

Equipo mitigador de contaminación lumínica y economizador de energía eléctrica de luminarias de alumbrados públicos

Hugo Martínez Darlington – Miguel Tapia Cangana – Marcos Crutchik Norambuena

Depto. Ing. Eléctrica - Universidad de Antofagasta
Av. Universidad de Chile # 02800 - Casilla 170 – Antofagasta - Chile
hmartinez@uantof.cl

Resumen.

En este trabajo se presenta una nueva forma que permite combatir la contaminación lumínica, emitida por las zonas urbanas durante la noche, y consiste en la reducción escalonada programable y controlada de la tensión que alimenta los puntos emisores de luz o luminarias, principalmente, de alumbrados públicos. La reducción de tensión es realizada con un equipo diseñado y construido en el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Antofagasta. La aplicación de este equipo, en sistemas de alumbrado nocturno, además de reducir la intensidad luminosa emitida por las lámparas, permite, entre otros beneficios, el ahorro de energía eléctrica que consumen, reduciendo el costo de explotación de los sistemas de alumbrado y, como consecuencia, prolongar la vida útil de las lámparas controladas. Su montaje se hace a espaldas de los controles de alumbrado público existentes, controlando la misma cantidad de luminarias del equipo de alumbrado.

Abstract.

In this work a new method to allows the combat of light pollution, emitted by urban areas in the night, is presented. The method consists on a flexible and controlled stepped reduction of the voltage that feeds the light emitting points, or lamps, mainly from public illuminations systems. The reduction of voltage equipment was designed, and built, in the Electric Engineering Department of the Antofagasta University. The uses of this equipments in nocturne illumination systems allows not only to reduce the luminous intensity emitted by the lamps, but also, among other benefits, to reduce the consume by saving energy, reducing the exploitation costs, and as a consequence, to prolong the useful life of the controlled lamps. The installation of the equipment is made beyond the traditional boxes existents to controls of public illumination systems, that is, controlling the same number of lamps simultaneously.

Palabras claves.

Contaminación lumínica, alumbrados públicos, lámparas, ahorro de energía eléctrica.

I. Introducción.

Los cielos de las regiones del Norte de Chile cuentan con características privilegiadas que han permitido el desarrollo y ejecución de proyectos astronómicos de importancia, tales como: La Silla, en la región de Coquimbo; Paranal, de la European Southern Observatory, en la Región de Antofagasta; entre otros. Sin embargo existen factores artificiales que impiden el desempeño normal de estos proyectos astronómicos, uno de éstos es el denominado "Contaminación Lumínica" que consiste en la emisión a la atmósfera de la luz enviada hacia el cielo por las ciudades y Plantas industriales, cercanas a los observatorios.

El efecto de la contaminación de los cielos, en contra del desempeño de los observatorios astronómicos, consiste en una reducción de la capacidad de los telescopios de percibir la luz proveniente de los astros lejanos, lo que se convierte, indirectamente, en una pérdida económica, debido a que un telescopio de grandes dimensiones, en presencia de un cielo contaminado, tiene la misma capacidad de observación que uno de menores dimensiones en un cielo limpio, siendo este último menos costoso [1].

Ante esto el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Antofagasta ha desarrollado un equipo prototipo mitigador de contaminación lumínica, E.M.C.L., que reduce la contaminación de este tipo y, como consecuencia permite que las luminarias, que se controlan, economicen energía eléctrica, a través de un menor consumo.

II. Legislación vigente.

El crecimiento y desarrollo natural que experimentan las ciudades, cercanas a los observatorios astronómicos, está desmejorando la característica principal y mas ventajosa de los cielos del Norte de Chile. Ante esto existe, desde 1998, una norma que regula la contaminación lumínica emitida por las ciudades y por la actividad minera e industrial en las zonas donde se encuentran los observatorios astronómicos. Esta norma de emisión, para la regulación de la contaminación lumínica, es el Decreto Supremo N° 686 del 7 de diciembre de 1998 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, publicado

en el diario oficial de Chile el 02 de Agosto de 1999 [1], que tiene por objetivo prevenir la contaminación lumínica emitida, en las noches, en las regiones II, III y IV, de Chile, de manera de proteger la calidad astronómica de los cielos, en dichas regiones, del Norte de Chile, mediante la regulación de la emisión lumínica contaminante.

III. Acciones propuestas.

Existen formas de combatir y evitar la emisión de contaminación luminosa, entre ellas se destacan: el reemplazo de las luminarias actuales por otros que concentran y direccionan de mejor manera el flujo luminoso (certificadas), la utilización de lámparas de vapor de sodio de baja, preferente, y alta presión debido a su mayor eficacia luminosa y mínima emisión de colores dentro del espectro visible, y a la reducción del suministro de energía eléctrica destinada a las luminarias, entre otras medidas [2].

IV. Equipo desarrollado.

El Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Antofagasta ha desarrollado un equipo, prototipo, que por medio de la reducción escalonada y controlada de la tensión, que alimenta a las luminarias, permite mitigar la intensidad lumínica, reduciendo, por ende, la contaminación lumínica y, como consecuencia, permite economizar, además, el consumo de energía eléctrica de ellas.

El montaje del E.M.C.L, en un sistema de alumbrado, no incurre en mayor complejidad, ya que interviene sólo en el punto de alimentación del circuito de alumbrado, permitiendo controlar la emisión lumínica de la totalidad de las luminarias, sin tener que intervenir en cada una de ellas.

En la figura 1 se presenta, de forma esquemática, el diagrama de bloques del funcionamiento del E.M.C.L. y economizador de energía eléctrica.

V. Funcionamiento del E.M.C.L.

El E.M.C.L. permite reducir la intensidad lumínica de las luminarias que se controlan, por lo que disminuye el flujo luminoso de ellas. Lo realiza bajando de manera escalonada y controlada la tensión que alimenta, eléctricamente las lámparas, mediante los tres modos de trabajo siguientes:

- Modo de trabajo Normal.
- Modo de trabajo Transición.
- Modo de trabajo Economizador.

Estos tres modos de trabajo ocurren durante el periodo de tiempo de alumbrado nocturno, siendo

los detalles de funcionamiento, de cada uno de ellos, los siguientes:

- Modo de trabajo Normal: Durante las primeras horas de la noche, en las cuales se necesita iluminar vías públicas transitadas, no se realiza reducción del flujo luminoso de las luminarias, éstas funcionan con tensión de servicio o nominal.
- Modo de trabajo Transición: Luego de cierto tiempo, establecido en la programación horaria, trabajando en modo normal, comienza una etapa gradual de reducción del flujo emitido en cada una de las lámparas, a través de una reducción, preestablecida, de tensión.
- Modo de trabajo Economizador: Luego de concluida la etapa de transición, se logra la máxima reducción del flujo luminoso, en cada una de las luminarias que se controlan, siendo también la etapa en la cual se logra el máximo ahorro de energía eléctrica.

Los tiempos de operación, en los modos de trabajo Normal y de Transición, son ajustables, minutos u horas, de acuerdo con la necesidad que se requiera, pero, en todo caso, sin infringir la legislación normativa de iluminación [3, 4, 5] que se aplique al lugar dispuesto a controlar.

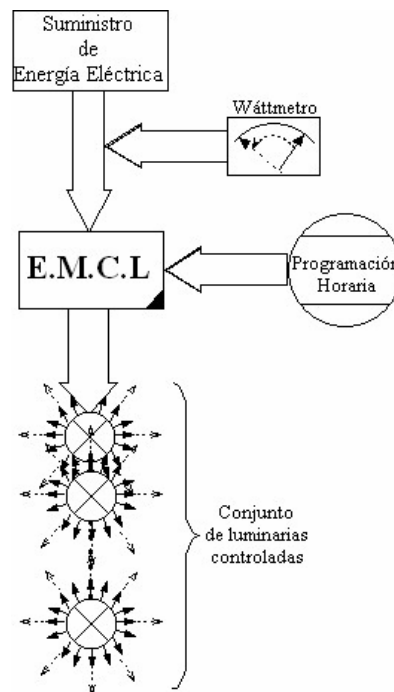


Fig. 1. Esquema de diagrama de bloques del E.M.C.L.

VI. Resultados de experiencias E.M.C.L.

La reducción del flujo luminoso, que es emitido por las luminarias, en las vías públicas o privadas que, generalmente, están compuestas por lámparas de

descarga, sodio de baja y alta presión, se logra reduciendo, de manera escalonada y controlada el nivel de tensión que es aplicado al conjunto de luminarias, que se quieren controlar.

En la figura 2 se presenta un registro de tensión, donde se puede ver la reducción de ésta de forma escalonada y controlada, de acuerdo con el gradiente que no apague la luminaria.

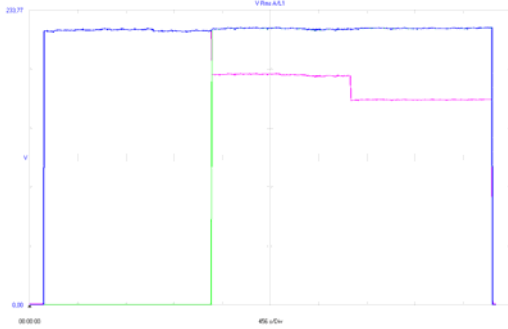


Fig. 2: Registro de tensión, en la entrada y salida del E.M.C.L., en los tres modos de trabajo

En la Tabla 1 se presentan los porcentajes de reducción de tensiones, en la salida del E.M.C.L., respecto de la tensión de inicio nominal o de modo de trabajo normal.

Tabla 1: Porcentajes de reducción de tensiones en la salida del E.M.C.L.

Modo de trabajo normal (%)	Modo de trabajo transición (%)	Modo de trabajo economizador (%)
100,00	86,36	77,31

En la figura 3 se puede ver el registro de la intensidad de corriente, en la entrada y salida del E.M.C.L., producto de la reducción escalonada y controlada de tensión, correspondiente a la figura 2, en la salida del equipo.

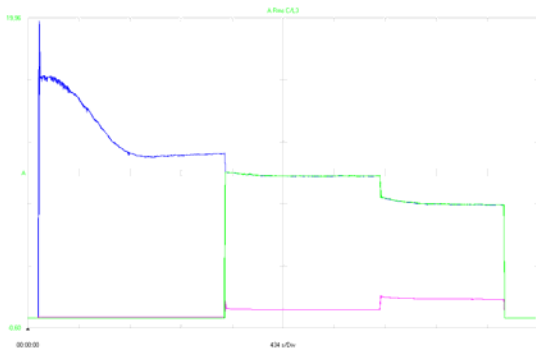


Fig. 3: Registros de intensidad de corriente, en la entrada y salida del E.M.C.L., en los tres modos de trabajo

En la tabla 2, a modo de porcentaje, se muestra el porcentaje de disminución de la intensidad de

corriente, en la entrada del E.M.C.L., en los tres modos de trabajo.

Tabla 2. Porcentajes de reducción de intensidad de corriente en la entrada del E.M.C.L.

Modo de trabajo Normal (%)	Modo Transición (%)	Modo Economizador (%)
100	81,68	72,16

En la figura 4 se puede ver, como consecuencia de la disminución escalonada y controlada de la tensión de alimentación a las luminarias, un registro de potencia activa, en la entrada y salida del E.M.C.L.

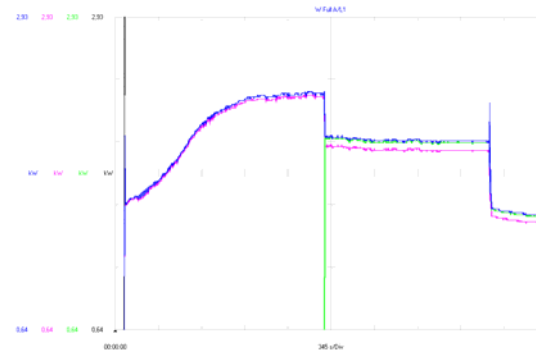


Fig. 4. Registros de potencia activa en entrada y salida del E.M.C.L., en los tres modos de trabajo

En la tabla 3 se presenta, en términos de porcentaje, en la entrada del E.M.C.L., la reducción de la potencia activa, por efecto de la reducción escalonada y controlada de la tensión que alimenta las luminarias controladas.

Tabla 3. Porcentajes de reducción de potencia activa en la entrada del E.M.C.L.

Modo de trabajo normal (%)	Modo de trabajo transición (%)	Modo de trabajo economizador (%)
100	76,58	62,54

De la Tabla 3, se puede decir que, luego del proceso de la reducción escalonada y controlada de tensión, la potencia activa consumida por el sistema de alumbrado se reduce en un 37,5%, aproximadamente, pudiendo llegar a ser menos si controladamente se reduce más la tensión que alimenta al sistema de alumbrado.

En la Tabla 4, para los tres modos de trabajo, se presentan las mediciones de intensidad luminica, en lux y porcentaje, con el luxómetro puesto en lugar fijo, a 0,6 m del suelo, debajo de una de las luminarias que se controlan, aproximadamente.

Tabla 4. Mediciones de intensidad lumínica.

Modo de trabajo	Intensidad lumínica (lux)	Intensidad lumínica, respecto del modo normal (%)
Normal	20,5	100
Transición	15	73,2
Economizador	11	53,6

Es importante hacer saber que, si bien, en el modo economizador, el luxómetro mide un 50%, aproximadamente, de la intensidad lumínica, respecto del modo normal, con tensión nominal, 220 V, el ojo del ser humano no advierte, una sensación proporcional, ya que éste no tiene la capacidad de distinguir los distintos colores del espectro visible [3]. Es decir el sitio iluminado no queda en penumbras.

VII. Conclusiones

- Se ha logrado desarrollar una nueva técnica de solución al problema de la contaminación lumínica, pudiéndose aplicar no sólo en los lugares en donde la legislación, Norma 686 de la CONAMA, lo exige, sino también en cualquier sistema de alumbrado público nocturno, el cual puede servir, tanto a lugares de exteriores como de interiores.
- Junto con la reducción de la intensidad lumínica, que alcanza a un 50%, aproximadamente, pudiendo ser menos, se logra una reducción en el consumo de energía eléctrica, del circuito de alumbrado, traduciéndose en un ahorro económico, inmediato.
- El uso del E.M.C.L. permitirá extender la vida útil de las luminarias de descarga, debido a que al trabajar con un menor nivel de tensión hay una menor sobresolicitación dieléctrica y térmica y, por ende la prolongación de vida en el elemento básico, dentro del tubo de descarga.

VIII. Referencias bibliográficas

[1] Manual de Aplicación. Norma de Emisión para la Regulación de la Contaminación Lumínica. D.S. Nº 686 del 07/12/1998 del Ministerio de Economía y Reconstrucción. Diario Oficial 02/08/1999, CONAMA

[2] Comisión Electrotécnica Internacional, CIE 86. 1990: 2º Spectral Luminous Efficiency Function for Photopic Vision.

[3] Norma Técnica Eléctrica de Chile. NSEG 21 E.n. 78, "Alumbrado Público en Sectores Residenciales"

[4] Norma Técnica Eléctrica de Chile. NSEG 8 E.n. 75, "Electricidad tensiones normales para sistemas e instalaciones". Norma sobre iluminación de calles.

[5] Norma Técnica Eléctrica de Chile. NSEG 9 E.n. 71, "Alumbrado público en sectores urbanos".

IX. Agradecimientos

Los autores agradecen a Asistencia Técnica de la Universidad de Antofagasta, UATSA, a su "PRODUCTO KAM"; a la Dirección de Investigaciones de la misma Universidad, y al Centro de Regional de estudio y educación ambiental, CREA; por el apoyo, en poder llevar a cabo este trabajo.

X. Acerca de los autores

Hugo E. Martínez D.(1953) Es Dr. Ingeniero Industrial, por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, por la Universidad Politécnica de Madrid, España. Tiene el grado de Magister en Ingeniería Eléctrica, por la Universidad de Chile. Es Ingeniero de Ejecución y Civil Electricista, por la Universidad Técnica del Estado de Chile Sus áreas de interés son los Sistemas de puestas a tierra y la Contaminación de los aisladores de líneas aéreas de Alta Tensión. Es profesor asociado, en el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Antofagasta, Chile.

Miguel A. Tapia C. (1983) Estudiante de la carrera de Ingeniería Civil industrial en Electricidad, de la Universidad de Antofagasta, egresado de la especialidad de Electricidad Industrial, del Liceo Industrial A-16 de Antofagasta.

Marcos Crutchick N. (1951) Tiene el grado de Magister en Ingeniería Eléctrica, por Tel Aviv University. Es Ingeniero Civil Electrónico, por la Universidad Técnica Federico Santa María. Sus áreas de interés son Automática Industrial y Energías Alternativas. Es profesor asociado, en el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Antofagasta, Chile.