

Alumbrado público alternativo de una ruta nacional con proyectores asimétricos

Por
**Alberto Cabello y
Luis del Negro**
Departamento de
Luminotecnia, Luz y Visión
Facultad de Ciencias Exactas
y Tecnología
Universidad Nacional de
Tucumán
acabello@herrera.unt.edu.ar
lrdelnegro@gmail.com

Resumen

Se presenta el cálculo de una alternativa de montaje con proyectores asimétricos para iluminar un tramo de una ruta nacional en las proximidades del cruce con el acceso a una localidad, diferente del montaje tradicional con luminarias de alumbrado público. El objetivo es adecuar la obra a requerimientos de montaje de columnas establecidos por la Dirección Nacional de Vialidad (DNV), cuando el sistema de alumbrado tradicional debe ser implantado a distancias alejadas del borde de la calzada, ya sea por dificultades del terreno, por obstrucciones físicas o bien por las demoras ocasionadas en obtener los permisos correspondientes de dicha entidad, lo que complica la obtención de los requerimientos mínimos de los parámetros luminotécnicos con instalación convencional.

Introducción

El crecimiento y desarrollo alcanzado en las últimas décadas por localidades rurales, municipios, núcleos urbanos de la periferia de ciudades y otros tipos de asentamientos poblacionales ha sido la causa de la demanda de sistemas de alumbrado público por parte de los habitantes de estos núcleos urbanos, con el fin de alcanzar mayor seguridad vial y disminuir la tasa de accidentes registrados en

rutas bajo jurisdicción de la DNV y que atraviesan o proporcionan el acceso principal a las localidades. Por este motivo, la DNV ha establecido una serie de especificaciones técnicas que deben cumplir los sistemas de alumbrado público que se instalen por cuenta y orden de los municipios y localidades interesados en contar con esa instalación en el tramo de ruta nacional que atraviesa sus respectivas jurisdicciones. El límite jurisdiccional de la DNV es de cien metros en total, cincuenta metros para cada lado desde el centro de la calzada, pero en no pocas ocasiones esos límites se superponen con los de calles o senderos de municipios o comunas rurales, por lo que están facultados a disponer libremente del uso de esas franjas, especialmente cuanto más lejos estén del borde de la calzada.

En este trabajo, abordamos la problemática originada por no poder cumplir con las especificaciones de la DNV en lo que respecta a la implantación de las columnas de alumbrado, ya sea por la existencia de dificultades en el terreno adyacente a la calzada principal, como ser acequias o canales paralelos, alcantarillas, desniveles pronunciados, más aun en presencia a veces de defensas flexibles (guarda-rails) que ocupan el poco espacio disponible para las columnas. En no pocas ocasiones, cuando no existen tales dificultades físicas del terreno, la principal complicación que se le



Figura 1. Tramos de ruta nacional con diferentes características topográficas

presenta al municipio o empresa contratada por este se origina por la excesiva demora por parte de la DNV para la aprobación de los proyectos relacionados, lo que lleva al planteo de soluciones alternativas que permitan encontrar una respuesta rápida y oportuna a la demanda del servicio de alumbrado. En particular, nos referimos a la utilización de proyectores asimétricos con óptica dispersora (haz medio o ancho) en reemplazo de luminarias convencionales de alumbrado público, pero instalados a mayores distancias de la calzada. En la figura 1, se muestra un tramo iluminado con instalación convencional cuando las condiciones del terreno lo permiten, y dos sectores con dificultades topográficas para la instalación.

Requisitos y especificaciones a cumplir

La DNV establece numerosas especificaciones técnicas particulares para el sistema de alumbrado adyacente a un tramo de ruta nacional; las más relevantes para la propuesta de este trabajo son ubicación de las columnas, nivel de iluminación y luminarias.

Ubicación de columnas

Las distancias mínimas de instalación de las columnas serán: cuatro metros del borde de calzada (0,80 en caso de existir cordones) y detrás de la defensa flexible (a un metro), en caso de corresponder.

Las columnas serán tubulares de acero, calculadas para soportar los vientos de la zona según las normas IRAM. La altura libre recomendada para calzada principal es doce metros.

Nivel de iluminación

Para ruta principal:

- » $E_{med} \geq 27$ lux iniciales
- » $E_{min}/E_{med} \geq 0,5$ (G1)
- » $E_{min}/E_{max} \geq 0,25$ (G2)
- » E_{med} banquina derecha/ $E_{med} \geq 0,5$ (SRD)
- » E_{med} banquina izquierda/ $E_{med} \geq 0,5$ (SRI)

Coefficiente de conservación para nivel de iluminación: $fc = 1$

Luminarias

- » Artefactos semi-apantallados
- » Intensidad a $80^\circ \leq 150$ cd/klm (a $90^\circ \leq 30$ cd/klm)
- » Cerramiento óptico: IP 65

Cálculo de una instalación con luminarias normales de alumbrado público

Se considera una instalación según las especificaciones anteriores, con disposición unilateral izquierda, adyacente a una calzada de 7,5 metros de ancho, con luminarias grado de protección IP 65 equipadas con lámparas de sodio alta presión de 250 W, a una altura libre de doce metros sobre la calzada, con la base de columna a cuatro metros del borde de calzada y longitud de brazo pescante de 2,5 metros con 10° de inclinación. Si se adopta una separación entre columnas de 28 metros, se obtienen los resultados que indican la figura 2 y la tabla 1.

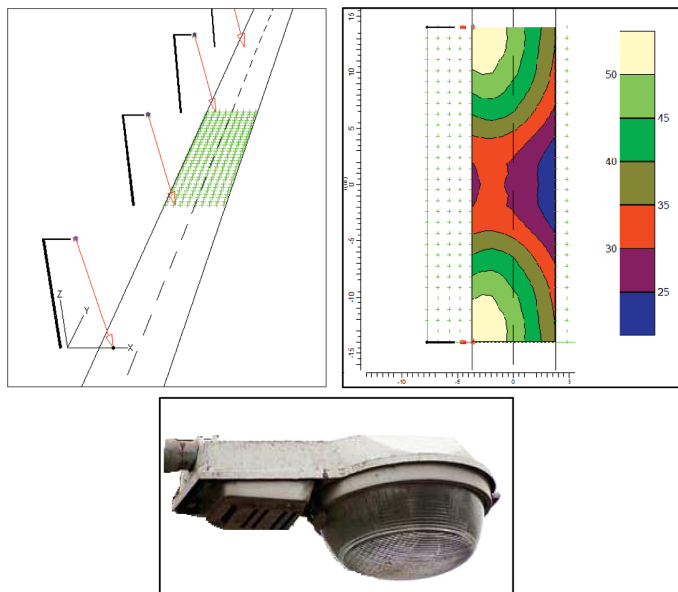


Figura 2. Instalación con luminarias de alumbrado público

Emed [lux]	G1	G2	SRD	SRI	TI[%]
38	0,56	0,40	0,62	0,95	8,1

Tabla 1. Resultados del cálculo para una instalación convencional

Para esta instalación, se verifica que la máxima separación para el cumplimiento de los niveles de iluminación es de 38 metros, donde se obtiene E_{med} de 28 lux. Esta es la máxima separación posible para la instalación convencional, para la cual se optimizan los costos del sistema de alumbrado.

Cálculo de instalación alternativa con proyectores asimétricos

Para este caso, considerando la misma separación de 28 metros entre columnas, se establece que la implantación de columnas se efectúa a una distancia considerable del borde de la calzada, esto es, a más de nueve metros, para lo cual se adopta un brazo pescante de 3,5 metros. Con el proyector inclinado 40° sobre su eje vertical, se obtienen los resultados que indican la figura 3 y la tabla 2.

Se observa el cumplimiento de los parámetros lumínicos establecidos en las especificaciones, pero sin posibilidad de optimizar los costos respecto de la instalación normal, ya que una mayor separación entre columnas produciría niveles de iluminación por debajo de los estableci-

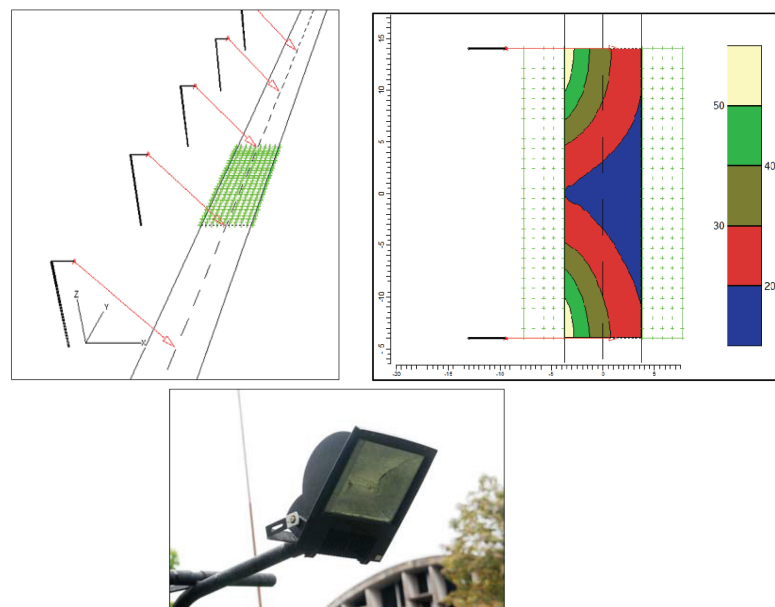


Figura 3. Instalación con proyectores asimétricos

Emed [lux]	G1	G2	SRD	SRI	TI[%]
27,3	0,53	0,25	0,56	1,64	1,3

Tabla 2. Resultados del cálculo para una instalación alternativa

dos. Por lo tanto, la ventaja de esta instalación sobre la normal radica en la posibilidad de implantación a distancias superiores a las establecidas por la DNV, pero que permite solucionar los distintos inconvenientes mencionados cuando la implantación normal no es posible.

Comparación de las propiedades de protección y fotométricas de ambas alternativas

En adelante, se menciona como "tipo A" a la instalación de alumbrado convencional, y "tipo B" a la instalación alternativa con proyectores asimétricos. Como ya se mencionó, la instalación tipo A cumple con la totalidad de las especificaciones establecidas por la DNV en cuanto a niveles de iluminación, uniformidades, índices laterales, como así también características constructivas propias de las luminarias como el índice IP y el grado de apantallamiento, y el cumplimiento de la Norma IRAM AADL J2020-1 en lo que respecta los cierres del recinto óptico y de la bandeja portaequipo auxiliar.

Por su parte, la instalación tipo B cumple acabadamente con los niveles de iluminación, las uniformidades y los índices laterales,

pero respecto de las características constructivas, con excepción del grado IP, tanto el grado de apantallamiento como las características constructivas de aperturas independientes de recinto óptico y bandeja portaequipo no verifican lo especificado por la DNV.

Es importante aclarar, respecto del tipo de apantallamiento, que la intención de tal especificación es asegurar un grado de deslumbramiento tolerable para los conductores que circulan por la ruta, es por ello que en los cálculos luminotécnicos de ambas alternativas se ha incluido el grado de deslumbramiento perturbador TI[%], cuyo límite máximo establecido por la Norma IRAM-AADL J2022-2 para vía clase B (tramos de rutas nacionales) es del 15%. Como puede observarse en los resultados del cálculo para ambas alternativas, tanto la A como la B están muy por debajo del límite máximo, por lo que no presentarían problemas desde el punto de vista del deslumbramiento, pero resulta que la instalación B (con proyectores) además posee un grado TI[%] seis veces menor que la instalación A, o sea, es seis veces menos deslumbrante, pues obviamente sus luminarias se encuentran mucho más alejadas del eje visual del conductor que circula por la ruta, lo cual es una gran ventaja desde el punto de vista de la seguridad vial.

Con respecto al no cumplimiento de lo especificado para las características constructivas de los recintos óptico y de equipo auxiliar, en el sentido de presentar alojamientos diferenciados con aperturas independientes, no constituye de ningún modo una desventaja para la instalación B, pues el origen de tal especificación tiene el sentido de facilitar las tareas de mantenimiento, en especial cuando la luminaria se encuentra en la proximidades del borde de la calzada, siendo crítico el tiempo de reemplazo de lámpara o de equipo auxiliar por la obstrucción al tráfico automotor de los vehículos portacesta de la cuadrilla de mantenimiento. La instalación B, por encontrarse alejada del borde de la calzada, permitiría eliminar estos riesgos al tráfico sobre la ruta, por lo cual los operarios encargados del reemplazo de lámparas o equipos auxiliares dispondrían de un tiempo algo mayor para efectuar con seguridad dichas tareas.

Pero en definitiva, la gran ventaja de tener tanto el recinto óptico como la bandeja portaequipo bajo un mismo y único alojamiento es que el grado IP 65 se aplica tanto a las partes ópticas como a las eléctricas, mientras que en una luminaria de alumbrado público

convencional, el recinto portaequipo por lo general posee un grado de protección menor que el de las partes ópticas.

Respecto de las características de distribución del flujo luminoso, en las figuras 4, 5 y 6 se puede observar los principales diagramas característicos.

Distribución de intensidades en cd

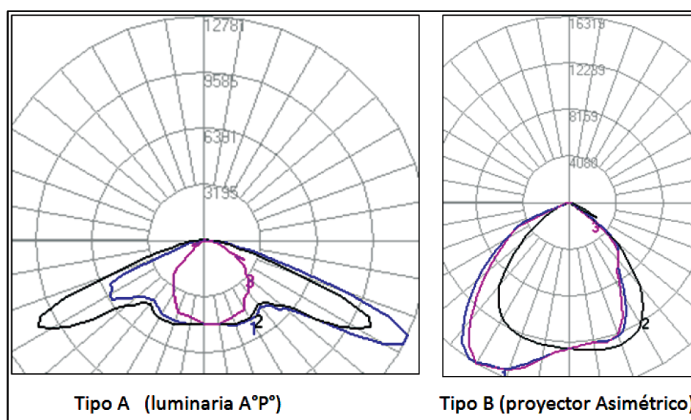


Figura 4. Distribución de intensidades de luminaria de alumbrado público y proyector asimétrico

Ambas luminarias poseen dos planos de simetría: distribución simétrica en los planos C0 y C180 (paralelos al eje longitudinal de la calzada), y distribución asimétrica en los planos C90 y C270 (transversales al eje de calzada). La distribución transversal para la luminaria B es más ancha que para la A, por lo que en ese sentido, al estar la luminaria B más alejada de la calzada, resulta ser una ventaja. Lo contrario ocurre si comparamos las distribuciones longitudinales, donde por sus características propias de diseño, la luminaria A presenta una distribución longitudinal más larga que la B, permitiendo una mayor separación entre columnas cuando se trata de una instalación convencional.

Curvas de rendimiento o factor de utilización

Ambas luminarias poseen rendimientos similares, 75% para la A y 72% para la B. Las curvas indican distribuciones disímiles de porcentajes de flujo hacia la calzada (LC), 44,8% para la A y 27,5% para la B. Las distribuciones de porcentajes de flujo hacia el lado opuesto (LV) son similares, pero en sentido inverso. Esto es así porque el programa

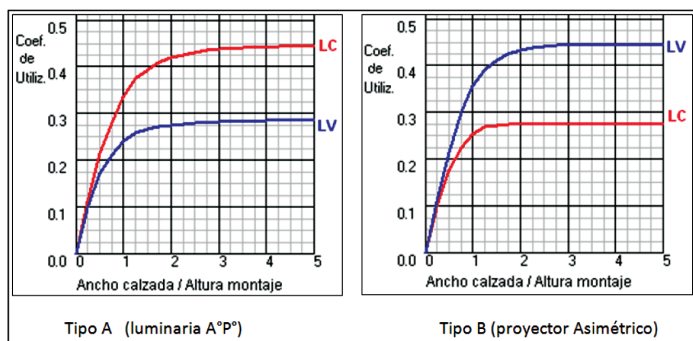


Figura 5. Curvas de rendimiento de luminaria de alumbrado público y proyector asimétrico

de cálculo considera estos porcentajes para ambas luminarias en posición horizontal, con inclinación nula. En el caso de la luminaria B, esto se revierte al inclinar el proyector 42° hacia la calzada, enviando gran parte del flujo luminoso desde el LV hacia el LC, lo cual puede apreciarse claramente en las curvas isolux de la figura 6.

Curvas de distribución de iluminancias sobre calzada o curvas isolux

Las curvas isolux representan la proyección de la iluminancia en lux sobre la calzada en función de la relación distancias transversal-longitudinal respecto de la altura de montaje (B/H). La curva correspondiente a la luminaria A (inclinada 10°) posee en sentido transversal B/H de 1,5 y en sentido longitudinal de 2,5; mientras que la luminaria B (inclinada 42°) presenta B/H de 2,5 transversal y 1,5 longitudinal, o sea, las mismas relaciones pero en sentidos opuestos, algo similar a lo verificado con los factores de utilización. Es por esto que la luminaria A, por estar montada más cerca de la calzada, la cubre mejor y presenta una mejor uniformidad; sin embargo, la luminaria B cumple con la uniformidad especificada, ya que su mayor alcance transversal compensa su distancia de montaje más alejada del borde de la calzada.

Análisis desde el punto de vista de la luminancia sobre la calzada

Si bien las especificaciones de la DNV no mencionan cumplimiento de valores de luminancia en cd/klm, es importante analizar el rendimiento de ambas alternativas (A y B) respecto de la luminancia, ya que es el parámetro luminotécnico más representativo de lo que un conductor de automóvil realmente percibe de la escena visual que se le presenta ante sus ojos.

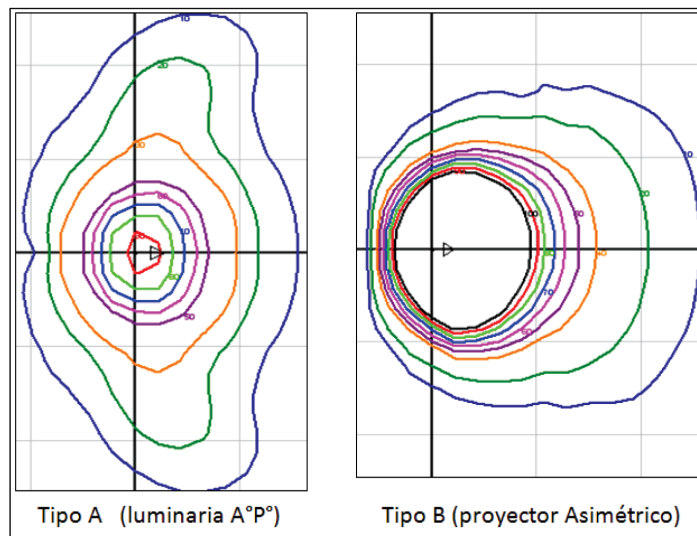


Figura 6. Curvas isolux de luminaria de alumbrado público y proyector asimétrico

Para este análisis se ha tenido en cuenta la recomendación de la Norma IRAM-AADL J2022-2 “Alumbrado Público. Vías de Tránsito. Clasificación y Niveles de Iluminación”, que establece los parámetros indicados en la tabla 3 y relacionados con la luminancia para clase B (tramos de rutas nacionales o provinciales).

Los resultados de niveles de luminancia de calzada para ambas alternativas se muestran en la tabla 4 y evidencian que si bien la alternativa A cumple con los parámetros mínimos recomendados, la alternativa B, aunque no cumple con el nivel de luminancia media, presenta valores de uniformidades mucho mejores, lo cual beneficia en mayor medida al conductor, en especial en tramos cortos, no mayores a los 500 metros, donde el tiempo de adaptación a las nuevas condiciones de iluminación no es suficiente para adaptarse a los valores de E_{med} y L_{med} , y donde la alternancia entre franjas claras u oscuras de la calzada puede ser causa de perturbación o distracción a medida que el conductor avanza sobre la zona iluminada. En estos casos, es preferible un mayor valor de los parámetros de uniformidad vinculados a la luminancia como U_0 y U_L .

Análisis final y conclusiones

El presente estudio ha tenido como objetivo demostrar la factibilidad del uso de luminarias en aplicaciones para las que no han sido específicamente diseñadas, como ser el caso de proyectores para iluminación de áreas extensas para la iluminación de otro tipo de superficies, en este caso, rutas.

Clasificación calzada	Luminancia promedio	Uniformidades	Deslumbramiento		
	Nivel inicial L_{med} [cd/m ²]	U_o (mínima) L_{min}/L_{med}	U_L (mínima) L_{min}/L_{max}	G (mínimo)	TI% (máximo)
B2	1,3	0,4	0,6	6	15

Tabla 3. Parámetros mínimos recomendados por la Norma IRAM-AADL J2022-2, clase B. Referencias:

B2: vía de clase B con entornos no iluminados

UL: uniformidad longitudinal de cada carril

UO: uniformidad general

TI: incremento del umbral de percepción (deslumbramiento fisiológico)

G: deslumbramiento molesto (deslumbramiento psicológico)

Alternativa	Nivel Inicial L_{med} [cd/m ²]	U_o (mínima) L_{min}/L_{med}	U_L (mínima) L_{min}/L_{max}	TI%
Tipo A	2,89	0,42	0,63	8,1
Tipo B	1,05	0,60	0,78	1,3

Tabla 4. Parámetros de luminancia calculados para ambas alternativas.

Del análisis de los resultados de los cálculos surgen tanto ventajas como desventajas respecto del uso de luminarias convencionales, las cuales se enumeran a continuación.

Ventajas de la instalación tipo B

- » Posibilidad de implantación a distancias superiores a las establecidas por la DNV, salvando dificultades topográficas cuando la implantación normal no es posible, o bien trabas administrativas que retrasan la disponibilidad del servicio.
- » La anterior ventaja disminuye la probabilidad de colisiones de vehículos al estar las bases de columnas mucho más alejadas del borde de la calzada.
- » Deslumbramiento perturbador mucho menor, como así también mejores índices de uniformidades de luminancias U_o y U_L , ofreciendo un ambiente visual más amigable al conductor, reduciendo por consiguiente el riesgo de accidentes.
- » Tareas más seguras de mantenimiento de las luminarias sin la necesidad de interrumpir o desviar el tráfico sobre la calzada.
- » Mayor grado de protección de los equipos auxiliares al hacer extensivo el grado IP 65 al alojamiento de todos los componentes, lo cual redundará también en un mayor espaciamiento de las tareas de mantenimiento por averías eléctricas menos frecuentes.

Desventajas de la instalación tipo B

- » Luminaria con distribución longitudinal de intensidades más corta, lo cual limita el espaciamiento entre columnas a un valor máximo posible, en comparación con la instalación tipo A, que permite mayor espaciamiento para igual potencia instalada.
- » Mayores costos iniciales de instalación para tramos similares.
- » Limitación en su extensión a distancias no mayores a los 200 metros, o solamente a los trayectos que presentan dificultades topográficas y donde la necesidad del servicio justifique la mayor erogación.

Conclusión final

El presente estudio permite a los municipios o empresas adjudicatarias disponer de una alternativa interesante desde el punto de vista de las complicaciones de montaje o administrativas, cuando la premisa es disponer en lugares o en un tiempo razonable, del servicio de alumbrado vial que responda a las necesidades de una conducción segura y eficaz.❖

Bibliografía

Nota del editor: la nota técnica aquí publicada está respaldada por una extensa bibliografía cuyas referencias no se publican por normas editoriales. Por consultas de esta índole, o cualquier otra acerca de la temática tratada, consultar a los autores.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Nacional de Tucumán, proyecto PIUNT E523, por el apoyo en la realización de este trabajo.