAMA DE DISPOSICIÓN DE LOS COMPONENTES ELECTRÓNICOS EN EL VEHÍCULO.

Dibujó: Adrián Calderón M. y Santiago Clavijo R.

Especialidad: I.M.A.

Anexo N°: 1



9	1	DISPLAY	Cristal líquido	80 x 36 x 13.2 mm
8	1	INTERRUPTOR SISTEMA AUTOMÁTICO	Automotriz	
7	1	SENSOR DE LUZ AMBIENTAL	BH1750FVI	
6	1	SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD	DHT11	12x15.5x5.5 mm
5	1	MÓDULO DE CONTROL	PIC16F876	
4	1	SENSOR DE GIRO (ENCODER)	Incremental	20 x 13.2 x 5 mm
3	1	SENSOR DE LLUVIA	7039	
2	4	RELÉ	SRU-12VDC-SL-C	
1	2	SERVOMOTOR	Tower Pro MG995	40.6x19.8x42.9mm
P OS	CAN	DENOMINACIÓN	MODELO	DIMENSIONES

Escala: 1.1

Fecha: 09/07/2014

Calif:

DIAGRAMA DE DISPOSICIÓN DE LOS COMPONENTES ELECTRÓNICOS EN EL VEHÍCULO.



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

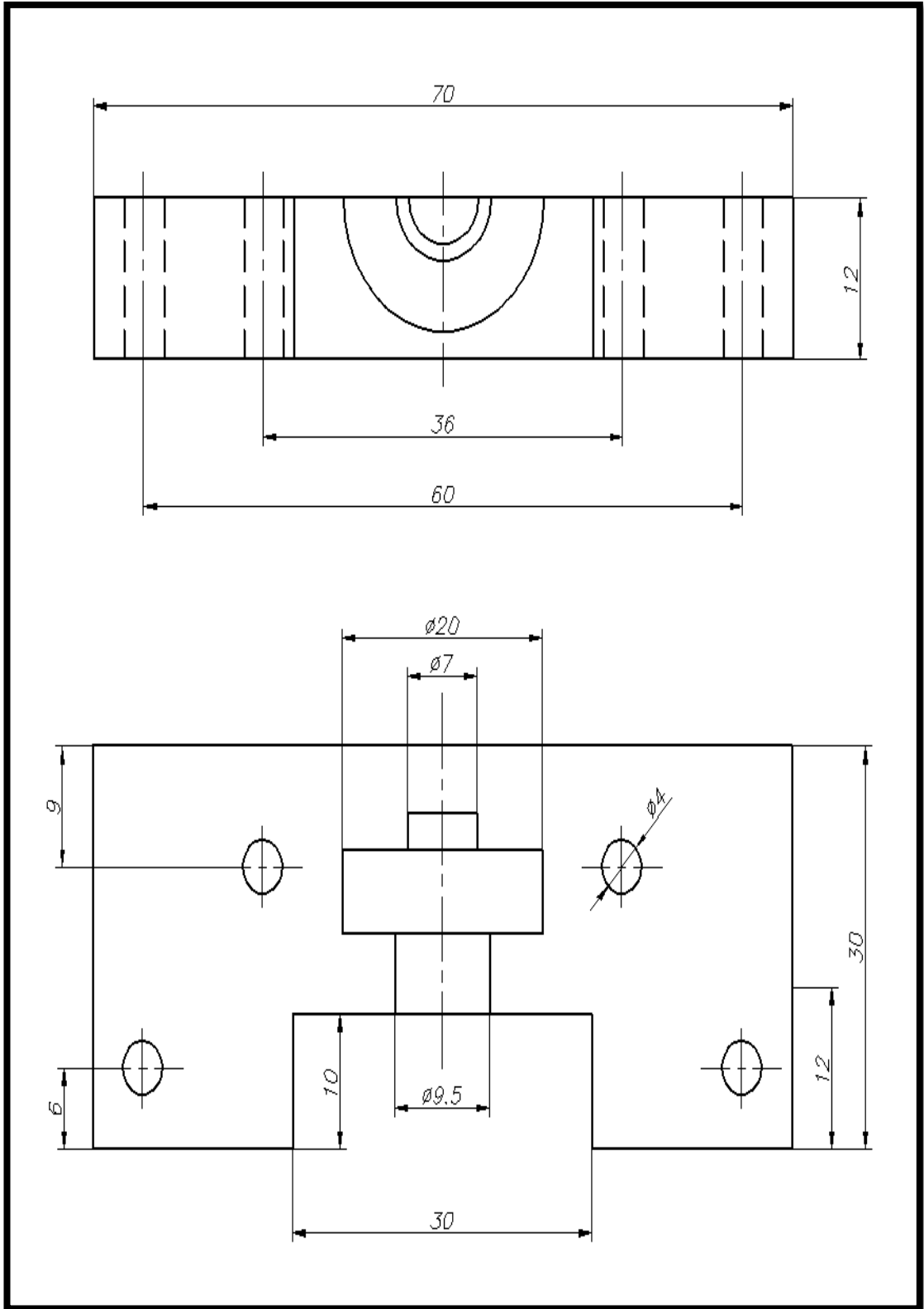
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Dibujó: Adrián Calderón M. y Santiago Clavijo R.

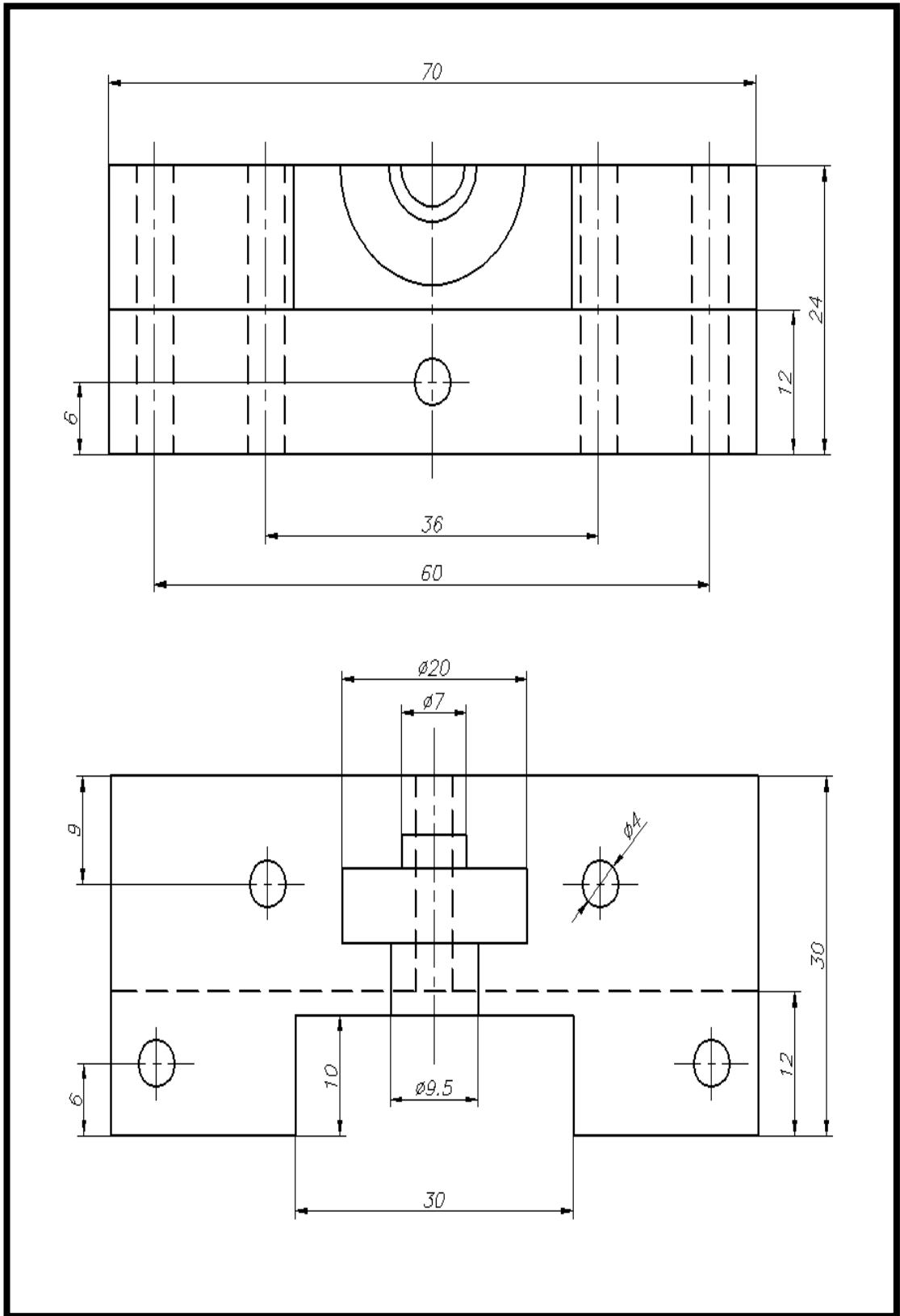
Especialidad: I.M.A.

Anexo N°: 1

ANEXO N°2: PLANO DEL SOPORTE SUPERIOR DEL PORTALÁMPARA

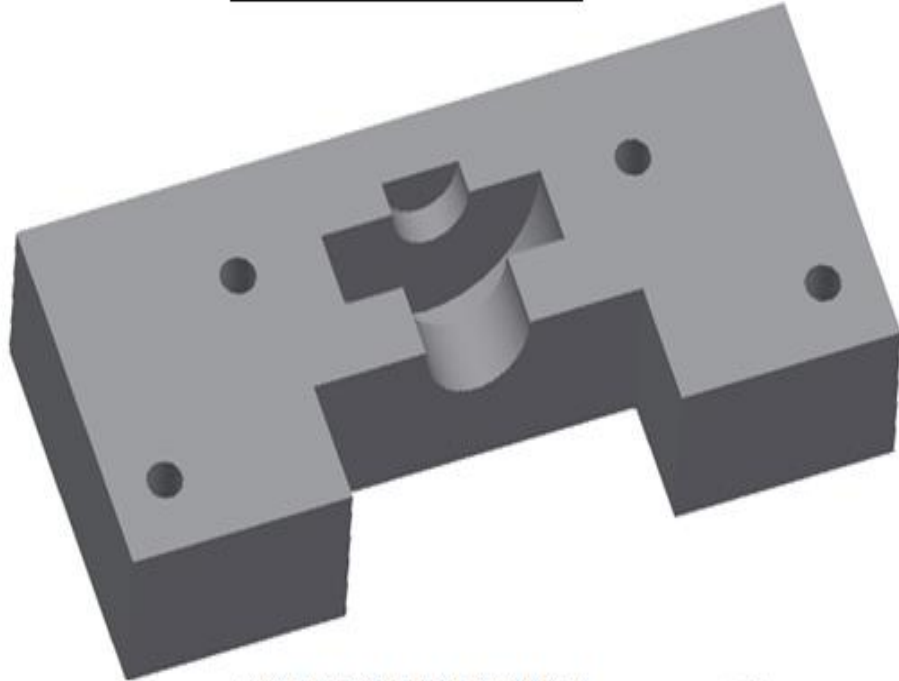


ANEXO N°3: PLANO DEL SOPORTE INFERIOR DEL PORTALÁMPARA

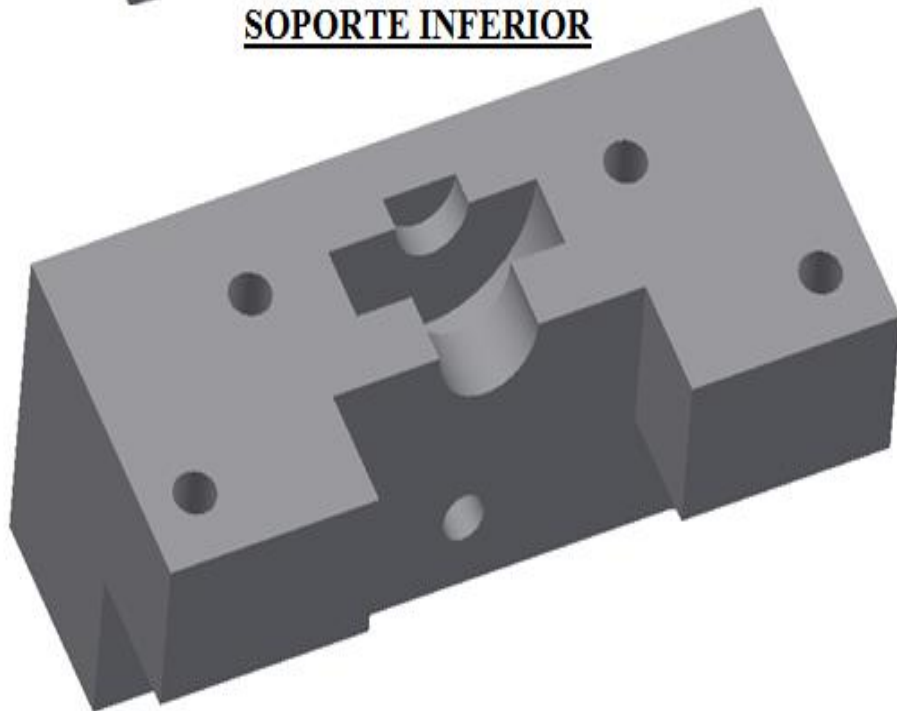


ANEXO N°4: SOPORTE SUPERIOR E INFERIOR DEL PORTALÁMPARA

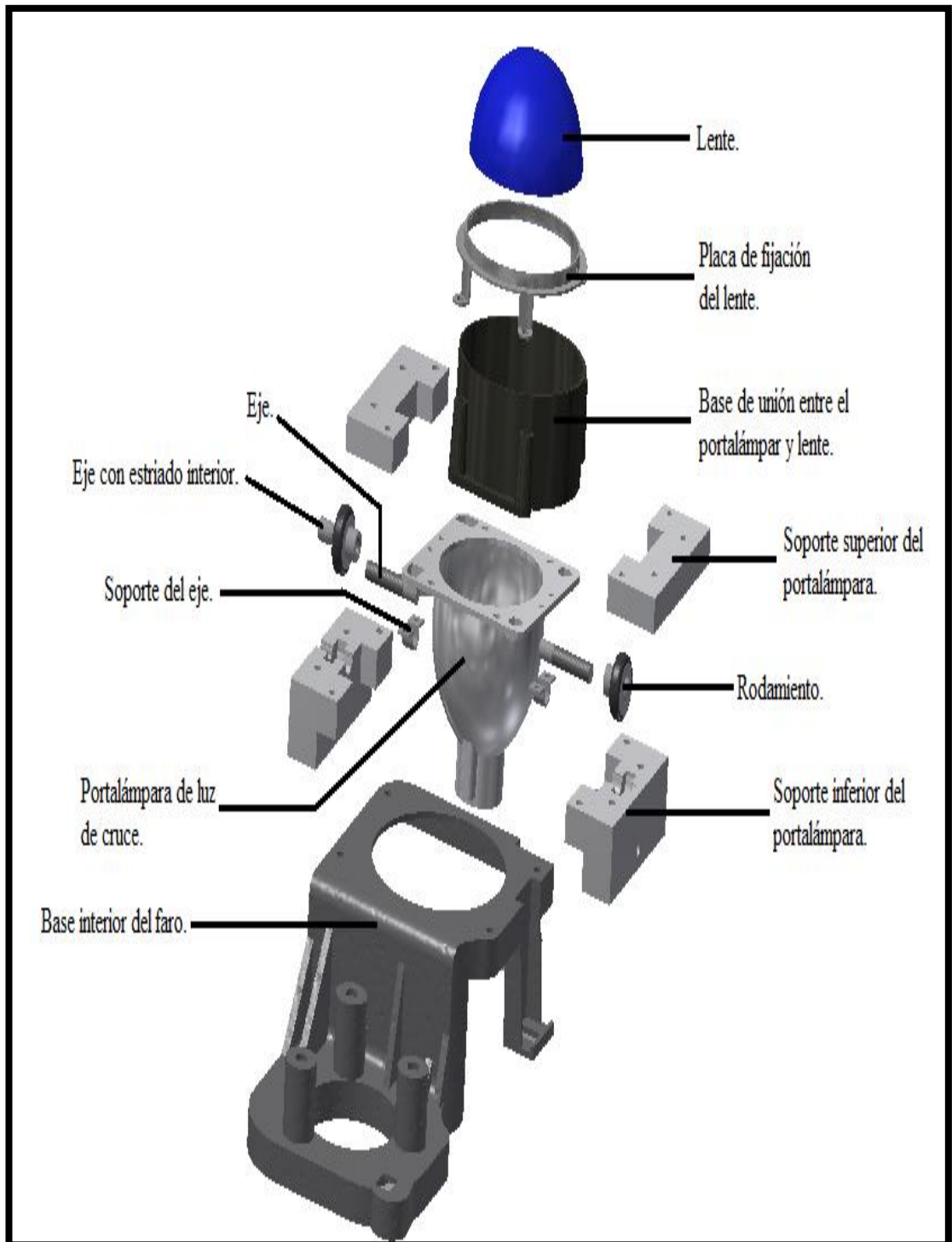
SOPORTE SUPERIOR



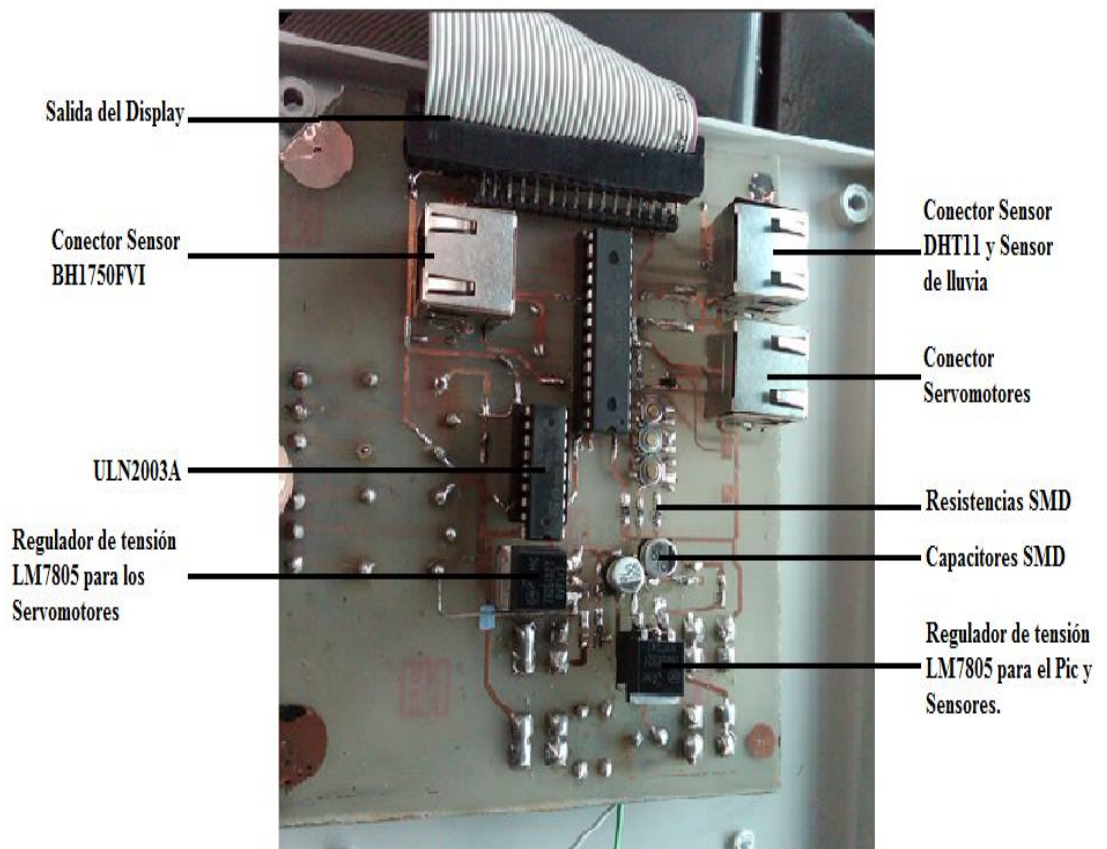
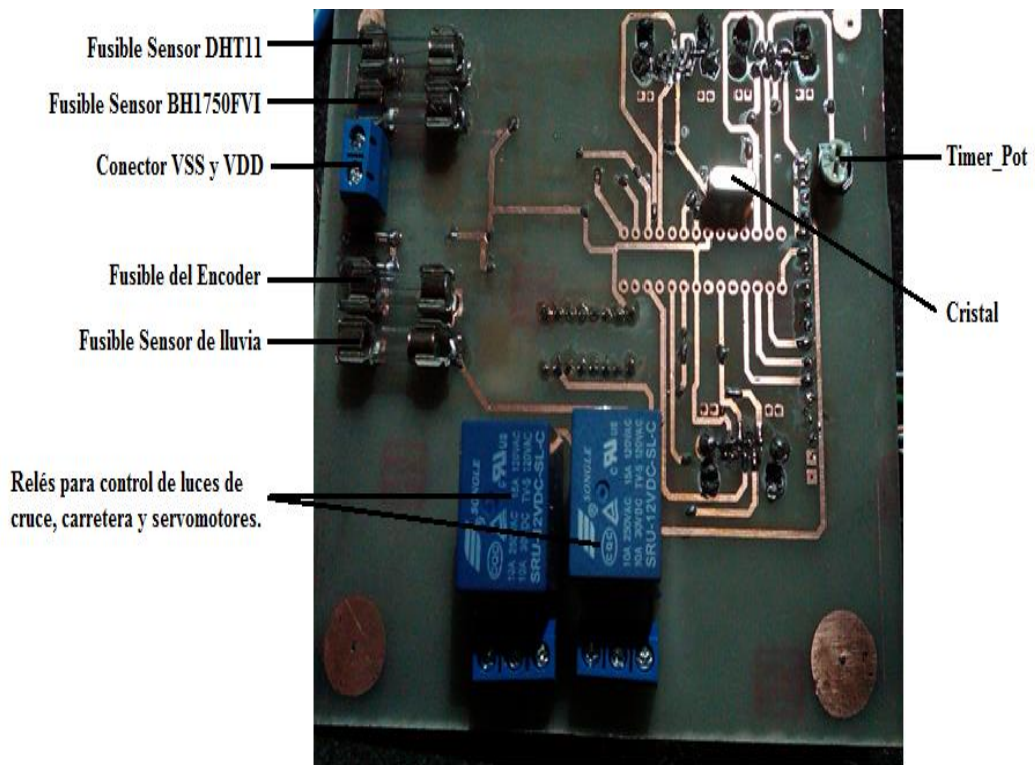
SOPORTE INFERIOR



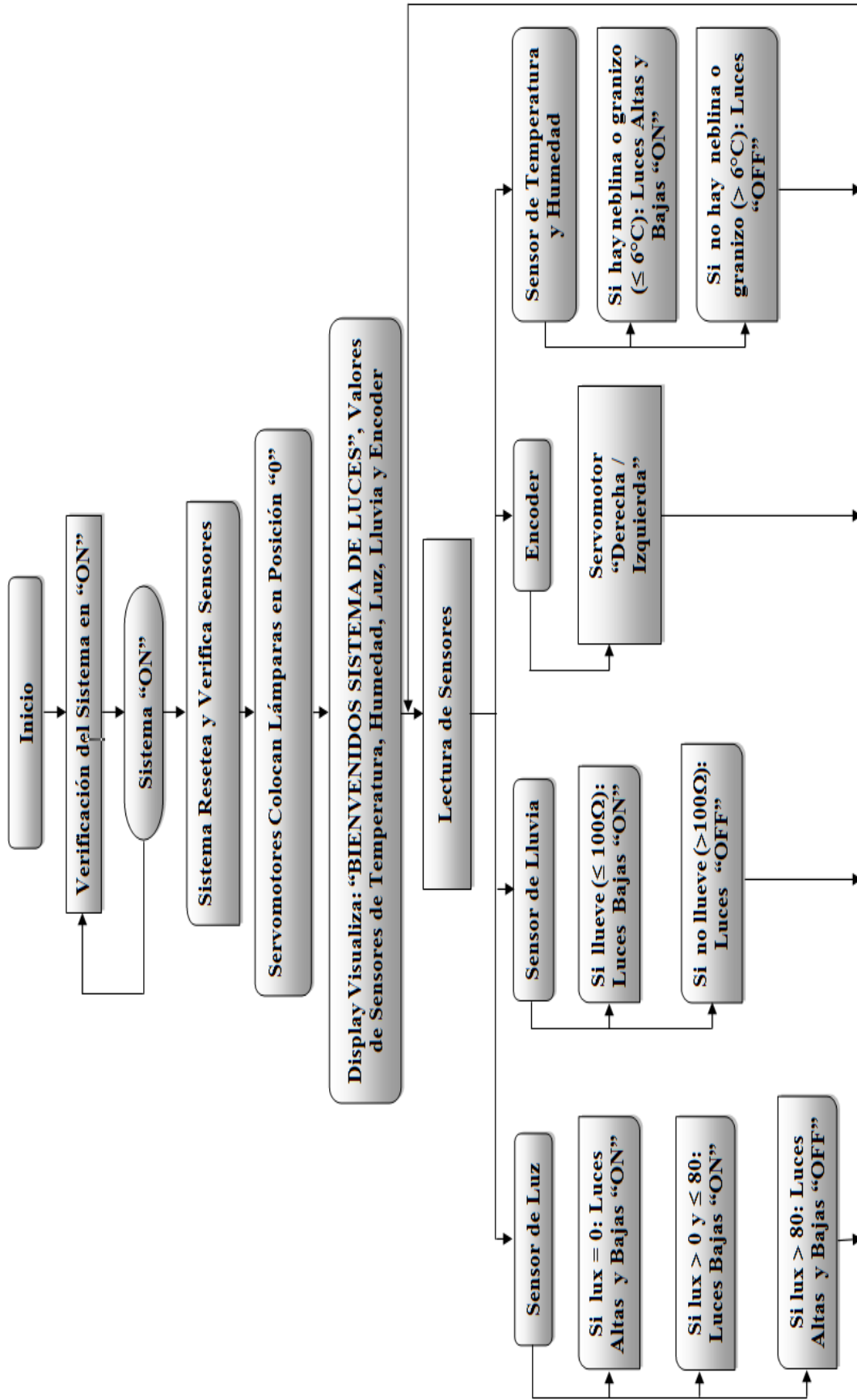
ANEXO N°5: DESPIECE DEL MECANISMO DE GIRO DEL PORTALÁMPARA
DE CRUCE



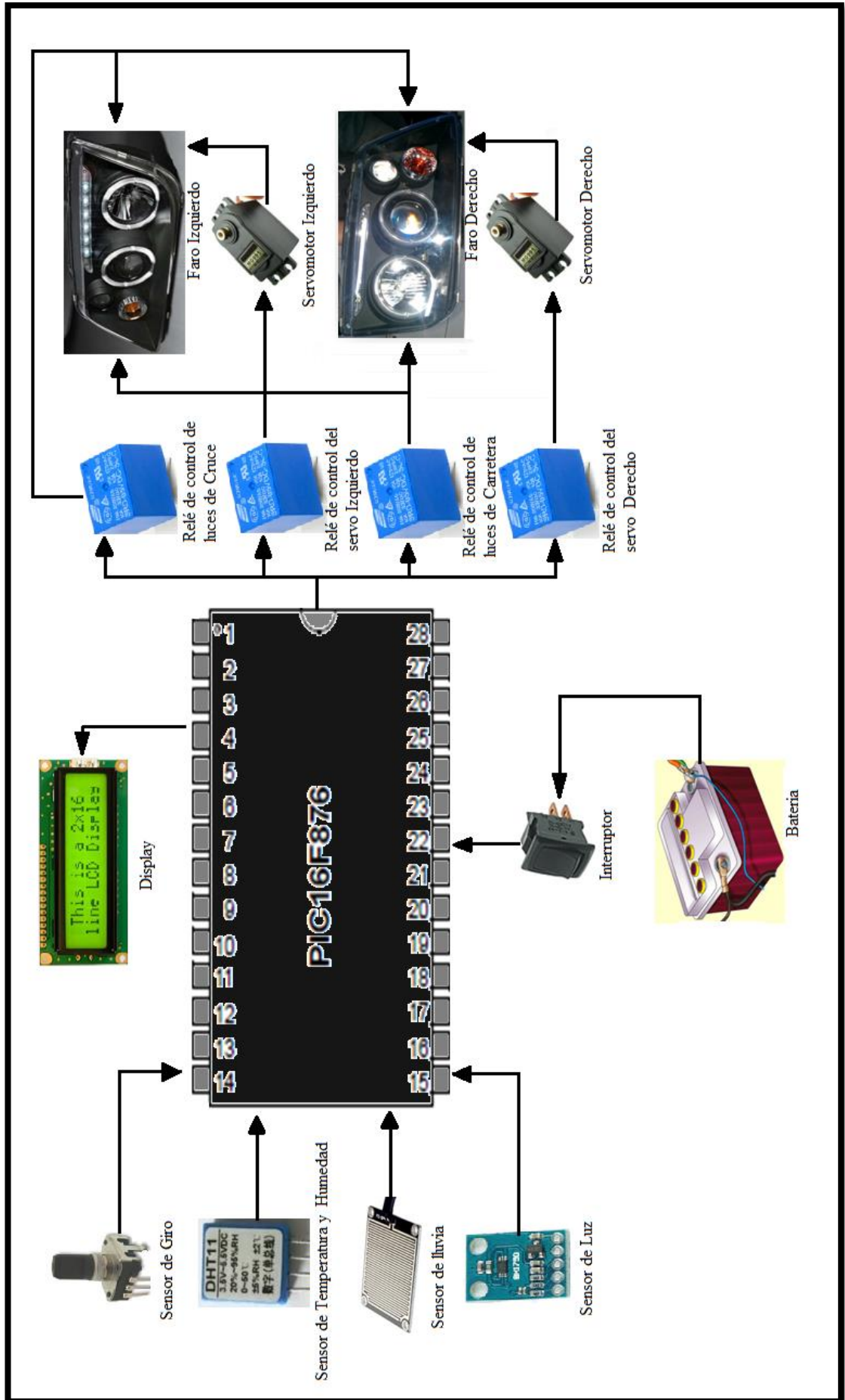
ANEXO N°6: PLACA DE CONTROL DEL SISTEMA AUTOMÁTICO DE
LUCES



ANEXO N°7: FLUJO DE INFORMACIÓN DEL SISTEMA AUTOMÁTICO DE
LUCES



ANEXO N°8: DIAGRAMA DE ENLACE DEL SISTEMA ELECTRÓNICO Y
MECÁNICO PARA EL SISTEMA DE LUCES AUTOMÁTICAS



ANEXO N°9: PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE REGULACIÓN
AUTOMÁTICO DEL ALCANCE LUMINOSO Y LUZ DE CURVA DINÁMICA

```

#include <LiquidCrystal.h>
#include "DHT.h" //Añadimos la librería con la cual trabaja nuestro sensor
#define DHTPIN 14 // Indicamos el pin donde conectaremos la patilla data de
nuestro sensor
#define DHTTYPE DHT11 // DHT 11
#include <Wire.h>
#include <Servo.h>
Servo myservo1; // create servo object to control a servo
Servo myservo2;
int BH1750_address = 0x23; // i2c Adresse
byte buff[2];
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); //Indica el pin con el que trabajamos y el tipo de
sensor
int maxh=0, minh=100, maxt=0, mint=100; //Variables para ir comprobando
máximos y mínimos
LiquidCrystal lcd(8, 9, 10, 11, 12, 13);
int encoderPin1 = 2;
int encoderPin2 = 3;
int val= 0;
int band = 0;
int veces = 0;
volatile int lastEncoded = 0;
volatile long encoderValue = 0;
const int altas = 17;
const int bajas = 16;
long lastencoderValue = 0;
int potpin = 1;
int lastMSB = 0;
int lastLSB = 0;
void setup() {
  Wire.begin();
  BH1750_Init(BH1750_address);
  dht.begin();
  lcd.begin(16, 2);

```

```

lcd.setCursor(0, 0);
myservo1.attach(5); // attaches the servo on pin 9 to the servo object
myservo2.attach(6);
pinMode(encoderPin1, INPUT);
pinMode(encoderPin2, INPUT);
digitalWrite(encoderPin1, HIGH); //turn pullup resistor on
digitalWrite(encoderPin2, HIGH); //turn pullup resistor on
//call updateEncoder() when any high/low changed seen
//on interrupt 0 (pin 2), or interrupt 1 (pin 3)
attachInterrupt(0, updateEncoder, CHANGE);
attachInterrupt(1, updateEncoder, CHANGE);
pinMode(altas, OUTPUT);
pinMode(bajas, OUTPUT);
}
void loop() {
  lcd.begin(16, 2);
  int h = dht.readHumidity(); //Guarda la lectura de la humedad en la variable float h
  int t = dht.readTemperature(); //Guarda la lectura de la temperatura en la variable
float t
  if (band == 0)
  {
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("BIENVENIDOS");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("SISTEMA DE LUCES");
  delay(2000);
    lcd.clear();
    band=1;
  }
  float valf=0;
  float valh=0;
  if (t<6)
  {
    digitalWrite(altas, HIGH);

```

```

    digitalWrite(bajas, HIGH);
}
if(BH1750_Read(BH1750_address)==2){
    valf=((buff[0]<<8)|buff[1])/1.2;
    lcd.setCursor(0,1);
    if(valf<0)lcd.print("> 65535");
    else
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print((int)valf,DEC);
lcd.print(" lux");
}
// lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("T: ");
    lcd.print(t);
lcd.print(" oC");
// configuracion de servo motores
val=encoderValue;
val= val+45;
val = val/2;
if (val<1)
{
    val=0;
}
if (val>45)
{
    val=45;
}
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Pos. ");
lcd.print(val,DEC);
myservo1.write(val);           // posicion de los servo motores
myservo2.write(val);
delay(600);
    if ((valf == 0)||t<6) {

```

```
// turn LED on:
digitalWrite(altas, HIGH);
digitalWrite(bajas, HIGH);
}
else
{
  if (valf > 500)
  {
    digitalWrite(altas, LOW);
    digitalWrite(bajas, LOW);
  }
}
valh = analogRead(potpin);
lcd.print(" H2O ");
lcd.print(valh,DEC);
if ((valf == 0)){
  // turn LED on:
digitalWrite(altas, HIGH);
  digitalWrite(bajas, HIGH);
}
else {
  if ((valf >= 1)&&(valf<80))
  {
    digitalWrite(altas, LOW);
    digitalWrite(bajas, HIGH);
  }
}
if (valh < 100) {
  digitalWrite(altas, HIGH);
  digitalWrite(bajas, HIGH);
}
if ((valf > 80)&&(valh>100)){
  digitalWrite(bajas, LOW);
  digitalWrite(altas, LOW);
}
```

```

}
}
void BH1750_Init(int address){
    Wire.beginTransmission(address);
    Wire.write(0x10); // 1 [lux] aufloesung
    Wire.endTransmission();
}
byte BH1750_Read(int address){
    byte i=0;
    Wire.beginTransmission(address);
    Wire.requestFrom(address, 2);
    while(Wire.available()){
        buff[i] = Wire.read();
        i++;
    }
    Wire.endTransmission();
    return i;
}
void updateEncoder(){
    int MSB = digitalRead(encoderPin1); //MSB = most significant bit
    int LSB = digitalRead(encoderPin2); //LSB = least significant bit
    int encoded = (MSB << 1) | LSB; //converting the 2 pin value to single number
    int sum = (lastEncoded << 2) | encoded; //adding it to the previous encoded value
    if(sum == 0b1101 || sum == 0b0100 || sum == 0b0010 || sum == 0b1011)
        encoderValue --;
    if(sum == 0b1110 || sum == 0b0111 || sum == 0b0001 || sum == 0b1000)
        encoderValue ++;
    lastEncoded = encoded; //store this value for next time
}

```