

# Sistema de Control mediante LabVIEW para analizar la Contaminación Lumínica Automotriz

Tatiana Carvajal, Diego Benítez, Yolanda Angulo

**Resumen**—Se ha desarrollado un sistema de control mediante LabView para analizar la contaminación lumínica automotriz en el medio ambiente. Algunos de los fenómenos analizados son: la irradiancia, espectros de emisión y potencia óptica. Los focos analizados fueron de tipo halógeno y LED, el estudio se llevó a cabo mediante un circuito electrónico similar al control de luces que poseen los carros. Los resultados obtenidos a través de la plataforma LabView indicaron que los focos halógenos de marca alemana, que son los más vendidos en el territorio ecuatoriano, no poseen una irradiación nociva como es en el caso de los LEDs, incluso así, tienen potencias exageradamente altas ocasionando deslumbramientos en la noche. Por su parte, los LEDs han demostrado tener una potencia baja, pero una alta intensidad de luz en las longitudes de onda de 430nm o 450nm, en los LEDs blanco y azul, respectivamente; siendo estas longitudes de onda las causantes de varios daños al sistema ecológico y a la salud cuando el sujeto es expuesto a largos periodos de tiempo.

**Términos**—Contaminación lumínica automotriz, LabVIEW, LEDs, lámparas halógenas, deslumbramiento.

## I. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador, el artículo 165 de la ley de tránsito 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” [1].

Debido a que no se cumple estrictamente con la ley, y en algunos casos se utiliza incluso luces de adorno en el día y dentro de los vehículos; la contaminación lumínica automotriz es un problema, al cual, nos enfrentamos diariamente debido a la producción y utilización masiva de diversos dispositivos que solucionan la falta de luminosidad, lo que genera innecesarios deslumbramientos e intrusiones lumínicas, dentro y fuera del automotor, producido por el exceso de luz. [2,3]. La contaminación lumínica automotriz, puede tener efectos dañinos en la salud, tanto de los seres humanos, como de la flora y la fauna [4]. Debido a que los automóviles se desplazan en distintas zonas para movilizar a las personas, su daño a las mismas es más evidente, porque en donde todavía era posible la visión escotópica, éstos iluminan la vía causando deslumbramiento a otros conductores que vienen en sentido contrario, a animales acostumbrados a los ciclos estacionales y a la flora con sus procesos durante la noche, tales como fotosíntesis, transpiración, respiración, y digestión [5].

El riesgo para los seres humanos con diferentes tipos de radiación en la región de la visible, ha sido estudiado por epidemiólogos, afirmando que, el ser humano puede tener daño causado por fotones de luz compuestos de longitudes de onda entre 390-550[nm], mismos que llegan al tejido de la retina provocando daños fotomecánicos (efectos de choque de las ondas luminosas), fototérmicos (calor local producido por las ondas) y fotoquímicas (cambios en las macromoléculas) [6, 7].

La luz azul es la que mayor problema presenta, ya que dentro de los daños que causa, se menciona 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.

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 [8].

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. [9]

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 provocando desde depresión hasta enfermedades cardiovasculares. "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 por un medio electrónico publicado en la Pesquisa SciELO.

Si bien los dispositivos que producen 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 al medio ambiente como: insectos, alteración biorrítmica de las personas, e invasión a la región del espectro que corresponde a la

sensibilidad de la visión escotópica (Permite observar el cielo oscuro, lejos de las áreas iluminadas) [10].

En este proyecto se implementó un sistema de control para fuentes de tensión y detectores ópticos mediante programación gráfica en la plataforma LabVIEW, para analizar la contaminación lumínica automotriz y sus efectos en el medio ambiente; su análisis principalmente está enfocado a lámparas de tipo halógenas (H4) y LEDs (blanca y azul).

## II. TEORÍA RELACIONADA

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 [11], ocasionando dispersión de luz en el cielo, intrusión lumínica, deslumbramiento, interacción de la radiación UV de fuentes artificiales y sobre consumo de electricidad. En el caso de la regulación de la contaminación lumínica en el área automotriz, el efecto que mayor se difunde en nuestro medio ambiente por causa de estos sistemas de luz automotriz, es el deslumbramiento y la intrusión lumínica. 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 [12]. La intrusión lumínica es otro de los fenómenos que contribuye a esta contaminación, ésta se produce cuando la luz del alumbrado público ingresa por las ventanas de los vehículos, produciendo una iluminación exagerada e innecesaria.

La curva de distribución de iluminación dependerá de qué tipo de faro se le haya colocado al vehículo, pero con esto se contribuye a una mayor contaminación lumínica automotriz según los estudios de irradiancia y espectros de emisión realizados en laboratorio [13].

## III. HERRAMIENTAS DE USO

Las herramientas utilizadas para el desarrollo del proyecto, hacen viable un control de adquisición de datos, para los equipos que posibilitan el primer análisis de la contaminación lumínica automotriz.

### A. LabVIEW

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

El programador debe tener presente las características de los algoritmos conservando finitud, definibilidad (realizar acciones paso a paso y sin ambigüedad en la programación), generalidad (agrupar todos los problemas según su tipo para una mayor facilidad de resolución), y efectividad para que el 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. [14]

### B. Circuito Eléctrico

Bajo los principios mencionados anteriormente, se analizaron los focos disponibles comercialmente en el mercado ecuatoriano, los cuales se utilizarán para la realización de las primeras pruebas, y que posteriormente ayudarán a obtener la información necesaria para realizar un análisis de su nivel de contaminación lumínica.

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. [15]

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 marca GW Instek, misma que suministró 12[V], con valores de corrientes adecuadas para cada foco, en el caso de las H4 se trabajó con aproximadamente 8[A] y para los LEDs con corrientes de <1[A] [17]. En la Figura 1 se muestra el diseño de la placa utilizada en este experimento.

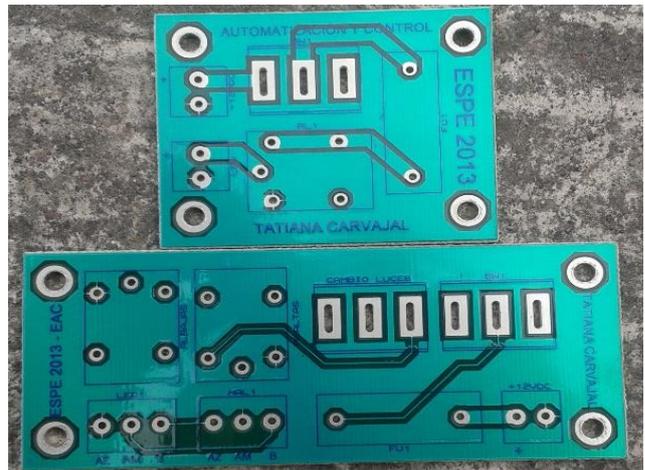


Fig. 1. Diseño de placas PCB para el encendido de luces delanteras altas y bajas de los vehículos.

### C. Equipo Programable

El medidor de potencia óptica utilizado para el desarrollo del proyecto, pertenece a la marca Molectron, el modelo EMP 1000; este es un medidor de energía AC (corriente alterna) que actualmente pertenece a Coherent Inc.

Trabaja en conjunto con el sensor de prueba de la misma marca, modelo PM3 serie 0453K99 [16, 17].

El programa desarrollado en la plataforma LabView, permite la adquisición de datos de la potencia óptica en función de la corriente eléctrica suministrada a los focos. El programa controla la adquisición de datos de la tensión, simultáneamente adquiere información de la corriente y la potencia y lo almacena en archivos en formato .txt.

La pantalla HMI de la programación del equipo se observa en la imagen a continuación, Fig. 2.

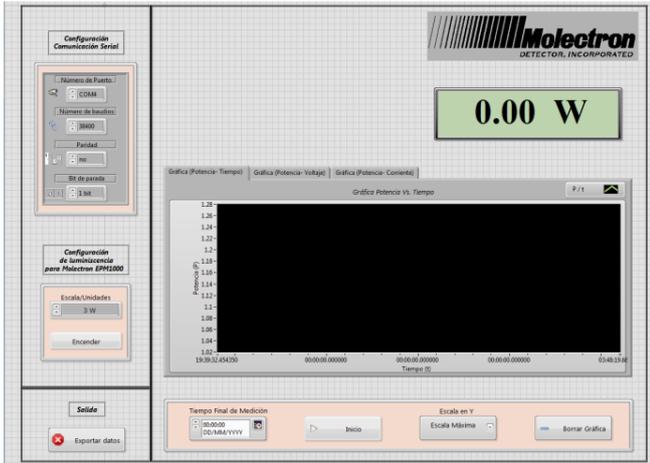


Fig. 2. Diseño de pantalla HMI para el control del medidor de potencia óptica, Moletron EPM 1000.

#### IV. RESULTADOS

En la Figura 3 se observa que, todos los focos que son vendidos con potencia eléctrica de 60/55[W], se alimentan con corrientes de 4 y 5[A], en cambio, los de 100/90[W] como el chino y el japonés, alcanzan corrientes entre 5 y 6[A], pero el alemán se alimenta con corriente de 6.53[A].

##### A. Halógeno H4

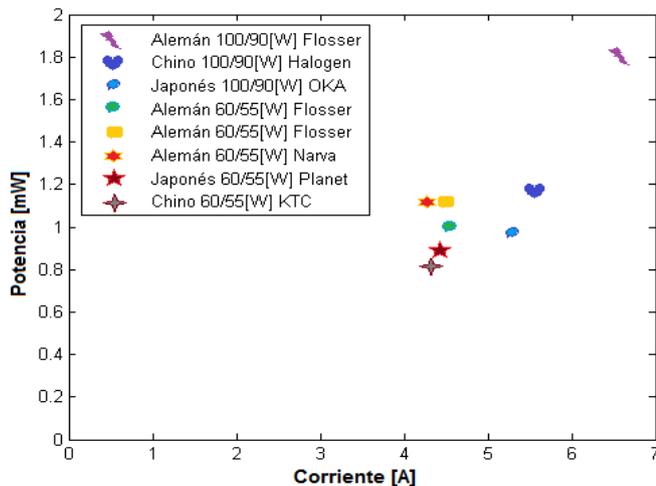


Fig. 3. Curvas de potencia óptica en función de la corriente eléctrica de las lámparas Halógenas H4.

En la Tabla 1 se puede observar que los datos de potencia registrada en la caja de los focos, no es el registrado experimentalmente.

Datos	Lámparas Halógenas H4					
	Alemán [W]		Japón [W]		Chino[W]	
Teórico	60/50	90/100	60/55	90/100	60/55	90/100
Experimental	48/60	78	48/60	60/72	48/60	60/72

Tabla 1. Datos

Analizando se puede observar que los focos con potencias teóricas entre 90/100W el foco alemán es el más cercano en valor teórico con un margen de error de 27.57%. Por otro lado, los únicos que están en el rango al que ofertan los vendedores, son los todos los focos de baja potencia.

En la Figura 4, se tiene una comparación de los focos alemanes del mismo fabricante (Flosser) pero con diferente potencia eléctrica. A pesar de haber suministrado el mismo voltaje (12V), se observa una diferencia en la intensidad en los espectros de emisión, pero se registra la misma convolución del espectro en todas las lámparas. El foco flosser (100W/90W), se puede observar un ligero incremento de intensidad entre los rangos de 480nm-580nm con respecto al resto de focos, cuando este es sometido a corrientes altas.

Otra descripción interesante es que, como se observa en la leyenda, el espectro con mayor irradiancia corresponde a las luces bajas de alta potencia eléctrica, lo que indica que, haciendo referencia a la corriente, parámetro analizado en la Figura 3, 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, y con la diferencia de flujo radiante que se observa entre luces altas y bajas.

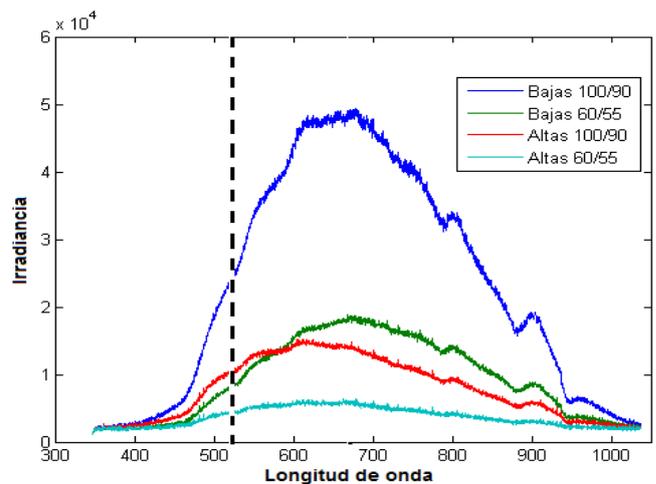


Fig. 4. Espectros de emisión de las lámparas halógenas de alta y baja potencia eléctrica de procedencia alemana.

En la Figura 5 se tiene una comparación de los focos alemanes de diferente fabricante (Flosser y Narva) pero con igual potencia eléctrica. Se aplicó la misma diferencia de potencial (12V) y se observó que las lámparas de un mismo fabricante tienen igual convolución de picos, en el caso de los focos flosser se puede observar que a pesar de haber adquirido las lámparas en diferente lugar se mantiene estable tanto en intensidad como en su espectro de emisión y con esto comprueba también la validez y reproducción del experimento desarrollado en este trabajo. Por otro lado, se vuelve a observar el mismo resultado de la Figura 4, que cuando se aplica corrientes altas el espectro de emisión es menor que las son suministradas corrientes bajas.

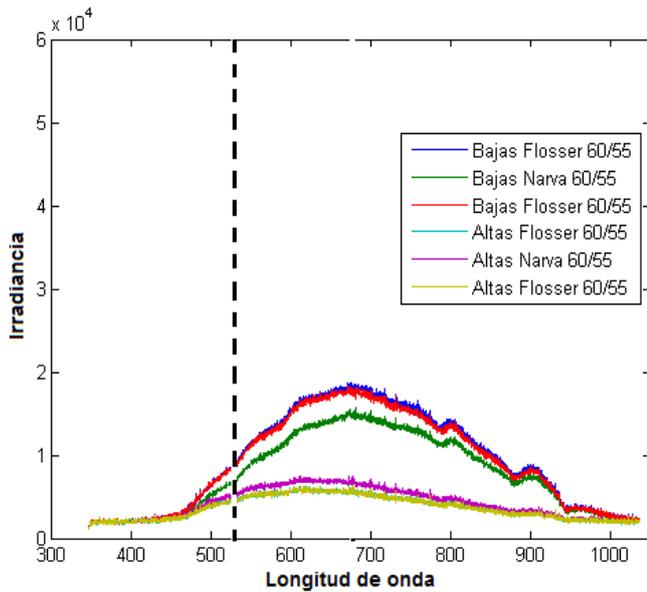


Fig. 5. Relación entre diferentes marcas alemanas.

En la Figura 6 se tiene una comparación de los focos halógenos H4 de diferente procedencia (Alemania, Japón y China) pero con igual potencia eléctrica (90/100W). Se puede observar que ha igual diferencia de potencial, los espectros de emisión de las lámparas de procedencia japonesa y china son iguales pero diferentes con respecto a la lámpara alemana, siendo la alemana la de mayor irradiancia. En el caso de las lámparas de Japón y China se tiene una mayor intensidad entre los 700nm e intensidades menores entre los 500nm a 600nm, esto indica que su emisión prevalece más en la luz roja e infrarroja cercana. En cambio la lámpara alemana tiene emisiones intensas entre los 600nm que es una emisión roja y posee una diferente concentración de gases entre los 500 y 675nm cuando comparamos con las otras lámparas.

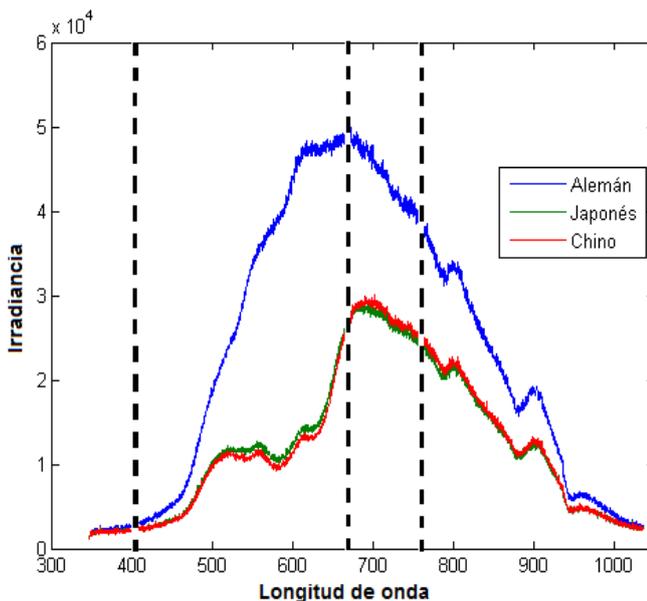


Fig. 6. Comparación entre diferentes procedencias.

La convolución de espectros para las 3 lámparas reproduce el color blanco, pero cabe indicar que no es un blanco puro, ya que tiene un rango de emisión desde los 480nm hasta los 950nm, y por ese motivo la lámpara que afecta más a la visión es el foco alemán debido a su potencia óptica y a su dispersión de luz que es mucho más elevada entre los 420nm hasta los 600nm, con respecto a las otras lámparas, que según estudios con células del ojo, al exponerlas a colores azules, verdes y blancos se produce una disminución de las mismas.

### B. LED

En el caso de los focos LED, se utilizaron diferentes tipos, LED H4, LED de tira y LED tipo uña, cada uno para diferentes usos en los vehículos. Las últimas son utilizadas como adorno tanto externo como interno del automóvil.

Se puede observar en la Figura 7 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.

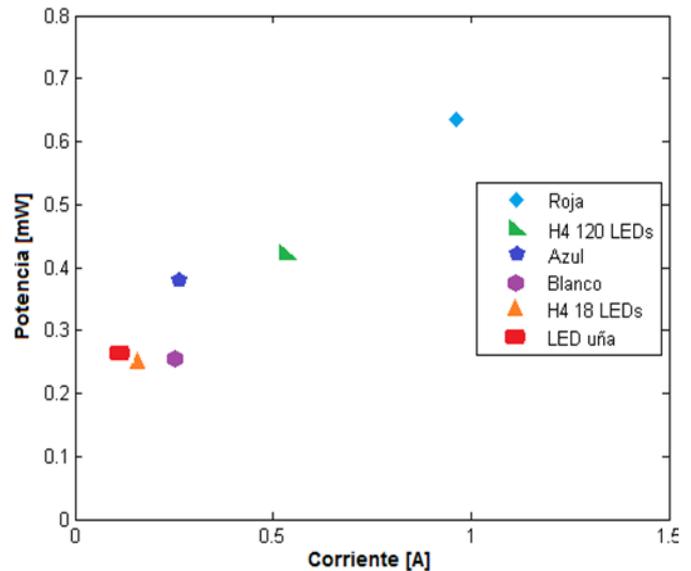


Fig. 7. Curvas de potencia óptica en función de la corriente eléctrica de las lámparas LED.

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, 8 LEDs 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 sustrato, por lo que su luminosidad se satura a altas densidades de corriente. [18]

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.

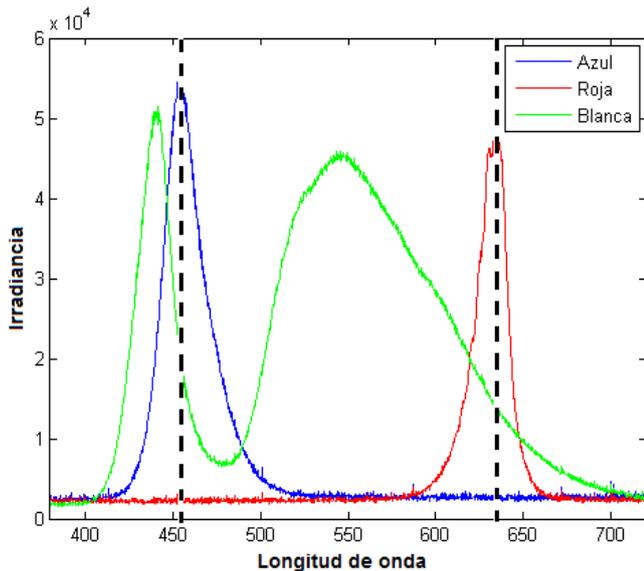


Fig. 8. Espectros de tira LED azul - roja - blanca.

En la Fig. 8 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 LED blanco, por esta razón en la Fig. 7, 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.

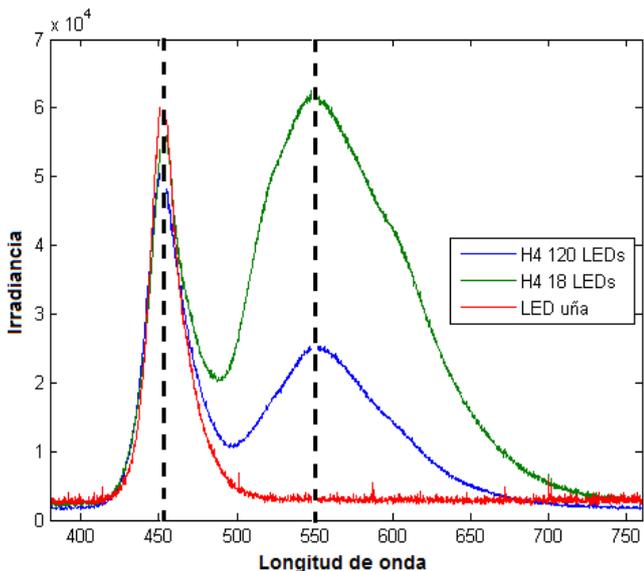


Fig. 9. Espectros de H4 y uña.

Una vez más, se puede observar en la Fig. 9, 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 Fig. 7 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.

## V. CONCLUSIÓN

En el país no existen normas y mecanismos tendientes a regularizar la cantidad de luxes emitida por los vehículos, lo que está ocasionando graves daños al medio ambiente, cuyos efectos causan importantes desequilibrios; por lo que es prioritario crear un sistema de control que permita facilitar al ser humano en la recolección de datos de irradiancia, espectros de emisión y potencia óptica de forma automática y sin perder datos fundamentales que permitirán en un futuro regularizar el tipo de luces y cantidad de luxes utilizadas y emitidas por los vehículos.

Según estudios e investigaciones, se ha diagnosticado que actualmente las luces que portan los vehículos en el país no cumplen con los estándares medios de cuidado al ambiente y a las personas, lo que hace imprescindible que entidades públicas emitan los correspondientes mecanismos y normas destinadas a la regularización de la contaminación lumínica vehicular, así como a la adaptación de nuevos sistemas lumínicos que sean amigables con las nuevas tendencias ambientales.

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.

Sin embargo, 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.

Las pruebas realizadas demuestran que la composición química del foco alemán tiene mayor incidencia en la afectación ambiental y humana, pues, debido a su potencia óptica y a su dispersión de color azul, comprendido entre el rango espectral entre 420nm a 480nm, el rango es más elevado que las composiciones químicas de los focos chinos y japoneses, los cuales poseen un rango espectral más sobresaliente en rojo.

A pesar de que el consumo de corriente de los focos LED es mucho menor que la de los halógenos, son más perjudiciales debido a la cantidad y ubicación del color azul dentro del espectro electromagnético, debido a que, mientras más a la

izquierda inicie su ascenso al pico máximo de amplitud, es más dañino.

#### REFERENCES

- [1] 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)
- [2] López, L. P., & Pérez, S. M. (2008). Neuroanatomía. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- [3] Maestre, D. G. (2007). Ergonomía y psicopsicología. Madrid: FC Editorial.
- [4] Chepesiuk, R. (Septiembre- Octubre de 2010). Extrañando la oscuridad: los efectos de la contaminación lumínica sobre la salud. Cuernavaca, Morelos, México.
- [5] Rich, C., & Longcore, T. (2005). Ecological Consequences of Artificial Night Lighting. Washington, DC: Island Press.
- [6] Wu, J., Seregard, S., & Algreve, P. V. (Septiembre- Octubre de 2006). Survey of Ophthalmology. Photochemical Damage of the Retina. Estocolmo, Suecia: Elsevier.
- [7] 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
- [8] 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.
- [9] Peña, J. M., Lozano, C., & Díaz, F. (2000). Grupo de trabajo 20: Contaminación lumínica. Madrid.
- [10] Dorremochea, C. H. (2010). Hágase la luz, mitos y realidad en la protección del cielo nocturno. Revista Astrónoma N° 129, 34-40.
- [11] Skoog, D. A., Crouch, S. R., & Holler, F. J. (2007). Principles of Instrumental Analysis. New York: Brooks/Cole
- [12] Croft, T., Carr, C. L., & Watt, J. H. (1974). American electrician's handbook. New York: Mc Graw- Hill Book Company.
- [13] Gil, F. J. (2011). Manual del Permiso B. Madrid: Arisoft Editorial SA.
- [14] Lázaro, A. M. (2000). LabVIEW 6i (Programación gráfica para el control de instrumentación). Madrid: Editorial Paraninfo.
- [15] Sánchez, J. G. (2009). Circuitos electrotécnicos básicos: sistemas de carga y arranque : electromecánica de vehículos. Madrid: Editorial Paraninfo.
- [16] 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>
- [17] Coherent, Inc. (1 de December de 2004). Coherent Incorporated. Obtenido de Coherent Web Site: <http://www.coherent.com>
- [18] Martín, J., Soriano, J. S., & Escobar, T. A. (23 de abril de 2007). Infoleds. Obtenido de <http://infoleds.wordpress.com>