



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,  
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN  
ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**AUTOR: CARVAJAL RAMOS, TATIANA CRISTINA**

**TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL  
PARA FUENTES DE TENSIÓN Y DETECTORES ÓPTICOS ORIENTADO  
AL ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA AUTOMOTRIZ**

**DIECTOR: DRA. ANGULO, YOLANDA**

**CODIRECTOR: DR. BENÍTEZ, DIEGO**

**SANGOLQUÍ, FEBRERO 2014**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE**  
**INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y**  
**CONTROL**

**CERTIFICADO**

Dra. Yolanda Angulo, Ph.D.  
Dr. Diego Benitez, Ph.D.

**CERTIFICAN**

Que el trabajo titulado "Diseño e implementación de un sistema de control para fuentes de tensión y detectores ópticos orientado al análisis de la contaminación luminica automotriz", realizado por Tatiana Cristina Carvajal Ramos, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.

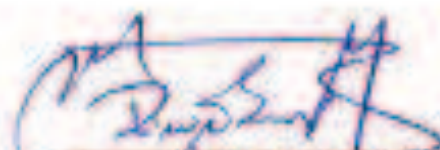
Debido a que se trata de un trabajo de investigación recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a Tatiana Cristina Carvajal Ramos que lo entregue al Ingeniero Luis Orozco, en su calidad de Coordinador de la Carrera.

Sangolquí, 19 de Febrero de 2014



\_\_\_\_\_  
Dra. Yolanda Angulo  
DIRECTOR



\_\_\_\_\_  
Dr. Diego Benitez  
CODIRECTOR

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE**  
**INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y**  
**CONTROL**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

TATIANA CRISTINA CARVAJAL RAMOS

**DECLARO QUE:**

El proyecto de grado denominado “Diseño e implementación de un sistema de control para fuentes de tensión y detectores ópticos orientado al análisis de la contaminación lumínica automotriz”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie, de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

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

Sangolquí, 19 de Febrero de 2014

  
Tatiana Cristina Carvajal Ramos

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE**

**INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y  
CONTROL**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, Tatiana Cristina Carvajal Ramos

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo "Diseño e implementación de un sistema de control para fuentes de tensión y detectores ópticos orientado al análisis de la contaminación luminica automotriz", cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría

Sangolquí, 19 de Febrero de 2014

  
Tatiana Cristina Carvajal Ramos

## DEDICATORIA

Este proyecto se lo dedico en primer lugar a Dios quien ha sido mi fuerza y soporte a lo largo de mi vida, sin Él nada de esto hubiera sido posible.

A mis abuelitos Marcelo, Flor, Jorge y Judith, por su amor incondicional y sus excelentes consejos que me han convertido en la mujer que hoy soy.

A mi madre Ximena quien festejó conmigo cada pequeño logro hasta conseguir este título.

Y a mi mejor amiga, Vanessa, que ha compartido 9 años a mi lado, llenos de alegrías y lágrimas, todo juntas.

Tatiana Carvajal Ramos.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi directora, Dra. Yolanda Angulo, por la enseñanza y su exigencia que permitieron que este proyecto culmine exitosamente.

A mi codirector, Dr. Diego Benítez, por su apoyo, paciencia, tiempo, comprensión y ayuda, fundamentales para que se hayan alcanzado los objetivos.

Al Ing. Rodolfo Gordillo, por sus enseñanzas y amistad a lo largo de mi carrera estudiantil.

A mi padre, Edison, por ayudarme con el transporte y a conseguir los equipos para el proyecto.

A mi tía, Andrea, quien me facilitó su carro para buscar la variedad de focos, y ser quien sacaba mis sonrisas.

A las instituciones que colaboraron con los equipos necesarios para llevar a cabo el proyecto, Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas del Ejército, Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano y Escuela Politécnica Nacional.

Al departamento de Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE – L por su colaboración en el diseño de la placa.

Finalmente, a la empresa Autofrancia, por la confianza al proporcionarme información exclusiva de la marca Peugeot.

Tatiana Carvajal Ramos.

## ÍNDICES

1.1	PLATAFORMA Y ENTORNO DE DESARROLLO “LABVIEW” .....	5
1.2	CIRCUITOS PARA PRUEBAS DE ELECTROLUMINISCENCIA.....	7
2.1	CONTAMINACIÓN LUMÍNICA .....	9
2.1.1	Deslumbramiento .....	10
2.1.1.1	Contaminación lumínica automotriz .....	11
2.1.2	Irradiancia.....	14
2.1.3	Flujo radiante.....	15
2.1.4	Lumen .....	15
2.2	PROGRAMACIÓN EN PLATAFORMA Y ENTORNO DE DESARROLLO “LABVIEW” ..	15
2.2.1	Protocolo de Comunicación RS- 232 .....	17
2.2.1.1	DB-9 .....	17
2.3	PLACA CONTROLADORA DE ILUMINACIÓN VEHICULAR .....	20
2.3.1	Sistema de iluminación vehicular.....	21
2.3.2	Principio de funcionamiento.....	21
2.3.2.1	Lámparas de descarga de alta y baja intensidad .....	21
2.3.2.2	Lámparas de estado sólido .....	24
3.1	PROGRAMACIÓN EN PLATAFORMA Y ENTORNO DE DESARROLLO “LABVIEW” ..	30
3.1.1	Dispositivos programables.....	30
3.1.1.1	Medidor de potencia óptica .....	30
3.1.1.1.1	Redactor del estado del clúster.....	33
3.1.1.1.2	Establecedor de modo normal .....	34
3.1.1.1.3	Establecedor de rango.....	34
3.1.1.1.4	Consultor de lectura.....	35
3.1.1.1.5	Retorno a control local .....	35
3.1.1.1.6	Establecedor de unidades.....	36

3.1.1.1.7 Establecedor de cero .....	36
3.1.1.2 Instrumentos de voltaje/corriente .....	36
3.1.1.2.1 Multicalibrador .....	36
3.1.1.2.2 Fuente de energía.....	41
3.2 PLACA CONTROLADORA DE ILUMINACIÓN VEHICULAR .....	43
3.2.1 Placa Electrónica.....	44
3.2.2 Borneras.....	44
3.2.3 Switch.....	45
3.2.4 Relé.....	46
3.2.5 Socket .....	47
3.2.6 Lámparas automotrices .....	48
3.3 ARREGLO ÓPTICO PARA LÁMPARAS AUTOMOTRICES EN LABORATORIO .....	50
3.3.1 Espectrómetro óptico.....	52
4.1 PROGRAMACIÓN EN PLATAFORMA Y ENTORNO DE DESARROLLO “LABVIEW” ..	54
4.1.1 Desarrollo del programa para el medidor de potencia óptica .....	54
4.1.2 Desarrollo del programa para el multicalibrador.....	60
4.2 CONTAMINACIÓN LUMÍNICA .....	61
4.2.1 Diseño de placa controladora de iluminación vehicular.....	61
4.2.1.1 Lámparas de baja tensión y alta presión (H4) .....	61
4.2.1.2 Lámparas de estado sólido (LED) .....	65
4.2.1.2.1 LED H4 .....	65
4.2.1.2.2 LED tipo uña .....	66
4.2.1.2.3 LED tira adhesiva .....	70
4.2.1.3 Foco xenón y halógeno para exteriores .....	70
4.2.2 Análisis óptico y optoelectrónico.....	70
4.2.2.1 Halógeno H4 .....	70
4.2.2.2 LED.....	78



5.1	TRABAJO FUTURO.....	87
5.2	CONCLUSIONES.....	88
5.3	RECOMENDACIONES.....	91

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 DIRECCIONES DE PUERTOS COM Y LÍNEAS IRQ.....	20
TABLA 2 ÓPTICA TRASERA DE FARO LED .....	27
TABLA 3 CONFIGURACIÓN SERIAL PARA EL DETECTOR ÓPTICO EPM 1000 .....	31
TABLA 4 CONFIGURACIÓN SERIAL PARA EL MUTICALIBRADOR (FLUKE 5500A) .....	38
TABLA 5 CARACTERÍSTICAS DE FOCOS .....	49
TABLA 6 POTENCIAS ÓPTICAS DE FOCOS H4 .....	76
TABLA 7 POTENCIAS ÓPTICAS DE FOCOS LED .....	84

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 DESLUMBRAMIENTO (A) INDIRECTO (B) DIRECTO .....	11
FIGURA 2 CURVAS DE LA LÁMPARA.....	11
FIGURA 3 TRANSFERENCIA DE DATOS ENTRE PERIFÉRICO Y ORDENADOR .....	16
FIGURA 4 TRANSMISIÓN SÍNCRONA Y ASÍNCRONA .....	19
FIGURA 5 PROCESO DE FUNCIONAMIENTO DE LÁMPARA HALÓGENA .....	22
FIGURA 6 LÁMPARA HALÓGENA DE DESCARGA DE BAJA INTENSIDAD.....	23
FIGURA 7 LÁMPARA XENÓN DE DESCARGA DE ALTA INTENSIDAD .....	24
FIGURA 8 ESTRUCTURA DEL LED .....	25
FIGURA 9 FUNCIONAMIENTO DE LED EN VEHÍCULOS.....	27
FIGURA 10 LÁMPARA DE ESTADO SÓLIDO.....	28
FIGURA 11 MOLECTRON EPM 1000 .....	30
FIGURA 12 SENSOR MOLECTRON PM3 .....	30
FIGURA 13 ACCESO A DRIVERS PARA CONTROL DE EPM 1000.....	33
FIGURA 14 EPM1000 COMPOSE STATUS CLUSTER.VI .....	33
FIGURA 15 EPM1000 SET NORMAL MODE.VI.....	34
FIGURA 16 EPM1000 SET RANGE.VI.....	35
FIGURA 17 EPM1000 QUERY READING.VI .....	35
FIGURA 18 EPM1000 RETURN TO LOCAL CONTROL.VI .....	35
FIGURA 19 EPM1000 SET UNITS.VI .....	36
FIGURA 20 EPM1000 SET ZERO.VI.....	36
FIGURA 21 FLUKE 5500A .....	37
FIGURA 22 PUERTOS SERIALES DEL FLUKE 5500A.....	38
FIGURA 23 FLUKE 5XXX SERIES MULTICALIBRATORS .....	39

FIGURA 24 INITIALIZE.VI .....	39
FIGURA 25 SET OUTPUT VALUES.VI .....	40
FIGURA 26 WAIT-TO-CONTINUE.VI .....	40
FIGURA 27 CHECK STATUS.VI.....	41
FIGURA 28 SET OUTPUT MODE.VI.....	41
FIGURA 29 CLOSE.VI .....	41
FIGURA 30 KEITHLEY 2400 .....	42
FIGURA 31 DRIVERS PARA KEITHLEY 2400.....	42
FIGURA 32 BORNERAS.....	45
FIGURA 33 SWITCH .....	46
FIGURA 34 RELÉ .....	46
FIGURA 35 FUNCIONAMIENTO DEL RELÉ .....	46
FIGURA 36 (A) H4; (B) LED TIPO UÑA.....	48
FIGURA 37 EXPERIMENTACIÓN A DISTANCIA LINEAL .....	51
FIGURA 38 EXPERIMENTACIÓN A DISTANCIA RADIAL.....	52
FIGURA 39 OCEAN OPTICS USB4000 .....	53
FIGURA 40 COMUNICACIÓN RS- 232 .....	55
FIGURA 41 CONFIGURACIÓN SERIAL PARA COMUNICACIÓN .....	56
FIGURA 42 SELECCIÓN DE ESCALA Y UNIDADES.....	56
FIGURA 43 (A) ENCENDIDO; (B) INICIO; (C) PARADA.....	57
FIGURA 44 ADQUISICIÓN Y PRESENTACIÓN DE DATOS .....	57
FIGURA 45 INGRESO DE DATOS A LA GRÁFICA .....	57
FIGURA 46 (A) ESCALA MÁXIMA; (B) ESCALA AUTOMÁTICA.....	58
FIGURA 47 ESCALA MANUAL .....	58

FIGURA 48 CONTROL DE TIEMPO PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS .....	59
FIGURA 49 EXPORTACIÓN DE DATOS A UN .TXT .....	59
FIGURA 50 COMUNICACIÓN FLUKE 5500A.....	60
FIGURA 51 ENVÍO DE INFORMACIÓN AL EQUIPO .....	61
FIGURA 52 ALIMENTACIÓN Y PROTECCIÓN DEL CIRCUITO H4 .....	62
FIGURA 53 CAMBIO DE LUCES H4 .....	62
FIGURA 54 RELÉS LUCES ALTAS Y BAJAS .....	63
FIGURA 55 CONEXIÓN A LUCES ALTAS Y BAJAS .....	63
FIGURA 56 CIRCUITO PARA FOCOS H4 .....	64
FIGURA 57 BOTTOM COPPER HALÓGENO Y LED.....	64
FIGURA 58 TOP COPPER HALÓGENO Y LED .....	65
FIGURA 59 TOP SILK HALÓGENO Y LED .....	65
FIGURA 60 ALIMENTACIÓN Y PROTECCIÓN DEL CIRCUITO LED TIPO UÑA .....	67
FIGURA 61 RELÉ PARA LED TIPO UÑA.....	67
FIGURA 62 CONEXIÓN LED TIPO UÑA.....	68
FIGURA 63 CIRCUITO PARA FOCO LED TIPO UÑA.....	68
FIGURA 64 BOTTOM COPPER LED TIPO UÑA .....	68
FIGURA 65 TOP COPPER LED TIPO UÑA .....	69
FIGURA 66 TOP SILK LED TIPO UÑA .....	69
FIGURA 67 GRÁFICA CORRIENTE- POTENCIA DE HALÓGENOS H4.....	71
FIGURA 68 RELACIÓN ALTAS – BAJAS DE FOCO ALEMÁN .....	72
FIGURA 69 RELACIÓN ENTRE DIFERENTES MARCAS ALEMANAS .....	73
FIGURA 70 COMPARACIÓN ENTRE DIFERENTES PROCEDENCIAS.....	74
FIGURA 71 ESPECTROS DE HALÓGENO EXTERIOR Y H4 .....	77

FIGURA 72 GRÁFICA CORRIENTE- POTENCIA DE LED.....	78
FIGURA 73 ESPECTROS DE TIRA LED AZUL- ROJA- BLANCA .....	79
FIGURA 74 ESPECTROS DE H4 Y UÑA.....	80
FIGURA 75 IRRADIANCIA- DISTANCIA DE HALÓGENOS H4.....	82
FIGURA 76 IRRADIANCIA- DISTANCIA DE LED.....	83
FIGURA 77 GRÁFICA 3D DISTANCIA RADIAL.....	85

## ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1 FÓRMULA DE IRRADIANCIA.....	14
ECUACIÓN 2 CÁLCULO DE CORRIENTE PARA RELÉS .....	47
ECUACIÓN 3 CÁLCULO DE CORRIENTE PARA FOCOS LED H4 .....	66
ECUACIÓN 4 CÁLCULO DE CORRIENTE PARA FOCOS LED UÑA.....	66

## RESUMEN

La contaminación lumínica automotriz no es un problema ambiental de conocimiento general, y por esta razón las personas desconocen las consecuencias de salud que ésta produce. Es por ello que, se ha visto la necesidad de realizar un análisis de los focos que utilizan los vehículos, para así conocer, si la iluminación que estos proporcionan es la adecuada sin provocar riesgos; o si se siguen normas para su circulación, caso contrario buscar soluciones antes de que el problema aumente. Esto se llevará a cabo programando fuentes de voltaje y detectores ópticos con el motivo de observar la información adquirida, en un ordenador, de esta manera resultará más conveniente analizar los datos obtenidos de las luminarias. Luego del análisis que se ha desarrollado y con las investigaciones realizadas, se llega a la conclusión de que, la cantidad de color azul, utilizado para obtener el blanco de las luces, en algunos casos de países fabricantes, es demasiado alta, tomando en cuenta el daño que el espectro de éste color produce no sólo en las personas, sino también en los animales y las plantas.

Palabras clave: Contaminación, luz, vehículos, salud, azul.



## **ABSTRACT**

Automotive light pollution is not a known environmental issue for everyone, and this is the reason that the people, unknown the health problems it produces. So, is necessary make some analyses with a variety of lights that the vehicles uses, determining whether the amount of light is the correct without risks; or whether exist norms for circulate, and if there aren't, search options before this problem increases. This is done, by programming devices like power source and optical detectors to monitor the acquired information, in a PC, so, using that, data analyzes of lights, are more easy than do this by hand. After that analysis and investigation has been performed, the conclusion is, the blue amount that use to obtain the white of lights, in some manufacturing countries, is too high, because the damage that cause the spectrum of this color, is not only for people, animals and plants also.

Key words: Pollution, light, car, health, blue.

## CAPITULO 1

### ADQUISICIÓN DE DATOS PARA EL ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA AUTOMOTRIZ

La luz, es un recurso indispensable, y por ello existen diversos estudios que muestran que el 80% de la percepción de los seres humanos se realiza a través de la visión (Solano, 2005), de ahí la necesidad de efectuar tareas incluso cuando el sol ya se haya ocultado, obligando a que se acreciente intensamente el uso de algún tipo de iluminación artificial. Entonces, debido a la demanda de su uso, se ha incrementado y perfeccionado factores como la eficiencia lumínica, en la fabricación de diferentes tipos de luminarias que aumenten el factor de diversificación y al mismo tiempo disminuyan la carga resistiva (Serrano, 2006) y de utilización evitando caídas de tensión.

Por este motivo, el diseño de alumbrado en automóviles; ha explorado la necesidad de disminuir los accidentes de tránsito especialmente cuando la luz del sol ha cesado. En el Ecuador la ley de tránsito, en el artículo 165 demanda que: “Todo vehículo deberá llevar sus luces encendidas, entre las 18h00 y las 06h00 del día siguiente y entre las 06h00 y las 18h00, si las condiciones atmosféricas (neblina, lluvia, etc.) lo exigen” (TRANSIT S.A., 2013); por tal motivo, cada fabricante de éste medio de transporte, intenta sobresalir de los demás ofertando mayor iluminación en estos horarios. Entre los distintos tipos de luminarias que se ofertan, las más conocidas por

el público ecuatoriano son: vapor de gas, fluorescente, halógena, filamento y las de estado sólido (LED) (OSRAM GmbH, 2013).

Con tantas opciones en el mercado, la contaminación lumínica automotriz es un problema al cual nos enfrentamos diariamente debido a que, como se mencionaba en párrafos anteriores, la iluminación artificial se ha convertido en una necesidad, aumentando así, la producción y utilización masiva de diversos dispositivos que solucionen la falta de luminosidad, en éste caso particularmente, esto puede generar un innecesario deslumbramiento, producido por el exceso de luz, el cual afecta al sistema receptor visual, principalmente a los conos y bastones que funcionan como sensores fotoeléctricos en el ser humano (López & Pérez, 2008) (Maestre, 2007); por este motivo, se cree erróneamente, que mientras más iluminación, se facilita la visión del conductor.

Si bien los dispositivos que produzcan luz artificial son importantes, la luminosidad depende especialmente de factores regidos por la luminotecnia, también del espectro que crea, y de su control en la normalización de potencia óptica; estos factores, entonces, ayudarán a su regularización. Un buen diseño de alumbrado nocturno, redundará en la protección del paisaje y los hábitats, favoreciendo a la salud, privacidad y descanso, puesto que el objetivo no es obtener mayor luz sino mejor visibilidad, y ésta se consigue evitando deslumbramientos y zonas de sombra; tampoco utilizando luz blanca, porque ésta afecta cuatro veces más a los insectos, interfiere en la alteración biorrítmica de las personas y se difunde mejor en el aire

invadiendo la región del espectro que corresponde a la sensibilidad de la visión escotópica<sup>1</sup> (Dorremoechea, 2010).

El exceso innecesario de iluminación hace que la luz colisione contra las partículas suspendidas en el espacio y regrese desde la bóveda celeste a las zonas terrestres perturbando el ciclo elemental nocturno y manifestando un evidente problema en el aumento del brillo del cielo oscuro, motivo por el cual en muchas ciudades es imposible la visión astronómica. Por tal razón, es necesario investigar también las consecuencias que se producen a las alteraciones en ciclos a los cuales los seres vivos se acostumbraron hace miles de años, ya que la mayoría de ellos realizan su actividad sin la presencia de luz; llevando a éstos, a graves desequilibrios ecológicos (Lamphar, 2010).

Estos factores sin duda son atribuidos en cierto porcentaje a la contaminación lumínica automotriz, que se puede notar fácilmente al observar las lámparas de alumbrado externo de los mismos, en los cuales existen algunas clasificaciones de acuerdo a su casquillo, su potencia y la tensión de funcionamiento.

En el desarrollo de este proyecto se implementará un sistema de control para fuentes de tensión y detectores ópticos mediante programación gráfica en la plataforma LabVIEW, con el cual se podrá analizar los efectos de ésta contaminación; su análisis principalmente estará enfocado a lámparas de tipo halógenas (H4) y LEDs (blanca y azul). Las primeras son de filamento con gas inerte dentro de ellas, generando una mayor intensidad luminosa a

---

<sup>1</sup> Visión escotópica: Permite observar el cielo oscuro, lejos de las áreas iluminadas.

comparación con las incandescentes, además de un pequeño aumento del consumo de corriente y una vida más larga de funcionamiento. Sin embargo, éste último, no ha impedido el uso excesivo de las lámparas halógenas.

Más adelante se observará que, existen también algunas lámparas para vehículos, compuestas de algunos LED, éstas se comercializan en el país, pero no son muy utilizadas debido a la poca iluminación que generan una vez colocadas.

En el caso de las lámparas de estado sólido (LEDs), éstas no necesitan un previo calentamiento, o altos voltajes de alimentación para encenderlas, son muy resistentes a vibraciones debido a la falta de filamentos (Gago & Fraile, 2012).

Para cumplir con el objetivo principal de este proyecto (implementar un sistema de control para fuentes de tensión y detectores ópticos mediante programación gráfica en la plataforma LabVIEW para analizar los efectos de la contaminación lumínica automotriz) son necesarios equipos primarios como: medidores de potencia óptica, espectrofotómetros y fuentes de voltaje/corriente. Con los cuales se estudiará los conceptos que se encuentren involucrados con la contaminación lumínica automotriz, tales como, deslumbramiento, grado de difusión, el tipo de reflexión y demás términos de carácter medio ambiental y mecánico; además se desarrollará una estrategia para implementar un software que permita adquirir datos de dispositivos de medición como fuente de tensión y detectores ópticos con la posibilidad de validar de forma eficiente los datos adquiridos en las pruebas que se desarrollarán durante el avance del proyecto.

## 1.1 Plataforma y entorno de desarrollo “LabVIEW”

La plataforma LabVIEW es un entorno de desarrollo que sirve para diseñar diversas aplicaciones orientadas a grupos de ingenieros y científicos, con el objetivo de simplificar la complejidad e integrar software y hardware mediante interfaces de usuario personalizadas.

LabVIEW viene del acrónimo “Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench”, y se ha convertido en uno de los principales programas para el desarrollo de sistemas de instrumentación y medida, no sólo en el ámbito investigativo, sino también en el industrial, ayudando a acortar el tiempo de implementación, a través de la reutilización del código y con la facilidad de ser un lenguaje de programación gráfica.

Al trabajar con este software se puede obtener una buena integración y amplia compatibilidad con varios tipos de hardware tales como equipos de medición, tarjetas de adquisición de datos, etc, además, que el procesamiento en tiempo real determina los parámetros de entrada según se vaya necesitando.

El programa como su nombre lo dice es un laboratorio virtual el cual servirá, para diseñar un instrumento de carácter específico en software y simular mediante un diseño de HMI (Human Machine Interface) conveniente, las funciones del panel frontal del mismo, apoyándose en los elementos de hardware que son accesibles mediante el ordenador y vienen pre- cargados al momento de instalarlo; el objetivo es realizar una programación adecuada para una buena simulación de lo que realizaría el instrumento real, de tal

forma que, el usuario pueda relacionar fácilmente el HMI realizado en LabVIEW, con el equipo físico.

Para la interfaz gráfica, la mayoría de lenguajes de programación se basan en texto, pero este método requería demasiado tiempo invertido en algunos detalles, como lo es el desarrollo del HMI, que al dar por terminado el proyecto no se relacionaban en lo absoluto con la finalidad del instrumento virtual, principalmente al momento de programar los aspectos físicos del equipo. Por este motivo, National Instruments desarrolla un software en el cual el programador se concentre únicamente en los aspectos importantes del proyecto; tales como rangos, intervalos de tiempo, controladores, etc.; y el usuario de un sistema automático de medida, tenga que centrar su atención en aspectos como la definición del procedimiento del test, selección de instrumentos, supervisión de la ejecución y conocimiento de parámetros iniciales para un correcto funcionamiento que dará como consecuencia la obtención de resultados que posteriormente deberán ser analizados.

Sin embargo, a pesar de las prestaciones de un tipo de programación gráfica, siempre será necesaria la construcción de un algoritmo y el desarrollo de algunas estructuras de datos, conservando una lógica que ayude a dar una solución a problemas frecuentes de ingeniería evitando así la fatiga de la mente del ser humano al retirarle tareas repetitivas de sus labores.

El programador debe tener presente las características de los algoritmos conservando finitud, definibilidad<sup>2</sup>, generalidad<sup>3</sup>, y efectividad para que el

---

<sup>2</sup> Definibilidad: Realizar acciones paso a paso y sin ambigüedad en la programación.

<sup>3</sup> Generalidad: Agrupar todos los problemas según su tipo para una mayor facilidad de resolución.

proyecto funcione correctamente en todos los casos y considerando todas las posibles fallas a las cuales se lo pueda someter incluso en las más duras pruebas (Lázaro, 2000).

A pesar de la forma que se diseña en LabVIEW, se debe considerar también el planteamiento a lo que sería en otros paquetes de software, la programación estructurada, lográndose de esta manera, resultados más fiables debido a la claridad con la que se pueden identificar los problemas, y se conserva una secuencia, iteración y condición.

Una de las semejanzas con las programaciones basadas en texto es la utilización de tipos de datos en respuesta de necesidades a las que se debe enfrentar al trabajar con situaciones reales, pero incluso para éstas, existe una ayuda a la memoria ya que cada bloque de función usa un color de acuerdo al tipo de dato que entrega o recibe. LabVIEW se ejecuta al tener disponibles todos los datos de entrada, produciéndose así una dependencia de datos en la cual la función que los recibe sea ejecutada posteriormente produciéndose un flujo continuo de información (Lázaro, 2000).

## 1.2 Circuitos para pruebas de electroluminiscencia

Existen diferentes fenómenos de emisión de luz dependiendo de la aplicación que se desee; entre ellos encontramos la electroluminiscencia, termoluminiscencia, quimioluminiscencia, etc. de los cuales se estudiará sólo la primera de ellas (Poole & Owens, 2007) (Gil, Ramos, Moreno, & Cuerda, 2006).

La electroluminiscencia se genera por la recombinación de electrones y protones, ocasionando una emisión de radiación lumínica, y para ello se



requiere de una tensión continua (Hlawiczka, 1977) (Rodà & Pérez, 1992) (Departamento de Química y Física, 2005).

El principio de electroluminiscencia en LEDs, es mediante materiales semiconductores con unión p-n, el mecanismo de inyección, es el único utilizado para la recombinación de portadores, ya que, se obtiene campos eléctricos bajos (Duart, 1988) (SANZ & TOLEDANO, 2007). Existe también la electroluminiscencia en gases, en donde el proceso es mucho más lento ya que la transición final al estado fundamental, exige colisión con las paredes del tubo que lo contiene (Hlawiczka, 1977) (Baird, 2001).

Bajo estos principios se conseguirán algunos focos disponibles comercialmente en el mercado ecuatoriano, los cuales se utilizarán para la realización de las primeras pruebas, que posteriormente ayudarán a obtener la información necesaria para realizar un análisis de su nivel de contaminación lumínica, aunque en estos estudios no se analizará el sistema óptico de las luminarias, sólo la potencia óptica mediante el detector óptico, fuente de voltaje/corriente y el espectrómetro.

## CAPITULO 2

### MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se desarrollará los conceptos teóricos requeridos para el proyecto; el cual consiste en la implementación de un sistema de control para la adquisición de datos de fuentes de voltaje y detectores ópticos para el estudio de la contaminación lumínica automotriz.

#### 2.1 Contaminación lumínica

La contaminación lumínica se origina cuando existe un mal diseño del alumbrado artificial y por lo tanto un uso ineficiente del mismo; éste envía irradiación lumínica a zonas donde no son necesarias, como el cielo. Esta luz colisiona contra las partículas suspendidas en el espacio y se regresa perturbando el ciclo elemental nocturno (Skoog, Crouch, & Holler, 2007). Sus efectos manifiestos son (Águeda, 2009):

- La dispersión de luz hacia el cielo
- Intrusión lumínica
- Deslumbramiento
- Interacción de radiación innecesarias de fuentes artificiales
- Sobre consumo de electricidad

La contaminación lumínica se ha convertido en un problema a escala mundial, y con el deficiente control de compra/venta, además del mal uso de los dispositivos de luz que poseen el área automotriz, hace que sea un

atribuyente más a éste problema. De todos los problemas mencionados, el estudio se centrará en el fenómeno del deslumbramiento (Atkins & Jones, 2005).

### 2.1.1 Deslumbramiento

El deslumbramiento es la incidencia normal o directa de la luz artificial sobre el ojo de seres vivos como personas y animales, y es tanto más intenso mientras más adaptada a la oscuridad esté la visión, de tal manera que provoca molestia, interferencia, fatiga del ojo o incluso insensibilización de la retina (Croft, Carr, & Watt, 1974).

Se presta principal atención a este término, cuando se producen cambios bruscos de iluminación, que provocan un momento de ceguera, porque el ojo pasa de un estímulo luminoso intenso, a una oscuridad relativa (Álvarez, 2004).

Y, como se muestra en la Figura 1, ese deslumbramiento puede ser de forma directa o indirecta, afectando a los conductores al momento de manejar sus vehículos, ocasionando desorientación y provocando tráfico o accidentes (Martín, Soriano, & Escobar, 2007).



Figura 1 Deslumbramiento (a) indirecto (b) directo

Fuente: (Álvarez, 2004)

#### 2.1.1.1 Contaminación lumínica automotriz

Este último término ha sido motivo para que la investigación se lleve al campo de los automóviles; por este motivo es importante definirlo (Editorial Tráfico Vial, 1997).

Además su curva de distribución de iluminación (Figura 2) dependerá de qué tipo de faro se le haya colocado al vehículo para conseguir aún más aumento de visibilidad contribuyendo a una mayor contaminación lumínica automotriz (Gil, 2011).

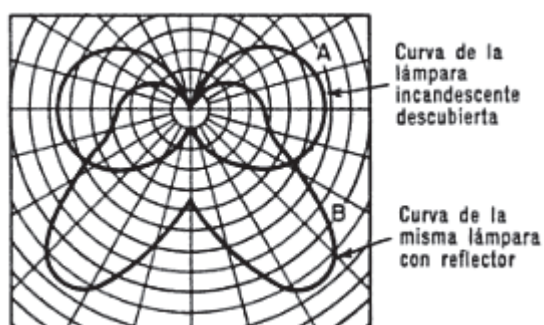


Figura 2 Curvas de la lámpara

Fuente: (Gil, 2011)

En los grandes países, es en donde más demanda de vehículos existe debido al tamaño de las ciudades, por lo que, la necesidad de transportarse aumenta; un claro caso de esto es el de Finlandia, en donde desde 1950 se ha dado un gran aumento del flujo vehicular, mismos que vienen equipados con luces muy potentes, pero aun así se aumentó el alumbrado de las vías en un 16% desde 1980 (Lyytimäkia, Tapiob, & Assmuth, 2012).

Entonces, aparece aquí la opinión no sólo de ambientalistas, quienes protestan por el tiempo de vida que le resta al planeta, sino también de investigadores médicos quienes consideran que la contaminación lumínica, puede tener efectos en la salud, tanto de los seres humanos, como de la flora y la fauna (Chepesiuk, 2010).

Debido a que los automóviles se desplazan en distintas zonas para movilizar a las personas, su daño es más evidente aún, porque en donde todavía era posible la visión escotópica, éstos iluminan la vía causando deslumbramiento al conductor que viene en sentido contrario, a animales acostumbrados a los ciclos estacionales y a la flora que en muchos de los casos cumplen con sus procesos durante la noche, tales como fotosíntesis, transpiración, respiración, y digestión (Rich & Longcore, 2005).

El término, radiación electromagnética, juega un papel fundamental en la contaminación lumínica ya que el radio, frecuencia, microonda, infrarrojo, luz visible, ultravioleta, rayos X y radiación gamma viajan libremente en el espacio causando graves consecuencias en la salud (Wu, Seregard, & Algvere, 2006).

El riesgo para los seres humanos, ha sido estudiado por epidemiólogos, afirmando que el daño causado se debe a los fotones de luz, compuesta de longitudes de onda entre 390-550[nm], que llegan al tejido de la retina provocando daños fotomecánicos<sup>4</sup>, fototérmicos<sup>5</sup> y fotoquímicas<sup>6</sup> (CHAMORRO, y otros, 2012) (Wu, Seregard, & Algvere, 2006).

La luz azul es la que mayor problema presenta, ya que dentro de los daños que causa, se mencionaba el insomnio o riesgo de desarrollo de cáncer, debido a la exposición de la luz con alto componente de este color, alterando de esta forma los ritmos normales de melatonina (Falchi, Cinzano, Elvidge, Keith, & Haim, 2011).

Es por ello que, basándose en estos estudios, se establecen 4 grupos de riesgos, siendo 0 el menor y 3 el mayor, ya que una de las razones por las que la luz azul contribuye a la contaminación lumínica es porque se dispersa más fácilmente en la atmósfera (Falchi, Cinzano, Elvidge, Keith, & Haim, 2011).

La luz empieza a causar efectos biológicos, como el trastorno del ritmo circadiano<sup>7</sup>, cuando la cantidad de luxes a la que se expone se encuentra entre los 133-950[lux] (Wu, Seregard, & Algvere, 2006).

En el caso del cáncer de mama, debido a la exposición de la luz en la noche, se trastorna la fisiología circadiana y neuroendocrina, produciendo un aceleramiento en el crecimiento de los tumores (Peña, Lozano, & Díaz, 2000).

---

<sup>4</sup> Fotomecánicos: Efectos de choque de las ondas luminosas.

<sup>5</sup> Fototérmicos: Calor local producido por las ondas.

<sup>6</sup> Fotoquímicas: Cambios en las macromoléculas.

<sup>7</sup> Ritmo circadiano: Oscilaciones de las variables biológicas en intervalos regulares de tiempo, asociadas a un cambio ambiental rítmico.

No poder descansar adecuadamente y bajo las condiciones necesarias, afecta a varios procesos del organismo como patrones de ondas cerebrales, producción de hormonas, regulación celular entre otras actividades biológicas produciendo desde depresión hasta enfermedades cardiovascular. "Estudios demuestran que el ciclo circadiano controla entre 10% y 15% de nuestros genes", explica Paolo Sassone-Corsi, presidente del Departamento de Farmacología de la Universidad de California en Irvine en un medio electrónico publicado en la Pesquisa SciELO.

### 2.1.2 Irradiancia

La irradiancia es la cantidad de energía que incide sobre un sensor plano de área conocida por unidad de tiempo. Su medida en el sistema internacional (SI), está dada como, vatios por metro cuadrado [ $\text{W}/\text{m}^2$ ], pero anteriormente, se menciona que ésta medición se lleva a cabo dependiendo de un tiempo, el cual no consta en la unidad de medida, pero se encuentra contenido dentro de los vatios, ya que,  $1[\text{W}] = 1 [\text{J}/\text{s}]$ . En palabras sencillas, la irradiancia hace referencia a la luz que incide sobre un objeto (Taiz & Zeiger, 2006) (Unión Internacional de Química Pura y Aplicada. Comisión de Fotoquímica, 1999) (Hecht, 2000) (Gutiérrez & Nieto, 2006).

Ecuación 1 Fórmula de Irradiancia

$$I = \frac{P_{inc}}{A_s}$$

En donde,  $P_{inc}$  es la potencia incidente y  $A_s$  el área de la superficie en que incide la onda.

### 2.1.3 Flujo radiante

El flujo radiante corresponde a la cantidad de energía emitida por unidad de tiempo. Su unidad de medida en el SI es el watt [W]. Éste flujo depende directamente de la temperatura del cuerpo, así como la superficie del mismo, pero generalmente el flujo radiante que llega a esta parte se refleja en la misma y parte se absorbe en el cuerpo, de donde se puede transmitir una fracción de la temperatura luego de haberlo atravesado; pero si el flujo transmitido es nulo todo el flujo radiante no reflejado, como es de esperarse se absorbe (Ferrer & Carrera, 1981) (Sabater, 1999).

A veces, a la potencia óptica se le llama flujo radiante ya que es la misma potencia eléctrica o térmicamente en watts. Mide la tasa con la que las ondas electromagnéticas transfieren energía luminosa (Tomasi, 2003).

### 2.1.4 Lumen

Al momento de estudiar sistemas, en óptica, cada magnitud luminosa, cada magnitud luminosa tendrá dos unidades, flujo luminoso [W] y lúmenes [lm], pero sólo la última es unidad de medida de óptica del SI (García, 1987).

El lumen entonces, queda definido como el flujo luminoso contenido en un ángulo sólido [sr], por lo que, cuando un foco emite intensidad uniforme, una candela se coloca en el vértice de ese ángulo y se obtiene que,  $1[\text{lm}] = 1[\text{cd}] * 1[\text{sr}]$  (García, 1987).

## 2.2 Programación en plataforma y entorno de desarrollo “LabVIEW”

Para el estudio de contaminación lumínica automotriz se utilizó la plataforma LabVIEW, la cual tiene una ventaja con su control de adquisición



y automatización de datos, además de una gran cantidad de componentes de interfaz para el usuario con lo cual se puede conseguir una interface de usuario HMI intuitiva y de fácil interacción con el operador (Lázaro, 2000).

Aprovechando las ventajas de éste software, se puede realizar la adquisición de datos de equipos programables basándose en la transferencia de información.

Su funcionamiento inicia cuando la información se almacena en la memoria interna del dispositivo, entonces, para poder observarlos en el monitor del ordenador, éstos se transfieren al buffer de salida del mismo, para ser enviados al de entrada de la PC (Stamps, 2013), realizando así una adquisición exitosa en la cual se evitará pérdida de paquetes en la transmisión, un ejemplo gráfico de lo descrito, se muestra en la Figura 3.

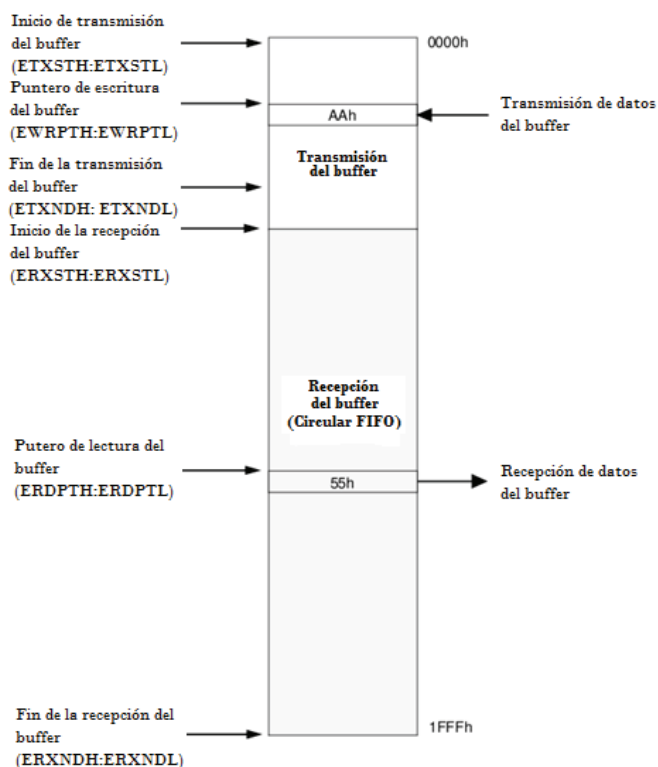


Figura 3 Transferencia de datos entre periférico y ordenador

Fuente: (Stamps, 2013)

### 2.2.1 Protocolo de Comunicación RS- 232

Para que una transferencia se considere exitosa y no peligre la pérdida de datos se deben establecer algunos factores importantes que hacen único a cada protocolo. Indicar la ruta entre origen y destino, además de los centros de conmutación es indispensable ya que de esta manera los involucrados en la transmisión podrán detectar posibles fallos en la comunicación.

Existe la posibilidad de utilizar el protocolo estándar GPIB, pero, se prefiere utilizar otras herramientas, a pesar de que existen algunas ventajas de éste sobre el RS-232, ya que, con el GPIB es posible sincronizar interfaces en paralelo para sistemas digitales y existe poca estandarización con respecto a la interconexión (Wolf & Smith, 1992).

Por estas razones, es más factible utilizar el protocolo RS-232 que no presenta inconveniente alguno para su implementación, ya que fue redactado por el CCITT (Comité Consultatif International de Télégraphie et Téléphonie) en Europa y la EIA (Electronics Industries Association) en Estados Unidos, asegurando un formato mundial para comunicaciones en serie entre ordenadores y periféricos. Dentro de estas normas se contempla características de niveles de tensión, funciones de control y conectores como el DB-25 y el DB-9.

#### 2.2.1.1 DB-9

Los dos tipos de conectores indicados anteriormente, se utilizan para una comunicación serial, pero los equipos y ordenadores actuales generalmente cuentan con el DB-9, protocolo.

Los niveles de tensión están definidos entre  $-3[V]$  y  $-15[V]$  para el 1 lógico y entre  $+3[V]$  y  $+15[V]$  para el 0 lógico. Generalmente, la interfaz se limita típicamente a velocidades de  $20[kbps]$  para distancias mayores a  $15[m]$  debido a los tiempos de subida de los impulsos del cable, aunque si la distancia es menor se puede trabajar con velocidades mayores (Bateman, 1999).

La velocidad de transmisión de datos es expresada en bits por segundo o baudios. En donde el primero queda definido como el número de estados para la señal y es equivalente a bit por segundo.

Para la transmisión de datos de forma serial se envía en secuencia un bit a la vez, pero ambos dispositivos deben tener un directorio específico para ir tomando los turnos correspondientes tanto de envío como de recepción. Una de las principales señales que se debe remitir, es la de reloj para cuando se realiza intercambio de información de manera síncrona o incluso asíncrona, las que ayudarán a evitar cuellos de botella o embotellamientos, ya que los dispositivos saben cuándo enviar y leer cada bit. En la Figura 4 se describe con un ejemplo gráfico lo explicado en palabras en el presente párrafo (Donate, 1997).

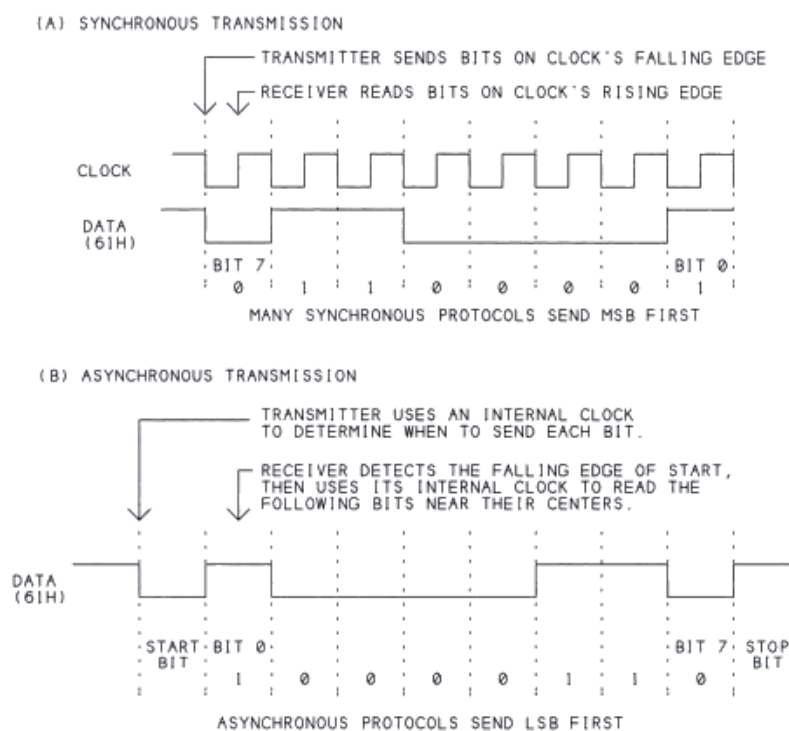


Figura 4 Transmisión síncrona y asíncrona

Fuente: (Donate, 1997)

La diferencia entre transmisión síncrona y asíncrona es que, la primera necesita que los relojes de transmisión y recepción estén sincronizados, pero, en la segunda, el comienzo y fin de cada uno de los caracteres está indicado por el bit de arranque y parada respectivamente.

Existe también el bit de paridad, el cual es el último bit del mensaje y se lo envía con la finalidad de que la línea se ponga a 1 por lo menos durante el tiempo mínimo de un bit.

En la Tabla 1 se muestran las 4 direcciones para los puertos seriales y las líneas IRQ8 asignadas a cada uno. Sin embargo los puertos no necesitan solamente ésta información, sino, como se había indicado anteriormente una dirección específica señalada en la misma tabla. Se identifica a los puertos

<sup>8</sup> Líneas IRQ: Línea de pregunta o interrupción para cada puerto.

seriales con el prefijo COM seguido del número correspondiente al puerto (Axelson, 1998).

Tabla 1 Direcciones de puertos COM y líneas IRQ

<b>Puerto</b>	<b>Dirección</b>	<b>IRQ</b>
<b>COM1</b>	3F8h	4
<b>COM2</b>	2F8h	3
<b>COM3</b>	3E8h	4 o 11
<b>COM4</b>	2E8h	3 o 10

Fuente: (Axelson, 1998)

La combinación de las características mencionadas, y la necesidad de obtener en forma automatizada, las mediciones o datos respectivos de las magnitudes físicas, han permitido que se escoja este protocolo, al cual se le adaptará un conector USB para realizar la conversión, y así, con la disponibilidad de puertos para los equipos, detector óptico, multicalibrador, y ordenador, se pueda establecer la comunicación; mismos que servirán para el uso con la placa electrónica que realiza el encendido y cambio de luces los vehículos.

### 2.3 Placa controladora de iluminación vehicular

La placa colocada en los vehículos puede controlar el encendido y cambio de luces delanteras, activar las de adorno, neblineros, frenos e indicadores internos y demás iluminación del vehículo.

De todas las luces mencionadas, se hará un enfoque en las tres primeras, que tienen efectos secundarios graves, mencionados en el capítulo 1.

### 2.3.1 Sistema de iluminación vehicular

Al conducir en la carretera para el anochecer, muchos vehículos utilizan luces bastante fuertes y al acercarse otro en sentido contrario, produce un deslumbramiento, que no le permite al conductor observar la vía. El caso es peor aun cuando tienen iluminación innecesaria y exagerada. A estas luces se las puede clasificar en:

- Altas y bajas
- Neblineras
- Tunning

### 2.3.2 Principio de funcionamiento

Las luces altas y bajas se utilizan en todos los vehículos para iluminación en la noche o en días lluviosos, de esta manera es posible observar la vía.

Las neblineras, como su nombre lo dice se utilizan para ocasiones en las que existe neblina, debido a que su intensidad luminosa es más fuerte que las luces altas que los vehículos poseen.

Las luces para tuning son realmente innecesarias, pero muchas personas las toman como una opción de adorno.

Sin embargo, todas las mencionadas se las puede encontrar en dos tipos de focos, las de halógeno de descarga de alta intensidad y las de estado sólido.

#### 2.3.2.1 Lámparas de descarga de alta y baja intensidad

A las de baja intensidad, la composición le da el nombre de lámparas halógenas, y su funcionamiento se basa en el transporte de partículas.

Para encapsular el proceso que llevan a cabo, se utiliza una ampolla de cristal de cuarzo, en su interior se instalan uno o dos filamentos incandescentes de wolframio, y obviamente están los gases halógenos como yodo y bromo. La función de estos gases es regenerar el filamento mediante el transporte de partículas de wolframio y gases halógenos (Marín, 2010).

El wolframio es atrapado por la combinación de estos gases formando bromuro o yoduro de wolframio, que en contacto con el filamento a una temperatura de 3200 °K se descompone y libera el halógeno quedando disponible para empezar nuevamente con el proceso; así como se observa en la Figura 5 (Soriano & Ruiz, 2008).

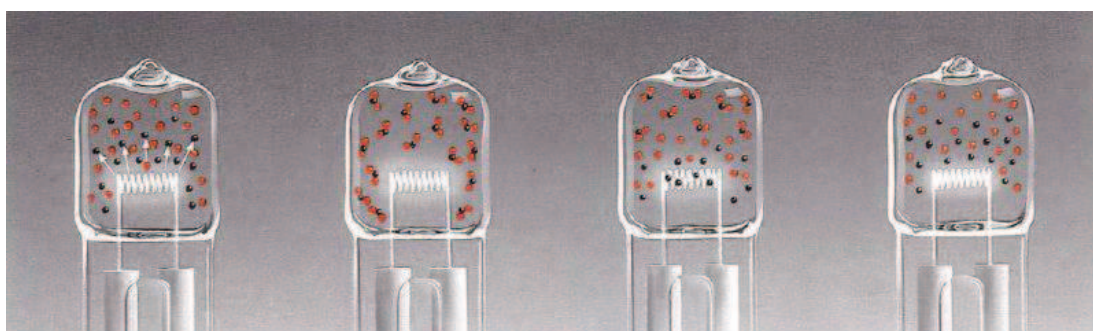


Figura 5 Proceso de funcionamiento de lámpara Halógena

Fuente: Grlum

De esta manera se obtiene un mayor rendimiento luminoso que va alrededor de 2000 horas y 25[lm/W] produciendo una luz con temperatura de color entre 3200 y 4000K (Serrano, Circuitos eléctricos auxiliares del vehículo, 2006).

Como la intensidad luminosa depende de la temperatura que alcance su filamento, mientras más elevada, se obtiene una luz más blanca cercana a la luz solar, pero al aumentarla, se produce una vaporización del gas, mismo que desprende algunas partículas del filamento, produciendo una emisión

electrónica que empuja a los electrones fuera de sus órbitas. En el caso de que exista el aumento mencionado, se debe tener especial cuidado al momento de la manipulación por dos razones, primero por precaución debido a altas temperaturas y segundo porque la grasa de los dedos que se queda en el cuarzo produce una alteración permanente en el cristal (Hamm, 2000).

En la Figura 6 se observa una lámpara halógena de descarga de baja intensidad.



Figura 6 Lámpara halógena de descarga de baja intensidad

Fuente: Afrelectricidad

Un ejemplo de las lámparas de descarga de alta intensidad son las de xenón, éstas sustituyen el filamento que tienen las de incandescencia, por dos electrodos alineados que producen un arco voltaico cuando se encuentran ante la presencia del gas xenón y sales de metales halogenados que se encuentran ubicados dentro de una ampolla de cuarzo en forma de bulbo de aproximadamente  $1[\text{cm}^3]$  (Soriano & Ruiz, 2008).

Pueden alcanzar una tensión de encendido de hasta  $25[\text{kV}]$ , entonces es cuando se forma el arco voltaico que ioniza el gas, y mientras tanto se evaporan las sustancias de llenado líquidas y sólidas por el aumento de la temperatura en el quemador, y es entonces, cuando empieza a iluminar (BOSCH, 2000).



También emiten luz color azul, y eso se debe al tipo de gas que se ha utilizado en su fabricación, ya que a la ampolla se le coloca otra adicional de vidrio de cuarzo como protección para que absorba la radiación ultravioleta (Serrano, Circuitos eléctricos auxiliares del vehículo, 2006).

Para que alcance su claridad máxima, se debe encender la lámpara con mayor intensidad de corriente durante aproximadamente 3[s] donde más tarde, la reactancia se encarga de regular la corriente de alimentación (Soriano & Ruiz, 2008).

En la Figura 7 se puede observar una lámpara xenón de descarga de alta intensidad.



Figura 7 Lámpara xenón de descarga de alta intensidad

Fuente: Motorpasion

#### 2.3.2.2 Lámparas de estado sólido

Para hablar de la iluminación de este tipo de lámparas, primero es necesario conocer acerca de la electroluminiscencia; que se observó por primera vez en cristales de carburo de silicio, los cuales iluminaban gracias a uniones p-n de éste material. Éste, es un fenómeno inverso al fenómeno fotovoltaico, ya que, emite luz en un sólido, bajo la acción de un campo eléctrico y se obtiene también radiación óptica suministrando energía

eléctrica (Duart, Optoelectrónica y comunicación óptica, 1988) (Hlawiczka, Introduction to Quantum Electronics, 1977).

Ahora, en forma general se define a los LED (light- emitting diode) como un dispositivo semiconductor de la categoría de los diodos, pero su función es emitir luz por electroluminiscencia, aplicando una apropiada corriente continúa al cristal que contiene la unión p-n, de esta forma, se convierte la energía eléctrica, en luz o radiación infrarroja (Sanz & Toledano, 2007).

Los LED dependiendo de su longitud de onda están formados por diferentes materiales semiconductores, entre ellos se puede mencionar el arseniuro- fosfuro de galio en un sustrato de arseniuro de galio que da como consecuencia la longitud de onda del color verde; y el fosfoarseniuro de galio con fosfuro de galio da amarillo (Sanz & Toledano, 2007).

Al aplicar una diferencia de tensión en los electrodos del LED se genera una recombinación de los electrones y huecos en las uniones p-n como se observa en la Figura 8 (Vázquez, 2000), teniendo como consecuencia la presencia de la electroluminiscencia del dispositivo.

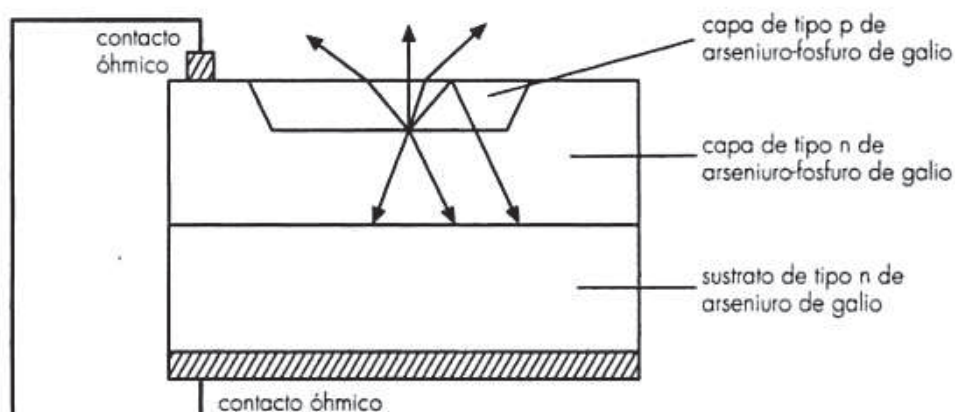


Figura 8 Estructura del LED

Fuente: (Vázquez, 2000)

Si una cantidad adecuada de la energía es liberada cuando los electrones se vuelven a combinar, se emite en forma de ondas infrarrojas de baja frecuencia; pero si el electrón genera más energía, las ondas emitidas por el diodo serán más altas llegando al nivel de la luz visible, en algunos colores como rojo, naranja, amarillo, verde, azul, violeta, e incluso ultravioleta, el cual es imperceptible al ojo humano (Gago & Fraile, Iluminación con tecnología LED, 2012).

Los LED se basan en un encapsulado de plástico con un cristal de silicio en su interior, que genera las emisiones sin necesitar de un tiempo significativo para su funcionamiento, motivo por el cual muchas personas lo usan para luces de freno principalmente, ya que tarda entre 170 y 200 milisegundos en alcanzar su nivel de brillo máximo (Bureau, 2009).

Es importante mencionar también que la temperatura de color de los focos que se utilizarán en las pruebas es de 4000K (Sanz & Toledano, 2007).

El funcionamiento en los vehículos se da de la siguiente manera (Figura 9) (Bureau, 2009):

1. Se encienden las luces del vehículo.
2. La información llega a la centralita del faro<sup>9</sup>, ya sea al principal o a los dos según el diseño y mediante el multiplexado variando el voltaje según las condiciones de marcha.

---

<sup>9</sup> Centralita del faro: Moduladora de ancho de pulso.

3. Se envía la información al chip de cada faro generando el encendido como luz refractada.



Figura 9 Funcionamiento de LED en vehículos

Fuente: (Bureau, 2009)

En la Tabla 2 se puede observar la cantidad de LEDs utilizados para los faros de los vehículos (Marín, Sistemas de seguridad y confortabilidad, 2010).

Tabla 2 Óptica trasera de faro LED

<b>Funciones de luces</b>	<b>Elementos de iluminación empleados</b>	<b>Excitación</b>	<b>Potencia</b>
<b>Luz piloto</b>	21 LEDs	100%	Aprox. 3.4[W]
<b>Luz de freno</b>	33 LEDs	100%	Aprox. 5.8[W]
<b>Luz de freno cuando piloto</b>	11 LEDs	100%	Aprox. 4.1[W]
<b>antiniebla activo</b>			
<b>Piloto antiniebla</b>	9 LEDs	100%	Aprox. 4.0[W]
<b>Luz intermitente</b>	Halógeno 16[W]	100%	16[W]
<b>Luz de marcha atrás</b>	Halógeno 16[W]	100%	16[W]

Fuente: (Marín, Sistemas de seguridad y confortabilidad, 2010)

En la Figura 10 se indica una imagen de la lámpara de estado sólido.



Figura 10 Lámpara de estado sólido

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

## CAPITULO 3

### METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Para el desarrollo del proyecto se ha requerido equipos programables como, fuente de voltaje/corriente y medidor de potencia óptica, los cuales poseen dentro de su sistema, el protocolo serial RS-232 para su adquisición de datos mediante la plataforma LabVIEW. Se utilizará también un espectrómetro óptico, el cual cuenta con su propio software.

Para la programación de los equipos, se utilizará un computador marca ACER con un sistema operativo Windows 7 de 64 bits, con un procesador Intel CORE i7, en donde se encuentra instalado el software necesario para la implementación, dentro de los cuales están:

- LabVIEW 2013, en donde se programará el sistema de adquisición de datos.
- Matlab, para el análisis de los datos.
- Bloc de Notas, en donde se registrarán los datos obtenidos con el programa LabVIEW.

### 3.1 Programación en plataforma y entorno de desarrollo “LabVIEW”

#### 3.1.1 Dispositivos programables

##### 3.1.1.1 Medidor de potencia óptica

El detector óptico que se utilizará para el desarrollo del proyecto es el EPM1000 que se observa en la Figura 11 (Coherent, Inc., 2013). Es un medidor de energía AC (corriente alterna) de la marca Molectron Detector, la cual que actualmente pertenece a Coherent Inc. (Coherent, Inc., 2004).



Figura 11 Molectron EPM 1000

Fuente: (Coherent, Inc., 2004)

Para el desarrollo de esta tesis, el sensor de prueba que se utilizará, será el de la marca Molectron, modelo PM3 serie 0453K99 que se observa en la Figura 12 (Coherent, Inc., 2004).



Figura 12 Sensor Molectron PM3

Fuente: (Coherent, Inc., 2004)

Una de las características que hizo posible la programación del equipo, es la disponibilidad del puerto de comunicación RS- 232 (Molectron Detector, Incorporated, 1998).

El EPM1000 cuenta con un conector de protocolo estándar RS- 232 de 9 pines en la parte posterior del panel, se lo puede conectar a cualquier puerto RS - 232 similar al de un PC HOST, en éste caso se utilizará un cable conversor, serial a USB, por las razones mencionadas en capítulos anteriores. Éste se conectará bajo la configuración mostrada en la Tabla 3 ya que son los valores con los que se encuentra el equipo para que se pueda establecer la comunicación (Moletron Detector, Inc.).

Tabla 3 Configuración serial para el detector óptico EPM 1000

<b>EPM1000</b>	
<b>Número de Puerto</b>	COM4
<b>Número de Baudios</b>	38400
<b>Paridad</b>	NO
<b>Bit de Parada</b>	1 bit

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

El EPM 1000 determina la potencia óptica mediante el uso de información de la sonda y un algoritmo interno, denominado Speedup, con el que se puede estimar rápidamente el valor final de la potencia (Moletron Detector, Incorporated, 1998) (Ver Anexo A).

En lo que respecta al PowerMax PM3 de Moletron, éste es un sensor térmico de disco, con un amplificador integrado, el cual está diseñado para medir la potencia media de radiación óptica sobre la región espectral de 0,19 micras a 11 micras e impulsos de 50[ $\mu$ W] a 3[W] (Coherent, Inc., 2013) (Moletron Detector, Inc.).



Una vez que se conoce el funcionamiento del equipo, se lleva a cabo la adquisición de datos, utilizando el programa LabVIEW, y posteriormente su análisis en Matlab.

Los drivers para el manejo del medidor óptico, se han adquirido haciendo una solicitud de información a la empresa COHERENT, ya que el equipo que se está utilizando es un equipo antiguo y discontinuado.

Una vez que los drivers fueron enviados, se copió la carpeta descomprimida en la dirección donde se encuentra instalado el LabVIEW 2013 independientemente del disco y su localidad se debe ingresar en "...\\National Instruments\\LabVIEW 2013\\instr.lib", y al momento de ingresar al software están listos para ser utilizados en la programación (National Instruments, 2013).

En la Figura 13 se puede observar claramente cómo acceder a estas funciones.

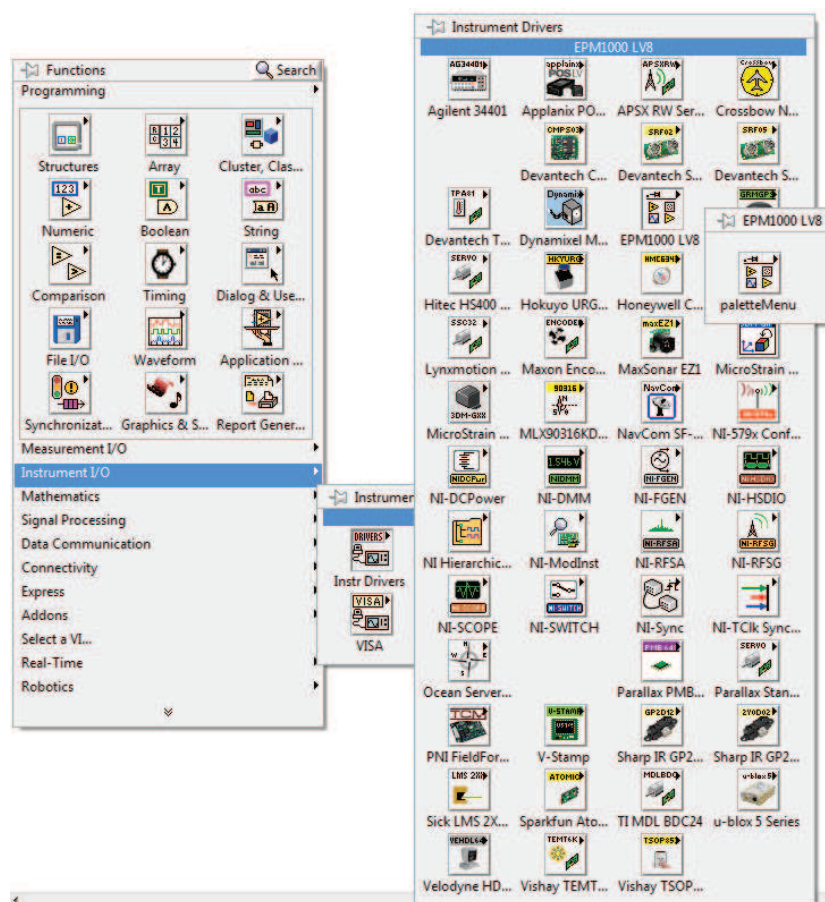


Figura 13 Acceso a drivers para control de EPM 1000

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

#### 3.1.1.1.1 Redactor del estado del clúster

El redactor del estado del clúster del EPM 1000, con su traducción en inglés “EPM1000 Compose Status Cluster.vi” contiene la comunicación detallada para establecerla con el EPM 1000, y permite al usuario escoger la de su agrado o disponibilidad según el ordenador que utilice, además de los valores predeterminados (Figura 14).



Figura 14 EPM1000 Compose Status Cluster.vi

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

#### 3.1.1.1.2 Establecedor de modo normal

El establecedor de modo normal del EPM 1000, con su traducción en inglés “EPM1000 Set Normal Mode.vi” configura al EPM 1000 en modo normal, ya que el equipo cuenta con 4 diferentes, automático, promedio, estático y normal. Debido a las aplicaciones del proyecto, el modo seleccionado únicamente será el de ésta función (Figura 15).



Figura 15 EPM1000 Set Normal Mode.vi

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

#### 3.1.1.1.3 Establecedor de rango

El establecedor de rango del EPM 1000, con su traducción en inglés “EPM1000 Set Range.vi” (Figura 16) originalmente configuraba la posibilidad de alternar entre rangos de medida de “Joule” y “Volt” para el EPM 1000, sin embargo, debido a la aplicación, debieron realizarse algunos cambios, por ejemplo, en vez de que mida “Volt” se cambió la programación interna del bloque para que mida los rangos de “Watts” y “Joule”. El resto de la programación se ha dejado sin variantes.

Es importante aclarar que los rangos utilizados son múltiples de “3” ya que los de “1” no están disponibles vía remota que es como se desea manejar el detector óptico, además, éstos últimos sólo existen para permitir resoluciones altas que es posible observarlas únicamente en el display analógico del equipo, y éste no trabaja en modo remoto.



Figura 16 EPM1000 Set Range.vi

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

#### 3.1.1.1.4 Consultor de lectura

El consultor de lectura del EPM 1000, con su traducción en inglés “EPM1000 Query Reading.vi” lee los valores y las unidades indicadas en el LCD y retornar a su salida un dato tipo string (Figura 17).



Figura 17 EPM1000 Query Reading.vi

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

#### 3.1.1.1.5 Retorno a control local

El retorno a control local del EPM 1000, con su traducción en inglés “EPM1000 Return to Local Control.vi” envía al EPM 1000 la información o cambios que se realizan mediante software (Figura 18), y así se establece una comunicación directa entre los dos.



Figura 18 EPM1000 Return to Local Control.vi

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

#### 3.1.1.1.6 Establecedor de unidades

El establecedor de unidades del EPM 1000, con su traducción en inglés “EPM1000 Set Units.vi” envía comandos al EPM 1000 para que lea “Volts”, “Joules”, “Watts”, o frecuencia en “Hertz” (Figura 19).



Figura 19 EPM1000 Set Units.vi

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

#### 3.1.1.1.7 Establecedor de cero

El establecedor de cero del EPM 1000, con su traducción en inglés “EPM1000 Set Zero.vi” direcciona al EPM1000 para usar un valor de entrada de termopila con un offset de cero. De ésta forma la gráfica siempre se podrá analizar desde un valor inicial fijo en cero (Figura 20).



Figura 20 EPM1000 Set Zero.vi

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

### 3.1.1.2 Instrumentos de voltaje/corriente

#### 3.1.1.2.1 Multicalibrador

El modelo Fluke 5500A que se observa en la Figura 21 es un instrumento calibrador de precisión para una amplia variedad de instrumentos de medición eléctricos. Y es completamente programable (Fluke Corporation, 2013).



Figura 21 Fluke 5500A

Fuente: (Fluke Corporation, 2013)

Las características del multicalibrador, utilizadas en este proyecto se mencionan en los siguientes puntos (Fluke Corporation, 2013):

- Límites de entrada programables para impedir que se ingresen cantidades no válidas.
- Salida simultánea de tensión y corriente, hasta 11[kW].
- El estándar RS- 232 de interfaz de datos en serie para el control remoto del 5500A.

Este equipo también se conectará utilizando el protocolo RS - 232, el cual cuenta con dos opciones diferentes para la transferencia de datos, el denominado “SERIAL 1 FROM HOST” y “SERIAL 2 TO UUT”.

El “SERIAL 1 FROM HOST” es un puerto de datos que se conecta a un terminal host o un ordenador.

El “SERIAL 2 TO UUT” es un puerto de datos que se conecta a una unidad bajo prueba a un PC o terminal a través de la 5500A, estos dos tipos de conexiones se pueden observar más claramente en la Figura 22 (Fluke Corporation, 2013) (Ver Anexo B).

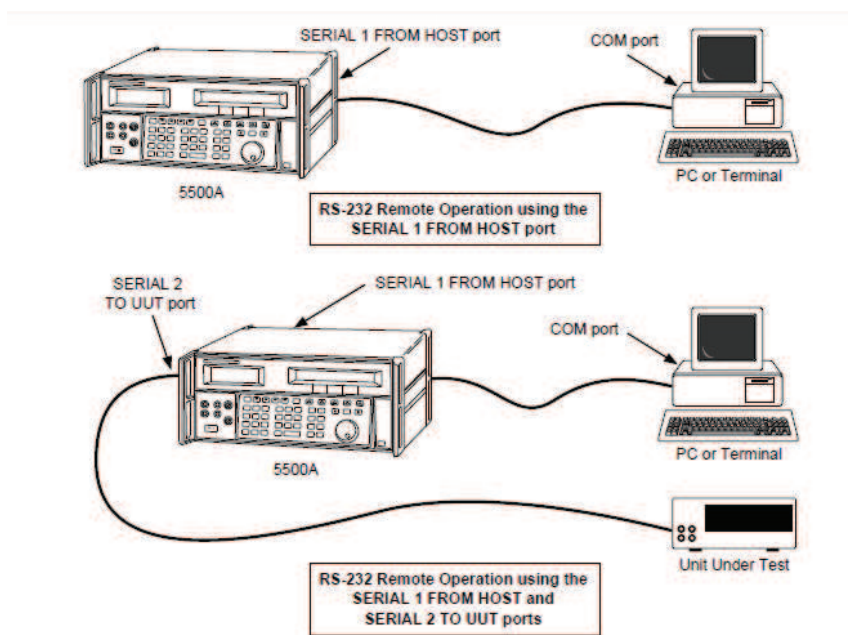


Figura 22 Puertos seriales del Fluke 5500A

Fuente: (Fluke Corporation, 2013)

Una vez que se ha establecido qué puerto del equipo se debe utilizar, se verifica la configuración necesaria para la comunicación, misma que se encuentra dada por defecto y se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4 Configuración serial para el Muticalibrador (Fluke 5500A)

<b>Fluke 5500A</b>	
<b>Número de Puerto</b>	COM3
<b>Número de Baudios</b>	9600
<b>Paridad</b>	NO
<b>Bit de Parada</b>	1bit

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

Con ésta información entonces, se procede a instalar los drivers para LabVIEW. A pesar de que el Fluke 5500A también es antiguo y se encuentra descontinuado, se puede ubicar los drivers en el mismo software.

Siguiendo los pasos de la Figura 13, se ingresa a la opción Fluke 5XXX Series Multicalibrators, para que se despliegue la información que se muestra en la Figura 23.

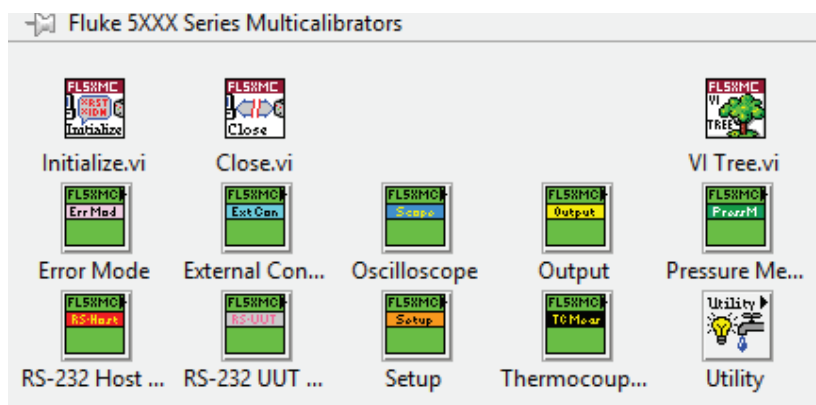


Figura 23 Fluke 5XXX Series Multicalibrators

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

#### 3.1.1.2.1.1 Inicializador

El inicializador del Fluke 5500A, con su traducción en inglés “Initialize.vi” (Figura 24) pasa la información de dirección del instrumento al software LabVIEW para su conexión, gracias a éste bloque únicamente se debe configurar al equipo con los valores necesarios y el puerto de comunicación es lo único que se solicitará para establecer el enlace. Es necesario utilizarlo al principio de la programación siempre que desee establecer la conexión con cualquier equipo de la serie 5XXX.



Figura 24 Initialize.vi

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación



#### 3.1.1.2.1.2 Establecedor de valores de salida

El establecedor de valores de salida del Fluke 5500A, con su traducción en inglés “Set Output Values.vi” se encuentra dentro de la opción Output de los drivers para Fluke 5XXX Series Multicalibrators (Figura 25). Su función es fijar la salida del calibrador y establecer un nuevo punto de referencia para la detección del error; aquí se realiza el ingreso de los valores que se desea enviar al equipo.



Figura 25 Set Output Values.vi

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

#### 3.1.1.2.1.3 Espera para continuar

La espera para continuar, del Fluke 5500A, con su traducción en inglés “Wait-to-Continue.vi” (Figura 26) se previenen comandos remotos que aún no deben ejecutarse, dando un tiempo al sistema para que realice las acciones necesarias previas a otras órdenes.



Figura 26 Wait-to-Continue.vi

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

#### 3.1.1.2.1.4 Chequeo de estado

El chequeo de estado del Fluke 5500A, con su traducción en inglés “Check Status.vi” lee los eventos de registro predeterminados y verifica si existen errores (Figura 27), en el caso de que sí lo haya, lo notificará.



Figura 27 Check Status.vi

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

#### 3.1.1.2.1.5 Establecedor del modo de salida

El establecedor del modo de salida del Fluke 5500A, con su traducción en inglés “Set Output Mode.vi” activa la salida del calibrador alternándola entre modo espera y operación para que la función enviada se indique en el display correspondiente (Figura 28).



Figura 28 Set Output Mode.vi

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

#### 3.1.1.2.1.6 Cierre de conexión

El cierre de conexión del Fluke 5500A, con su traducción en inglés “Close.vi” cierra la interfaz de entrada y salida con el instrumento conectado al ordenador (Figura 29).



Figura 29 Close.vi

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

#### 3.1.1.2.2 Fuente de energía

Los instrumentos marca Keithley serie 2400 que se observan en la Figura 30 (Keithley Instruments Inc., 2002) Source Measure Unit (SMU) proporcionan precisión en generación de voltaje y corriente, pueden actuar

como una fuente de tensión, de corriente, un medidor de tensión, de corriente, y un ohmímetro. Algunas de las características de la fuente de energía incluyen bajo ruido, precisión y colación ( Keithley Instruments Inc., 2013) (Keithley Instruments Inc., 2002).



Figura 30 Keithley 2400

Fuente: ( Keithley Instruments Inc., 2013)

Este equipo no forma parte del presente proyecto debido a que su compra se la realizará en un futuro, sin embargo, para que se lo pueda utilizar mediante sus funciones remotas, se indica algunos bloques y la descarga de sus drivers es igual al Fluke 5500A.

Luego de la instalación de los drivers, se los puede observar en la sección Instrument drivers del menú Functions como se observa en la Figura 31.

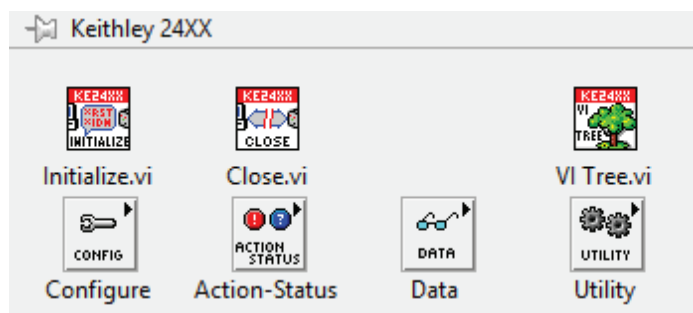


Figura 31 Drivers para Keithley 2400

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

Como se puede observar, los VI son muy similares o a los del equipo Fluke, por lo que la programación tampoco difiere mucho, basta con relacionarse en la forma de trabajo de LabVIEW y el funcionamiento de cada equipo para desarrollar el algoritmo.

Sin embargo, en el Anexo C se puede encontrar un diagrama de flujo de primer nivel utilizado en los otros programas, además de los drivers para este equipo, una breve descripción de cómo realizar el programa y los pasos para crear una variable global que permitirá el envío de información al programa del medidor óptico.

### 3.2 Placa controladora de iluminación vehicular

Los elementos que se utilizarán para el desarrollo de la placa dependen del diseño que se escoja, el cual para este caso es un circuito que se utilizaba anteriormente en los vehículos, ya que en los nuevos, generalmente se encuentra un bus CAN controlando la mayoría de las funciones eléctricas, y como el estudio se centrará en el desarrollo de software para observar algunos factores únicamente de los focos delanteros, los circuitos cumplirán ésta función solamente (Fink, Beaty, & Carroll, 1984) (Crouse, 1980).

Sin embargo, en el Anexo D, se encuentra un esquema eléctrico actual, instalado en los Peugeot, marca que colaboró con información para la realización de los estudios realizados.

Aun así, debido a que los focos son diferentes, en cuanto a consumo de potencia y corriente, además de la polaridad y el socket, se deberá realizar un circuito para los LED tipo uña y otro para los H4 tanto LED como Halógenos.

El diseño es el mismo para las dos placas que se diseñarán, pero, por las razones dadas anteriormente, el dimensionamiento de éstos será diferente.

### 3.2.1 Placa Electrónica

La función de la placa dentro del proyecto es simular el encendido y cambio de luces de los faros colocados en vehículos, mismos que servirán para iluminar la vía (Sánchez, 2009).

La palabra simular se utiliza debido a que no fue necesaria la adquisición de una batería de auto para su funcionamiento, sino una fuente de voltaje/corriente. Los requerimientos del circuito no exigían las características que presta una batería, como es el caso de la corriente, ya que la suministrada por ésta, es básicamente para el encendido del vehículo, más no para el resto de sus funciones. Sin embargo, el valor de tensión utilizado es el mismo (12[V]), y la corriente necesaria para cada foco (H4 ( $.8[A]$ ) y LED ( $<1[A]$ )) (Tipler & Mosca, 2005).

Para ello se necesitó de una placa fotosensible PCB de fibra de vidrio, a doble cara, con pistas diseñadas para un paso de corriente hasta 10[A], al que están dimensionados todos los elementos que se mencionan a continuación.

### 3.2.2 Borneras

Existen diferentes modelos de borneras, las más conocidas son utilizadas para conexiones en circuitos impresos; generalmente tienen forma casi cuadrada y son elaborados de plástico, pero utilizan tornillos para asegurar los cables conectados a ellos, como se observa en la Figura 32. De

esta forma se los ensambla con el diseño del circuito impreso en la placa, y debido a su función, no tienen límites de tensión o corriente; su tamaño depende del calibre del cable que se vaya a conectar, el cual sí debe estar dimensionado, y la cantidad de espacios, de las conexiones que se necesite (Atienza, 1997). Para el desarrollo del proyecto se utilizan borneras de 2 y 3 espacios, las de 2 se emplean para conectar los cables de alimentación del circuito y para el foco LED tipo uña que tiene un terminal positivo y negativo; y el de 3 para los zócalos de los H4 tanto LED como Halógeno ya que éstos cuentan con un neutro, un positivo y un negativo.

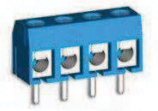


Figura 32 Borneras

Fuente: Elemon

### 3.2.3 Switch

Un switch (Figura 33) es un dispositivo diseñado para permitir o bloquear el paso de la corriente en un circuito, las veces que sea necesario. Algunos de los tipos de switch o interruptores existentes son automático, limitador de corriente, seccionador, con fusible, de contactos, según sea la aplicación; para el caso del proyecto se utilizarán de 2 y 3 contactos, el de 2, para energizar o quitar energía a la placa, y el de 3 para hacer el cambio de luces altas a bajas y viceversa (Sobrevila, 2011).



Figura 33 Switch

Fuente: Electroipartes

### 3.2.4 Relé

La función de un relé (Figura 34) es producir la apertura o cierre de un interruptor que forma parte de su estructura, lo lleva a cabo mediante otro relé secundario que actúa sobre elementos que lo desenganchan.



Figura 34 Relé

Fuente: Bluetip

Como se observa en la Figura 35 (Sobrevila, 2011), si la corriente que lo atraviesa es superior a un valor establecido como límite, estos actúan electromagnéticamente para permitir su funcionamiento.

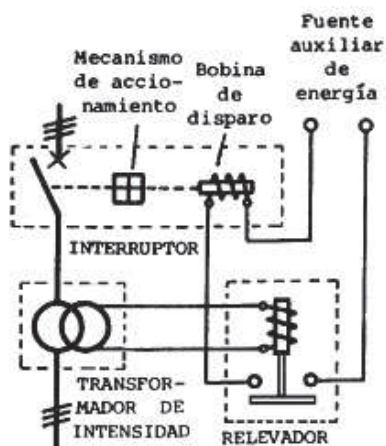


Figura 35 Funcionamiento del relé

Fuente: (Sobrevila, 2011)

Una vez que se ha explicado su funcionamiento, se podrá comprender más fácilmente el papel que éste desarrolla en el circuito. Su conmutación permitirá el cambio y activación de las luces altas o bajas según la necesidad. Y como se mencionaba anteriormente, se le debe indicar el paso de corriente que fluirá para que se ponga en marcha, es por ello que el dimensionamiento de éste, es necesario, los cálculos que se realizaron se muestran a continuación.

Ecuación 2 Cálculo de corriente para relés

$$P = I * V$$

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

$$I = \frac{100[W]}{12[V]}$$

$$I = 8.33[A]$$

La fórmula que se utiliza es de la Potencia, ya que se conocen todos los datos para su reemplazo; el foco con mayor cantidad de vatios es el de 100[W], y todos consumen una tensión de 12[V] debido a que son para automóviles, con ello obtenemos una corriente de aproximadamente 8[A], lo que significa que los relés a utilizar deberán ser de 10[A] que son valores comerciales cercanos al calculado.

### 3.2.5 Socket

Su función es fijar los terminales del foco, al circuito, según corresponda. Éste tampoco necesita ser dimensionado, simplemente se debe encontrar el adecuado para los focos. En el proyecto se utiliza uno para H4 como la Figura 36(a) y el otro para tipo uña que se observa en la Figura 36(b).





Figura 36 (a) H4; (b) LED tipo uña

Fuente: (a) Aliexpress; (b) Preciod

### 3.2.6 Lámparas automotrices


En el caso de los halógenos se compraron focos fabricados en diferentes países como, Japón, China, y Alemania; con la finalidad de estudiar la intensidad luminosa, consumo de potencia, y el deslumbramiento que generan incluso sin estar colocados dentro del faro del automóvil.

Para las LED se compraron dos focos del mismo diseño con diferencia en la cantidad de LEDs que lo componen, el primero de 120 y el otro de 18, para observar la cantidad de iluminación que en conjunto da cada uno de los LEDs incrustados a su alrededor.


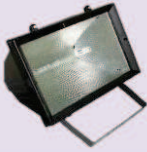

Comúnmente se usa para luces de carretera y cruce, incluso para adorno como se mencionaba anteriormente. Existen focos con potencias de 55/60[W], 70/75[W] o 90/100[W] (Pérez, 2004).

A continuación se muestran en la Tabla 5 las características de los focos con los que se realizarán las pruebas.

Tabla 5 Características de focos

Foto	Procedencia	Voltaje [V]	Potencia [W]	Corriente [A]
	Alemania	12	100/90	6.53
	Alemania	12	60/55	4.35
	Japón	12	100/90	5.29
	Japón	12	60/55	4.23
	China	12	100/90	5.57
	China	12	60/55	4.63
	-	12	4.8	0.26 0.96(rojo)
	China	12	4.5	0.17
	-	12	22	0.59

Continúa →

	-	12	1.5	0.11
	-	110	150	1.37
	-	12	55	3.56

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

### 3.3 Arreglo óptico para lámparas automotrices en laboratorio

Para la realización de las pruebas es necesario utilizar una fuente de alimentación que suministre la energía necesaria para el encendido de los focos de acuerdo a los cálculos realizados.

Se realizaron dos tipos de pruebas, que se describirán a continuación:

#### 1. Distancia lineal.

- a) En una habitación en la que se debe evitar el ingreso de luz, se coloca en un punto fijo, el circuito con el foco a realizar las pruebas.
- b) Se señalan en línea recta, diferentes distancias a partir del circuito, específicamente las medidas fueron de 60, 70, 80, 90 y 100[cm].
- c) En cada punto, ubicando exactamente el sensor a la distancia correspondiente para evitar errores, se toman datos de potencia, corriente y ruido, con el medidor óptico.

- d) De igual forma se hace para el espectrómetro, pero se debe colocar la fibra óptica a la misma altura que se encontraba el medidor y en igual distancia, para cada punto se graban los datos obtenidos y posteriormente se reproduce su gráfica.
- e) Este método se lo realiza con todos los focos mencionados en la Tabla 5 para posteriormente realizar el análisis.

En la Figura 37 se observa un esquema junto a una fotografía de lo descrito anteriormente y muestra de la toma de datos.

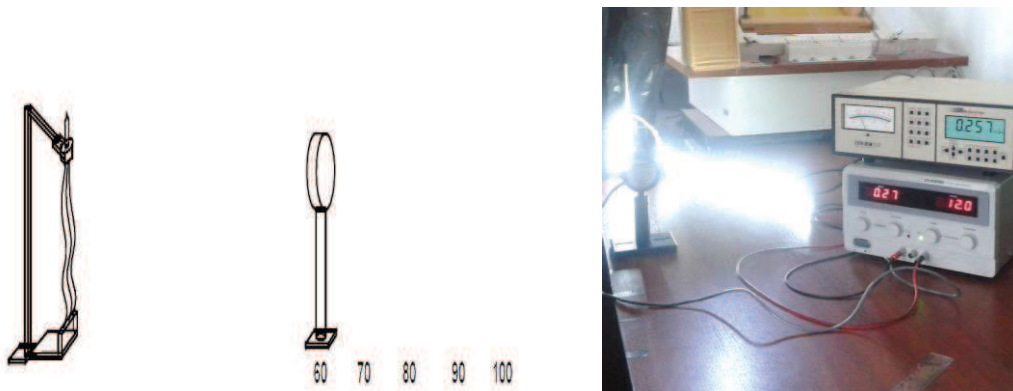


Figura 37 Experimentación a distancia lineal

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

## 2. Distancia radial.

- a) Debido al espacio necesario para la realización de esta prueba, se recomienda que se la realice en un espacio amplio y que tenga suficiente oscuridad para que los datos contengan mínima cantidad de errores.
- b) Se debe colocar el circuito en la mitad del espacio que se utilizará para medir, y debajo de éste colocar un graduador, de esta forma, el circuito será el centro y se señalarán puntos cada  $20^\circ$  y en cada punto se medirá una distancia de 60, 70 y 80[cm].

- c) Una vez señalados los puntos, se coloca el medidor óptico en las distancias y grados indicados anteriormente y se realiza la adquisición de datos de potencia.
- d) Este método se realiza para los focos halógenos H4 de la Tabla 5, alemán y japonés, que muestran curvas de irradiancia diferentes al medirlas con el espectrómetro, también del foco H4 de 120 LEDs, del tipo uña, de la tira de adorno color blanco, del xenón y del halógeno exterior.

En la Figura 38 se observa un esquema junto a una fotografía de la segunda forma de medida.

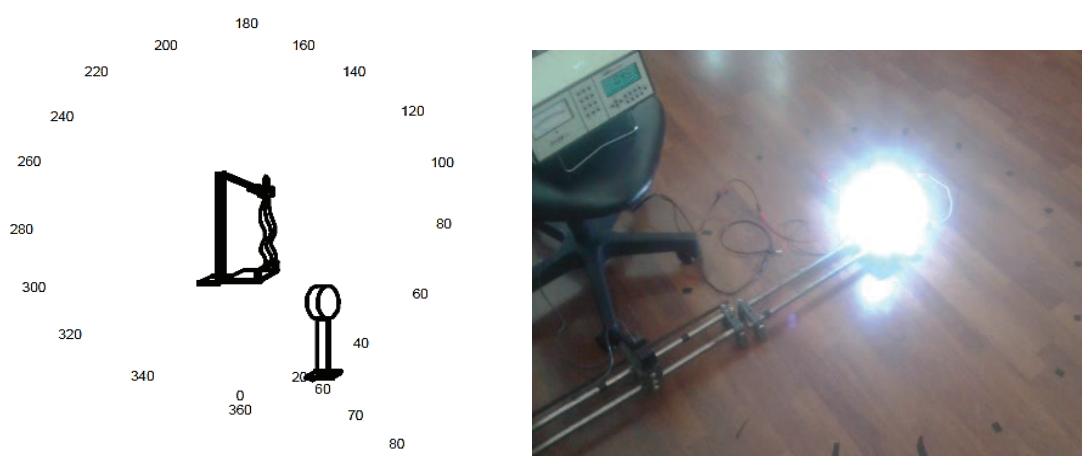


Figura 38 Experimentación a distancia radial

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

### 3.3.1 Espectrómetro óptico

El espectrómetro óptico es de la marca Ocean Optics modelo USB4000, el cual se puede observar en la Figura 39 (Ocean Optics. Inc, 2012). Es pequeño, flexible, versátil y rentable.

Utiliza una fibra óptica de la misma marca, tipo UV/VIS, con un diámetro del núcleo de la fibra de 400[ $\mu\text{m}$ ] y una cobertura para el mismo del tipo Zip

Tube de 2[m] de longitud, transmitancia de aproximadamente 88 unidades (Tennant, 2014) (Ocean Optics. Inc, 2012).



Figura 39 Ocean Optics USB4000

Fuente: (Ocean Optics. Inc, 2012)

La adquisición de datos del espectrómetro, se la realiza gracias a que, la Escuela Politécnica Nacional ha facilitado el préstamo del mismo. El manejo se lo lleva a cabo en un computador con el debido software OceanView instalado, y mediante el protocolo de comunicación USB.

## CAPITULO 4

### ANÁLISIS Y RESULTADOS

En capítulos anteriores se ha venido desarrollando y explicando los temas que envuelven el proyecto respecto al tema de contaminación lumínica automotriz, por ello cada periférico que se conectará al ordenador, cumple una función imprescindible en el sistema, ya que, bajo ninguna circunstancia se lo puede excluir. Si se desea, se puede reemplazar por uno con mejores características, o más actual, pero debe cumplir la misma función, y es necesario indicar que, así como se explica en el capítulo 3, cada equipo tiene sus propios drivers, y por lo tanto los programas son específicos para cada uno.

#### 4.1 Programación en plataforma y entorno de desarrollo “LabVIEW”

##### 4.1.1 Desarrollo del programa para el medidor de potencia óptica

El programa consiste en la adquisición de datos, con los cuales se debe realizar la gráfica, y con el archivo de extensión .txt se obtendrá la información detallada en tiempo.

El rango que se requiere medir y las unidades es otro requisito para un correcto funcionamiento, así que en la pantalla HMI debe estar una opción que nos permita realizar el cambio.

Una función que se debe añadir al programa, es decidir el tiempo que se desea el equipo almacene la información adquirida, la cual puede durar segundos, minutos, horas e incluso días. El programa finalmente queda estructurado de la siguiente manera.

Para la comunicación entre ordenador y periférico se utiliza el protocolo RS - 232. En el Diagrama de Bloques, el VI se observa en la Figura 40 nos indica con una bandera True, que está listo para trabajar con este protocolo.

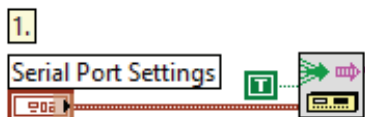


Figura 40 Comunicación RS- 232

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

Con el bloque llamado Serial Port Settings aparece en el Panel Frontal lo que se observa en la Figura 41, el número de puerto puede variar según su conexión, pero los demás valores están colocados por defecto y se los debe cambiar según la Tabla 3.



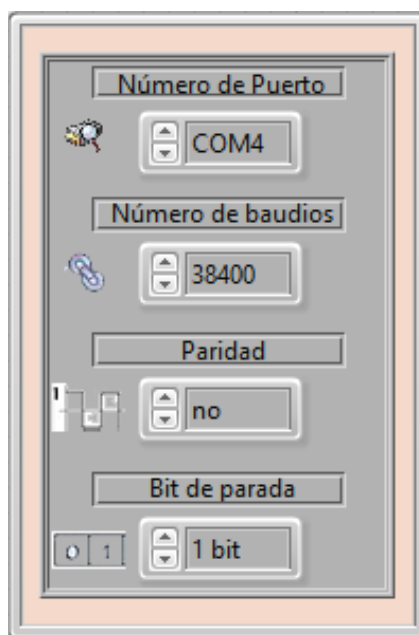


Figura 41 Configuración serial para comunicación

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

La opción para escoger la escala y unidades en las que se desea trabajar viene dada como se observa en la Figura 42, la opción de *Escala/Unidades* es una lista que viene predeterminada según el equipo, y lo coloca en el rango deseado para iniciar el trabajo.

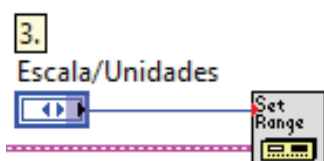


Figura 42 Selección de escala y unidades

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

El botón de encendido del equipo en el caso en que se pueda programar, está presente en la opción de la Figura 43 (a). En la (b) el botón de inicio, permitirá que el proceso empiece. Y en la (c) el botón de salida del software, permitirá exportar los datos adquiridos a un .txt y terminar el proceso.

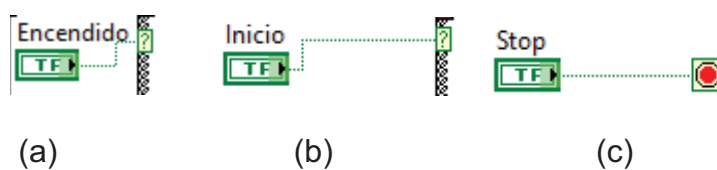


Figura 43 (a) Encendido; (b) Inicio; (c) Parada

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

Para el envío y visualización de la información, se utiliza un display y una gráfica. El VI de la Figura 44 realiza la transferencia, y su salida se envía a los indicadores mencionados.

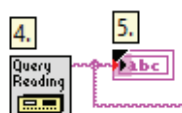


Figura 44 Adquisición y presentación de datos

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

Para eliminar la información en la gráfica, se crea un botón llamado *Borrar Gráfica*, cuando éste se encuentra activado envía a graficar una matriz de ceros, y cuando está desactivado la información que el equipo envía, así como se muestra en la Figura 45.

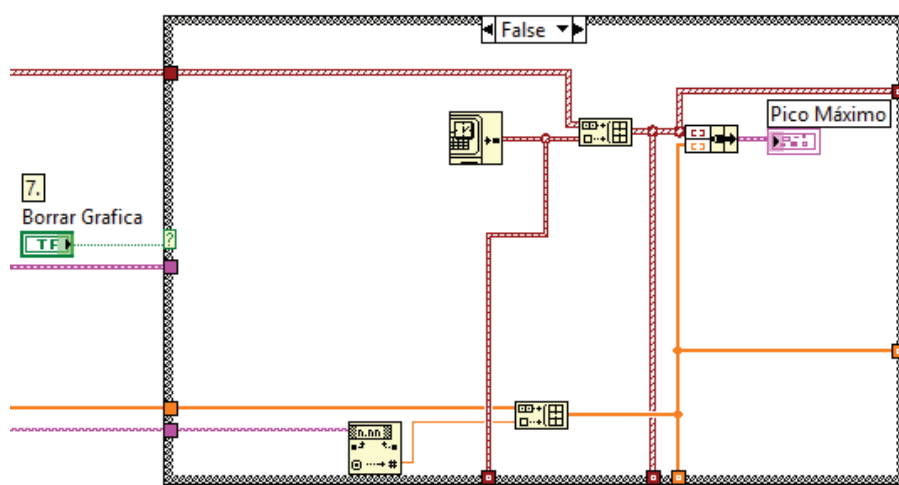


Figura 45 Ingreso de datos a la gráfica

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

La escala de potencia en el eje Y, también se puede regular, con esto se consigue una mejor visualización de resultados en la gráfica. Las opciones que se presentan son escala máxima, automática y manual. Las dos primeras se muestran en la Figura 46 (a) y (b) respectivamente, esto se hace utilizando propiedades de los gráficos.

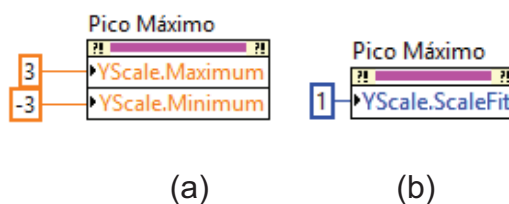


Figura 46 (a) Escala máxima; (b) Escala automática

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

Para la escala manual la programación se presenta en una pequeña parte de la ventana únicamente cuando sea seleccionada, y los parámetros requeridos se los hacen mediante un ingreso numérico; además se debe considerar el momento en el cual deben aparecer o mantenerse ocultos como se muestra en la Figura 47.

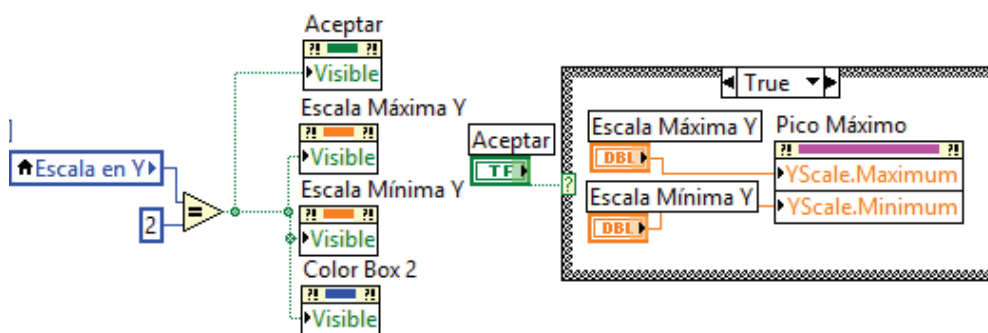


Figura 47 Escala manual

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

Para cumplir con todos los requisitos, en el Diagrama de Bloques se ha colocado un control de tiempo que compara la hora y fecha del sistema con

la que se ha colocado para terminar de adquirir datos, y dejará de hacerlo cuando la comparación sea verdadera, tal como se muestra en la Figura 48.

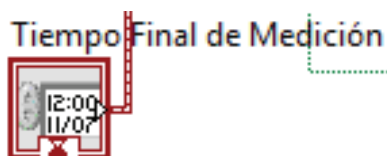


Figura 48 Control de tiempo para la adquisición de datos

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

Finalmente, el algoritmo concluye exportando los datos en un .txt como se observa en la Figura 49. Los datos ingresan a este bloque a continuación del While, que contiene el resto de programación, en donde se forma una matriz con los datos y a continuación la hora y fecha en que se tomaron, esto se escribe en el archivo que está esperando con una bandera *True* para imprimirlos, y una vez que ingresa aquí, el botón de encendido se desactiva.

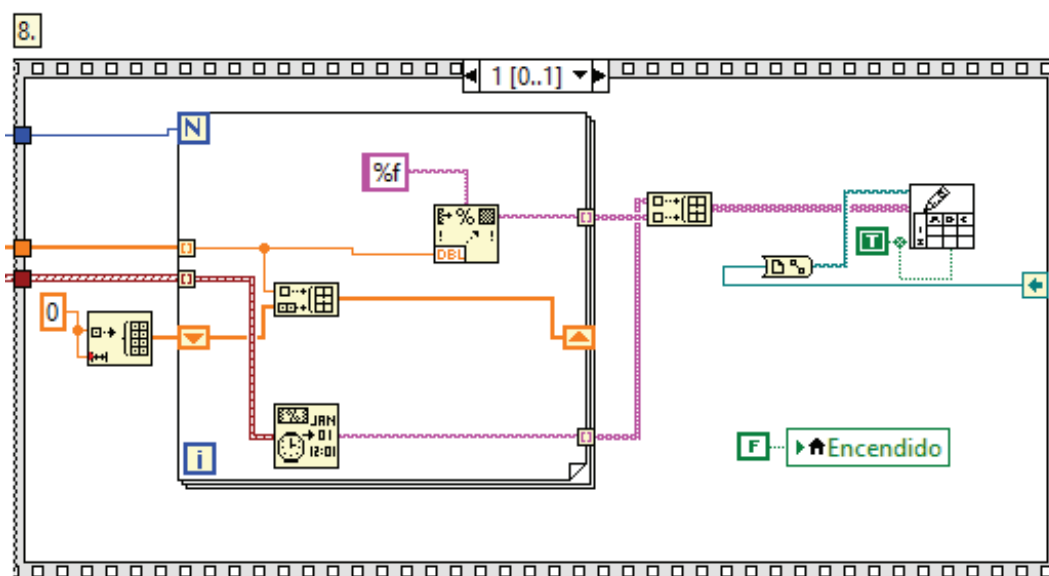


Figura 49 Exportación de datos a un .txt

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

Una vez concluida la programación del detector óptico EPM 1000 junto a su sensor. Se puede dirigir al Anexo E para observar cómo queda finalmente, tanto la programación como la pantalla HMI.

Todo el trabajo realizado con el equipo, se le agradece al Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas del Ejército, que colaboró con su préstamo.

#### 4.1.2 Desarrollo del programa para el multicalibrador

Todo el trabajo realizado con el equipo, se le agradece al Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano, que colaboraron con su préstamo.

El trabajo realizado beneficia a ambas partes, ya que su labor consiste en calibrar equipos de medición de cualquier naturaleza. Los dispositivos, ingresan al laboratorio en el cual se encuentra el Fluke 5500A; se toma una medida de forma manual, en cada rango del equipo, se compara con las especificaciones de la marca y el modelo.

Los parámetros que se miden son Voltaje, Corriente, Frecuencia y Resistencia. Con estas exigencias se lleva a cabo entonces la programación en LabVIEW.

Para la comunicación serial, es necesario configurar el equipo con las características deseadas, y el bloque da la Figura 50 las reconoce, necesitando saber únicamente el puerto al que se lo conectará.

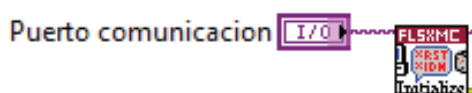


Figura 50 Comunicación Fluke 5500A

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

Conociendo el procedimiento, es necesario que para el ingreso de los datos requeridos por los técnicos, se utilice un VI que envíe la información al equipo así como se observa en la Figura 51.

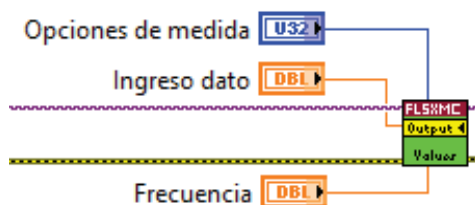


Figura 51 Envío de información al equipo

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

Este es el trabajo que se realiza con el equipo con el objetivo de dejar de lado el uso de las teclas del equipo; entonces el resultado del algoritmo y la pantalla HMI, se observan como en el Anexo F.

## 4.2 Contaminación lumínica

Una vez establecido un sistema programable óptimo, se procederá a analizar la contaminación lumínica desde el punto de vista del deslumbramiento automotriz.

Esto se lleva a cabo, diseñando un circuito eléctrico que simula las condiciones de funcionamiento de las luces delanteras de los vehículos, cuando se cumpla con todas las características, se lo envía a implementación en donde estará listo para la realización de las pruebas.

### 4.2.1 Diseño de placa controladora de iluminación vehicular

#### 4.2.1.1 Lámparas de baja tensión y alta presión (H4)

El consumo energético de las lámparas H4 es relativamente alto debido a su composición y funcionamiento explicados en el capítulo 2. Por ello es

necesario dimensionar los elementos para un paso de 10[A] calculado anteriormente en el uso de relés.

El software utilizado para la simulación del circuito es Proteus. En la Figura 52 se observa la alimentación del circuito con 12[V] y el encendido o apagado de las luces junto a un fusible de protección para los elementos y los focos.

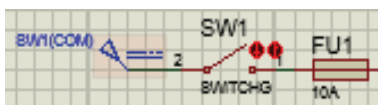


Figura 52 Alimentación y protección del circuito H4

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

Para el cambio de luces se utiliza un switch de 2 contactos en el cual se puede alternar entre altas y bajas (Figura 53).



Figura 53 Cambio de luces H4

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

Se utilizan 2 relés, como se observa en la Figura 54, uno para luces altas y otro para bajas, de esta manera si deja de funcionar una de las dos, la otra sigue trabajando independientemente.

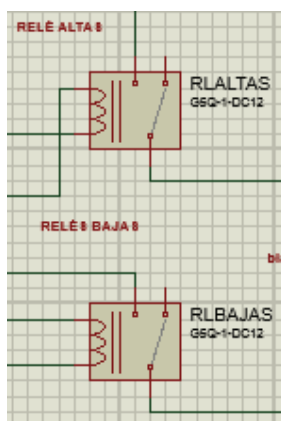


Figura 54 Relés luces altas y bajas

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

Finalmente se enlazan a la salida de cada relé, la terminal correspondiente a las luces bajas o altas; debido a que el software no cuenta con focos H4 para la simulación, se ha conectado 2 focos normales simulando el funcionamiento de los halógenos, esto se puede apreciar en la Figura 55.



Figura 55 Conexión a luces altas y bajas

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

Entonces, el circuito para los H4 queda como se indica en la Figura 56.



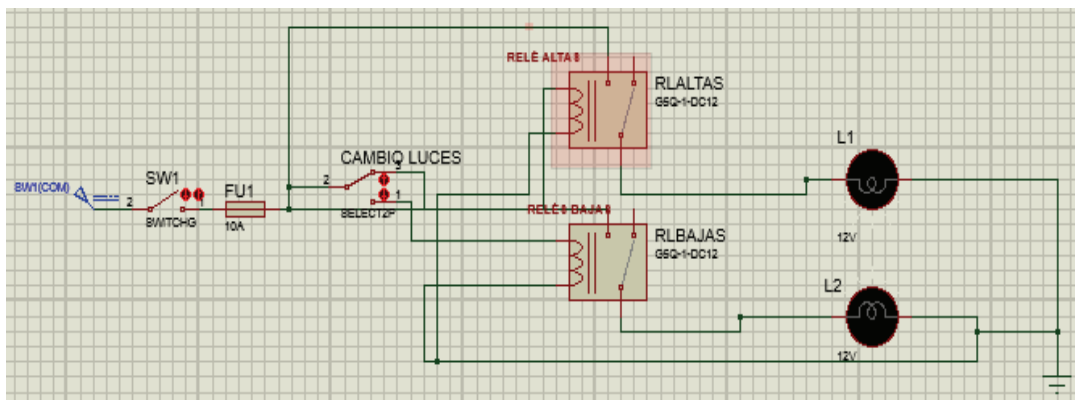


Figura 56 Circuito para focos H4

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

Finalmente, el diseño de las placas se lo lleva a cabo con ayuda del software ARES que viene incluido en el paquete de Proteus, utilizado para la simulación de los circuitos.

En la Figura 57 se puede observar la capa base de cómo quedará la placa.

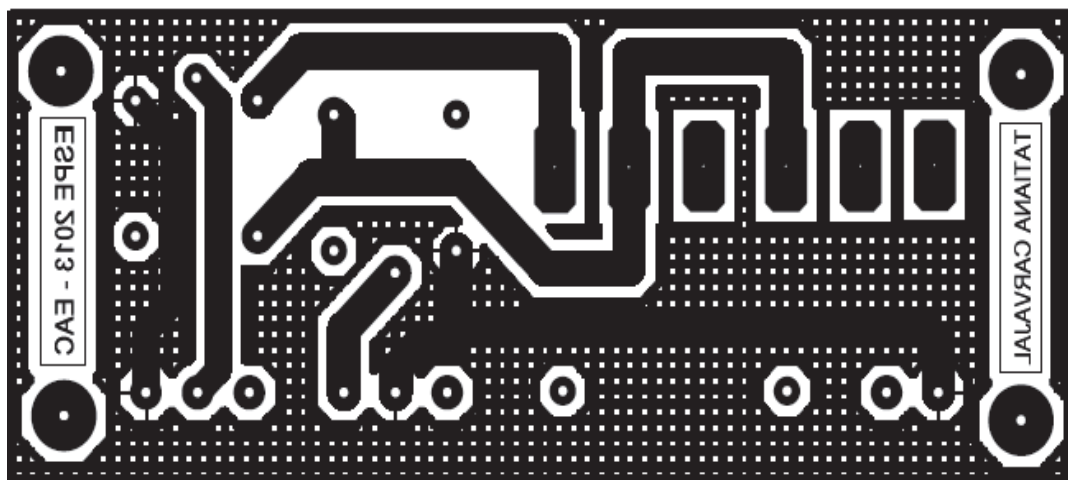


Figura 57 Bottom copper halógeno y LED

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

En la Figura 58 se observa la capa delantera de la placa.

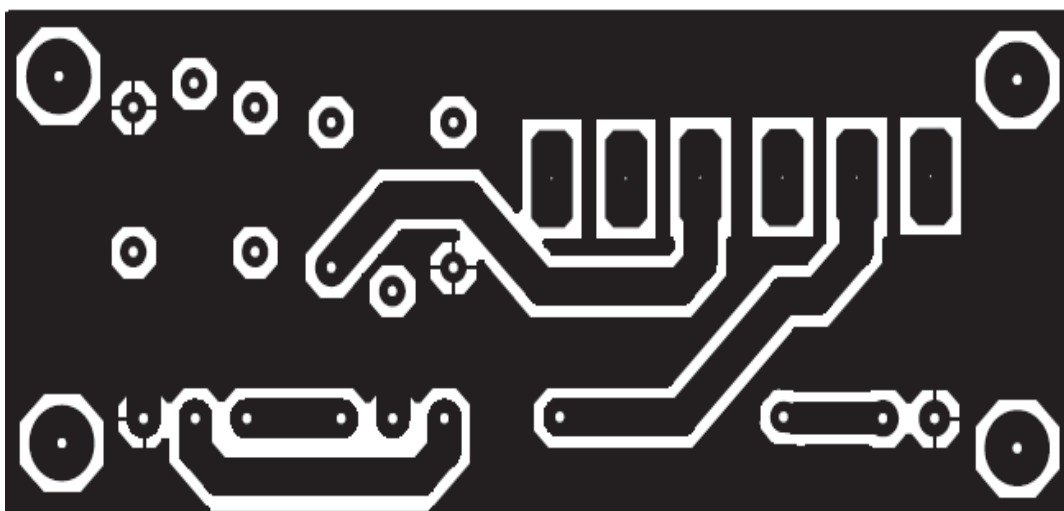


Figura 58 Top copper halógeno y LED

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

En la Figura 59 se observa el espacio que se deja para colocar los elementos de la placa.

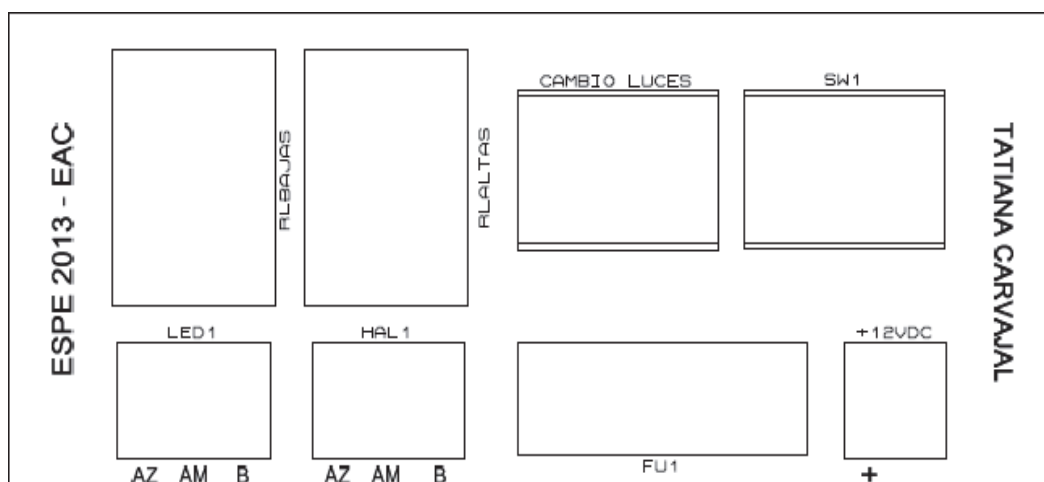


Figura 59 Top silk halógeno y LED

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

#### 4.2.1.2 Lámparas de estado sólido (LED)

##### 4.2.1.2.1 LED H4

El diseño de la placa para las lámparas LED H4 es exactamente igual al de los focos H4, la diferencia está en el dimensionamiento de los relés, a

continuación se indica los cálculos en la Ecuación 4a), para una potencia de 7.5[W] que le corresponde al de 120 LEDs y en la ecuación 4b), para una potencia de 2[W] que le corresponde al de 18 LEDs.

Ecuación 3 Cálculo de corriente para focos LED H4

$$P = I * V$$

$$\text{a) } I = 0.63[A] \quad \text{b) } I = 0.17[A]$$

Como se puede observar en los resultados obtenidos con la fórmula de la potencia, el consumo de corriente es menor a 1[A], pero comercialmente no existe en el mercado un relé con éste valor, el mínimo es para 10[A], por lo tanto se puede utilizar la misma placa que los H4, con la única diferencia en la polaridad, por ello se instala en paralelo un socket con la conexión correspondiente. Entonces el diseño queda igual que la Figura 56, y la placa utilizada es la misma que las H4, con una bornera diferente para la conexión de las terminales.

#### 4.2.1.2.2 LED tipo uña

Para este tipo de LED es necesario diseñar otra placa, ya que, en estos no se puede hacer un cambio de luces porque no son para ese uso en los vehículos, sino para decoración.

A continuación se indican los cálculos para la placa, a una potencia de 1.5[W].

Ecuación 4 Cálculo de corriente para focos LED uña

$$P = I * V$$

$$I = 0.13[A]$$

El consumo de estos focos es mucho menor que el de todos los mencionados anteriormente incluso por la cantidad de LEDs que posee. Sin embargo como se menciona anteriormente, no existen relés para menor amperaje, así que se utilizan los mismos, pero el socket también es diferente ya que éste cuenta solamente con 2 polaridades.

El diseño de ésta placa empieza con la alimentación, switch de encendido y apagado además de la protección como se observa en la Figura 60.



Figura 60 Alimentación y protección del circuito LED tipo uña

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

Por las razones que se mencionaban anteriormente, aquí sólo se utiliza un relé como se muestra en la Figura 61 ya que no hay luces altas y bajas.

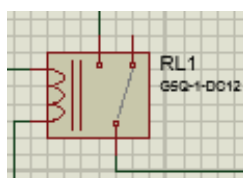


Figura 61 Relé para LED tipo uña

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

El foco puede simularse sin ningún problema con los que proporciona el software debido a que como se mencionaba, el tipo uña tiene un terminal positivo y otro negativo al igual que el conectado en la Figura 62.



Figura 62 Conexión LED tipo uña

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

Finalmente se puede observar el producto terminado del diseño en la Figura 63.

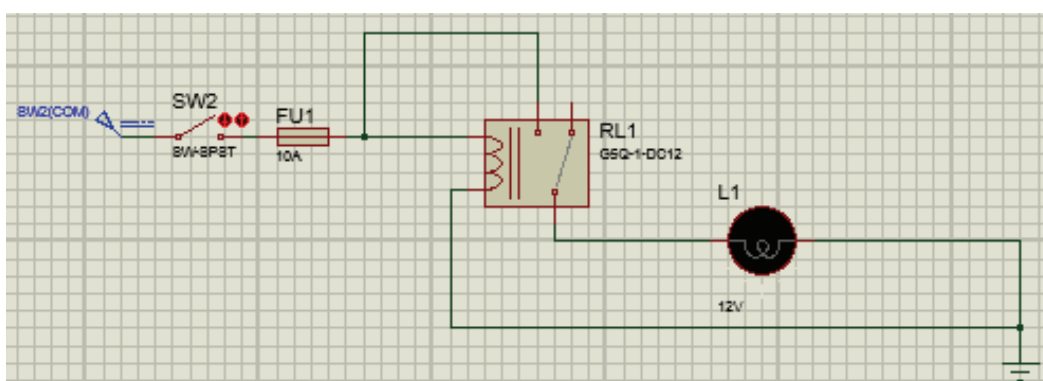


Figura 63 Circuito para foco LED tipo uña

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

En la Figura 64 se observa cómo queda la capa base de la placa para los focos LED tipo uña.

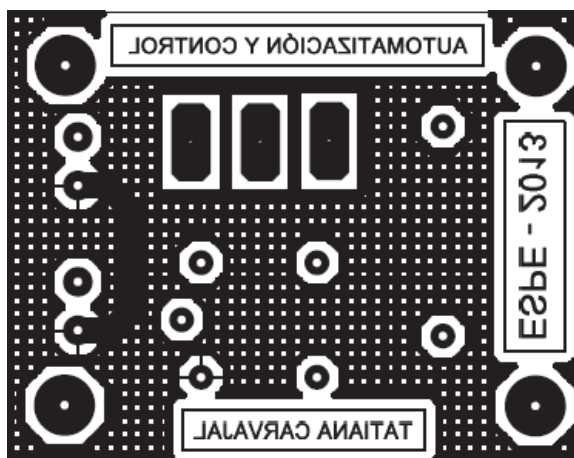


Figura 64 Bottom copper LED tipo uña

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

La capa delantera de la placa para los LED tipo uña se observa en la Figura 65.

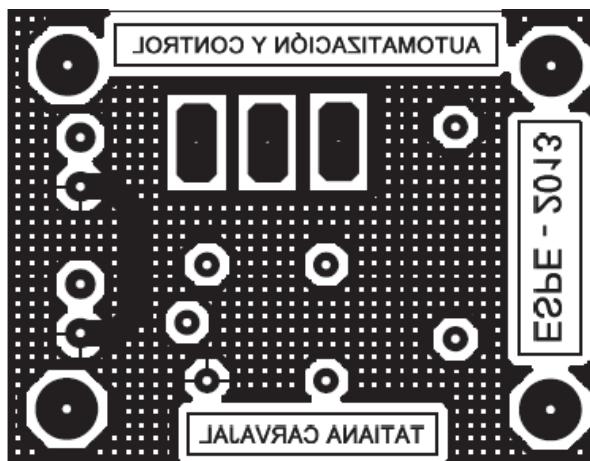


Figura 65 Top copper LED tipo uña

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

Para colocar los elementos que componen la placa existe la capa que se muestra en la Figura 66.

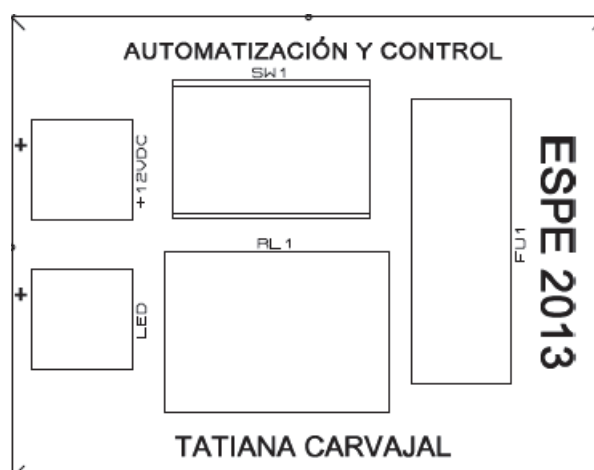


Figura 66 Top silk LED tipo uña

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

Con las placas terminadas, impresas y listas para las pruebas, se conectan los focos y se comprueba la validez del software.

#### 4.2.1.2.3 LED tira adhesiva

Este tipo de iluminación es también de adorno; consiste en un conjunto de pequeños LED ubicados a lo largo de una tira adhesiva, y se vende por metros. Cada grupo está formado por 3 de estos, y poseen terminales de conexión positiva y negativa; su alimentación es de 12[V], poco consumo de corriente y no es necesario un circuito para sus pruebas.

#### 4.2.1.3 Foco xenón y halógeno para exteriores

Para los focos xenón tampoco se diseñó ningún circuito, sin embargo con una fuente de 12[V] y corriente mínima de 4[A] se lo puede encender y observar y medir su iluminación.

El halógeno para exteriores se alimenta directamente del tomacorriente, con 120[V] y a partir de esto se puede también realizar sus mediciones.

#### 4.2.2 Análisis óptico y optoelectrónico

Con el material revisado, los datos de los focos de la Tabla 5, y los experimentos de los mismos, con los equipos descritos, se analizarán los resultados preliminares separados por tipo.

##### 4.2.2.1 Halógeno H4

Las pruebas realizadas con los focos halógenos H4 de distintas procedencias, han revelado información que se puede comparar con artículos científicos, ayudando a analizar la contaminación lumínica automotriz.

Muestran diferencias entre todos ellos, con respecto al consumo de corriente, como se indica, en la Figura 67.

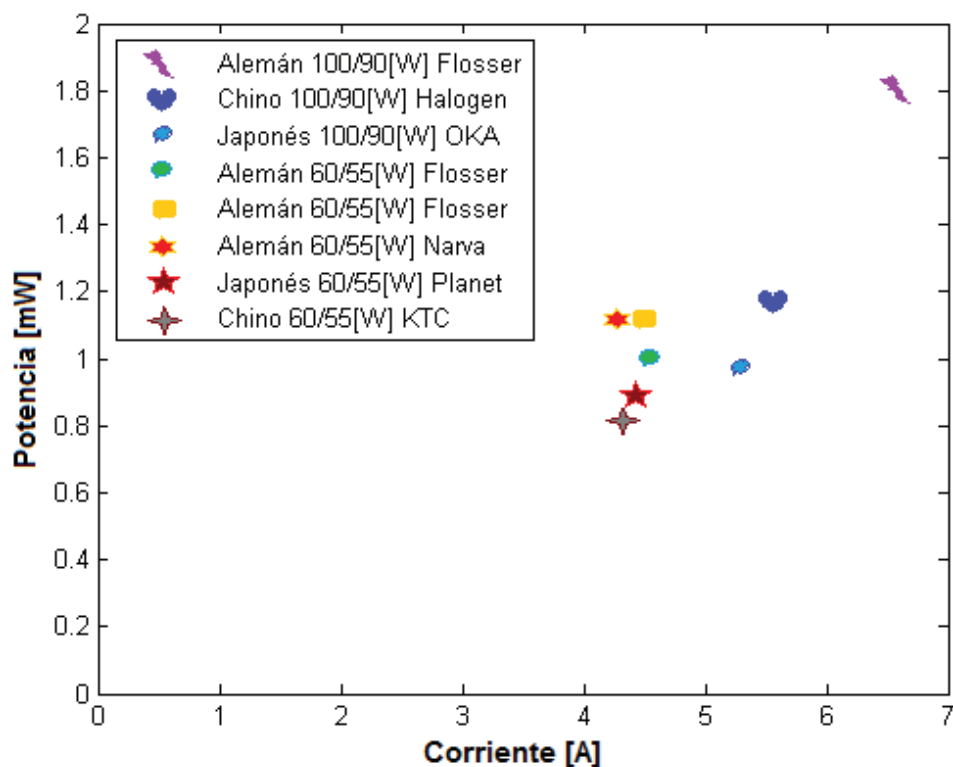


Figura 67 Gráfica Corriente- Potencia de Halógenos H4

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

En la Figura 67 se observa que los focos con una potencia eléctrica de 60/55[W], están alrededor de 4 y 5[A], y los de 100/90[W] como el chino y el japonés, alcanzan corrientes de entre 5 y 6[A], pero el alemán es el único de la misma potencia que estos últimos, que se acerca a la corriente teórica calculada anteriormente, con un valor de 6.53[A]. Con estos valores la potencia eléctrica calculada, los primeros focos alcanzan los 48/60 [W], 60/72[W] los segundos, y 78[W] para el tercero. Así se comprueba que, los únicos que están en el rango al que ofertan los vendedores, son los todos los focos de baja potencia; mientras que los de la alta potencia, no alcanzan el valor indicado en las características de cada caja, el más cercano, que es el alemán, tiene un margen de error de 27.57%.



Sin embargo, analizando las corrientes y el margen de error de los focos, visualmente se observa una mayor intensidad en todos los de procedencia alemana, con respecto a los demás, que venden bajo las mismas características.

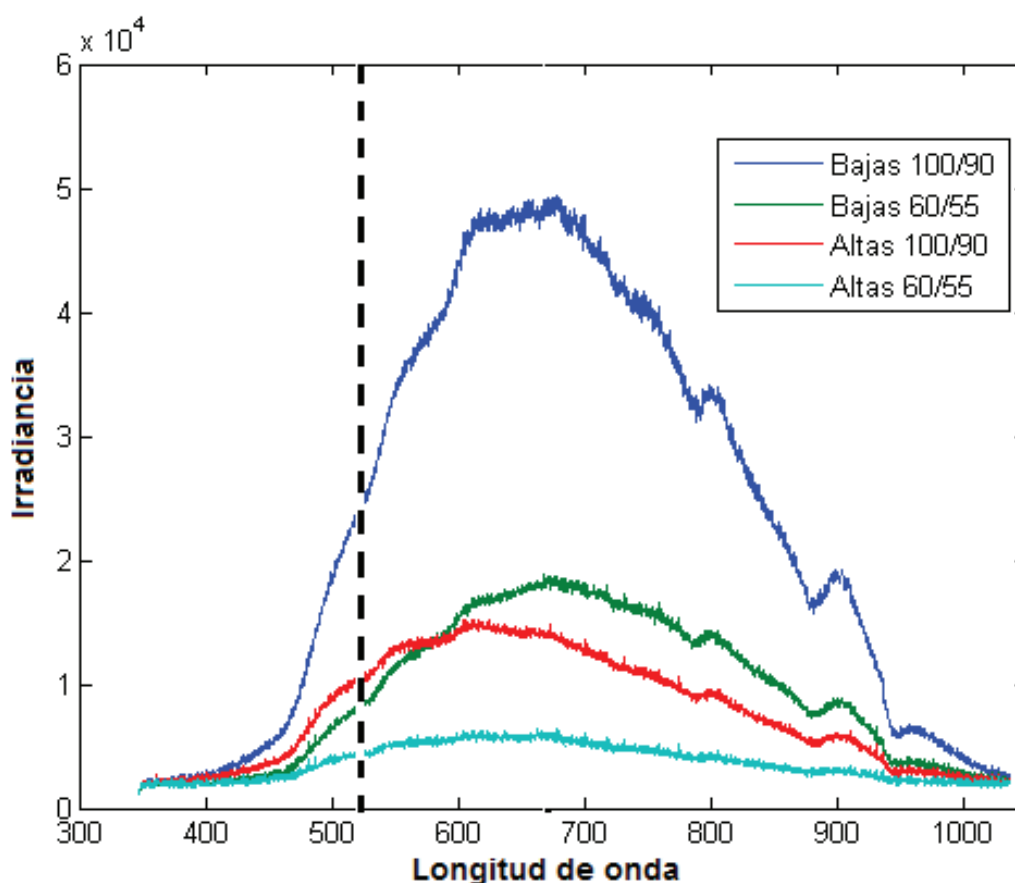


Figura 68 Relación altas – bajas de foco alemán

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

En la Figura 68 se tiene una comparación de los focos alemanes correspondientes al mismo fabricante, pero con diferente potencia eléctrica como se muestra en la leyenda de la misma figura. El primer análisis es la observación de la excitación de los gases que los componen, únicamente observando las curvas que presentan, entonces, como se puede notar, al ser

del mismo fabricante, la cantidad de picos y valles es la misma en todos, con una diferencia de amplitud.

Otra descripción interesante es que, como se observa en la leyenda de la Figura 68, el espectro con mayor amplitud (color azul) corresponde a las luces bajas de alta potencia eléctrica, lo que indica que, haciendo referencia a la corriente, parámetro analizado en la Figura 67, el espectro electromagnético aumenta a corrientes bajas y obviamente disminuye a altas, debido a la excitación de los gases que los componen, ya que unos necesitan más energía que otros. Esto queda comprobado al observar los valores de la potencia óptica medida con Molectron EPM 1000, y con la diferencia de flujo radiante que se observa entre luces altas y bajas.

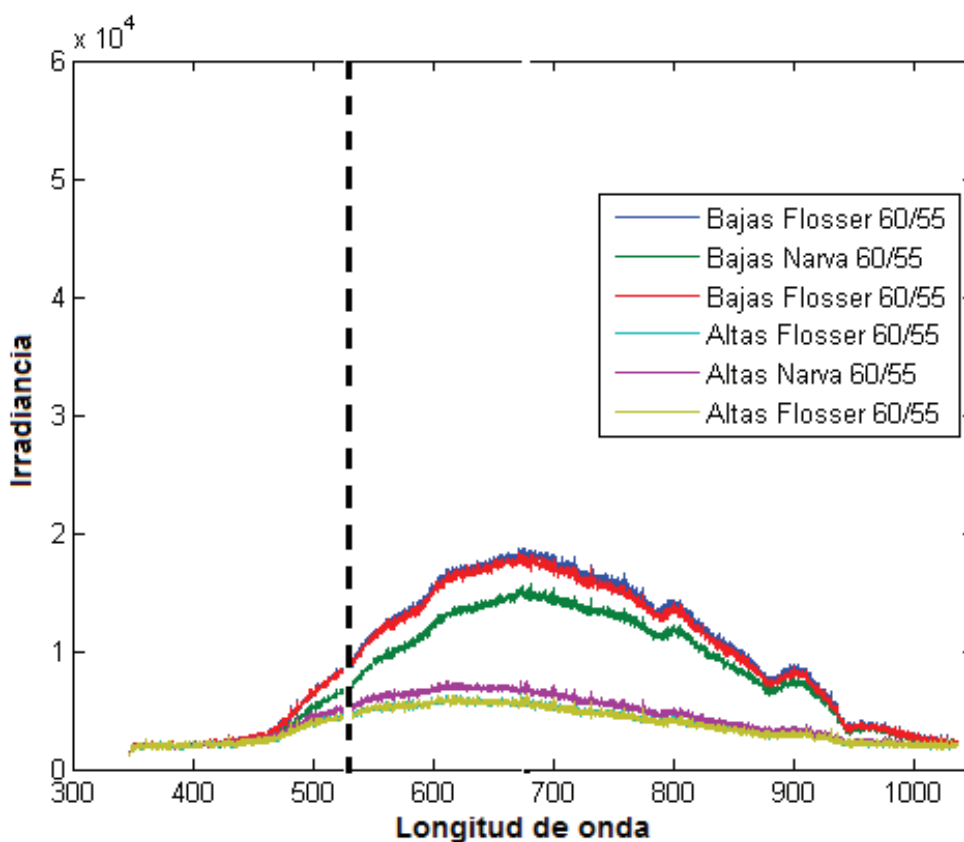


Figura 69 Relación entre diferentes marcas Alemanas

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

Para la Figura 69 se ha tomado dos focos de la misma marca y potencia para demostrar la validez del experimento y en base a estos datos, compararlo con el tercero, correspondiente a otra marca pero del mismo país fabricante (Alemania). Como se puede observar, los espectros de color azul y rojo están montados ya que tienen las mismas características de fabricante, ocurre lo mismo con las de color celeste y verde claro.

La composición de gases es la misma para todos los focos, ya que como se observa, se reproducen los picos y valles en todos los espectros, su única diferencia es la amplitud de cada uno.

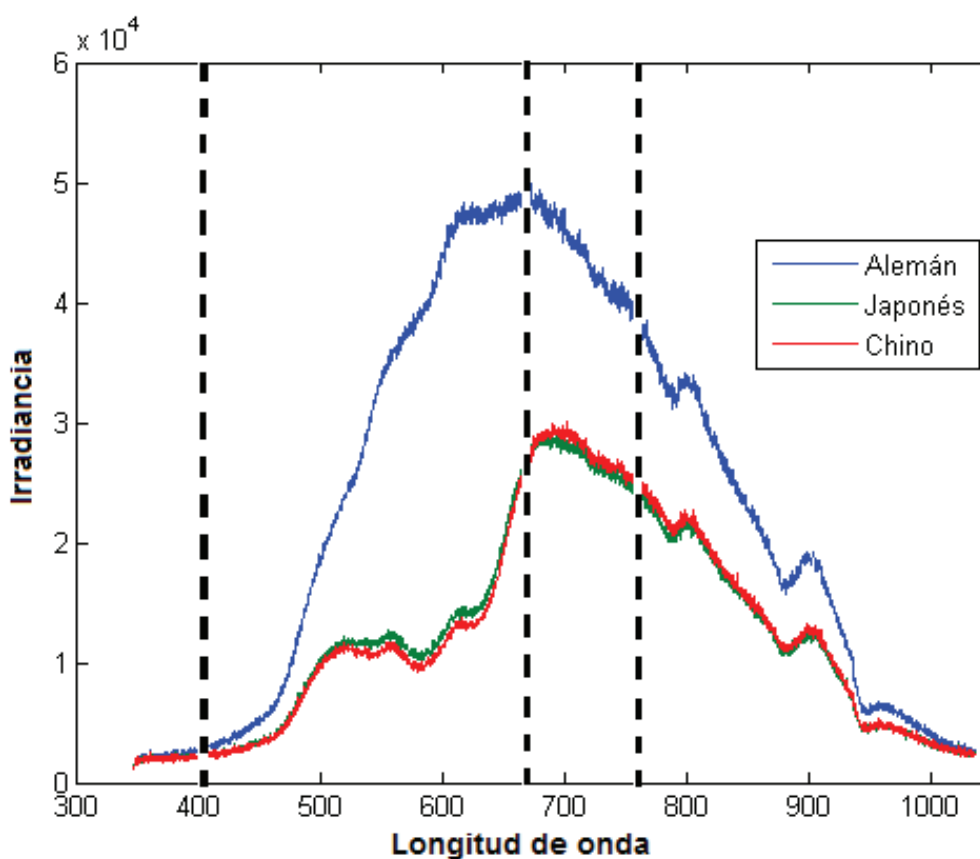


Figura 70 Comparación entre diferentes procedencias

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

La composición de gases entre los focos de procedencia japonesa y china es muy parecida, es por ello que los espectros de color rojo y verde que les corresponden como se observa en la leyenda de la 70 se superponen, y los picos y valles son iguales, además de su amplitud, lo que no sucede con el alemán, ya que en el rango de 500 a 675[nm] la excitación de los gases se da en diferentes concentraciones.

Otro factor a analizar, es respecto a la potencia eléctrica, ya que a pesar de que todos son de la misma (100/90[W]), el alemán tiene una amplitud mucho mayor a la de los demás.

La combinación de espectros para los 3 focos reproduce el color blanco que el ojo observa, pero no es puro, ya que la región que prevalece está en el rango del color azul que de todas maneras es diferente entre ellos, y afecta más. Como se observa en la Figura 70, el foco alemán es más dañino debido a que su dispersión de azul es mucho más elevada que la del chino, el cual alcanza un valor mayor en el rango del rojo, que según estudios con células del ojo, al exponerlas a colores azules, verdes y blancos se produce una disminución del número de éstas, pero con el rojo no hay diferencias significativas (CHAMORRO, y otros, 2012).

Utilizando la Ecuación 1, si se analizan las gráficas con una  $\lambda=520$ [nm], se obtienen los resultados de la Tabla 6.

Tabla 6 Potencias ópticas de focos H4

<b>Procedencia</b>	<b>I(x10<sup>4</sup>)</b>	<b>P[mW]</b>	<b>Lumen [lm]</b>
<b>Alemán</b>	2.5	3.61	484.930
<b>Chino</b>	1.09	1.58	484.930
<b>Japonés</b>	1.15	1.67	484.930

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación con datos de tesis de doctorado de Dra. Yolanda Angulo

Basándose en los resultados calculados en la Tabla 6, y en los obtenidos del artículo “Molecular mechanisms of light- induced photoreceptor apoptosis and neuroprotection for retinal degeneration”, la longitud de onda seleccionada para los cálculos ocasiona daños principalmente en animales, sin embargo es necesaria para los estudios debido a que se usa para distinguir entre la energía perjudicial y la enriquecedora.

Conociendo las razones de uso de esta longitud de onda, ahora se revisa la información del artículo “Limiting the impact of light pollution on human health, environment and stellar visibility” en la que menciona condiciones de oscuridad del 15% del flujo de energía medido en watts, con las que se registraron riesgos en la retina de ojo en los primeros 15 a 20[seg] que se ha expuesto al ojo a esta luz. Con mínimo 5[W] de potencia óptica, existe ya, un daño en el ojo. Los resultados obtenidos en la tabla son sin colimación óptica, pero es posible que alcancen valores de 5[W] utilizándola, esto, basándose en los resultados indicados en las figuras.

Al comparar los resultados de flujo radiante que se registran en esta investigación, con los de los artículos, se puede notar que hace falta un

análisis de luminancia, pero como se había mencionado en un inicio, éstos son los primeros análisis que ayudarán únicamente a explicar la tendencia que existe al daño ocular, principalmente, al momento de utilizar luces halógenas.

Sin embargo, visualmente con las gráficas de los espectros, si se puede observar que a pesar de existir una predominancia en el rango espectral del rojo, que del azul, éste no causa mayor daño según la información de los artículos mencionados, lo que sí sucede con el azul.

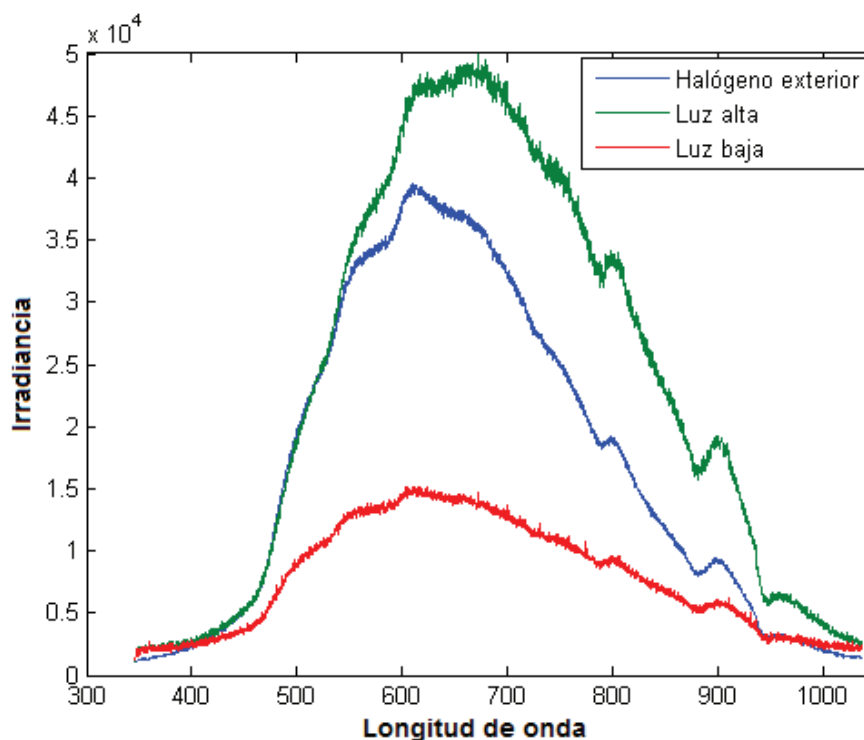


Figura 71 Espectros de halógeno exterior y H4

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

La lámpara H4 que se está comparando es de procedencia alemana. Al observar la Figura 71 es notable que la amplitud del H4 a pesar de la energía de funcionamiento que necesita en comparación con la exterior, su amplitud es mucho mayor con lo que una vez más se comprueba que los

datos que el proveedor proporciona, no son ciertos, sin embargo la composición de los gases es la misma ya que se observan la misma cantidad de picos y valles en todos los espectros y el espectro de azul entre las dos lámparas no disminuye, pero la potencia óptica del halógeno exterior es más estable que la del H4.

#### 4.2.2.2 LED

En el caso de los focos LED, se utilizaron diferentes tipos, LED H4, LED de tira y LED tipo uña, como se observa en la Tabla 5, los dos últimos sólo de adorno para vehículos.

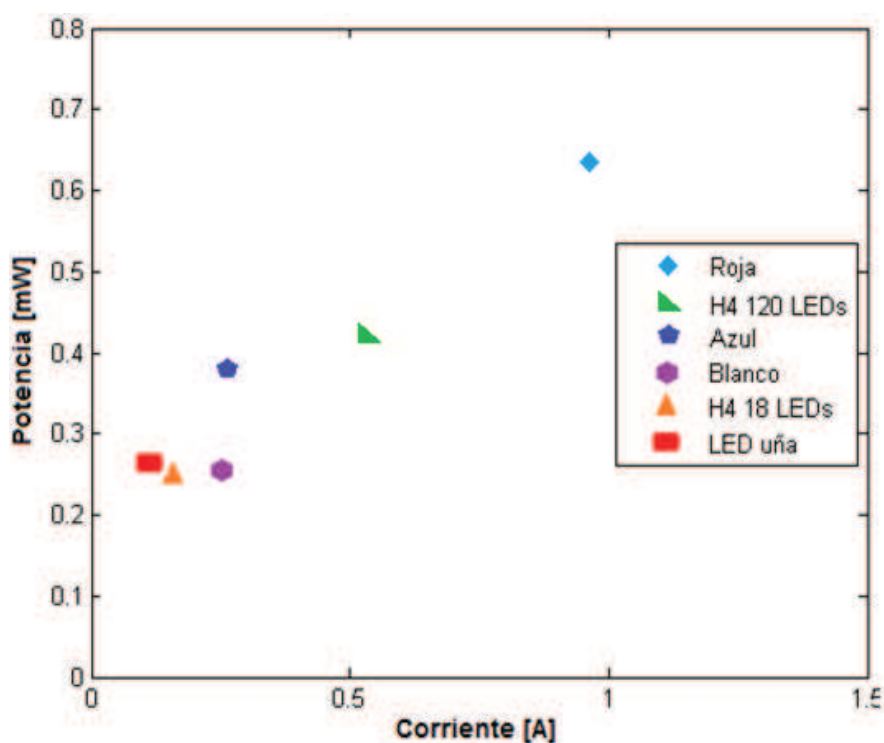


Figura 72 Gráfica Corriente- Potencia de LED

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

Se puede observar en la Figura 72 que en el caso de todos los LED, el consumo de corriente de la tira de LED roja es la más elevada y por consecuencia se tiene potencia óptica intensa con respecto a los demás.

Los focos que se encuentran en un rango de corriente entre 0.10 y 0.4[A] son los que menor cantidad de LEDs poseen, en el caso del tipo uña y el H4 de 18 LEDs, para los de tira el color blanco y azul difieren del de color rojo que es el de corriente más alta, llegando a 1[A] debido a la composición de estos, GaP. Aquí se forma una unión p-n por el método de crecimiento epitaxial del cristal en un substrato, por lo que su luminosidad se satura a altas densidades de corriente (Martín & Gorroño, 2005).

El foco H4 de 120 LEDs que se encuentra en un rango intermedio entre todos los focos, 0.6[A], es debido a la cantidad de LEDs que debe alimentar. Estos focos no venden con características de potencia eléctrica establecida, pero los vendedores aseguran que su demanda no es muy alta debido a la baja iluminación que presentan en una carretera.

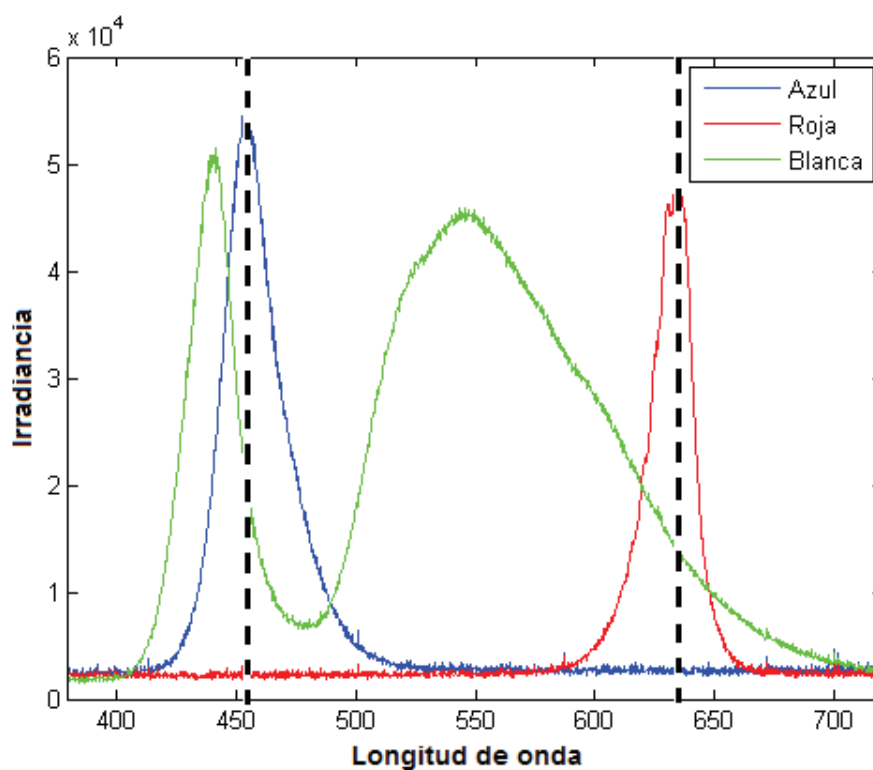


Figura 73 Espectros de tira led azul- roja- blanca

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación



En la Figura 73 se tiene el espectro de los focos de tira, en sus espectros puros el azul y rojo y el blanco que es una combinación de otros espectros incluidos azul y rojo. En el caso del azul puro se observa un pico más alto que del pido del blanco, por esta razón en la Figura 72, la potencia óptica del azul es más alta que la del blanco. En el caso del color rojo, su amplitud es mucho menor que la de los demás pero su pico se encuentra únicamente en su espectro correspondiente, en los demás presenta un valor nulo. El pico más alto del color blanco, se lo observa en los espectros correspondientes al color amarillo y verde, que en combinación con el pico del azul se obtiene el color blanco.

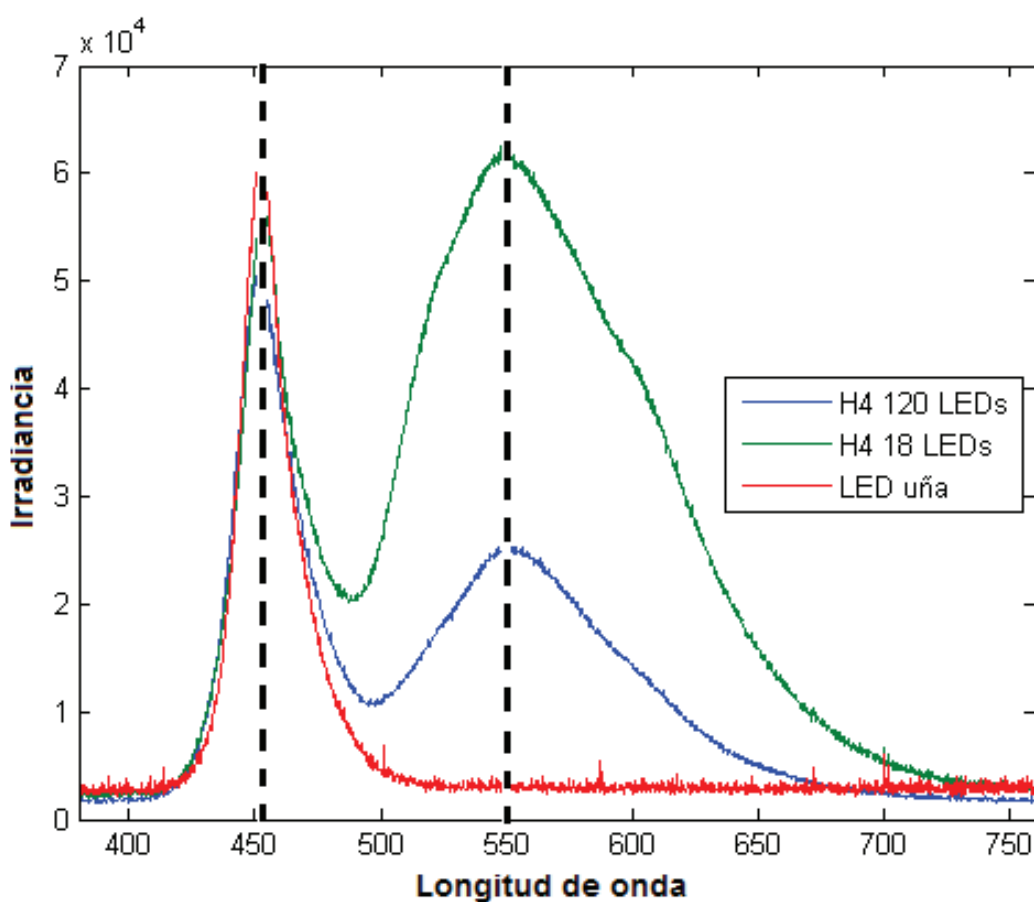


Figura 74 Espectros de H4 y uña

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

Una vez más, se puede observar en la Figura 74, un pico de irradiancia bastante alto en el rango espectral del color azul, ya que el de uña es color puro. La de los H4 es menor, pero siguen la forma del color azul, e incluso se puede notar que el pico del H4 de 18 LEDs es más alto que el del H4 de 120 LEDs, por ello, al establecer la comparación con las figuras de los espectros de las halógenas H4, se observa que el azul de los LED es aproximadamente cinco veces mayor que el de aquellos, causando de esta manera mayores consecuencias en la salud.

Una diferencia clara se encuentra también en la amplitud de las H4 de 18 y 120 LEDs, al observar que la amplitud de los dos picos de éste último foco, son menores que las del primero pero en cuanto a irradiancia, más no en potencia óptica, ya que en la Figura 72 se observa que es mayor la del H4 de 120 LEDs. Esto se debe al consumo de corriente que se había explicado anteriormente, ya que mientras más corriente consume, la amplitud del espectro electromagnético es menor y viceversa, debido a la cantidad de LEDs que tiene que alimentar el segundo foco.

Otra gráfica que se puede observar es la de irradiancia vs. distancia; aquí se desea conocer cuánto irradia el foco dependiendo de la distancia a la que se encuentra ubicado, es necesario recordar que al momento de conducir, se debe conservar una distancia mínima de 3[m] entre los vehículos.

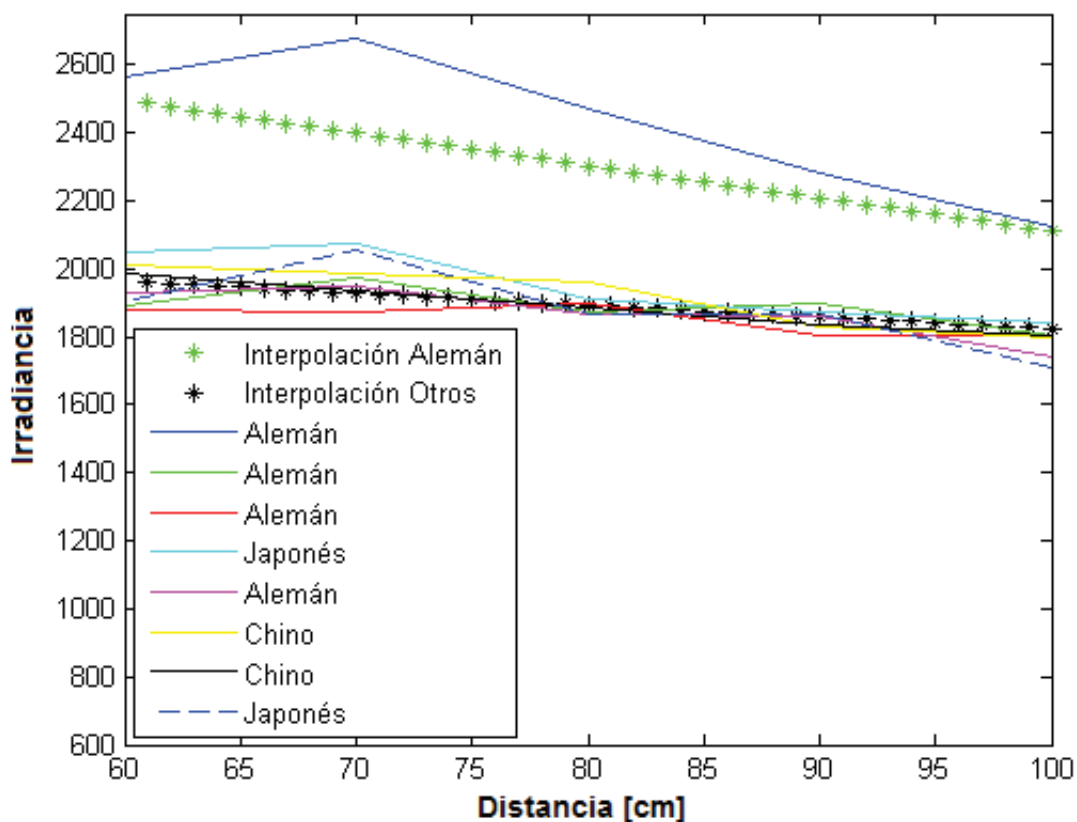


Figura 75 Irradiancia- Distancia de Halógenos H4

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

Una vez más, en la Figura 75, el foco alemán, tiene una irradiancia muy alta en cualquier distancia, lo que significa que su contaminación es mucho más evidente que las demás porque su dispersión no es del tipo cut- off<sup>10</sup> (Departamento de Astronomía del Instituto de Física de la Facultad de Ciencias, 1999).

La gráfica de irradiancia vs. distancia cumple en este apartado, la misma función que en el anterior, utilizando las mismas distancias ya mencionadas anteriormente, como se observa en la Figura 76.

La ecuaciones indicadas para la interpolación son las indicadas en la Ecuación 5 (a) Alemán y (b) Demás Halógenos.

<sup>10</sup> Cut- off: Cero emisión en la dirección del hemisferio superior.

## Ecuación 5 Interpolación halógenos

$$(a) \quad f(x) = -12.8 * x + 3446$$

$$(b) \quad f(x) = -4.649 * x + 2262$$

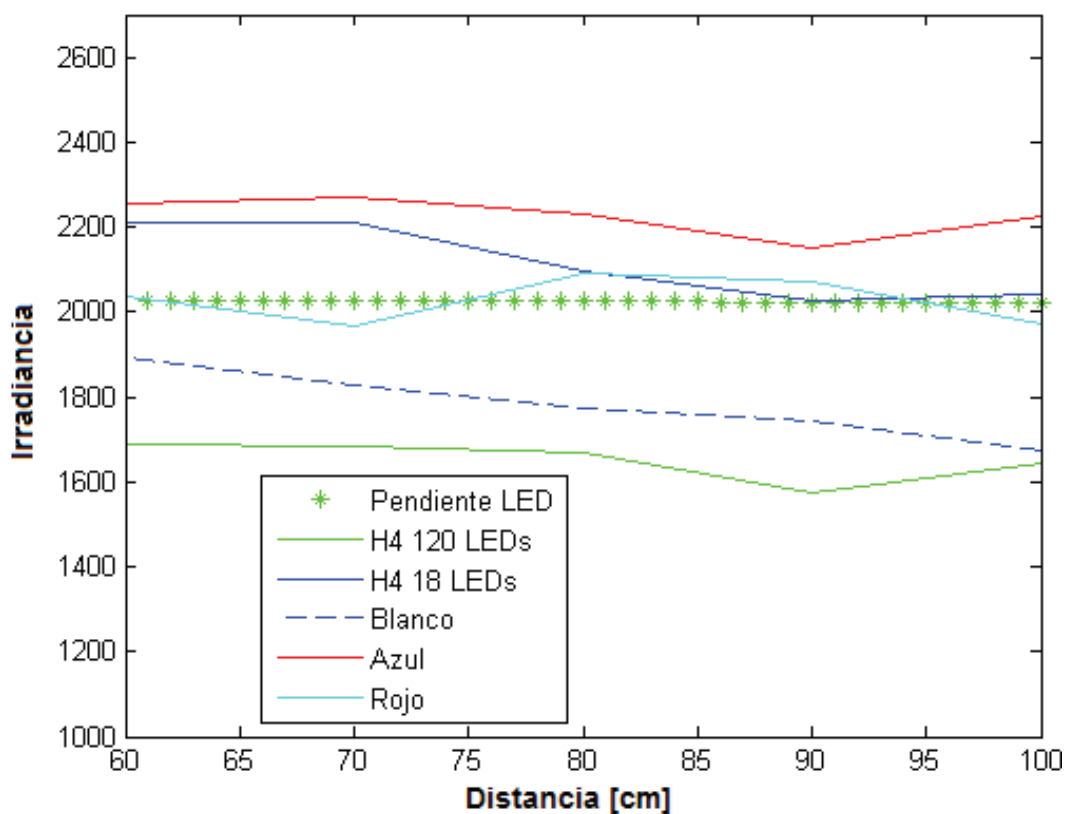


Figura 76 Irradiancia- Distancia de LED

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

Todas las curvas de los distintos colores, muestran gráficas relacionadas a una disminución de irradiación según aumenta su distancia, pero en el caso de la tira roja, a una mayor distancia su irradiación se mantiene equilibrada; y nuevamente se puede observar que la tira color azul sigue llevando la delantera en todos los casos, irradiando mucho más que el resto de focos.

En la Figura 75 y Figura 76 se observan líneas de asteriscos en color verde, las cuales representan una interpolación o pendiente de las curvas utilizando la Ecuación 6. De aquí se obtienen los resultados de la Tabla 7.

Ecuación 6 Interpolación de LED

$$f(x) = -0.2459 * x + 2047$$

Tabla 7 Potencias ópticas de focos LED

<b>Color</b>	<b>I(x10<sup>4</sup>)</b>	<b>P[mW]</b>	<b>Lumen [lm]</b>	<b>I a d=3[m]</b>
<b>Blanco</b>	6.1	8.82	679.551	2041.94
<b>Rojo</b>	4.75	6.87	180.995	2046.26
<b>Azul</b>	5.5	7.95	40.980	2366.53

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación con datos de tesis de doctorado de Dra. Yolanda Angulo

Con los resultados calculados en la Tabla 7, y en los obtenidos del artículo “Riesgos personales producidos por LEDs utilizados en dispositivos de uso cotidiano”, la longitud de onda seleccionada para los cálculos ocasiona daños en la retina que es la zona más vulnerable del ojo e imprescindible para la visión.

En los estudios, para cada una de las zonas del foco que contienen un LED se produce una luz de irradiancia de 5mW/cm<sup>2</sup> que emite luz de diferentes características espectrales, azul, verde, rojo como es el caso de los focos que se analizan en este proyecto. Es necesario mencionar que no hay unidades en la irradiancia de esta tesis.

Si la exposición es a partir de los 10[seg] en rangos espectrales de 403 – 550[nm] su daño es mucho mayor como es el caso del color blanco en la Figura 73.

Analizando el color blanco de 18 LEDs de acuerdo a la Tabla 7, y comparando según estudios del artículo “Light – emitting diodes for domestic lighting: any risks for the eye” de la luminancia o brillo que necesita el ojo humano, es  $10^{-6}$  [cd/m<sup>2</sup>] pero el resultado es de 679,551[cd/m<sup>2</sup>], por lo que la cantidad de brillo es sumamente exagerada y poco necesaria a pesar de estar sin colimación óptica.

Finalmente en la Figura 77 se puede observar una gráfica 3D resultante de los datos obtenidos al realizar mediciones cada 20° para distancias de 60, 70 y 80[cm], colocando al foco Halógeno y LED H4 en el centro.

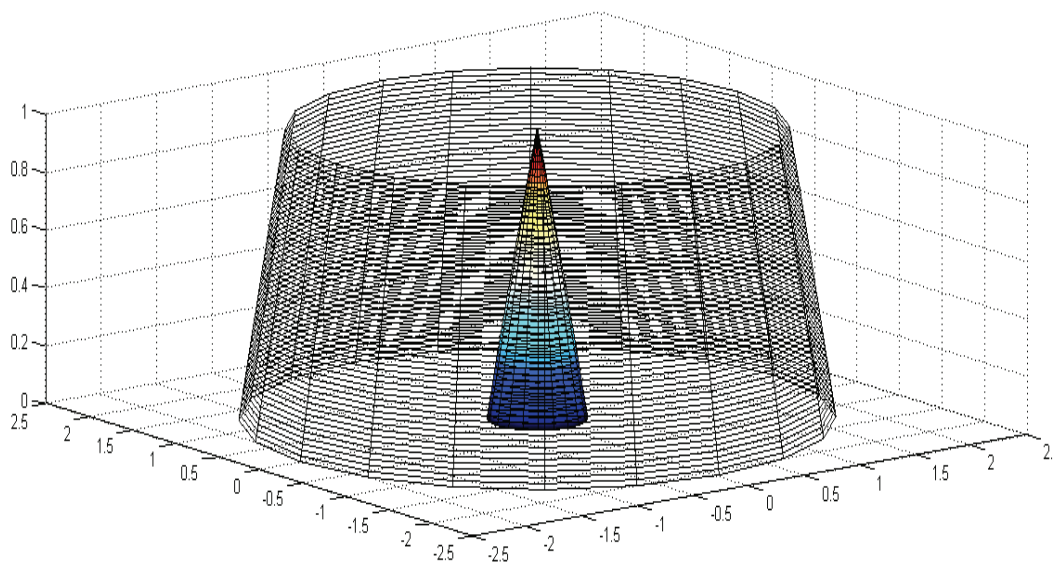


Figura 77 Gráfica 3D distancia radial

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

Se puede observar que, mientras más cerca el sensor estuvo del foco, la irradiancia e incluso la amplitud del espectro eran mucho mayores, pero al

irse alejando ambos van disminuyendo, en la leyenda de la Figura 77 se observa con color rojo los valores más intensos, y con azul los más tenues.

Los resultados obtenidos son los esperados debido a que los focos que se están analizando son de vehículos, y como éstos se colocan perpendicular al faro, no emiten luz hacia el frente ya que están cubiertos la punta, de pintura con efecto cromo, entonces su irradiancia es igual en todos los puntos del foco excepto en la punta, es por ello que con los experimentos realizados se obtiene la gráfica de la Figura 84 con la diferencia en su intensidad mientras la distancia aumenta.

## **CAPITULO 5**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Una vez que el proyecto se ha dejado listo para usar es necesario demostrar su validez realizando pruebas y observando posibles cambios o adaptaciones para una eficiencia máxima, y es de ahí, de donde se obtienen las conclusiones y recomendaciones. Así, en los trabajos futuros se tomará en cuenta las recomendaciones para que en base a esto se le pueda acoplar la siguiente fase del proyecto.

#### **5.1 Trabajo futuro**

Desde capítulos anteriores se menciona el uso que se dará finalmente a los equipos programados, que son el inicio de un proyecto que lleva como objetivo el análisis de la contaminación lumínica automotriz, además de posibles soluciones para su reducción.

En la primera fase del proyecto se reúnen todos los equipos y elementos necesarios para hacer el estudio de esta contaminación, es por ello, que al conseguirlos, se busca la opción de facilitar un futuro trabajo que exigirá de un mayor tiempo en factores de investigación, que en acciones repetitivas como lo es la adquisición de datos.

Como se da a entender, entonces, ésta tesis es la primera fase, ya que su objetivo es controlar los equipos necesarios mediante el ordenador y dejar los datos en un formato de texto para que posteriormente se los pueda



analizar. Con esto, no se pierden datos, ya que su velocidad de muestreo en el display puede ser mayor que el tiempo que se toma entre observar el dato y anotarlo, el cuál además, puede contener errores, consecuencia del apuro con la que se apunta el dato.

Posteriormente, con el análisis de los datos adquiridos, se debe documentar el resultado que se obtiene de los estudios de dicha contaminación y los daños que se provocan a los seres vivos. Estos deben ir acompañados de las condiciones a cumplir, para un control adecuado de la cantidad de iluminación.

Cuando se conozcan las condiciones para una iluminación adecuada, se deberá buscar el sensor apropiado a colocar en los vehículos, de tal forma que se regule automáticamente la cantidad correcta de luxes que alumbrarán el área que se requiere observar para una conducción óptima.

El objetivo del proyecto es plantear normas ecuatorianas que regulen la cantidad de luxes con las que, un vehículo, no contamine el medio ambiente o deteriore la salud de seres vivos.

## 5.2 Conclusiones

- Una correcta iluminación automotriz se lleva a cabo realizando los cálculos necesarios para conseguir un buen diseño, que guiará a las condiciones adecuadas para que no afecte al conductor ni al medio ambiente.
- El estudio del impacto ambiental, para los diseños de iluminación automotriz es fundamental, debido a que, de su implementación depende los resultados de la contaminación.

- El uso de distintas lámparas en los estudios permitió observar espectralmente cuán contaminantes pueden ser.
- Al momento de adquirir los focos para la realización de los experimentos; los comerciantes ofertan únicamente los focos alemanes, y cuando se pide de otra procedencia, recomiendan el uso de éste o mencionan no tener otros debido a la falta de demanda.
- El uso de las luces xenón es exclusivo para neblineros, sin embargo, existen personas que los utilizan como luces delanteras, lo que implica riesgos en la salud, además de imprudencia y desconocimiento, debido a la mayor dispersión del color azul.
- Los únicos focos que cumplen con las características que ofertan los fabricantes son los de baja potencia. Los de alta potencia no se acercan a los valores indicados en sus cajas; lo que es conveniente para la disminución de la contaminación lumínica automotriz, pero los venden bajo falsas características.
- Los focos que emiten mayor cantidad de espectro rojo que de azul, no calientan, sin embargo mientras más espectro azul emita el foco, se provoca mayor calor.
- La falta de conocimiento acerca de este tipo de contaminación y las consecuencias, no permite su concientización, por lo tanto, las personas continúan deteriorando los ciclos naturales.
- Con la fuente no programable utilizada para el estudio de las lámparas, se controla la tensión en la carga eléctrica, que da como

resultado el control de la emisión de luz hasta llegar a su tensión máxima permitida.

- La susceptibilidad y emisión del detector óptico EPM 1000 cumple con algunos requerimientos estándar que garantizan la validez de la información que presenta.
- Para observar óptimamente el resultado del trabajo con el equipo, la velocidad de transferencia que se escoja, puede ayudar a que el trabajo sea en tiempo real o de procesamiento.
- Para maximizar el rendimiento del sensor PM3 se debe tener en cuenta los principios de funcionamiento y las consideraciones ambientales del caso.
- El PM3 es un sensor útil en la detección de la radiación de bajo nivel, sobre la longitud de onda de 0,19 micras a 11 micras.
- Al momento de utilizar el multicalibrador Fluke 5500A, para observar voltaje y corriente, sus mediciones sirven sólo para comprobar la calibración del instrumento, más no para alimentar un circuito.
- El multicalibrador Fluke 5500A es un equipo delicado en cuanto a la movilización, debido a que puede sufrir daños, es por ello que cuando sea necesario trasladarlo, el equipo debe viajar con las instrucciones del contenedor y solamente en el autorizado por Fluke.
- El 5500A se dirige a un amplio sector de trabajo con carga eléctrica para realizar calibración. Tiene además simulación de dos salidas de tensión simultáneas o tensión y corriente, control de fase, resistencia, capacitancia, termopares y RTD.

### 5.3 Recomendaciones

- Para evitar la contaminación lumínica automotriz, el aumento en el brillo del cielo nocturno no debe superar el 10% del brillo natural, en un rango espectral de 300[nm] a 1000[nm].
- Se recomienda utilizar en los vehículos, lámparas de descarga de vapor de sodio a baja presión, ya que, de esta forma se obtiene una visión segura y poco contaminante en sectores de pobre alumbrado.
- En el caso en que no sea posible cambiar el tipo de luminaria y el sentido de iluminación, cuando un vehículo se acerca de frente, se recomienda utilizar pantallas o rejillas que permitirán evadir la dispersión del haz de luz.
- Evitar el criterio erróneo de “mientras más luz mejor” debido a que las consecuencias son inseguridad y pérdida de visibilidad, lo que puede provocar mayor número de accidentes en las vías.
- La contaminación lumínica automotriz es desconocida para muchos, es por ello que divulgar, denunciar, proponer y trabajar son algunas de las opciones para evitar que estos problemas afecten nuestra salud y la de los demás seres vivos.
- Para la experimentación con los circuitos, es necesario considerar las especificaciones de cada elemento, en el caso en que se decida conectar otras iluminarias con las cuales no se ha realizado esta primera fase del proyecto.
- Para la alimentación de los circuitos, es necesario que la corriente sea la adecuada o se presentará un cortocircuito en la fuente; en el caso

que suceda, se debe tener conocimiento de la cantidad a utilizar y llevar la misma hasta valores cercanos en los cuales se estabilice y salga de estado de cortocircuito.

- Al momento de realizar las mediciones con los focos, es necesario asegurarse de que la habitación esté lo más oscura posible para que no interfiera, y en el caso de la toma de datos de los LED de tira, se debe cubrir la parte que no está siendo analizada.
- Para el uso del detector óptico es necesario que se encere el sensor a manejarse, en éste caso el PM3, de esta manera se garantiza que los valores obtenidos son de la luz que se desea analizar y no la que toma del ambiente en cual se realiza las pruebas.
- La potencia a la cual se debe mantener el EPM 1000 para su óptimo trabajo, es de 90-264[V] en AC, 47-63[Hz], 25[VA].
- Una temperatura atmosférica adecuada para el EPM 1000 se da entre 0°C a +50°C cuando está en modo operativo y cuando está en reposo -40°C a +75°C.
- El detector óptico puede trabajar a 6 velocidades de transferencia, para el presente proyecto se recomienda la más alta, correspondiente a 38400 baudios, de esta manera garantizamos que la adquisición de los valores se acerque a un tiempo real.
- Es importante manipular la sonda PM3 por el poste de aislamiento que se proporciona, ya que de esta manera, las aletas absorberán el calor del cuerpo para no entrar en contacto con la mano del operador.

- En el programa desarrollado para el detector óptico, se recomienda utilizar un solo bloque de adquisición de información, ya que cada vez que se lo emplee realizará una toma en tiempo distinto al anterior y no necesariamente deben coincidir.
- La movilización de los equipos se debe realizar con mucho cuidado y en los contenedores adecuados para evitar inconvenientes de golpes o averías de los mismos.
- Si existen problemas en la comunicación se debe empezar revisando que las condiciones de conexión de ambos equipos sean las mismas, y que el cable sea el que requiere el periférico.
- Al momento de utilizar los drivers de cada equipo, es necesario leer las explicaciones de cada bloque, debido a que, algunos de ellos pueden ser dedicados a un solo modelo de la marca, lo que no permitirá que realice las órdenes indicadas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Keithley Instruments Inc. (2013). *Keithley Instruments*. Obtenido de Keithley Instruments  
Web site: <http://www.keithley.com/company>
- Águeda, E. (2009). *Técnicas básicas de Mecánica y Electricidad*. España: Editorial Paraninfo.
- Alcalde, P. (2008). *Electrotecnia*. Madrid: Editorial Paraninfo.
- Álvarez, J. L. (2004). *Alcohol y tráfico: estudio y análisis de la conducción de vehículos bajo la influencia de bebidas alcohólicas*. Madrid: MAD-Eduforma.
- Atienza, F. B. (1997). *Diccionario politécnico de las lenguas española e inglesa, Volumen 1*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Atkins, P. W., & Jones, L. (2005). *Chemical Principles. The Quest for Insight*. New York: W.H. Freeman and Company.
- Axelson, J. (1998). *Serial Port Complete: Programming and Circuits for RS-232 and RS-485 Links and Networks*. Madison: lakeview research llc.
- Baird, C. (2001). *Química ambiental*. Barcelona: Reverté S.A.
- Bateman, A. (1999). *Digital Communications: Design for the Real World*. Pearson Education Limited.
- BOSCH. (2000). *Sistemas de Seguridad Y Confort*. Alemania: Reverte.
- Bureau, M. E. (2009). Sistemas de luz neón. *Chevymania*, 14- 17.
- CHAMORRO, E., BONNIN, C., LOBATO, L. L., NAVARRO, J. J., RAMÍREZ, G., NAVARRO, C., & SÁNCHEZ, C. (2012). Riesgos personales producidos por LEDs utilizados en dispositivos de uso cotidiano. *Seguridad y Medio Ambiente*, 36- 41.
- Chepesiuk, R. (Septiembre- Octubre de 2010). Extrañando la oscuridad: los efectos de la contaminación lumínica sobre la salud. Cuernavaca, Morelos, México.
- Coherent, Inc. (1 de December de 2004). *Coherent Incorporated*. Obtenido de Coherent  
Web Site: <http://www.coherent.com>
- Coherent, Inc. (25 de 11 de 2013). *Coherent Incorporated*. Obtenido de Coherent Web Site:  
<http://www.coherent.com/Applications/index.cfm?fuseaction=Forms.page&PageID=116>
- Croft, T., Carr, C. L., & Watt, J. H. (1974). *American electrician's handbook*. New York: Mc Graw- Hill Book Company .
- Crouse, W. H. (1980). *Automotive Mechanics*. New York: McGraw- Hill, Inc.

- Departamento de Astronomía del Instituto de Física de la Facultad de Ciencias. (1999). *Contaminación lumínica*.
- Departamento de Química y Física. (2005). *Universidad de Córdoba*. Obtenido de UCO Web site: <http://www.uco.es/dptos/quimica-fisica/quimica-fisica/FQM204/Resumen.pdf>
- Donate, A. H. (1997). *Técnicas electrónicas digitales: tecnología y circuitería en TTL y CMOS*. Barcelona: Marcombo.
- Dorremochea, C. H. (2010). Hágase la luz. *Astronomía*, 34-40.
- Dorremochea, C. H. (2010). Hágase la luz, mitos y realidad en la protección del cielo nocturno. *Revista Astrónoma N° 129*, 34-40.
- Duart, J. M. (1988). *Optoelectrónica y comunicación óptica*. Madrid: Editorial CSIC Press.
- Duart, J. M. (1988). *Optoelectrónica y comunicación óptica*. Madrid: Editorial CSIC - CSIC Press.
- Editorial Tráfico Vial. (1997). *Aprender a conducir: manual para la formación de conductores*. Malaga: Etrasa.
- Falchi, F., Cinzano, P., Elvidge, C., Keith, D., & Haim, A. (13 de Julio de 2011). Limiting the impact of light pollution on human health, environment and stellar visibility. *Journal of Environmental Management*. Estados Unidos: Elsevier.
- Ferrer, J. F., & Carrera, M. P. (1981). *Iniciación a la física, Volumen 2*. Barcelona: Reverte.
- Fink, D. G., Beaty, H. W., & Carroll, J. M. (1984). *Standard Handbook for Electrical Engineers*. New York: Mc. Graw- Hill.
- Fluke Corporation. (2013). *Fluke Corporation*. Obtenido de Fluke Web Site Ecuador: <http://www.fluke.com/fluke/eces/about/perfil-corporativo/default.htm>
- Gago, A., & Fraile, J. (2012). *Iluminación con tecnología LED*. Madrid: Editorial Paraninfo.
- Gago, A., & Fraile, J. (2012). *Iluminación con tecnología LED*. Madrid: Editorial Paraninfo.
- García, J. L. (1987). *Sistemas de unidades físicas*. Barcelona: Reverte.
- Gil, F. J. (2011). *Manual del Permiso B*. Madrid: Arisoft Editorial SA.
- Gil, J., Ramos, S., Moreno, C., & Cuerda, S. (2006). *Técnico Especialista en Radiodiagnóstico Del Servicio Vasco de Salud*. Madrid: EDITORIAL MAD S.L.
- Gutiérrez, C. P., & Nieto, Á. L. (2006). *Teledetección: nociones y aplicaciones*. carlos perez.
- Hamm, D. (2000). *Sistemas de alumbrado*. Bosch.
- Hecht, E. (2000). *Fundamentos de Física*. International Thomson Editores, S. A. de C. V.



- Hlawiczka, P. (1977). *Introducción a la electrónica cuántica*. Londres: Reverté S.A.
- Hlawiczka, P. (1977). *Introduction to Quantum Electronics*. Londres: Academic Press.
- Keithley Instruments Inc. (Mayo de 2002). *Keithley Instruments Inc.* Obtenido de Keithley Inc. Web site:  
<http://research.physics.illinois.edu/bezryadin/labprotocol/Keithley2400Manual.pdf>
- Lamphar, H. A. (2010). Medición de la contaminación lumínica en espacios naturales. *Tesis doctoral*. Barcelona, España.
- Lázaro, A. M. (2000). *LabVIEW 6i (Programación gráfica para el control de instrumentación)*. Madrid: Editorial Paraninfo.
- López, L. P., & Pérez, S. M. (2008). *Neuroanatomía*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Lyytimäki, J., Tapiob, P., & Assmuth, T. (Julio de 2012). Unawareness in environmental protection. *The case of light pollution from traffic*. Helsinki, Helsinki: Elsevier.
- Maestre, D. G. (2007). *Ergonomía y psicología*. Madrid: FC Editorial.
- Marín, J. A. (2010). *Sistemas de seguridad y confortabilidad*. Madrid: Editorial Paraninfo.
- Marín, J. A. (2010). *Sistemas de seguridad y confortabilidad*. Madrid: Editorial Paraninfo.
- Martín, Á. B., & Gorroño, A. I. (2005). *Desarrollo de productos electrónicos*. Barcelona: Marcombo.
- Martín, J., Soriano, J. S., & Escobar, T. A. (23 de abril de 2007). *Infoleds*. Obtenido de <http://infoleds.wordpress.com>
- Molelectron Detector, Inc. (s.f.). *Coherent Incorporated*. Obtenido de Coherent Web Site:  
<https://www.coherent.com/downloads/ACF2A0B.pdf>
- Molelectron Detector, Incorporated. (21 de Septiembre de 1998). *Coherent Inc.* Obtenido de Coherent Web site: <http://www.coherent.com>
- National Instruments. (2013). Context Help. *LabVIEW*. Austin, Texas, United States of America.
- Ocean Optics. Inc. (2012). *Ocean Optics Inc.* Obtenido de Ocean Optics Web site:  
[http://www.oceanoptics.com/Products/spectrometers.asp#Multipurpose\\_Spectrometers\\_for\\_Absorbance\\_Reflection\\_and\\_Emission\\_](http://www.oceanoptics.com/Products/spectrometers.asp#Multipurpose_Spectrometers_for_Absorbance_Reflection_and_Emission_)
- OSRAM GmbH. (2013). *OSRAM*. Obtenido de Catalog my OSRAM:  
<http://catalog.myosram.com/zb2b/b2b/start.do?browsername=mozilla%2F5.0%2520%2528windows%2520nt%25206.2%253B%2520wow64%2529%2520applewebkit%2F537.36%2520%2528khtml%252C%2520like%2520gecko%2529%2520chrome%2F32.0.1700.107%2520safari%2F537.36&browsermajor=5&b>

- Peña, J. M., Lozano, C., & Díaz, F. (2000). *Grupo de trabajo 20: Contaminación lumínica*. Madrid.
- Pérez, J. M. (2004). *Técnicas del automóvil: equipo eléctrico*. Madrid: Editorial Paraninfo.
- Poole, C. P., & Owens, F. J. (2007). *Introducción a la nanotecnología*. Barcelona: Reverté S.A.
- Rich, C., & Longcore, T. (2005). *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*. Washington, DC: Island Press.
- Rodà, I., & Pérez, A. A. (1992). *Ciencias, metodologías y técnicas aplicadas a la arqueología*. Barcelona: Univ. Autònoma de Barcelona.
- Sabater, A. S. (1999). *Fundamentos físicos para ingenieros*. Valencia: Ed. Univ. Politéc. Valencia.
- Sánchez, J. G. (2009). *Circuitos electrotécnicos básicos: sistemas de carga y arranque : electromecánica de vehículos*. Madrid: Editorial Paraninfo.
- SANZ, & TOLEDANO. (2007). *TÉCNICAS Y PROCESOS EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN*. Madrid: Editorial Paraninfo.
- Sanz, J., & Toledano, J. (2007). *TÉCNICAS Y PROCESOS EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN*. Madrid: Editorial Paraninfo.
- Schuch, F. W. (1999). *Manual de la técnica del automóvil*. Barcelona: Reverte.
- Serrano, E. (2006). *Circuitos eléctricos auxiliares del vehículo*. Madrid: Editex.
- Serrano, E. (2006). *Circuitos eléctricos auxiliares del vehículo*. Madrid: Editex.
- Skoog, D. A., Crouch, S. R., & Holler, F. J. (2007). *Principles of Instrumental Analysis*. New York: Brooks/Cole.
- Sobrevila, M. A. (2011). *Instalaciones de potencia*. Buenos Aires: Librería y Editorial Alsina.
- Solano, H. A. (2005). *Ergoftalmología: Análisis de los factores que inciden en la astenopía de los trabajadores de inspección visual en la industria electrónica de Ciudad Juárez*. Ciudad Juárez: División de estudios de posgrado e investigación.
- Soriano, E. J., & Ruiz, J. F. (2008). *Electricidad del vehículo*. Madrid: Editex.
- Stamps, D. (2013). *Learn Labview 2012 Fast*. SDC Publications.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Volumen 10 de Ciènces experimentals*. Castellón de la Plana: Universitat Jaume I.
- Tennant. (2014). *Direct Industry*. Obtenido de Tennant:  
<http://www.directindustry.es/prod/ocean-optics/espectrometros-uv-vis-fibra-optica-18485-988329.html>

- Tipler, P. A., & Mosca, G. (2005). *Física para la ciencia y la tecnología, Volumen 2*. Barcelona: Reverte.
- Tomasi, W. (2003). *Electronic communications systems*. Pearson Educación.
- TRANSIT S.A. (24 de Octubre de 2013). <http://www.alltransit.org/>. Obtenido de [http://www.alltransit.org/htm/leyes\\_circulacion.php](http://www.alltransit.org/htm/leyes_circulacion.php)
- Unión Internacional de Química Pura y Aplicada. Comisión de Fotoquímica. (1999). *Glosario de términos usados en fotoquímica*. Barcelona: Univ. Autònoma de Barcelona.
- Vallejo, M. H., & Farrerons, J. M. (2004). *El soporte infraestructural de la ciudad*. Barcelona: Univ. Politèc. de Catalunya.
- Vázquez, D. A. (Marzo de 2000). Diccionario de ciencias. *Diccionarios Oxford-Complutense*. Madrid, España: Editorial Complutense.
- Wolf, S., & Smith, R. F. (1992). *Students reference manual for electronic instrumentation laboratories*. California: Kathleen Schiaparelli.
- Wu, J., Seregard, S., & Algvere, P. V. (Septiembre- Octubre de 2006). Survey of Ophthalmology. *Photochemical Damage of the Retina*. Estocolmo, Suecia: Elsevier.









## **ANEXOS**

## **ANEXO A**

## Communications Settings





*IEEE-488 Address*

Set the EPM1000 IEEE-488 address to any value from 1 to 31. Although the EPM1000 can use address 0, this is not recommended, as the IEEE-488 bus expects the instrument at address 0 to be a Controller.

Press      to set the IEEE-488 address. The EPM1000 LCD will display the current address. For example, an address of 12 appears as *12*<sub>ADR</sub>. Use the  or  keys to increment or decrement the current address or the Numeric Entry Keys to select an address more quickly. Press  to complete the action.









*IEEE-488 Enable/Disable*

To enable the EPM1000's IEEE-488 port, press     .






To disable the port, press  . Press  until the LCD reads either *232*<sub>ES</sub> or *OFF*<sub>ES</sub>. The former activates the RS-232 interface, which automatically disables the IEEE-488 interface and the latter deactivates both communications interfaces. Press  to complete the action.











*RS-232 Baud Rate*

The RS-232 interface requires a baud rate selected for the EPM1000 that matches the baud rate of the host machine. The EPM1000 supports six different baud rates: 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, and 38400.

To change the RS-232 baud rate, press  . Press  or  until the display reads *232*<sub>ES</sub>. Press . The current baud rate should appear on the LCD. For example, if the current baud rate is 9600, then *9600*<sub>BR</sub> appears on the LCD. Use the  and  keys to select the desired baud rate, then press  to complete the action.

*RS-232 Enable/Disable*





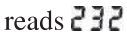





To enable the RS-232 communications port, press  . Press  or  until the LCD reads *232*<sub>ES</sub>, then press  to complete the action.

To disable the RS-232 port, activate the IEEE-488 port by pressing     . The RS-232 communications port will also be deactivated if both ports are deactivated. Deactivate both ports by pressing     .

Communications Settings  
(Continued)












*RS-232 Parity*

The RS-232 communications port of the EPM1000 has three possible settings for the parity bit: even, odd, or none.

To set the parity, press   and then  or  until the LCD reads . Then press  . The current parity setting will be indicated by the alphanumeric display. Odd, even, and no parity appear as PE, PE, and PN, respectively. Use the  and  keys to select the desired parity and press  to complete the action.

*RS-232 Stop Bits*

The RS-232 data stream from the EPM1000 can be set to contain one or two stop bits.

Set the number of stop bits by pressing   and then  or  until the LCD reads . Then press   . The LCD indicates the current number of stop bits. For example, one stop bit is indicated as 158. Use the  and  keys to select the desired number of stop bits and press  to complete the action.

## **ANEXO B**



## 5-5. Setting up the RS-232 Host Port for Remote Control

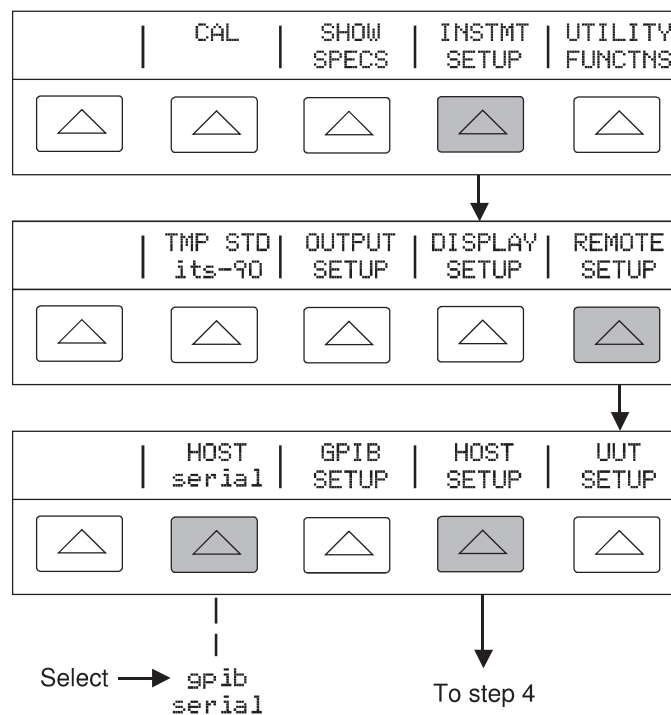
The 5500A Calibrator is fully programmable over an RS-232 link with a PC the rear panel SERIAL 1 FROM HOST port (Figure 5-2). You can enter individual commands from a terminal, write your own programs using, for example, a Windows-based language such as Visual Basic, or run optional Windows-based Fluke software such as 5500/CAL or MET/CAL.

The RS-232 cable length for the port should not exceed 15 meters (50 feet), although longer cable lengths are permitted if the load capacitance measured at a connection point (including signal terminator) does not exceed 2500 pF.

### 5-6. RS-232 Host Port Setup Procedure

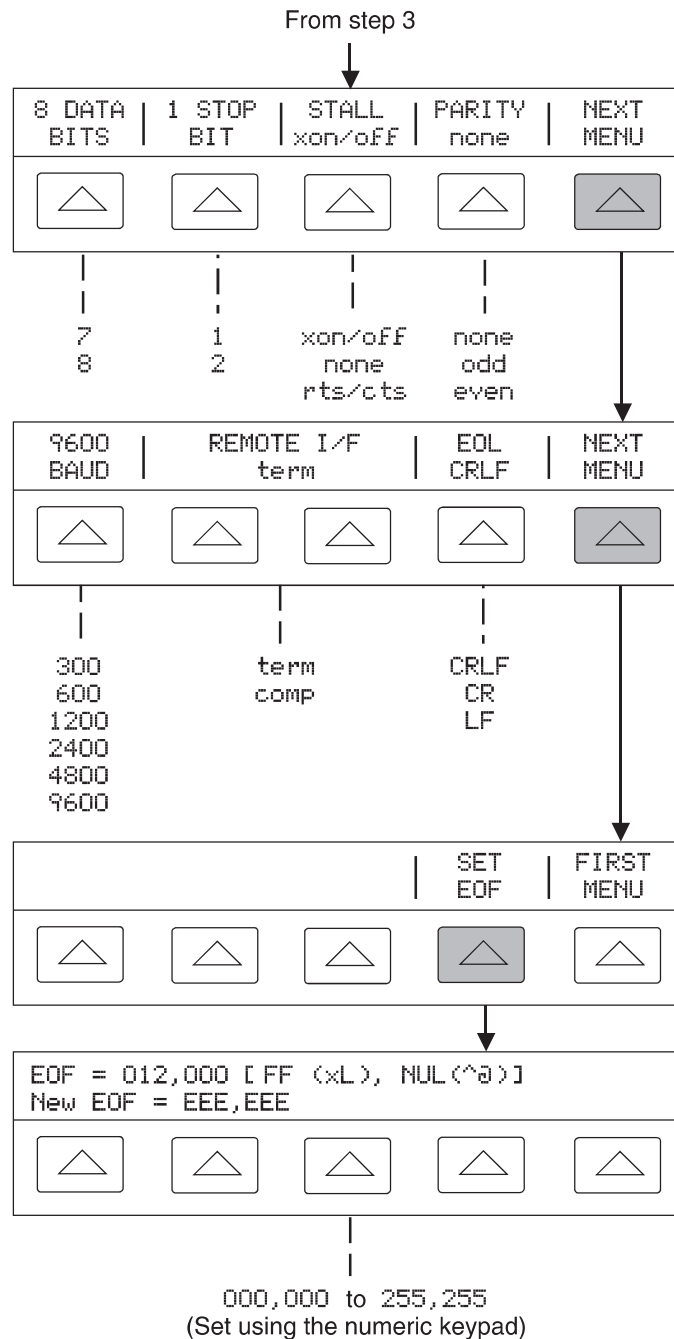
Complete the following procedure to set up the SERIAL 1 FROM HOST port. The RS-232 parameters you select here must match the parameters set for the PC COM port. The factory defaults (shown below in **bold**) are 9600 baud, 8 data bits, 1 stop bit, and no parity. Other parameters include flow control, EOL (end-of-line) character, and EOF (end-of-file) characters.

1. Turn the 5500A Calibrator power on. You may operate the calibrator during warmup, but specifications are not guaranteed until warmup is complete.
2. Press the **SETUP** key on the 5500A Calibrator front panel.
3. Negotiate the softkey selections shown below to select the serial port for remote operation, then continue to Step 4.



gl43f.eps

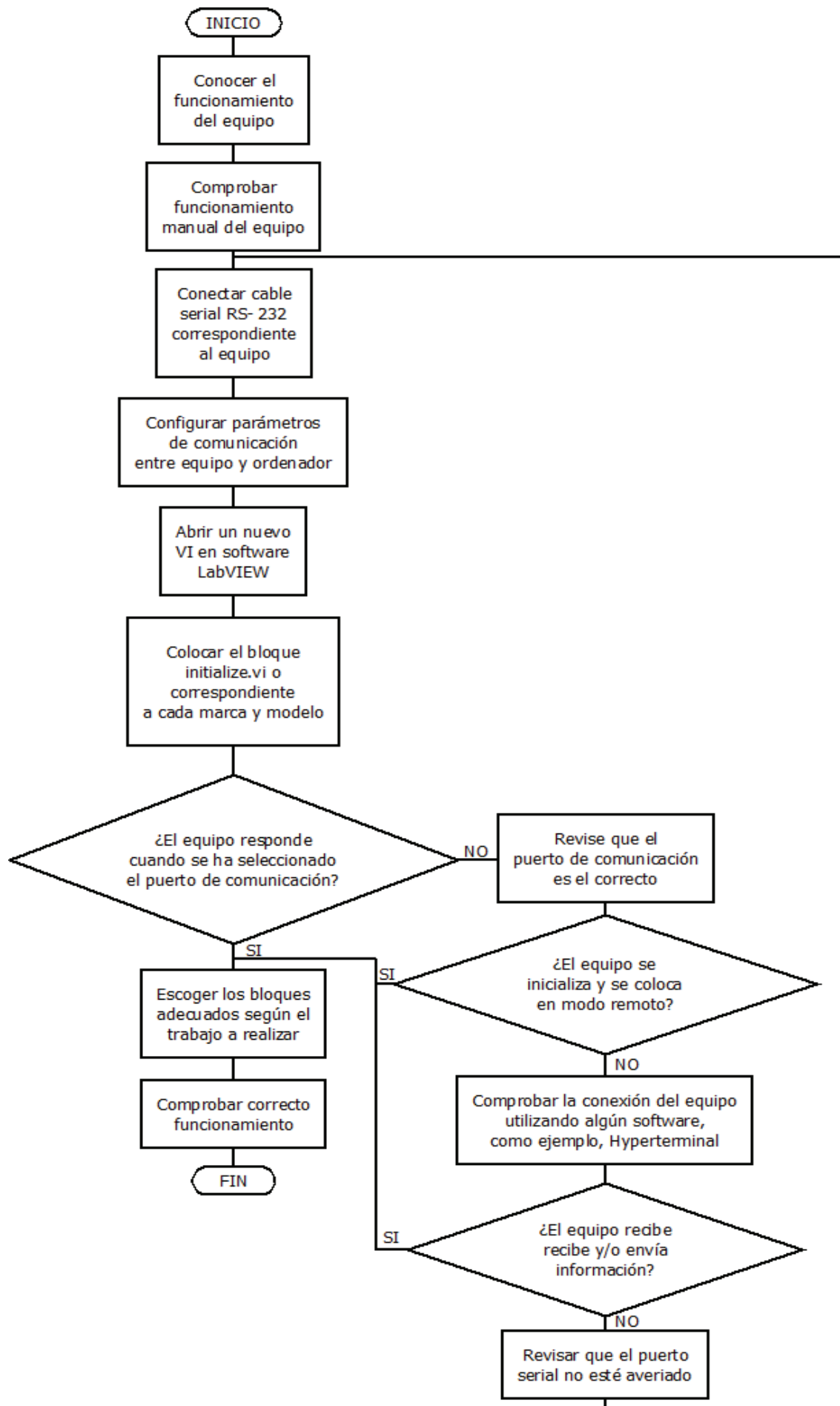
4. Negotiate the softkey selections shown below to select the HOST serial port parameters to match the PC COM parameters. (Individual softkey functions are discussed in Chapter 3, "Features.") If operating the port with a computer program instead of individual commands from a terminal, select Remote I/F **comp**.



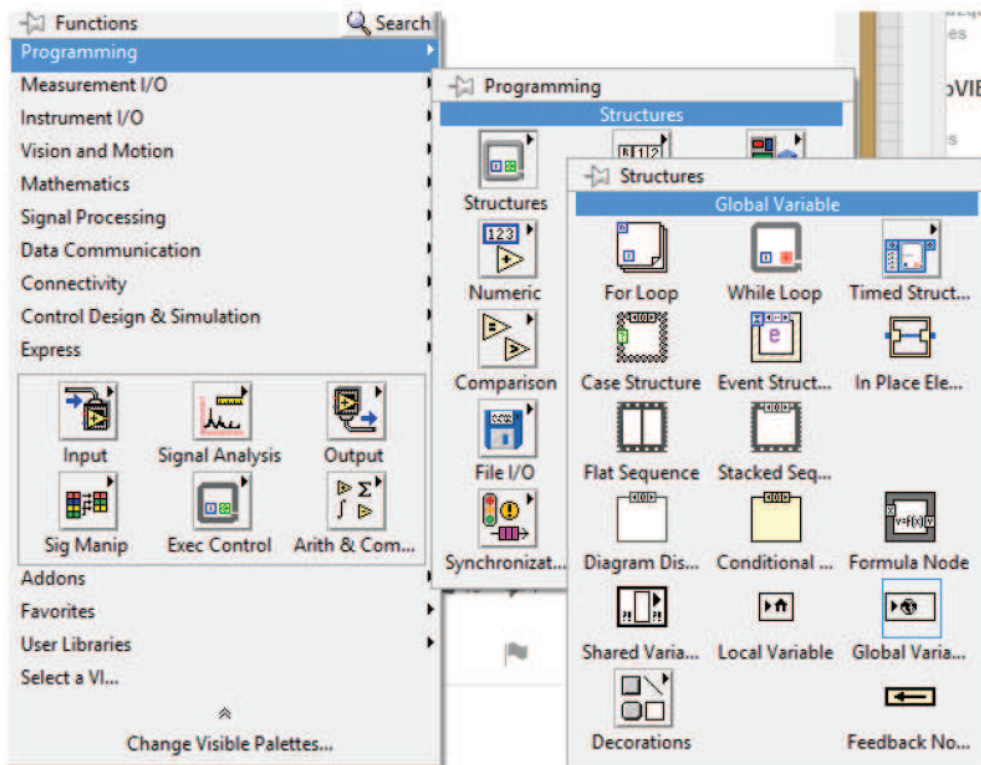
gl44f.eps

5. Press **PREV MENU** (not **ENTER**) several times until the message STORE CHANGES/DISCARD CHANGES appears or, if there were no changes, the reset display. If you select STORE CHANGES, the serial and host port setting are saved in the instrument non-volatile memory.

## **ANEXO C**



1. Abrir el panel frontal de la aplicación desarrollada para la fuente de voltaje/corriente.
2. Colocar una variable global en el diagrama de bloques correspondiente al mismo programa, como se muestra en la figura.



#### Dirección de la variable global

3. Una vez colocada la variable global en el diagrama de bloques, se debe dar doble click con lo que aparecerá un nuevo panel frontal en el que se coloca el controlador numérico, tipo de dato conveniente a enviar, según el funcionamiento. Se guarda este VI con un nombre en la dirección deseada.
4. En el VI que se desea obtener el valor, hay que dirigirse a su diagrama de bloques, dar click derecho y seleccionar la opción "Select a VI" y escoger el que se acaba de crear.

5. Aparece nuevamente el ícono de la variable global, en modo de escritura generalmente, pero como se necesita leer la información, se da click derecho sobre el ícono de la variable y se cambia a modo de lectura en la opción "Change to read".

6. Con estos pasos ya se obtienen los datos que vienen del otro VI, en éste caso, de la fuente programable.

### 1. Inicializador

El inicializador de la Keithley 2400, con su traducción en inglés “Initialize.vi” establece la comunicación con el instrumento y si se desea se puede obtener la identificación del mismo o resetearlo, lo coloca también en las condiciones iniciales de fábrica para la operación con los demás drivers del producto. Se lo debe utilizar al principio de la programación (Figura 1).



Figura 1 Initialize.vi

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

### 2. Configuración de medida

La configuración de medida de la Keithley 2400, con su traducción en inglés “Configure Measurement.vi” configura el tipo de medición, la resolución y el rango con la que el instrumento trabaja (Figura 2).



Figura 2 Configure Measurement.vi

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

### 3. Configuración de salida

La configuración de salida de la Keithley 2400, con su traducción en inglés “Configure Output.vi” configura los términos en los que se encuentra la salida, ya sea de voltaje, corriente o amplitud (Figura 3).



Figura 3 Configure Output.vi

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

#### 4. Habilitador de salida

El habilitador de salida de la Keithley 2400, con su traducción en inglés “Enable Output.vi” habilita la salida de la fuente para asignar al dispositivo un voltaje o corriente. La salida debe estar habilitada para hacer mediciones independientemente de la configuración que se le haya asignado, y cuando se haya terminado se la debe deshabilitar (Figura 4).



Figura 4 Enable Output.vi

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

#### 5. Lectura

La lectura de la Keithley 2400, con su traducción en inglés “Read.vi” lee y retorna las medidas del instrumento que se le hayan solicitado (Figura 5).



Figura 5 Read.vi

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

#### 6. Cierre de conexión

El cierre de conexión de la Keithley 2400, con su traducción en inglés “Close.vi” cierra la conexión existente entre el equipo y el software (Figura 6).



Figura 6 Close.vi

Fuente: Elaborada por el autor de la investigación

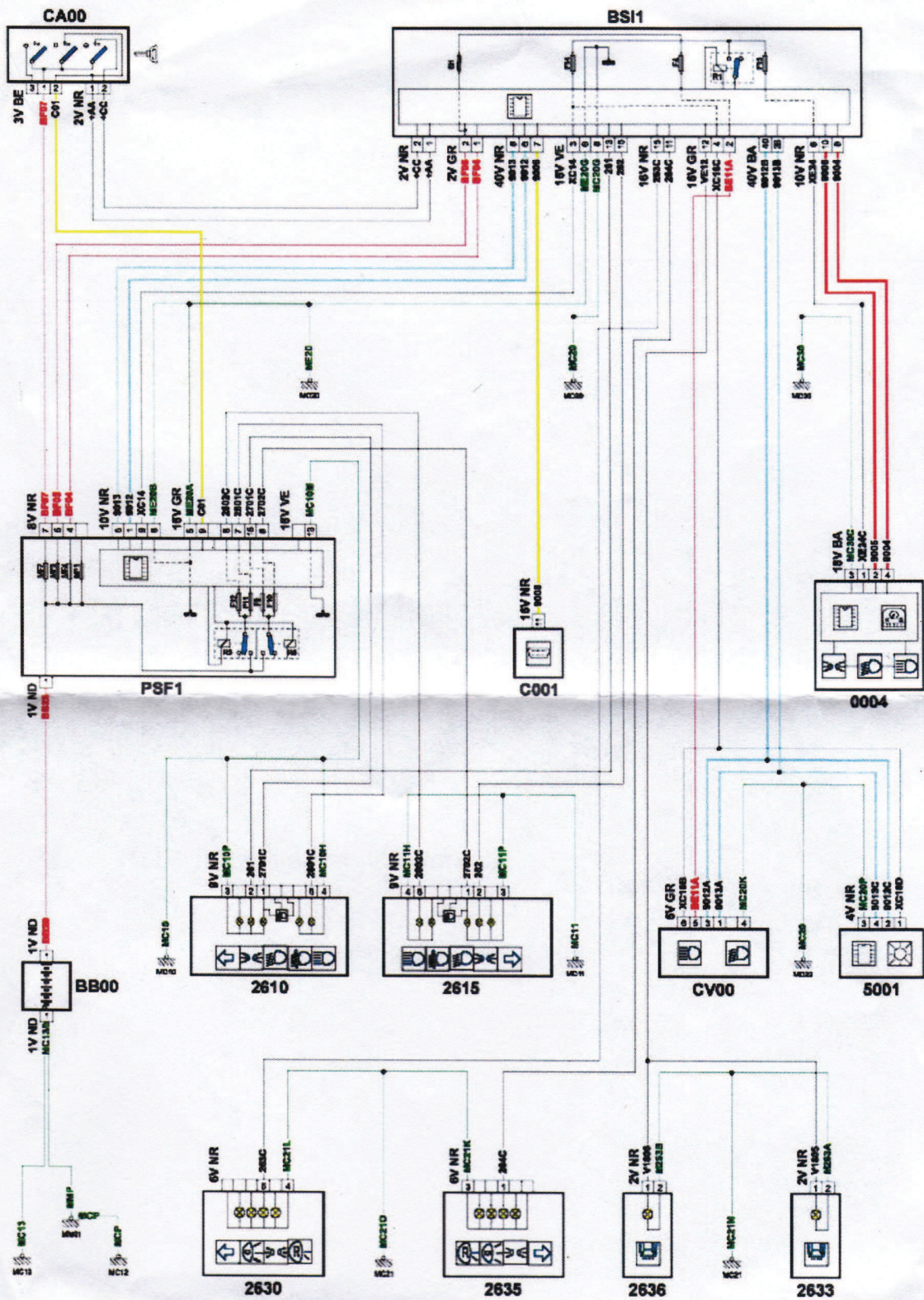




## **ANEXO D**

vehículo : 206+ (T3E)	número de VIN : VF32MKFT0CY002348 / OPR : 12761		
dominio	alumbrado - señalización	función	luces de cruce / luces de carretera
componente :			

principio



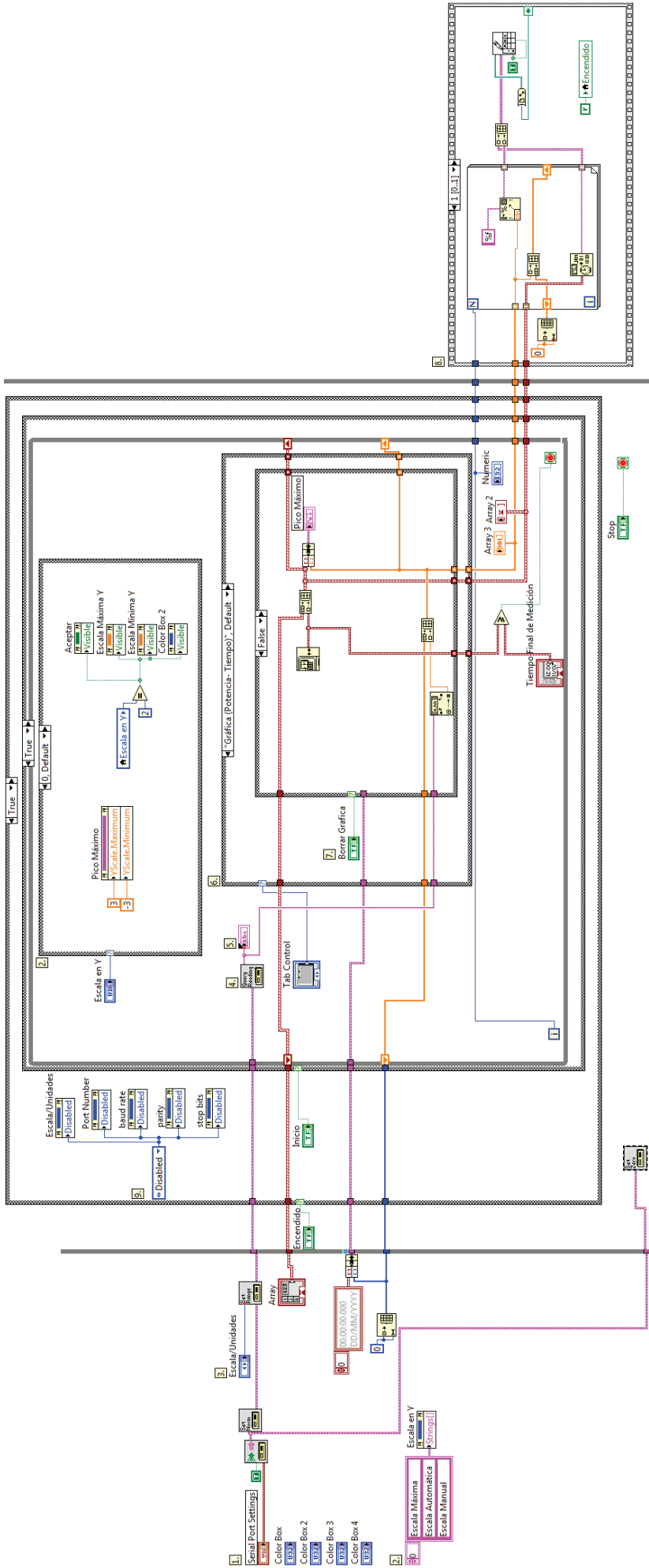
D3CZ4U8R

Automóviles Peugeot RC PARÍS B 552 144 503 Queda prohibida cualquier reproducción de esta información, incluso parcial, que el fabricante no haya autorizado por escrito

26/07/2013

## **ANEXO E**

# Diagrama de Bloques (Moletron EPM1000)



# Panel Frontal(Molelectron EPM1000)

### Configuración Comunicación Serial

Numero de Puerto: COM4

Numero de baudios: 38400

Paridad: no

Bit de parada: 1 bit


### Configuración de luminiscencia para Molelectron EPM1000

Escala/Unidades: 3 W

Encender

### Salida

Exportar datos

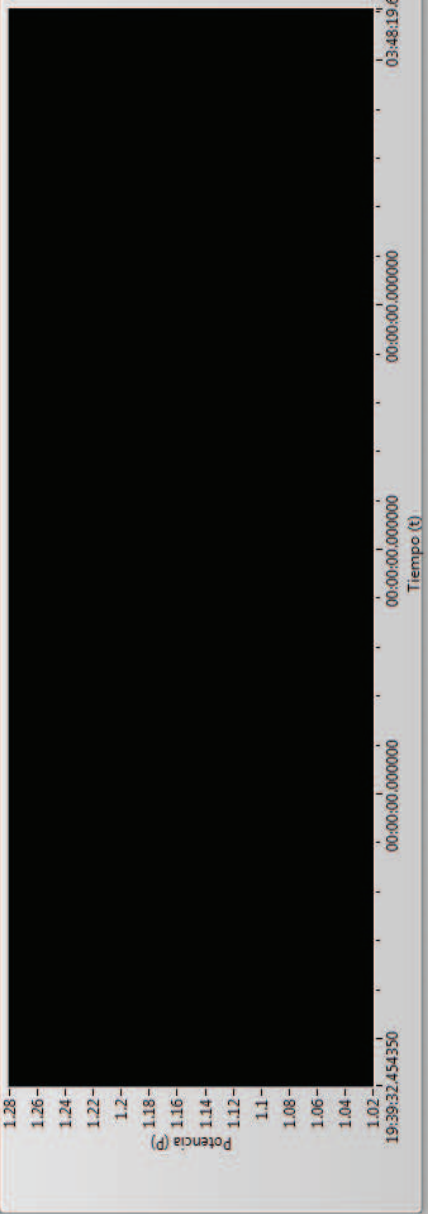


# 0.00 W

Gráfica (Potencia- Tiempo) | Gráfica (Potencia- Voltaje) | Gráfica (Potencia- Corriente)

### Gráfica Potencia Vs. Tiempo

P / t



Potencia (P)

1.28  
1.26  
1.24  
1.22  
1.2  
1.18  
1.16  
1.14  
1.12  
1.1  
1.08  
1.06  
1.04  
1.02

19:39:32.454350

00:00:00.000000

00:00:00.000000

03:48:19.6t

Tiempo (t)

Tiempo Final de Medición: 00:00:00 DD/MM/YYYY

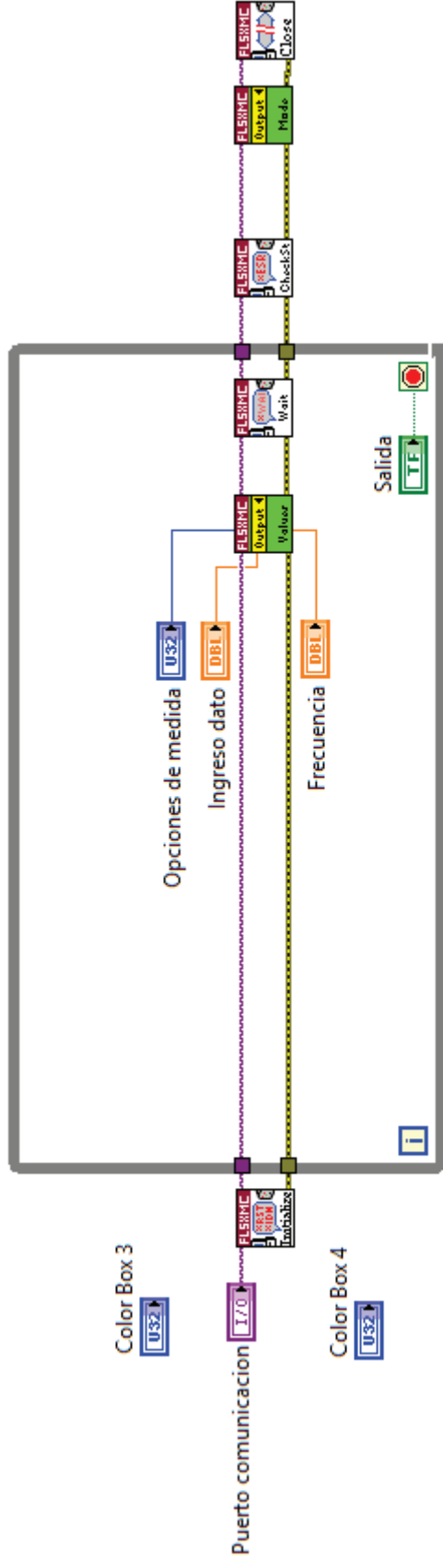
Inicio

Escala en Y: Escala Máxima

Borrar Gráfica

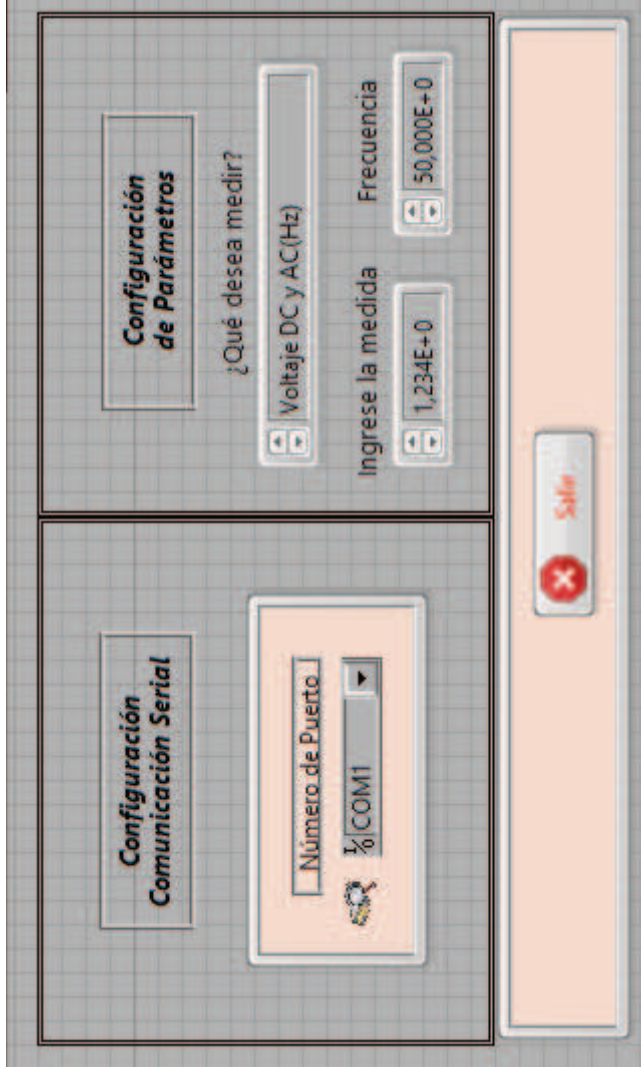
## **ANEXO F**

# Diagrama de Bloques (Fluke 5500A)





## Panel Frontal (Fluke 5500A)



## ACTA DE ENTREGA

El proyecto fue entregado al Departamento de Eléctrica y Electrónica y reposa en la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE desde:

Sangolqui, 11 DE MARZO del 2014

ELABORADO POR:



TATIANA CRISTINA CARVAJAL RAMOS

010475963 - 9

AUTORIDAD



Ing. Luis Orozco MSc.



DIRECTOR DE LA CARRERA DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA,  
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL