

MANUAL DE APLICACION

NORMA DE EMISION PARA LA REGULACION DE LA CONTAMINACION LUMINICA

DECRETO SUPREMO N° 686 DEL 7 DE DICIEMBRE DE 1998 DEL MINISTERIO DE ECONOMÍA,
FOMENTO Y RECONSTRUCCIÓN
(PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL EL 02 DE AGOSTO DE 1999)



CONAMA
COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

1999

PREAMBULO

Este Manual de Aplicación ha sido desarrollado a partir de una iniciativa emanada del grupo de técnicos que participaron en la dictación del Decreto Supremo N° 686/98, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, que establece Norma de Emisión para la Regulación de la Contaminación Lumínica.

Se ha materializado en un texto elaborado en base a un documento realizado por el Sr. Enrique Piraino Davidson, docente del Laboratorio de Fotometría de la Universidad Católica de Valparaíso, un trabajo conjunto con CONAMA, y las opiniones y aportes que efectuaron los participantes a los talleres de difusión y capacitación realizados durante los meses de octubre y noviembre de 1999, en las ciudades de Antofagasta, Vallenar y La Serena.

Agradecemos su participación, tanto en el proceso normativo como en la elaboración de este manual, a: Carlos Santa María y Humberto Luna, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo; José Fernández y Paulina Julio, del Ministerio de Relaciones Exteriores; Mario Rodríguez, Luis Gobantes, Guillermo Bello y Juan Lagos, de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles; Daniel Blasquez, de la Comisión Nacional de Energía; Nelf Turchat y Juan Fuenzalida, de la Asociación Chilena de Municipalidades; Carmen Gloria Araya, de la Sociedad Nacional de Minería; Enrique Piraíno, de la Universidad Católica de Valparaíso; José Guzmán y Carlos Seisedos, de Phillips Chilena S.A.; Gabriel Rodríguez, Presidente de la Asociación Chilena de Astronomía y Astronáutica; Malcom Smith, Ricardo Smith y René Méndez, del Observatorio Interamericano de Cerro Tololo; Miguel Roth y Mark Phillips del Observatorio Las Campanas; Daniel Hofstadt, del European Southern Observatory; Iván Jara, Consultor CONAMA; Pedro Hernández, María Angélica Ruiz Tagle y Alberto Acuña, Dirección Regional CONAMA II Región; Jorge Troncoso, Jorge Cáceres y Susan Henry, Dirección Regional CONAMA III Región; Pedro Sanhueza y Guillermo Pedroni, Dirección Regional CONAMA IV Región; Francisco Bascuñan y Conrado Ravanal del Depto. Jurídico de CONAMA; José Avalos, Unidad de Regiones de CONAMA; Juan Ladrón de Guevara, Unidad de Economía Ambiental de CONAMA; Patricia Matus, Fernando Farías, Paulina Abarca, Enrique Suárez e Igor Valdebenito, del Depto. de Descontaminación, Planes y Normas de CONAMA, y a todos los que colaboraron en ambas iniciativas.

INDICE

I PRESENTACION

II INTRODUCCION

2.1 LA CALIDAD ASTRONOMICA DE LOS CIELOS

2.2 LA CONTAMINACION LUMINICA

2.3 ANTECEDENTES GENERALES

**2.4 NORMA DE EMISION PARA LA REGULACION
 DE LA CONTAMINACION LUMINICA**

III PROCESO DE DICTACION DE LA NORMA PARA LA REGULACION DE LA CONTAMINACION LUMINICA

3.1 ANTECEDENTES

3.2 GRUPO DE TRABAJO

3.3 CRONOGRAMA

3.4 ANALISIS GENERAL DE IMPACTO ECONOMICO Y SOCIAL

3.5 EXPEDIENTE PUBLICO

IV DECRETO SUPREMO N° 686/98 DEL MINECON

4.1 TEXTO DE LA NORMA

- I Objetivo y Resultados Esperados
- II Disposiciones Generales
- III Límites Máximos Permitidos
- IV Plazos de Cumplimiento de la Norma
- V Metodología de Medición y Control
- VI Ambito de Aplicación Territorial
- VII Fiscalización
- VIII Vigencia

V ASPECTOS ABORDADOS POR EL MANUAL DE APLICACIÓN

5.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES

5.2 ESCENARIOS DE APLICACION

5.3 CRITERIOS GENERALES APLICADOS EN LA NORMA

5.4 APLICACIÓN A LOS CASOS ESPECIFICOS MAS HABITUALES

5.4.1 Alumbrado Público

5.4.2 Alumbrado de Parques

5.4.3 Alumbrado con Proyectores

APENDICE A SECUENCIA DE PASOS PARA EL ANALISIS Y RESOLUCION DE CASOS

APENDICE B CUADRO CON FLUJOS LUMINOSOS DE LAMPÀRAS MAS COMUNES

APENDICE C BIBLIOGRAFIA DE APOYO

I PRESENTACION

En nuestro país existen zonas geográficas con cielos privilegiados por su transparencia nocturna y la permanencia de esta característica durante casi todo el año. Se constituye así un patrimonio propio y único que beneficia a sus habitantes, a los turistas y a los profesionales y aficionados a la observación de los cielos nocturnos. Esta condición ha sido reconocida y dimensionada internacionalmente y su consecuencia es que se han instalado varios centros de observación astronómica de alta tecnología, principalmente en la II, III y IV regiones del país.

Sin embargo, el desarrollo natural de las ciudades puede alterar drásticamente esta situación de privilegio, al producir un aumento en la cantidad de fuentes de luz, tanto en las vías públicas como en las áreas privadas, y con ello un incremento en la cantidad de luz que es enviada hacia los cielos.

Esta luz que viaja hacia la bóveda celeste tiene un carácter contaminante por que se refleja en las partículas de humedad y polvo de la atmósfera, formando un fondo luminoso que se superpone sobre la imagen natural de la bóveda celeste y sus astros. De esta forma se altera la visión nítida del cielo nocturno de un modo permanente, a menos que se tomen las medidas adecuadas para que el incremento de la cantidad de fuentes de luz no signifique un aumento artificial de la luminosidad del cielo.

El cuerpo normativo contenido en este documento tiene por finalidad establecer requisitos a las distintas fuentes de luz, para que su instalación tenga un mínimo o nulo efecto sobre las condiciones de visión nocturna de los cielos, en aquellas regiones mencionadas, protegiendo de esta manera su patrimonio natural.

La Dirección Ejecutiva de CONAMA, consciente de la importancia de difundir las normativas ambientales actualmente vigentes, ha establecido la publicación de un Manual de Aplicación de la Norma de Emisión para la Regulación de la Contaminación Lumínica, que recoja y responda aquellas inquietudes complementarias a las materias tratadas en la norma en sí, y que se haga cargo de las que pueden surgir al aplicarla. Además, se han incluido inquietudes surgidas en talleres de difusión y capacitación realizados en la II, III y IV regiones, a fin de explicar el funcionamiento de la nueva norma, y analizar sus alcances.

El Manual se encuentra dirigido principalmente a aquellos profesionales que realizan labores de inspección y fiscalización de la norma, y a todos aquellos que trabajan de una u otra manera vinculados a proyectos de iluminación.

Toda herramienta de gestión es perfectible, y tal como lo establece la Ley de Bases del Medio Ambiente, deberemos revisar esta norma antes de los cinco próximos años. Esperamos sentar las bases para que en dicha ocasión abordemos materias que puedan haber quedado pendientes en esta oportunidad, y todas aquellas que surjan y nos permitan avanzar eficaz y eficientemente en la protección de los cielos del norte de nuestro país.

II INTRODUCCION

2.1 LA CALIDAD ASTRONÓMICA DE LOS CIELOS

La región del norte de Chile es mundialmente reconocida como la mejor de todo el hemisferio sur para las observaciones astronómicas debido a la transparencia y claridad de sus cielos. Pocos lugares en el mundo cuentan con tantas noches despejadas en el año para poder observar el universo.

Desde la década de los sesenta se empezaron a construir diversos telescopios en Chile, como El Tololo, que actualmente cuenta con seis telescopios, incluyendo el más grande del hemisferio sur (4 metros de diámetro). Además, podemos nombrar a otros observatorios importantes como el del cerro La Silla y el de Las Campanas. En todos ellos se han coordinado esfuerzos de diversas instituciones internacionales y varios países para solventar la gran inversión asociada a tales proyectos. Todo parece indicar que esta favorable situación de Chile se consolidará aún más en el futuro cercano, ya que existen proyectos como el de cerro Paranal, en Antofagasta (con 4 telescopios de 8 metros), el proyecto del cerro Pachón a 20 km. del Tololo, donde participa Chile (con el telescopio Géminis, de 8 metros de diámetro) y un proyecto en Las Campanas (con 2 telescopios de 6.5 metros). El total de estas inversiones sobrepasa los 500 millones de dólares.

Nuestro país se ve beneficiado con los convenios universitarios ya existentes, donde el acceso de científicos y estudiantes nacionales cuenta con facilidades, y un aporte económico por toda la actividad asociada a los observatorios que se estima en 10 millones de dólares anuales para la economía de la IV región, lo que subiría aproximadamente a unos 15 millones antes del fin de la década. Además, la operación de estos observatorios se logra en buena medida con personal técnico chileno que ha adquirido experiencia en el diseño y manejo de equipos de avanzada tecnología.

El tópico de la preservación de la calidad astronómica de los cielos reviste para nuestro país y la comunidad científica y astronómica internacional una particular importancia. Asimismo la regulación jurídica de la contaminación lumínica, puesto que de ella dependen la claridad de las observaciones y permanencia en nuestro país de las instituciones astronómicas en el largo plazo.

Para llevar a cabo exitosamente las observaciones astronómicas no sólo se necesitan grandes telescopios para captar y concentrar la mayor cantidad posible de luz, y los detectores más sensibles, sino que también de los cielos más oscuros. En las zonas del Norte Chico y Grande encontramos cielos de excepcional calidad astronómica lo que conforma un valioso patrimonio ambiental y cultural nacional.

2.2 LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA

Desde principios de este siglo y por primera vez en la historia de la humanidad, la visión nocturna de nuestro firmamento está siendo amenazada, sin apenas darnos cuenta, por la creciente iluminación de los asentamientos urbanos. La contaminación lumínica sobre los cielos de los pueblos y ciudades de Chile nos impide contemplar uno de los espectáculos más bellos de la naturaleza.

Pero, ¿a qué llamamos contaminación lumínica? Es toda aquella luz que no es aprovechada para iluminar el suelo y las construcciones. Esto puede suceder por dos razones principales: porque el haz luminoso no es dirigido hacia abajo, o porque la radiación luminosa es de una longitud de onda que el ojo humano no percibe. La luz que escapa rumbo al cielo es dispersada hacia el haz del telescopio por moléculas o polvo. Existe una multitud de caminos por los cuales la luz puede dispersarse por la línea de visión, sin que necesariamente haya una ciudad directamente visible desde el observatorio. Por lo tanto, la única manera de controlar la contaminación lumínica es reducir la cantidad de luz que escapa hacia el cielo.

Es muy importante abordar el tema de la contaminación lumínica ahora cuando el problema aún no es dramático. Llamaremos contaminación lumínica a toda aquella luz que no es aprovechada para iluminar el suelo y las construcciones, es decir el brillo o resplandor de luz en el cielo nocturno producido por la reflexión y difusión de la luz artificial en los gases y partículas de aire, que dispersa la luz hacia el haz del telescopio. Lo anterior puede suceder porque el haz luminoso visible no ha sido dirigido hacia abajo, o porque la radiación luminosa es de una longitud de onda tal que el ojo humano no la percibe.

Para explicar el fenómeno de la contaminación lumínica, podemos asignar a la luminosidad del cielo sin contribución del hombre el valor $x = 1.0$. Un valor $x = 1.2$ representa un 20% de aumento sobre el entorno natural, y disminuiría la potencia de un telescopio de 8 metros a uno de 7.63 metros. Un nivel de $x = 2.0$ representa la duplicación del entorno lumínico natural del lugar, transformando un telescopio de 8 metros a uno de 5,66 metros. El costo de un telescopio de 8 metros en el año 1995 es de aproximadamente de 85 millones de dólares. De este modo, un incremento del 25% de la luminosidad nocturna se transforma en una pérdida de 20 millones de dólares. Un ejemplo concreto de este tipo de fenómeno es el telescopio de 5 metros ubicado en Monte Palomar, en California, que desde su término en 1940 y hasta los años 70 fue el telescopio más grande del mundo. Hoy la contaminación nocturna emitida por las ciudades vecinas de San Diego y Los Angeles han reducido su capacidad a la mitad desde su apertura.

La contaminación proveniente de La Serena y Coquimbo producto de luminarias cuyas pantallas están o son de mala calidad, está afectando al Tololo en un 10%, cantidad que se cuadruplicará en 50 años si no se toman las medidas de control necesarias. En Cerro Pachón, donde se está construyendo el telescopio Géminis de Sur (8 metros de apertura), se vive la misma situación de peligro.

La mayoría de los estudios astronómicos son espectroscópicos, descomponiendo la luz en los colores que la componen. La presencia o ausencia de las bandas de luz solar permiten al astrónomo identificar químicos específicos y estimar temperaturas y densidades. Las peores fuentes de luz exterior para la astronomía son las incandescentes (como la ampolleta común de uso casero), ya que emiten un espectro continuo de muchas bandas de color que bloquean la información espectral proveniente de objetos cósmicos tenues. Fuentes que emiten luz en bandas características de color son menos dañinas para la observación pues no contaminan el espectro completo. Las lámparas de mercurio emiten una abundante cantidad de luz ultravioleta, lo que les resta eficiencia en la producción de luz visible y contribuye al resplandor del cielo. Las lámparas de sodio no emiten luz ultravioleta y energéticamente son doblemente eficientes que una lámpara de mercurio. Además, las lámparas de sodio de baja presión bloquean solo un 1% de la visión astronómica.

2.3 ANTECEDENTES GENERALES

Existen antecedentes internacionales de normalización en el tema, tal es el caso de Estados Unidos (Ordinance 88 122. An Ordinance Amending Chapter 14, Article 9, of Hawaii Country Code 1983, Relating to outdoor lighting) y en España (Ley 31 /1988, sobre Protección de la Calidad Astronómica de los Observatorios del Instituto de Astrofísica de Canarias).

En casos concretos, podemos mencionar que se ha demostrado que el control de la contaminación a través del uso de luminarias con buenas pantallas puede ser reducido en un factor de tres, según experiencia realizada en Tucson, Arizona. Un factor similar de reducción en la contaminación proveniente de las ciudades de Coquimbo, La Serena y Vicuña mantendría los niveles de polución entre un 10 a un 15 % durante los próximos 50 años, permitiendo al Tololo mantener una vida útil para la segunda mitad del próximo siglo.

Las primeras medidas ya se están implementando, en particular podemos destacar que la Municipalidad de Vicuña puso en marcha su plan de modernización del sistema de alumbrado público, incorporando las especificaciones técnicas sobre la emisión de flujo luminosos al hemisferio superior. Tal especificación no produjo un incremento del precio de las luminarias ofertadas debido a que en general las luminarias producidas en el país controlan el flujo hacia el hemisferio superior según la norma NSEG 15, que regula el tipo de luminarias de alumbrado público que se pueden comercializar en Chile. En la Avenida Alameda de Vicuña se reemplazaron, sin deterioro de la calidad en la iluminación pública, 81 luminarias de luz mixta tipo *globo* de 160 Watt de potencia por un número similar de luminarias de sodio de alta presión de 70 Watt cada una. Esto ha significado un ahorro de un 50% en el consumo de energía eléctrica. Ambos tipos de luminarias producen aproximadamente el mismo número de lúmenes (5000 lúmenes), por lo cual el mejor apantallamiento de las nuevas luminarias produce una iluminación de la Alameda dos veces más intensa, a la vez que reduce la contaminación lumínica.

La Serena también ha iniciado su proceso de modernización del alumbrado público, y el cambio de luminarias ya efectuado, representó un ahorro aproximado de 220.000 Watt, al

pasar el consumo total estimado de 700.000 Watt a 480.000 Watt. Esto representa una disminución del 31.4 % del consumo de energía eléctrica de la Municipalidad de la Serena.

Otro antecedente interesante de destacar es que la Comisión Nacional de Energía en su Proyecto de Modernización del Alumbrado Público (que cuenta con el auspicio de la Comisión de las Comunidades Europeas, 1993), y el informe Uso Eficiente de la Energía, Alumbrado Público y Auditorías Energéticas (1993), fundamenta el cambio de sistema de alumbrado público en el territorio nacional sobre la base de, entre otros, los siguientes antecedentes: utilización de lámparas más eficaces, y uso de luminarias más eficientes.

2.4 NORMA DE EMISION PARA LA REGULACION DE LA CONTAMINACION LUMINICA – D.S. 686/98 DEL MINECON

? Objetivo de la Norma

El objetivo de la norma es proteger la calidad astronómica de los cielos de la II, III y IV regiones mediante la regulación de la contaminación lumínica. Se espera conservar la calidad astronómica actual de los cielos señalados y evitar el deterioro futuro.

? Criterios Básicos

El camino para controlar la contaminación lumínica es la reducción de la cantidad de luz que se escapa hacia el cielo. Esta regulación se fundamenta en los siguientes criterios básicos:

- ✍ Evitar la emisión de luz hacia el cielo por medio de la utilización de luminarias apantalladas y sin inclinación.
- ✍ Evitar la emisión de luz en el rango no visible para el ojo humano (espectro útil), ya que este espectro de luz afecta la observación astronómica y no representa utilidad al ser humano.

? Fuentes Afectas a la Norma y Cantidad Máxima de Emisión

Las fuentes que deben a cumplir esta norma son las que se denominan como Alumbrado de Exteriores. Alumbrado de Exteriores es aquel alumbrado realizado con instalaciones estables o esporádicas, en recintos abiertos, para su utilización nocturna. Entre estos se consideran, por ejemplo, el alumbrado de vías públicas, el ornamental y de parques, el alumbrado de instalaciones deportivas y recreativas, los letreros, el alumbrado de instalaciones industriales, el de seguridad, y el alumbrado exterior de edificios y condominios. No se consideran como alumbrado de exteriores, por ejemplo, la iluminación producida por la combustión de gas natural u otros combustibles, la de los vehículos, las luces de emergencia necesarias para la seguridad pública (para efectos de esta norma, **no**

son fuentes emisoras las indicadas en el punto 2.3 del Título II – Disposiciones Generales, del texto de la norma).

La norma contiene una limitación general para todas las fuentes emisoras (existentes o nuevas), y limitaciones especiales.

La limitación general a las fuentes emisoras se señala en el punto 3.1 del Título III – Límites Máximos Permitidos, con una diferenciación a partir de un determinado Flujo Luminoso Nominal

Las limitaciones especiales se aplican a las siguientes fuentes emisoras:

- ✍ Alumbrado público.
- ✍ Alumbrado de jardines, playas, parques, y demás áreas naturales, y ornamental de edificios y monumentos.
- ✍ Alumbrado de instalaciones deportivas o recreativas.
- ✍ Iluminación de avisos y letreros.
- ✍ Proyectores láser.

? **Importancia de la Clasificación de las Fuentes Emisoras**

La clasificación de las fuentes emisoras permite definir:

- ✍ Límites máximos diferenciados
- ✍ Horarios de aplicación para fuentes determinadas
- ✍ Plazos de cumplimiento diferenciados

? **Plazos de Cumplimiento**

Los plazos de cumplimiento de la norma, son distintos para las fuentes emisoras existentes o nuevas.

- ✍ Fuentes nuevas: deben cumplir con la norma al momento de ser instaladas
- ✍ Fuentes existentes: deben cumplir con la norma, según los siguientes criterios
 - i) Por regla general las fuentes existentes deben cumplir con la norma al momento de ser sustituida la luminaria o a más tardar en un plazo máximo de 5 años, a partir del 1 de octubre 1999.
 - ii) Las fuentes destinadas al alumbrado público deben cumplir con la norma al momento de ser sustituida la luminaria o a más tardar en un plazo máximo de 6 años, a partir del 1 de octubre de 1999.
 - iii) Las fuentes que están sujetas a horarios de aplicación, deben cumplir con la norma al momento de su entrada en vigencia.

? **Control de la Norma**

Las exigencias se harán efectivas a través de la certificación de luminarias (laboratorio reconocido por la SEC), la verificación de la correcta instalación de éstas, y una restricción horaria para luminarias que no cumplan con ciertos requisitos de emisión.

? **Ambito Territorial**

La presente norma de emisión se aplica dentro de los actuales límites territoriales de las regiones II, III y IV.

? **Fiscalización**

El organismo fiscalizador competente es la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC).

? **Vigencia**

El D.S. N° 686/98 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción entró en vigencia 60 días después de su publicación en el Diario Oficial (02 de Agosto de 1999). Es decir, la norma está en vigencia desde el 01 de Octubre de 1999.

III PROCESO DE DICTACION DE LA NORMA PARA LA REGULACION DE LA CONTAMINACION LUMINICA

El Director Ejecutivo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, previa consulta a organismos de gobierno competentes, y comunidad en general, propone al Consejo Directivo de CONAMA, en marzo de cada año, un programa priorizado de normas a ser dictadas. En junio de 1996, se publicó el Primer Programa Priorizado de Normas Ambientales (1996 – 1997), en el cual, se incluyó la Norma para la Regulación de la Contaminación Lumínica.

Este proceso se guió por el Procedimiento de Dictación de Normas Ambientales. Este procedimiento contempla tres etapas, con sus respectivos plazos, la elaboración del anteproyecto de la norma, en el cual se forma el comité operativo, se requieren estudios científicos y técnicos, se recopilan antecedentes, y se elabora el anteproyecto; un proceso de consulta del anteproyecto de la norma, en el cual se somete a consulta pública, al Consejo Consultivo Nacional, y se efectúa un análisis del impacto económico y social de la norma; y, por último, un proceso de elaboración del proyecto definitivo de norma, en el cual se analizan las observaciones formuladas por los anteriores estamentos, se elabora el proyecto definitivo y, finalmente, se presenta al Consejo Directivo de CONAMA para su aprobación. Cada una de estas etapas contempla también respectivas publicaciones para conocimiento del público general.

Durante el proceso de dictación de una norma ambiental, existen dos instrumentos que son de carácter público permanente destacables: La Tabla Pública, que da cuenta de la materia y el estado en que se encuentran los distintos procesos de las normas, sus plazos y gestiones pendientes, indicación de la fecha de inicio del proceso; y el Expediente Público, que contiene las resoluciones que se dictan, las consultas evacuadas, las observaciones que se formulan, y todos los datos y documentos relativos a la dictación de la norma.

3.1 ANTECEDENTES

El antecedente preliminar que sirvió de base a la dictación de la norma, fue el documento “Una Propuesta de Anteproyecto de Norma Secundaria de Calidad Ambiental sobre Preservación de la Calidad Astronómica de los cielos de la II, III y IV Regiones”, elaborado por Observatorio Interamericano de Cerro Tololo; Observatorio Europeo Austral; Observatorio Las Campanas; Departamento de Astronomía de la Universidad de Chile; y el Departamento de Astronomía y Astrofísica de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

En marzo del año 1997, se dio inicio a la Elaboración del Anteproyecto de Norma para la Regulación de la Contaminación Lumínica, luego de que en enero de 1997 se modificara el Primer Programa Priorizado de Normas Ambientales, en relación a que la regulación de la contaminación lumínica se debía llevar a cabo a través de la dictación de una norma de emisión y no de una norma secundaria de calidad ambiental.

En esta etapa se acompañaron los estudios científicos, económicos, jurídicos, informes, y otros antecedentes que fueron incorporados al expediente respectivo y que permitieron justificar su dictación.

Posteriormente, en mayo de 1998, se sometió a consulta el Anteproyecto de Norma, al Consejo Consultivo Nacional de CONAMA y a la opinión pública, quienes formularon observaciones que fueron analizadas y valoradas para la redacción del texto definitivo.

En la consulta pública participaron las municipalidades de ciudades pertenecientes a la II, III y IV regiones, empresas privadas, consultoras ambientales, profesionales del área, y Universidades, entre otros.

Es importante señalar que para la elaboración de esta norma, diversos fueron los organismos estatales y privados que participaron en su proceso de dictación. Estos se señalan a continuación.

3.2 GRUPO DE TRABAJO

El grupo de trabajo para la dictación del D.S N° 686/98 estuvo integrado por las siguientes entidades: la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, SEC; La Comisión Nacional de Energía; el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, MINVU; el Ministerio de Relaciones Exteriores, RREE; la Asociación Chilena de Municipalidades; y la Comisión Nacional del Medio Ambiente, CONAMA. También participaron la Sociedad Nacional de Minería, SONAMI; el Laboratorio de Ensayos Luminotécnicos de la Universidad Católica de Valparaíso; y Phillips Chilena S.A.

3.3 CRONOGRAMA

El siguiente es el cronograma de trabajo que se inició sobre la base de un documento preparado por los observatorios astronómicos.

- ☞ El 13 de marzo de 1997 se da inicio a la elaboración del anteproyecto de norma para la regulación de la contaminación lumínica
- ☞ Se recopilan estudios científicos, informes y antecedentes.
- ☞ El 16 de abril de 1998 se aprueba el anteproyecto de norma para la regulación de la contaminación lumínica.
- ☞ El 20 de mayo de 1998 se procede a la etapa de consulta a los organismos competentes públicos, privados y comunidad en general.

- ✍ Las observaciones fueron analizadas con los resultados del análisis general de impacto económico y social del anteproyecto de norma. A partir de esto, se elaboró el Proyecto Definitivo de la norma
- ✍ El 25 de septiembre de 1998, este Proyecto Definitivo fue aprobado por el Consejo Directivo de CONAMA
- ✍ El 7 de diciembre de 1998 se firma el Decreto Supremo de la norma.
- ✍ Posterior a la Toma de Razón por parte de la Contraloría, se publica en el Diario Oficial el 02 de agosto de 1999 la nueva norma (D.S. N° 686/98 MINECON).
- ✍ Entrada en vigencia el día 01 de octubre de 1999 (60 días después de su publicación).

3.4 ANALISIS GENERAL DEL IMPACTO ECONOMICO Y SOCIAL DE LA NORMA

Esta normativa tiene como principal objeto la reglamentación de las principales fuentes de Contaminación Lumínica que son, el alumbrado de exteriores, el alumbrado de vías públicas, ornamental y de parques, de instalaciones deportivas, de las instalaciones recreativas, del exterior de edificios particulares y públicos, de las instalaciones lumínicas de empresas privadas y anuncios iluminados.

Específicamente se evitará la emisión de luz hacia el hemisferio superior de cada luminaria (hacia el cielo), fomentándose la tendencia progresiva de la sustitución de lámparas de vapor de mercurio por de sodio de baja o alta presión y la utilización de luminarias sin inclinación.

Al respecto, cabe destacar que es una favorable coincidencia que las lámparas menos dañinas para la astronomía, sean además mucho más eficientes desde el punto de vista de consumo de energía, y que los equipos de iluminación que cumplen con la normativa propuesta son de producción normal en fábricas de luminarias lo que no tiene un sobreprecio asociado al proceso. Por lo tanto, la implementación de esta normativa, lejos de constituir un gasto, generará un ahorro energético considerable al país.

En el país el mayor número de luminarias externas corresponden al alumbrado público, por lo cual los municipios serán los principales afectados por la promulgación de la norma de emisión sobre contaminación lumínica en las regiones II, III y IV, las cuales reportan un gran interés para el desarrollo de la actividad astronómica.

Por otra parte las empresas que trabajan en faenas continuas durante todo el año también se verán afectadas por dicha normativa. Los principales afectados serán las empresas mineras, termoeléctricas, pesqueras y pisqueras, puesto que son las de mayor envergadura y cuentan con numerosas plantas en las regiones anteriormente mencionadas.

Un estudio realizado por la Comisión Nacional de Energía demostró que a pesar de que el cambio de luminarias de baja eficiencia lumínica por luminarias de alta eficiencia implica una alta inversión económica, ésta sería amortizada rápidamente por el ahorro energético que generan los sistemas de alta eficiencia, a que consumen entre un 25 y un 40 % menos de energía. Además se genera un ahorro de los costos de mantención y reposición de luminarias y lámparas al instalar equipos con una mayor vida útil.

Algunas conclusiones acerca de este análisis general del impacto económico y social de la norma, son las siguientes:

- ? Se estima que el valor total de luminarias y lámparas que deben ser sustituidas en las municipalidades y empresas consultadas para este análisis, alcanza los \$113.5 millones. Este valor supone que al pasar de una lámpara de mercurio a una de sodio no se cambia la luminaria.
- ? En el mejor escenario (sin efecto retroactivo) hay beneficios a partir del segundo año, y son crecientes hasta el quinto, donde alcanza el valor máximo. En el peor escenario, los beneficios son máximos desde el segundo año.
- ? A partir del cuarto año los beneficios son los mismos, al tener ambas situaciones el parque completo de lámparas con bajo consumo de energía.
- ? Se considera que para el comercio, los edificios y plazas, el costo de la aplicación de la norma puede ser nulo o poco significativo, al existir en algunos de estos casos la opción de ajuste de horario.

3.5 EXPEDIENTE PUBLICO

El expediente público contiene todos los estudios y antecedentes concernientes al procedimiento de dictación del D.S. N° 686/98 del MINECON. Incluye documentos de información general y preliminar para el proceso de dictación, incorpora documentos emanados directamente del proceso, tales como resoluciones, cartas, etc., y reúnen las actas de las reuniones y los documentos del grupo de trabajo. Todas estas partes están debidamente foliadas.

Los estudios y antecedentes que se incluyen en el expediente público, son los siguientes:

1. Estudios Técnicos, Científicos y Económicos para una Propuesta de Anteproyecto de Norma Secundaria de Calidad Ambiental sobre Preservación de la Calidad Astronómica de los Cielos de la II, III y IV Regiones. Observatorio Interamericano de Cerro Tololo, Observatorio Europeo Austral, Observatorio Las Campanas, Depto. de Astronomía de la Universidad de Chile, Depto. de Astronomía y Astrofísica de la Pontificia Universidad Católica de Chile, 1996.
2. Respuestas Ord. N° 961140 de Jefe Unidad de Descontaminación, Planes y Normas. Mark M. Phillips H., Ricardo Schmidt H. (Observatorio Interamericano de Cerro Tololo) y Enrique Piraíno D. (Universidad Católica de Valparaíso), 1996.

3. High Quality Astronomical Sites Around The World. Merle F. Walker. Lick Observatory, University of California, Santa Cruz, 1983.
4. Guide Lines for Minimizing Urban Sky Glow Near Astronomical Observatories, Publication International Astronomical Union / International Commission On Illumination, N° 1: 1980. R. Cayrel and F .G. Smith (IAU), and A. J. Fisher and J. B. de Boer (CIE).
5. La Calidad Astronómica de los Observatorios Astronómicos. Conceptos Sobre Contaminación Lumínica. Oficina Técnica para la Protección de la calidad del Cielo. Francisco Javier Díaz Castro, 1996
6. Informe Sobre la Factibilidad Económica de la Norma de Emisión para la Regulación de la Contaminación Lumínica en la II, III y IV Regiones. Informe Económico. Unidad de Economía Ambiental, Comisión Nacional del Medio Ambiente, Santiago, 1997.

IV DECRETO SUPREMO N° 686/98 DEL MINISTERIO DE ECONOMÍA, FOMENTO Y RECONSTRUCCIÓN (Diario Oficial del 2 de agosto de 1999)

4.1 TEXTO DE LA NORMA

I OBJETIVO Y RESULTADOS ESPERADOS

1.1 Objetivo de protección ambiental y resultados esperados

La presente norma tiene por objetivo prevenir la contaminación lumínica de los cielos nocturnos de la II, III y IV regiones, de manera de proteger la calidad astronómica de dichos cielos, mediante la regulación de la emisión lumínica. Se espera conservar la calidad actual de los cielos señalados y evitar su deterioro futuro.

II DISPOSICIONES GENERALES

2.1 La presente norma establece la cantidad máxima permitida de emisión lumínica hacia los cielos nocturnos, medida en el efluente de la fuente emisora.

2.2 Para todos los efectos de esta norma, se entenderá por:

- a) **Calidad Astronómica de los Cielos:** El conjunto de condiciones ambientales del cielo que determinan su aptitud para la observación del cosmos.
- b) **Cielos Nocturnos:** Son aquellos que se producen desde una hora después de la puesta de sol y hasta una hora antes de su salida.
- c) **Eficacia Luminosa:** Cuociente entre el flujo luminoso y el flujo radiante correspondiente.
- d) **Efluente:** El plano horizontal que pasa por la fuente emisora.
- e) **Emisión Lumínica:** Es la emisión de flujo luminoso.
- f) **Flujo Radiante:** Potencia emitida, transportada o recibida en forma de radiación.
- g) **Flujo Luminoso:** Magnitud derivada del flujo radiante por la evaluación de la radiación, según su acción sobre un receptor selectivo, cuya sensibilidad espectral se define por las eficiencias luminosas espectrales normalizadas (visión fotópica).
- h) **Flujo Luminoso Nominal:** Flujo declarado por el fabricante, en lúmenes.
- i) **Flujo Hemisférico Superior:** Flujo emitido sobre un plano horizontal que pasa por la fuente.

- j) **Fuente Emisora:** Lámpara instalada en una luminaria que emite flujo hemisférico superior.
- k) **Fuente Existente:** Es la fuente emisora instalada con anterioridad a la entrada en vigencia de la presente norma.
- l) **Fuente Nueva:** Es la fuente emisora instalada con posterioridad a la entrada en vigencia de la presente norma.
- m) **Lámpara:** Dispositivo construido con el fin de producir luz.
- n) **Luminaria:** El aparato que sirve para repartir, filtrar o transformar la luz de las lámparas y que incluye todas las piezas necesarias para fijarlas, protegerlas y conectarlas al circuito de alimentación.
- ñ) **Lumen:** Unidad del Sistema Internacional del Flujo Luminoso emitido en la unidad de ángulo sólido (estéreo-radián) por una fuente puntual uniforme que tiene una intensidad luminosa de una candela.
- o) **Proyector:** Luminaria en la cual la luz se concentra en un ángulo sólido determinado por medio de un sistema óptico (espejos o lentes), con el fin de producir una intensidad luminosa elevada.

2.3 La presente norma de emisión no se aplicará a las siguientes fuentes emisoras:

- a) Aquéllas cuya iluminación es producida por la combustión de gas natural u otros combustibles.
- b) Aquéllas destinadas a la iluminación ornamental utilizada durante festividades populares, siempre que no excedan de 60 watt.
- c) Aquéllas que sean necesarias para garantizar la navegación aérea y marítima.
- d) Aquéllas propias de los vehículos motorizados.
- e) Aquéllas de emergencia necesarias para la seguridad en el tránsito de calles y caminos.
- f) Aquéllas destinadas a la iluminación de vitrinas.
- g) Aquéllas destinadas a iluminar espacios cerrados.
- h) Aquéllas destinadas al alumbrado de instalaciones deportivas o recreativas y las destinadas a la iluminación de avisos y letreros, cuando la eficacia luminosa de la fuente de luz utilizada en los casos señalados no sea inferior a 140 lúmenes por watt.
- i) Los proyectores láser utilizados para fines astronómicos.

III LIMITES MAXIMOS PERMITIDOS

La cantidad máxima permitida de emisión lumínica hacia los cielos nocturnos, medida en el efluente de la fuente emisora, será la siguiente:

3.1 Las lámparas cuyo flujo luminoso nominal sea igual o menor a 15.000 lúmenes, no podrán emitir, una vez instaladas en la luminaria, un flujo hemisférico superior mayor al 0,8 % de su flujo luminoso nominal.

Las lámparas de flujo luminoso nominal superior a 15.000 lúmenes, no podrán emitir, una vez instaladas en la luminaria, un flujo hemisférico superior que exceda del 1,8 % de su flujo luminoso nominal.

Tratándose de las lámparas destinadas al alumbrado de vías públicas deberán, además, limitarse al espectro del ancho de banda de luz visible para el ojo humano (entre 350 y 760 nanómetros), para lo cual la eficacia luminosa de las fuentes de luz utilizadas no podrá ser inferior a 80 lúmenes por watt.

3.2 Las lámparas instaladas en proyectores, las instaladas en luminarias destinadas al alumbrado de jardines, playas, parques y demás áreas naturales, y las destinadas al alumbrado ornamental de edificios y monumentos, cuyo flujo luminoso nominal sea igual o menor a 9.000 lúmenes, no podrán emitir un flujo hemisférico superior mayor al 5 % de su flujo luminoso nominal.

Estas lámparas deberán ajustarse a lo establecido en el punto 3.1, incluida la exigencia sobre eficacia luminosa establecida para el alumbrado de vías públicas, cuando su flujo luminoso nominal sea superior a 9.000 lúmenes.

3.3 Las lámparas destinadas al alumbrado de instalaciones deportivas o recreativas se someterán a lo establecido en el punto 3.1 desde las 2:00 horas AM.

3.4 Las lámparas destinadas a la iluminación de avisos y letreros no se someterán a lo establecido en el punto 3.1. Sin embargo, desde las 1:00 horas AM no podrán emitir un flujo hemisférico superior mayor al 0,8 % de su flujo luminoso nominal.

Dicho porcentaje no será aplicable a aquellos anuncios y letreros que se ubiquen en recintos comerciales mientras permanezcan abiertos al público.

3.5 Los proyectores láser no se someterán a lo establecido en el punto 3.1. Sin embargo, desde las 2:00 horas AM no podrán emitir flujo hemisférico superior, por lo que, en ese horario, no podrán orientarse sobre la horizontal.

3.6 Los horarios señalados en los puntos 3.3, 3.4 y 3.5 comenzarán a regir una hora después, durante los días sábados, domingos y festivos.

IV PLAZOS DE CUMPLIMIENTO DE LA NORMA

4.1 Las fuentes existentes deberán cumplir con la norma de emisión establecida en el presente decreto, de acuerdo a lo siguiente:

a) Las fuentes existentes a que se refiere los puntos 3.1 y 3.2, con excepción de aquellas destinadas al alumbrado de vías públicas, al momento de ser sustituida la luminaria. En todo caso deberán cumplir con la presente norma de emisión a más tardar en el plazo de cinco años a contar de su entrada en vigencia.

b) Las fuentes existentes destinadas al alumbrado de vías públicas, al momento de ser sustituida la luminaria. En todo caso deberán cumplir con la presente norma de emisión a más tardar en el plazo de seis años a contar de su entrada en vigencia.

c) Las fuentes existentes señaladas en los puntos 3.3, 3.4 y 3.5, a contar de su entrada en vigencia.

4.2. Las fuentes nuevas deberán cumplir con la norma de emisión establecida en el presente decreto, en el momento que sean instaladas.

V METODOLOGIA DE MEDICION Y CONTROL

5.1 El control que realice el organismo fiscalizador considerará los siguientes métodos de medición:

5.2 La medición de la emisión lumínica hacia los cielos nocturnos se realizará en los laboratorios que cumplan con los requisitos señalados en la presente norma, y bajo las condiciones establecidas en la misma. Los ensayos se realizarán con una muestra representativa de las luminarias y/o proyectores.

5.3 El cumplimiento de la presente norma se verificará con un informe técnico que así lo establezca, fundado en mediciones realizadas en alguno de los laboratorios señalados en el punto anterior, y cuando la instalación de la fuente corresponda a las condiciones de instalación asumidas para el ensayo. Estas últimas deberán ser consignadas en el mencionado informe técnico.

5.4 Condiciones Generales

5.4.1 Laboratorio

a) **Luz Externa.** Se deben tomar precauciones para eliminar la luz externa de la cercanía de la prueba por medio del uso de un protector y desviador adecuado. Particular atención se debe dar al arreglo desviador-protector, de manera que la única luz que incida en el receptor sea la transmitida directamente desde el proyector y/o luminaria.

- b) **Temperatura Ambiental.** La temperatura ambiental de laboratorio fotométrico deberá ser mantenida en $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($77^{\circ}\text{F} \pm 9^{\circ}\text{F}$).
- c) **Selección de la Lámpara de Prueba y Envejecimiento.** Las lámparas que el laboratorio utilice en las pruebas y que son parte de su instrumental y equipamiento, deberán ser seleccionadas en conformidad con las dimensiones de diseño y construcción establecidas por los fabricantes de los artefactos. Las lámparas deberán ser envejecidas hasta que sus características permanezcan constantes durante la prueba.
- (1) Las lámparas incandescentes deberán ser probadas en condiciones de corriente constante de modo de obtener aproximadamente un 75% de los lúmenes nominales de salida.
 - (2) Las lámparas de descarga deberán ser operadas a la tensión de línea nominal. Antes de tomar cualquier dato, deberán tomarse lecturas cada quince minutos hasta que la lámpara sea estable.
- d) **Distancia de Prueba.** Es la distancia recorrida por la luz desde el centro goniométrico hasta el fotoreceptor, y debe ser suficiente para que se ajuste a la ley del cuadrado-inverso de la distancia.

5.4.2 Requerimientos Eléctricos

- a) **Regulación de Poder.** La tensión no deberá variar más de $\pm 0,5\%$ durante la prueba.
- b) **Forma de Onda.** El suministro de potencia ac deberá ser tal, que la sumatoria de la raíz cuadrática media (rms), de los componentes armónicos, no exceda un 3% de la fundamental.
- c) **Instrumentación.** Al usar equipos digitales o analógicos, el rango deberá ser seleccionado de modo que sea usada la porción media a máxima del rango seleccionado para cualquier medida específica. Como las lámparas de descarga en gases pueden presentar formas de onda fuertemente distorsionadas, los instrumentos ac (tensión y corriente) deberán ser seleccionados de modo que respondan a valores rms verdaderos. Los instrumentos de potencia deberán indicar el promedio verdadero.

No deben utilizarse instrumentos cuyas escalas están calibradas en valores rms pero cuyas deflecciones o lecturas dependen sobre valores promedio o valores peak.

5.4.3 Goniómetros

- a) **General.** El goniómetro debe ser un medio de montaje para el proyector y luminaria y un medio para rotarlos a través del recorrido angular requerido. El goniómetro debe ser lo suficientemente rígido como para entregar la medida correcta de los ángulos aun cuando haya una carga desequilibrada que sea apreciable. La construcción del goniómetro debe permitir un exacto posicionamiento angular y deberá ser reproducible dentro de un rango de tolerancia de $0,5^\circ$. El goniómetro debe permitir generar los distintos sistemas de posicionamiento angular sin que sea necesario el tener que someter a la lámpara a angulaciones que provoquen una variación en su flujo. Esto se logra, por ejemplo, con un goniómetro de espejo.
- b) **Eje de Coordenadas Polares.** El goniómetro debe ser diseñado para usar un sistema de eje de coordenadas polares horizontal o un sistema de eje de coordenadas polares vertical.
- c) **Sensores de Luz.** Un elemento sensible a la luz será utilizado para las medidas de iluminación. La combinación del sensor y su equipo de medida deberán ser probados por linealidad de respuesta a través del rango en el cual es usado, así como para liberarlos de influencias de fatiga y temperatura en la sensibilidad del sensor. Puede ser necesario usar filtros de corrección especialmente diseñados para el sensor en particular.

5.4.4 Posicionamiento de las Lámparas/Luminarias

El centro de luz de la lámpara de prueba debe ubicarse en el goniómetro de manera tal que esté en el centro de intersección de los ejes del goniómetro. Se deben tomar precauciones para corregir las posiciones ópticas para la lámpara desnuda o luminaria en relación con los ejes fotométricos.

5.4.5 Preparación del Equipo para la Prueba

- a) **Posicionamiento del Proyector o Luminaria en el Goniómetro.** Cuando el centro de luz de la lámpara de prueba no está encerrado por el reflector, el proyector o luminaria (en adelante “equipo”), deberá ser montado en el goniómetro de manera tal que el centro de luz esté en el centro de la lámpara, y a su vez en el centro del goniómetro. Cuando hay más de una lámpara que no está encerrada por el reflector, el equipo deberá ser montado en el goniómetro de manera tal que el centro aparente de luz de las lámparas esté en el centro del goniómetro. Cuando el centro de luz de la lámpara está al interior del reflector, el equipo deberá ser posicionado de manera tal que el centro de la apertura del reflector coincida con el centro del goniómetro.
- b) **Orientación de la Lámpara.** Cuando el reflector del equipo y la lámpara son diseñados para una relación fija entre ellos, tal como ocurre con lámparas de base preenfocadas, la posición normal deberá ser usada para la prueba. Cuando

la relación no es fija, así como cuando es usada una lámpara de base atornillada, el siguiente arreglo debe ser adoptado a menos que se establezca otra cosa en el informe:

- (1) Cuando las lámparas incandescentes tengan filamentos, tales como tungsteno halogenado, y son usadas con sus ejes perpendiculares al eje del reflector, las pruebas deberán ser conducidas con el extremo abierto del filamento o tetilla de llenado alejándose del elemento óptico principal.
- (2) Cuando las lámparas incandescentes tengan filamentos de tungsteno halogenados, y son usadas con sus ejes paralelos al eje del reflector, las pruebas deberán ser conducidas con el extremo abierto del filamento, apuntando hacia arriba en relación a la posición horizontal del eje del reflector.
- (3) Cuando las lámparas de descarga luminosa son usadas de manera que el eje de la lámpara está a lo largo del eje del reflector principal, las pruebas deberán ser conducidas con la vara de soporte del tubo de arco arriba del tubo de arco en relación a la posición horizontal del eje del reflector. Si se utilizan dos soportes de tubo de arco, ellos deberán estar en la línea de centro vertical.
- (4) Cuando las lámparas de descarga luminosa son usadas de manera que el eje de la lámpara es perpendicular al eje principal del reflector, las pruebas deberán ser conducidas con las varas de soporte del tubo de arco, en un plano paralelo al eje principal del reflector. Cuando sólo se presenta una vara de soporte, deberá ser rotada alejándola del reflector.

Las orientaciones anteriores de las lámparas son escogidas para permitir un promedio de los valores de los lados del haz con distorsión mínima de la forma del haz e información. Cuando es usada una lámpara incandescente teniendo una configuración lineal de filamento, deberá ser tratada del mismo modo que las lámparas de descarga luminosa. Para las condiciones no definidas arriba, la orientación de la lámpara deberá ser determinada y el posicionamiento anotado para referencia.

- c) Enfoque. En unidades de foco fijo, el centro de luz de la lámpara deberá ser localizado en el punto focal de diseño del reflector. Esto significa que el largo del centro de la luz de la lámpara de prueba debe ser medido, y la posición de la lámpara ajustada si la lámpara de prueba no tiene el mismo largo de centro de luz como la lámpara nominal.

En unidades de foco ajustables, la lámpara deberá ser ajustada en el proyector para otorgar el haz específico para la cual es usada. La posición de la lámpara usada para la prueba deberá estar establecida en el informe.

5.4.6 Calibración

Se usará el método relativo para establecer los resultados de la prueba para el proyector en términos de la operación de la lámpara en las condiciones nominales. Para los pronósticos

de la prueba este método permite el uso de cualquier lámpara del tipo deseado teniendo dimensiones físicas propias. La lámpara no necesita operar a los lúmenes nominales. La misma instrumentación es usada para mediciones tanto de la lámpara como del proyector; por lo tanto, los efectos de las diferencias de respuesta del instrumento son llevados a un mínimo. Los datos son ajustados a la información nominal dada por el fabricante de ese tipo de lámpara.

La corriente de la lámpara, deberá ser chequeada con un instrumento calibrado teniendo una precisión de $\pm 0,25\%$.

En el método relativo, la luz relativa total emitida por la lámpara de prueba estará determinada por la suma de los productos de cada intensidad lumínica relativa por sus áreas zonales angulares sólidas respectivas (constantes de lúmenes). Las lecturas deberán ser tomadas a intervalos verticales de 10 grados (5,15,25,35 grados... y así sucesivamente) y a espacios de 8 o más intervalos iguales para cada intervalo vertical de esta sumatoria. Las intensidades lumínicas relativas son aquellas que son medidas en un sistema de respuesta lineal, usualmente no calibrado directamente en candelas. Se calculará una constante k , tomando la relación de la emisión de lúmenes nominales para la lámpara específica a la emisión de luz total relativa de la lámpara de prueba. Las intensidades lumínicas relativas deberán ser multiplicadas por la constante k , para calcular las intensidades lumínicas (en candelas) en términos de la clasificación para el tipo de lámpara usada. La razón de la intensidad lumínica calibrada (en candelas) a la intensidad medida por el instrumento, es la constante de calibración o constante k .

La constante k a que se refiere el párrafo anterior, deberá ser aplicada a cualquier lectura posterior durante la prueba del proyector. Deberá ser utilizada para convertir las lecturas del instrumento a intensidades lumínicas (en candelas), las cuales representarán a la lámpara en el proyector, como si estuviera operando a las condiciones nominales.

El método de calibración compensa esta diferencia que pudiera haber entre la emisión de la lámpara usada en la prueba y la emisión de la lámpara que se use efectivamente en el proyector o luminaria.

Cuando las lecturas de intensidad lumínica son tomadas en la combinación lámpara-luminaria, la lámpara de prueba deberá ser operada en la misma posición como lo fue durante la calibración de la lámpara. Es necesario corregir los cambios que ocurren en la emisión de luz si la posición de la lámpara al interior de la luminaria no concuerda con la posición de la lámpara durante la calibración. Esto se logra determinando un factor de corrección para este cambio de posición.

5.5 Método para Pruebas de Fotometría de Luminarias Utilizando Filamento Incandescente y Lámparas de Descarga de Alta Intensidad

5.5.1 En este método, la determinación del Flujo Hemisférico Superior se establece a partir de la determinación de los porcentajes de flujo de lámpara emitidos por la luminaria en el hemisferio superior. Para ello es preciso investigar fotométricamente la emisión de luz en el hemisferio superior de la luminaria hasta un ángulo de elevación de al menos 135 grados.

5.5.2 Informe Técnico

El informe técnico deberá incluir a lo menos lo siguiente:

a) Información General

- (1) Número de informe y fecha
- (2) Identificación del organismo que emite el informe
- (3) Período de validez del informe
- (4) Solicitante del informe

b) Descripción de la Luminaria

- (1) Nombre del fabricante
- (2) Número del catálogo y/o descripción adecuada para identificar el artefacto ensayado
- (3) Dimensiones que den una idea general del tamaño
- (4) Ubicación del centro de luz, en general, dimensiones y posición del soquete
- (5) Tipo de refractor

c) Descripción de la Lámpara

- (1) Identificación del tipo de lámpara
- (2) Potencia, tensión y lúmenes nominales de lámpara
- (3) Forma del bulbo y tipo de base
- (4) Construcción del filamento y longitud del centro de luz

d) Datos del Fotómetro o Sensor

- (1) Marca y modelo del sensor
- (2) Distancia de prueba

e) Datos relacionados con la emisión de la lámpara instalada en la luminaria

- (1) Una tabla de valores de intensidad luminosa emitida por la lámpara instalada en la luminaria a partir del ángulo de elevación de 90 grados hasta 135 grados, con intervalos de 5 grados.
- (2) El porcentaje de flujo de lámpara emitido por la lámpara instalada en la luminaria hacia el hemisferio superior.
- (3) Posición angular de montaje de la luminaria.
- (4) Verificación del cumplimiento de la norma

f) Información Opcional

- (1) Datos completos de distribución de intensidad en discos computacionales en algún formato internacionalmente reconocido.

5.6 Método Para Pruebas Fotométricas De Proyectores Usando Lámparas De Filamento Incandescente o Lámparas De Descarga

5.6.1 Clasificación de Proyectores

La forma de medición y ubicación de los datos estará determinada por la clasificación del proyector. La clasificación de los proyectores estará basada en el ancho del haz de luz del proyector tanto en el eje horizontal como vertical de la distribución de intensidades. La clasificación será designada por números tipo, como está listado en la Tabla 1.

Para una distribución simétrica rotacional, el tipo de proyector se definirá como el promedio del ángulo horizontal y vertical del haz de luz. Para proyectores de distribución con simetría no rotacional, el tipo se designará por el ángulo horizontal y vertical del haz de luz, y en ese orden. Por ejemplo, un proyector con un ángulo horizontal de haz de luz de 75 grados (Tipo 5) y un ángulo vertical de campo de 35 grados (Tipo 3), sería designado como un proyector Tipo 5x3.

Tabla 1- Designaciones de Proyector y Tamaño de Zonas			
Tipo	Angulo de Campo (grados)	Tamaño de Zona de Prueba (grados)	Número de Puntos de Prueba en Matriz de Haz
1	10 hasta 18	1	100 a 324
2	18 hasta 29	2	100 a 256
3	29 hasta 46	3	100 a 256
4	46 hasta 70	5	100 a 196
5	70 hasta 100	8	100 a 196
6	100 hasta 130	10	100 a 196
7	130 hasta 180	10	196 a 324

5.6.2 Selección de Angulos y Zonas para Mediciones Fotométricas

- a) **General.** Los cálculos realizados a partir de los datos de la prueba, están hechos bajo el supuesto de que una medición de intensidad en el centro de una zona representa la intensidad promedio en toda la zona. Por lo tanto, para la uniformidad en la clasificación es necesario que se adopte un procedimiento estandarizado para escoger el tamaño de la zona.
- b) **Procedimiento para Selección del Tamaño de Zona.** El procedimiento para seleccionar el tamaño de zona apropiado es el siguiente:
 - (1) Observar la forma de distribución del proyector como proyectada en una superficie perpendicular al eje de la distribución.
 - (2) Si la distribución tiene un máximo único, se debe efectuar una búsqueda exploratoria de la intensidad lumínica a lo largo de los ejes horizontal y vertical a través del punto de intensidad máxima. Debe determinarse la posición angular a lo largo de esos ejes donde la intensidad es 10 por ciento de la máxima. El número de grados entre estas posiciones de 10 por ciento

en cada eje será usado para determinar el tamaño de zona de la prueba. La relación entre el ángulo y el tamaño de la zona de prueba se muestra en la Tabla 1.

- (3) Si la distribución tiene dos máximos o una serie de máximos de igual o casi igual valor en una línea, se debe realizar una búsqueda exploratoria de la intensidad a lo largo de un eje a través de esos máximos y a lo largo de un eje perpendicular al primer eje y centrado con respecto al grupo de máximos. Se debe determinar la posición angular a lo largo de esos ejes donde la intensidad es de 10 por ciento de la máxima. La cantidad de grados entre estas posiciones en cada eje será usada para determinar el tamaño de la zona de prueba. La relación entre el ángulo y el tamaño de la zona de prueba se muestra en la Tabla 1.
- (4) Si la distribución tiene un máximo único deprimido en el centro o un anillo de máximos se procederá como en (2), pero con los ejes centrados en el centro de la depresión.

- c) **Angulo de Campo.** Es el número de grados entre las posiciones de la intensidad del 10 por ciento de la intensidad lumínica máxima. Este ángulo será utilizado para determinar el Tipo y el Tamaño de la Zona de Prueba.

Cuando el ángulo máximo de campo no ocurre en el eje, deberá ser registrado el ángulo máximo de campo y su posición.

5.6.3 Distancia de Prueba

La distancia de prueba mínima para probar los proyectores del Tipo 4 al Tipo 7, será de 8 a 10 metros (26 a 30 pies). Una distancia de 25 metros (82 pies) es el mínimo para probar proyectores Tipo 2 y Tipo 3.

5.6.4 Procesamiento de los Datos Fotométricos

Los siguientes pasos deberán contemplarse en el desarrollo de la información de las características del proyector:

- (1) Cuando la distribución se asume simétrica en relación con los lados derecho e izquierdo, puede ser promediada la intensidad correspondiente (en candelas) en los lados derecho e izquierdo de la distribución.
- (2) Si la información fue tomada usando un goniómetro Tipo A o Tipo C (no recomendado), será necesario convertir este arreglo de información a un arreglo de información correspondiente a los ángulos en el sistema de coordenadas Tipo B, por medio de interpolación.
- (3) Crear un conjunto de isocurvas de intensidad lumínica constante a partir de los valores tomados. Debe usarse el arreglo de los valores de intensidad después de la conversión a la información de Tipo B.
- (4) Calcular el flujo lumínico (en lúmenes) en cada zona o área ensayada usando la constante de lumen apropiada.

- (5) Sumar los flujos lumínicos en todas las zonas que tienen una intensidad lumínica central igual o mayor que el 10 por ciento de la intensidad lumínica máxima para obtener el flujo de campo lumínico.
- (6) Calcular la eficiencia de campo del proyector, dividiendo el flujo de campo lumínico por el flujo lumínico nominal de la lámpara.
- (7) La luz de fuga deberá ser calculada por uno de los métodos comentados. Cuando esta distribución es simétrica en relación a los lados derecho e izquierdo, la información será presentada en forma de un diagrama que muestra el flujo lumínico en las zonas basado en el promedio de los lados derecho e izquierdo.
- (8) Calcular la eficiencia total (opcional) dividiendo el flujo lumínico total del proyector (sumatoria del flujo de campo más el flujo de la luz de fuga) por el flujo lumínico de la lámpara asignado en la determinación de las candelas de zona central.
- (9) Para todos los efectos de representación de la información fotométrica se considerará una lámpara de 1000 lúmenes.

5.6.5 Informe Técnico.

El informe técnico deberá incluir a lo menos lo siguiente:

a) Información General

- (1) Número de informe y fecha
- (2) Identificación del organismo que emite el informe
- (3) Período de validez del informe
- (4) Solicitante del informe

b) Descripción del proyector

- (1) Nombre del fabricante
- (2) Tipo de proyector, número de catálogo, descripción para identificar el proyector
- (3) Bosquejo del proyector mostrando el tamaño y dimensiones
- (4) Forma del reflector, material y dimensiones

c) Descripción de la Lámpara

- (1) Tipo, orden de abreviación, servicio
- (2) Clasificación en watt, volt, amperes y lúmenes nominales
- (3) Forma del bulbo, tamaño, término y tipo de base
- (4) Construcción de filamento o arco y longitud del centro de luz
- (5) Especificación de posiciones de soporte o alambres de alimentación
- (6) Filamento o arco nominal y dimensiones reales de la fuente de luz
- (7) Posición del centro de luz durante la prueba

d) Características de Distribución

- (1) Curva de distribución horizontal y vertical
- (2) Intensidad lumínica máxima (en candelas) y posición
- (3) Angulo de campo en grados en ambas direcciones horizontal y vertical, a 10 por ciento de la candela máxima
- (4) Angulo del haz en grados en ambas direcciones horizontal y vertical, a 50 por ciento de la candela máxima

- (5) Flujo del campo, luz de fuga y haz, en porcentaje acumulativo del flujo de la lámpara en función de los planos B
 - (6) Flujo total (en lúmenes) y eficiencia total (opcional)
- e) Datos del Fotómetro o Sensor
- (1) Marca y modelo del sensor
 - (2) Distancia de prueba
- f) Datos relacionados con la emisión de la lámpara instalada en el proyector
- (1) Tabla de flujos lumínicos en lúmenes por cada zona al interior del ángulo de campo (promedio por lados derecho e izquierdo cuando son simétricos)
 - (2) Tabla del flujo lumínico en lúmenes por cada zona de luz de fuga (promedio por lados derecho e izquierdo cuando son simétricos) cuando es especificado por el usuario
 - (3) Curvas de igual intensidad lumínica (en candelas) en el ángulo de campo (promedio por lados derecho e izquierdo cuando son simétricos)
 - (4) Tablas de intensidades lumínicas en candelas en centros de zona (promedio por lados derecho e izquierdo cuando son simétricos) cuando es especificado por el usuario
 - (5) Verificación del cumplimiento de la norma
- g) Otros Datos
- (1) Datos completos de distribución de intensidad en discos computacionales en algún formato internacionalmente reconocido.

VI AMBITO DE APLICACION TERRITORIAL

La presente norma de emisión se aplicará dentro de los actuales límites territoriales de las regiones II, III y IV.

VII FISCALIZACION

Para efectos de la fiscalización del cumplimiento de la presente norma, el organismo del Estado competente será la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.

Corresponderá a las Municipalidades respectivas, en cumplimiento de lo dispuesto en el inciso segundo del artículo 5 de la Ley 18.695, Orgánica Constitucional de Municipalidades, colaborar en la fiscalización del cumplimiento de esta norma.

VIII VIGENCIA

La presente norma entrará en vigencia sesenta días después de su publicación en el Diario Oficial.

V ASPECTOS ABORDADOS POR EL MANUAL DE APLICACION

5.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES

Las definiciones aquí dadas están orientadas a complementar las contenidas en el artículo II, número 2.2 del Decreto Supremo N° 686/98 del MINECON, para una mejor comprensión por parte de los interesados y por tanto no las sustituyen ni modifican.

- a) **Lámpara:** Es aquel objeto que produce luz y que por lo común se conoce como ampolleta.
- b) **Luminaria:** Artefacto en el cual se instala la lámpara y que, junto con servir de soporte a ella, permite redireccionar su luz. Normalmente contiene el equipo eléctrico auxiliar de las lámparas (condensador, ignitor, transformador, etc.) cuando es requerido.
- c) **Proyector:** También se le denomina reflector o “foco” y su característica principal es que es orientable, permitiendo iluminar objetos o zonas específicas.
- d) **Lámpara Emisora:** Se está identificando aquella lámpara que por sí misma o por la luminaria o proyector en que esté instalada, está enviando luz hacia el cielo y por tanto, produciendo contaminación lumínica.
- e) **Flujo Luminoso:** Representa la cantidad de luz que produce una lámpara. Se mide en lúmenes. Por ejemplo, un tubo fluorescente común de 40 watts tiene del orden de 2800 lúmenes ó una lámpara incandescente de 100 watts unos 1300 lúmenes.
- f) **Flujo Hemisférico Superior:** Es la cantidad de luz que sale directamente desde la luminaria hacia el cielo constituyendo un elemento contaminante perturbador para la calidad de los cielos nocturnos.
- g) **Eficacia Luminosa:** Es un indicador de cómo una lámpara determinada convierte la energía eléctrica en luz. Por ejemplo, el tubo fluorescente mencionado en la letra (e) convierte los 40 watts en luz a razón de 70 lúmenes por cada watt que consume; a su vez, la lámpara incandescente es capaz de entregar 13 lúmenes por cada watt consumido.

5.2 ESCENARIOS DE APLICACIÓN DE LA NORMA DE EMISIÓN

Esta norma entrará en operación en distintos escenarios, como se mencionan a continuación:

- a) DENUNCIAS

Estas pueden ser formuladas por particulares u Observatorios astronómicos quienes dirigen sus reclamos a las Direcciones de Obras Municipales en cuyo territorio está la eventual

fuelle emisor. La Dirección de Obras Municipales verifica la situación y, en caso de proceder, informa a la Superintendencia de Electricidad y Combustibles para su fiscalización.

b) DIRECCIÓN DE OBRAS MUNICIPALES

Las Direcciones de Obras Municipales operan en las siguientes situaciones, entre otras:

- i) Verificación y canalización de las denuncias
- ii) Revisión de los Proyectos de Iluminación y verificación de la certificación de las fuentes de luz especificadas.
- iii) Recepción final de Obras de Iluminación
- iv) Inspección de Instalaciones de Iluminación

En los casos (i) y (iv) podrá informar a la Superintendencia de las eventuales infracciones a la norma de emisión. La Dirección de Obras puede hacerse asesorar por la unidad técnica eléctrica del municipio, en caso que ella exista.

c) SUPERINTENDENCIA DE ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLES

Como organismo fiscalizador, por sí y ante sí, verifica y ordena el cumplimiento de la norma de emisión.

5.3 CRITERIOS GENERALES APLICADOS EN LA NORMA

La elaboración de esta norma ha considerado los siguientes criterios:

a) LIMITACIÓN DEL FLUJO HEMISFÉRICO SUPERIOR

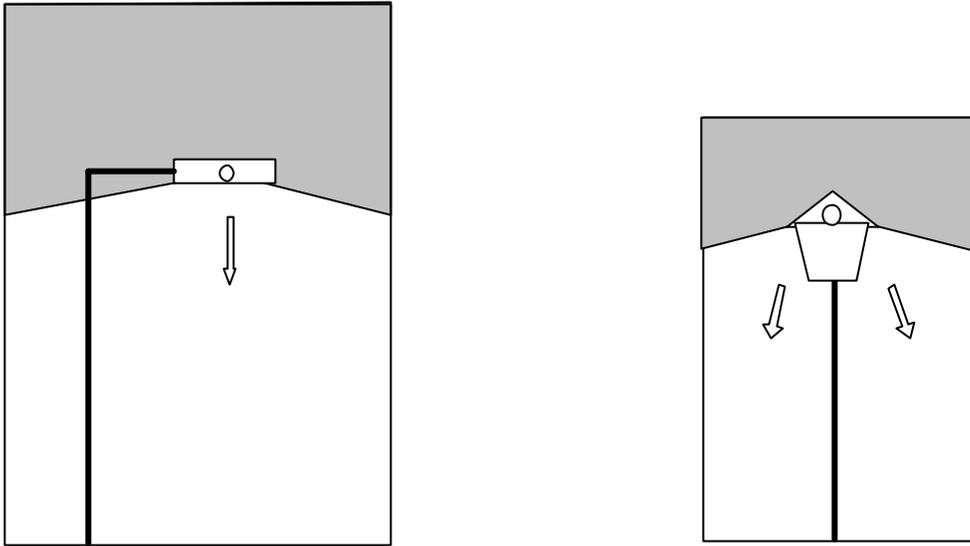
Para mantener la calidad de los cielos nocturnos se debe limitar la luz que se envía directamente hacia el cielo. Esto se consigue principalmente por medio el apantallamiento de las fuentes de luz como se describe en la figura (1), ó cuidando el ángulo de enfoque en el caso de los proyectores como se indica en la figura (2).

b) ESTABLECIENDO HORARIOS DE APAGADO

Hay una hora a partir de la cual es importante evitar el envío de luz hacia el cielo y ella está dada por el inicio diario de las actividades en los observatorios astronómicos, generalmente desde la 1:00 de la mañana.

Figura (1)

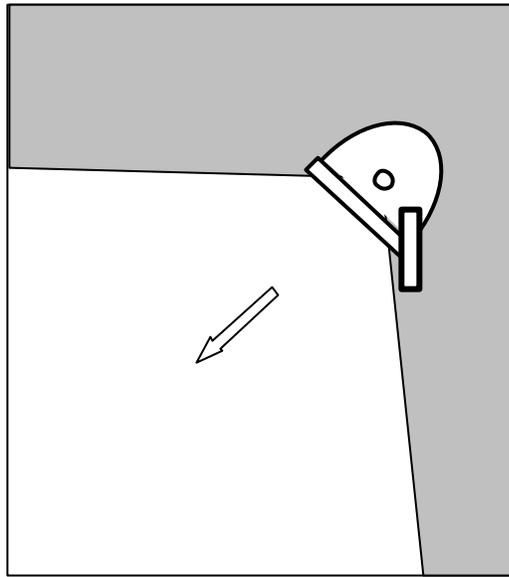
EL CONCEPTO DE APANTALLAMIENTO PARA DISTINTAS LUMINARIAS



Luminaria para Alumbrado Público Farol Ornamental

Figura (2)

CUIDANDO EL ÁNGULO DE ENFOQUE EN PROYECTORES



Proyector o Reflector

c) EVITANDO LA PRESENCIA DE ULTRAVIOLETA

Hay un rango del espectro componente de la luz de las lámparas que es más perjudicial en la observación astronómica debido a que coincide con el espectro de la luz proveniente de los cuerpos celestes observados. Al momento de procesar la información por los telescopios no es posible separar su procedencia. Este es el caso de la luz cuyo espectro de frecuencia es de la familia de los Ultravioleta. Como la energía en el espectro mencionado es de baja significación visual se puede cautelar que las lámparas posean poca energía de tipo Ultravioleta o cercana utilizando aquellas que muestren una Eficacia luminosa no inferior a 80 lúmenes por watt.

5.4 APLICACIÓN A LOS CASOS ESPECÍFICOS MÁS HABITUALES

Se estudian aquellos casos que serán de más ocurrencia en la aplicación de la norma indicando la secuencia recomendada de pasos (ver esquema alusivo en Apéndice).

5.4.1 ALUMBRADO PÚBLICO

✍ Descripción

Se tomará como ejemplo la situación de aprobación de un proyecto de urbanización presentado a una Dirección de Obras Municipales por una empresa X en que se especifica instalar luminarias de 250w sodio marca FFF, modelo M1.

✍ Antecedentes Requeridos

Para poder evaluar la situación desde el punto de vista de la Norma se necesita del **Informe Técnico** emitido por algún laboratorio reconocido por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles respecto de las características fotométricas de la luminaria proyectada, así como la información de **catálogo del fabricante** de la lámpara usada en dicha luminaria, en que se especifique la **eficacia luminosa** de ésta ó, en su defecto, su **flujo luminoso nominal**.

✍ Análisis de la Información

En la figura (3) se muestra la página principal de uno de los Informes Técnicos que circulan habitualmente en Chile. En ella se ha marcado con círculo cada una de las zonas de información relevante para efectos de este análisis, a saber:

- i) Zona A, donde se declara el Flujo Nominal de Lámpara, 28.000 lúmenes
- ii) Zona B, con información del porcentaje de Flujo Hemisférico Superior respecto del Flujo Nominal de Lámpara, 1,9%
- iii) Zona C, en que se especifica la posición de montaje de esa luminaria y para la cual son válidas las características fotométricas del Informe Técnico, 5,0 grados.
- iv) Zona D, no presente en este informe, en que el laboratorio indica si la luminaria satisface o no las exigencias de la presente normativa. Esta Zona puede no existir en informes fotométricos anteriores a la vigencia de la norma, como en este caso, por lo que habrá que hacer el análisis con la información contenida en las zonas A a C solamente.

LABORATORIO DE FOTOMETRÍA

FOTOMETRÍA: LUMUCV - 018/2000 EXPEDIDA: 16 de Marzo del 2000 REVISÓ: N.N.
(VALIDEZ SUGERIDA 12 MESES)

LUMINARIA: MODELO M1

MARCA: FFF

REALIZADO POR: N.N.

CLASIFICACION LUMINARIA SEGÚN ANSI/IES RP 1977				RENDIMIENTO HEMISF. INF. Y		DATOS LAMPARA
TIPO	<input type="radio"/> I	<input type="radio"/> II	<input checked="" type="radio"/> ZONA B	INFERIOR CALZADA: 48.7 (%)		TIPO: SODIO
DISTRIB. VERTICAL	<input type="radio"/> CORTA		<input checked="" type="radio"/> MEDIANA	INFERIOR VEREDA : 22.3 (%)		POTENCIA: 250 ?W?
			<input type="radio"/> LARGA	SUPERIOR : 1.9 (%)		FLUJO: 28000 ?LM? (NOMINALES)
CONTROL	<input type="radio"/> CUTOFF		<input checked="" type="radio"/> SEMICUTOFF	TOTAL : 72.9 (%)		BULBO: Tubular
			<input type="radio"/> NONCUTOFF			

CONTENIDO FOTOMETRICO	DIMENSIONES SIGNIFICATIVAS DEL SISTEMA ÓPTICO (mm)	
1-7 ? ROTULO	A: 35	
2-7 ? PLANO Y CONO DE LA INTENSIDAD MAXIMA		
3-7 ? ISOLUX	C: 45	
4-7 ? ISOCANDELAS	D:	
5-7 ? COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN	E:	
6-7 ? DIAGRAMA DE CLASIFICACIÓN	? : 5.0	
<p>REFLECTOR: ALUMINIO ANODIZADO TENSIÓN ARCO DENTRO LA LUMINARIA: 105.3 +-1% REFRACTOR: BOROSI. PRISMADO TENSIÓN ARCO FUERA LA LUMINARIA: 96.4 +-1% L: CENTRO DE LUZ ? : INCLINACIÓN LUMINARIA DISTANCIA MEDICIÓN: 9.80 METROS</p>		

CARACTERÍSTICAS FOTOMÉTRICAS DE LUMINARIA PARA ILUMINACIÓN PÚBLICA

Figura (3): Facsímil de la página principal de un Informe Fotométrico típico para luminaria de alumbrado público e identificación de las zonas con datos relevantes para la evaluación conforme a la norma de Emisión para la Regulación de la Contaminación Lumínica.

✍ **Identificación Flujo Nominal de Lámpara**

La lámpara usada en la luminaria es de 250w y tiene un Flujo Luminoso nominal de 28.000 lúmenes (zona A de la figura 3 ó catálogo del fabricante), por lo que se debe analizar como fuente de luz de más de 15.000 lúmenes.

✍ **Identificación de la Eficacia Luminosa**

En relación a la exigencia de una Eficacia Luminosa para la lámpara no inferior a 80 lúmenes por watt, no hay problema puesto que ella presenta un valor de 112 lúmenes por watt (= 28.000 / 250).

✍ **Identificación del Porcentaje de Flujo Hemisférico Superior**

Una vista de la zona B del Informe revela que la luminaria proyectada tiene un Flujo Hemisférico Superior equivalente a un 1.9 % por lo que no se está cumpliendo la exigencia de la norma.

✍ **Posición de Montaje de la Luminaria**

Según la información de la zona C, la posición de montaje de la luminaria para que los datos fotométricos sean válidos es de 5,0 grados

✍ **Conclusión**

Según el artículo 3.1 de la normativa, las lámpara de más de 15.000 lúmenes usadas en alumbrado público no deben producir un Flujo Hemisférico Superior mayor de un 1.8 % de su Flujo Luminoso nominal, en comparación al 1.9% de la luminaria en este ejemplo.

La indicación del ángulo de montaje de 5.0 grados en la zona C entrega información para verificar que se cumpla esa condición cuando se instala la luminaria, hecho que no se autorizará por no cumplir la norma.

En consecuencia, dicho proyecto no debería ser aprobado por la Dirección de Obras Municipales en las condiciones en que fue presentado dado que la luminaria proyectada no satisface la exigencia impuesta al porcentaje de Flujo Hemisférico Superior.

✍ **Alternativa de Solución**

Una alternativa de solución sería sustituir la luminaria por otra que conforme a su información técnica cumpla con lo exigido por la norma. Por ejemplo, la figura (4) presenta la documentación para otra luminaria, M2, con las siguientes características:

- ✍ Flujo luminoso nominal de 28.000 lúmenes (zona A)
- ✍ Porcentaje de Flujo Hemisférico Superior de 0.4 % (zona B)
- ✍ La Eficacia Luminosa de la lámpara es la misma que para el caso anterior (112 lúmenes por watt), por lo que no hay impedimento para su uso.
- ✍ En este caso, como la luminaria M2 y su lámpara cumplen con lo exigido en la norma en su artículo 3.1 respecto de la Eficacia Luminosa de la lámpara y del porcentaje de Flujo Hemisférico Superior, se puede autorizar la ejecución del proyecto con ellas.
- ✍ El ángulo de montaje de 10 grados será considerado para la verificación en terreno de las obras en el proceso de la recepción final.

LABORATORIO DE FOTOMETRÍA

FOTOMETRÍA: LUMUCV - 126/2000 EXPEDIDA: 18 de Diciembre del 2000
(VALIDEZ SUGERIDA 12 MESES)

LUMINARIA: MODELO M2 MARCA: GGG REALIZADO POR:

CLASIFICACION LUMINARIA SEGÚN ANSI/IES RP 8,						RENDIMIENTO HEMISF. INF. Y		DATOS LAMPARA
TIPO	<input type="radio"/> I	<input checked="" type="radio"/> II	<input type="radio"/> III	<input type="radio"/> IV	<input type="radio"/> V	INFERIOR CALZADA:	53.1 (%)	TIPO: SODIO
DISTRIB. VERTICAL	<input checked="" type="radio"/> CORTA		<input type="radio"/> MEDIANA		<input type="radio"/> LARGA	INFERIOR VEREDA :	15.8 (%)	POTENCIA: 250 W?
	<input checked="" type="radio"/> CUTOFF		<input type="radio"/> SEMICUTOFF		<input type="radio"/> NONCUTOFF	SUPERIOR :	0.4 (%)	FLUJO: 28000 LM? (NOMINALES)
CONTROL	<input checked="" type="radio"/> CUTOFF		<input type="radio"/> SEMICUTOFF		<input type="radio"/> NONCUTOFF	TOTAL :	69.3 (%)	BULBO: Tubular

CONTENIDO FOTOMETRICO	DIMENSIONES SIGNIFICATIVAS DEL SISTEMA ÓPTICO (mm)	
1-7 ? ROTULO	A: 35	
2-7 ? PLANO Y CONO DE LA INTENSIDAD MAXIMA	B: 120	
3-7 ? ISOLUX	C: 35	
4-7 ? ISOCANDELAS	D:	
5-7 ? COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN	E:	
6-7 ? DIAGRAMA DE CLASIFICACIÓN	?: 10.0	
REFLECTOR: ALUMINIO ANODIZADO TENSIÓN ARCO DENTRO LA LUMINARIA: 102.2 +-1% REFRACTOR: VIDRIO PLANO TENSIÓN ARCO FUERA LA LUMINARIA: 92.9 +-1% L: CENTRO DE LUZ ? : INCLINACIÓN LUMINARIA DISTANCIA MEDICIÓN: 9.80 METROS		

CARACTERÍSTICAS FOTOMÉTRICAS DE LUMINARIA PARA ILUMINACIÓN PÚBLICA

Figura (4) Información fotométrica para una luminaria alternativa que, conforma al análisis realizado demuestra que cumple con lo exigido por la norma de emisión para la Regulación de la Contaminación Lumínica

5.4.2 ALUMBRADO DE PARQUES

☞ Descripción

Se analizará aquí el caso de iluminar una plaza pública con faroles ornamentales del tipo mostrado en la figura (5a). Estos faroles llevan lámpara de 150w sodio.

☞ Antecedentes Requeridos

Para este tipo de alumbrado se necesita disponer de las características fotométricas del farol, indicadas en el **Informe Fotométrico** de la figura (5b) y del **catálogo del fabricante** de la lámpara a ser utilizada en dicho farol para efectos de conocer la **Eficacia Luminosa** y el **Flujo Luminoso Nominal** de ésta.

☞ Análisis de la Información

- i) En el resumen de Flujos Zonales (figura 5b) la columna denominada ZONA establece los intervalos angulares en los cuales se ha calculado el Flujo Luminoso que el farol provee a distintos ángulos. Los ángulos que interesan son aquellos que muestran el flujo luminoso dirigido directamente sobre el horizonte, es decir, de 90 grados hacia arriba y son los que se muestran en el croquis incluido en la misma figura.
- ii) Los Flujos Zonales corresponden a los proporcionados por el farol asumiendo que tiene instalada una lámpara teórica de 1000 lúmenes, lo cual es una práctica común en fotometría. Ello se fundamenta en la necesidad de presentar la información en forma independiente de la lámpara particular que se usó en el ensayo fotométrico y permitir al usuario corregir en forma simple los resultados del informe para adaptarlos a la lámpara que esté usando realmente en cada oportunidad. Esto opera por la simple aplicación de un factor dado por el cociente entre el Flujo Nominal de lámpara a utilizar y los 1000 lúmenes de la lámpara teórica del informe. Por ejemplo, si la lámpara a utilizar tiene 14.500 lúmenes, entonces el factor para adaptar los datos fotométricos a la realidad es 14,5. Ello porque se estaría usando una lámpara de 14.5 veces más flujo que la utilizada para representar esos datos fotométricos. Es interesante notar que para convertir los flujos zonales a porcentaje del flujo de lámpara basta con dividir éstos por 10.

☞ Identificación Flujo Nominal de Lámpara

La lámpara propuesta de 150w sodio tiene un Flujo Luminoso Nominal de 14.500 lúmenes (de acuerdo al catálogo del fabricante).

☞ Identificación de la Eficacia Luminosa

Como la lámpara es de 14.500 lúmenes se puede calcular que su Eficacia Luminosa será de 96,7 lúmenes por watt ($= 14.500 / 150$)

☞ Identificación del Porcentaje de Flujo Hemisférico Superior

En el caso que se analiza se puede apreciar que el Flujo Hemisférico Superior estará dado por la suma de los flujos zonales entre los ángulos de 90° y 105°, lo que totaliza 11,143 lúmenes y de acuerdo a lo explicado en el párrafo anterior significará un 1,11% al redondear a dos decimales.

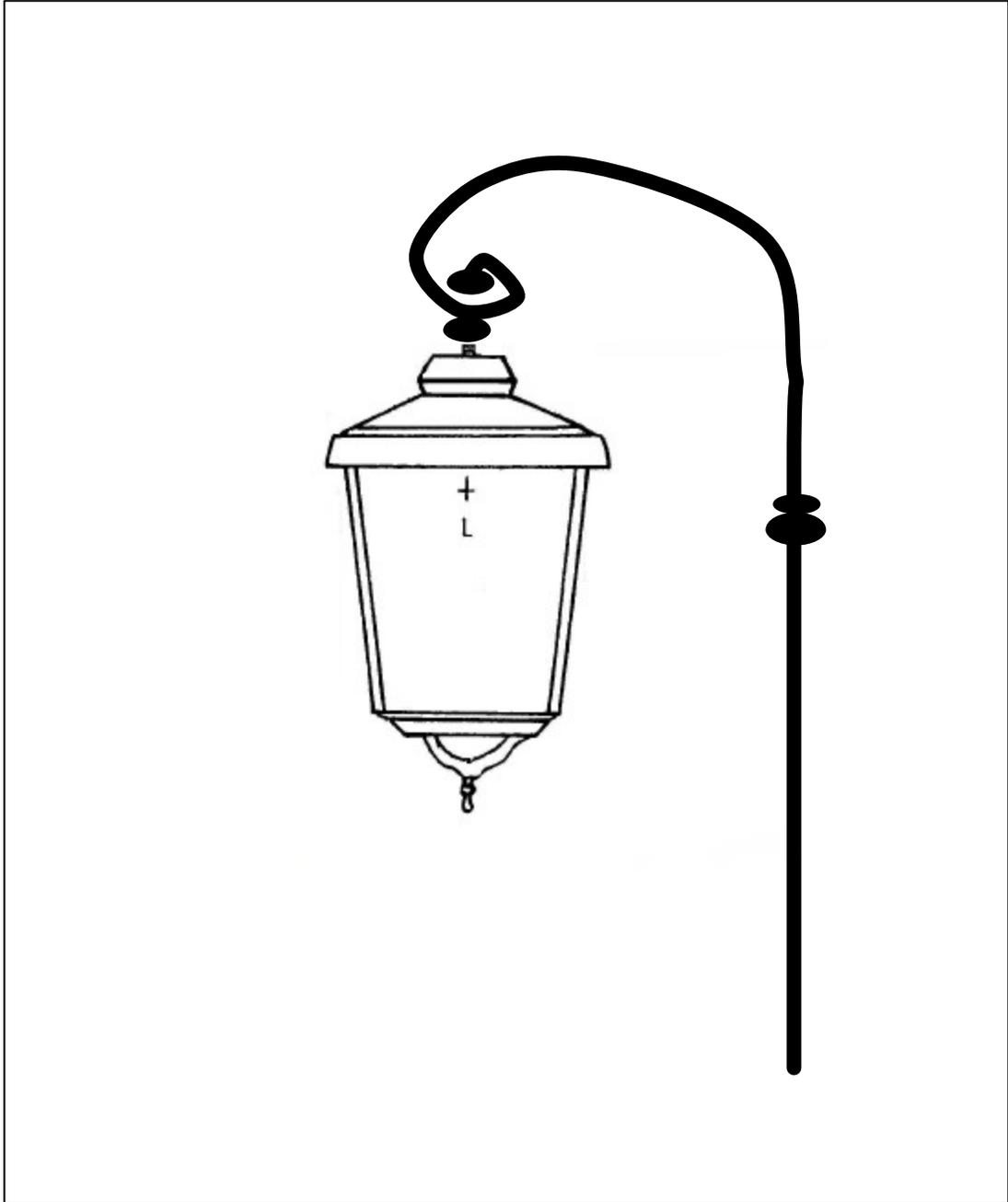


Figura (5a) Esquema del Farol ornamental proyectado para iluminar una plaza pública.

 UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO

ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA LABORATORIO DE FOTOMETRIA

FECHA : 13 de Noviembre de 2000 FOTOMETRIA : LUMUCV-076/2000
 MARCA : EL FAROL LTDA. MODELO : PROVIDENCIA
 LAMPARA : 150W. SODIO TUBULAR
 OBSERVACIONES : Farol Ornamental con Reflector de Al. Anodizado.



RESUMEN DE FLUJOS ZONALES (para 1000 Lúmenes)

ZONA	LUMENES	
	Parciales	Acumulativos
.0 - 5.0:	.823	.823
5.0 - 10.0:	4.168	4.991
10.0 - 15.0:	8.709	13.700
15.0 - 20.0:	9.567	23.267
20.0 - 25.0:	10.449	33.716
25.0 - 30.0:	17.166	50.882
30.0 - 35.0:	27.547	78.429
35.0 - 40.0:	36.578	115.007
40.0 - 45.0:	42.532	157.539
45.0 - 50.0:	47.205	204.744
50.0 - 55.0:	50.901	255.645
55.0 - 60.0:	52.505	308.150
60.0 - 65.0:	54.369	362.519
65.0 - 70.0:	58.633	421.152
70.0 - 75.0:	60.435	481.586
75.0 - 80.0:	51.268	532.854
80.0 - 85.0:	31.396	564.250
85.0 - 90.0:	13.010	577.260
90.0 - 95.0:	4.969	582.229
95.0 - 100.0:	3.412	585.641
100.0 - 105.0:	2.762	588.403
		11.143 Lúmenes

FLUJO TOTAL : 588.403 [LUMENES]

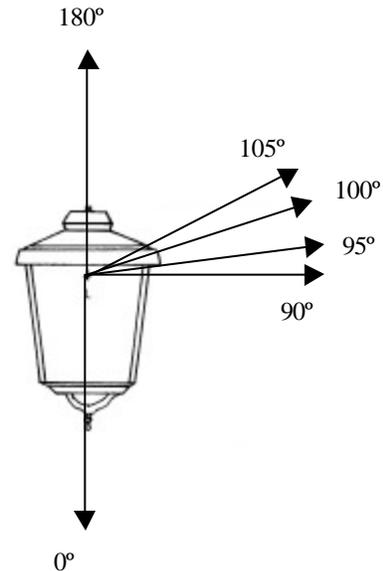


Figura (5b): Identificación de la información del Flujo Hemisférico Superior en la información fotométrica de un Farol Ornamental. Este Flujo es para lámpara de 1000 lúmenes, por lo que basta con dividirlo por 10 para obtener el porcentaje correspondiente. En este caso, los 11.143 lúmenes divididos por 10 representan el 1.11% del flujo de lámpara

✍ **Conclusión**

Por tratarse de lámparas instaladas en luminarias destinadas al alumbrado de parques y áreas naturales, se debe cumplir con lo establecido en el artículo 3.2. de la Norma en donde se hace un distingo en función del flujo luminoso nominal de 9.000 lúmenes. Dado que la lámpara proyectada es de 14.500 lúmenes le cabe cumplir con las exigencias del artículo 3.1, es decir, no presentar un porcentaje de Flujo Hemisférico Superior mayor de 0.8% por tener menos de 15.000 lúmenes.

Como se ha establecido que el porcentaje de Flujo Hemisférico Superior es de 1.11% se puede concluir que no se está cumpliendo con la Norma al usar este Farol.

✍ **Alternativas de Solución**

Una alternativa de solución sería cambiar la lámpara por una de menor potencia, de modo de cumplir con el requisito de poseer un flujo luminoso nominal igual o menor de 9.000 lúmenes. En ese caso, la Norma acepta un porcentaje de Flujo Hemisférico Superior de hasta 5.0% por lo que el Farol cumpliría con lo exigido. Una de las lámparas que satisface ello es la de sodio de 70 watts con 5.800 lúmenes nominales (ver cuadro con lámpara de uso más habitual y sus correspondientes Flujos Nominales y Eficacias Luminosas)

Otra opción, de trámite más largo, sería modificar la óptica del farol original (por ejemplo ubicar la lámpara más cerca del techo del farol) a fin de disminuir la cantidad de luz enviada hacia el cielo. Hecha la modificación se deberá exigir un Informe Técnico con las nuevas características fotométricas

5.4.3 ALUMBRADO CON PROYECTORES

✍ **Descripción**

Se analizará el proyecto de iluminación de un letrero caminero de propaganda comercial el cual se propone iluminarlo con proyectores del tipo indicado en la figura (6a), utilizando lámpara de Haluro Metálico de 400 watts.

Los proyectores estarán instalados en el borde inferior del letrero y enfocados hacia arriba en un ángulo de 150 grados respecto de la vertical (figura 6d).

El porcentaje de flujo enviado al cielo por el proyector dependerá del ángulo con que esté enfocado el equipo.

✍ **Antecedentes Requeridos**

El **Informe Técnico** de la figura (6b), señala los Flujos Zonales Hemisferio Superior para lámpara de 1.000 lúmenes del proyector propuesto.

El **catálogo del fabricante** provee para la lámpara de Haluro Metálico de 400w utilizada en el proyector la información sobre el **Flujo Luminoso Nominal** y la **Eficacia Luminosa**.

✍ **Análisis de la Información**

Las columnas encabezadas por el subtítulo PLANOS traen el desglose del flujo contenido entre planos, con un intervalo de 5,0° entre ellos.

Al final de cada columna se totalizan estos flujos zonales, los cuales ayudarán a determinar el ángulo máximo a que se podrá enfocar el proyector conforme los porcentajes de Flujo Hemisférico Superior exigidos por la norma, en este caso, 1,8%.

La figura (6c) explica gráficamente el significado de los flujos zonales y permite comprender que el ángulo de enfoque buscado es aquel para el cual la suma de los flujos zonales partiendo del plano 90° converge al valor de porcentaje perseguido.

Para efectos de la fotometría el eje 0 grados del proyector se toma apuntando hacia el suelo, de allí la posición mostrada en la figura.

✍ **Identificación del Flujo Nominal de Lámpara**

Según el catálogo del fabricante se puede comprobar que la lámpara de Haluro Metálico de 400w tiene un flujo de 32.000 lúmenes.

✍ **Identificación de la Eficacia Luminosa**

La lámpara utilizada en el proyector tiene una Eficacia Luminosa de 80 lúmenes por watt (=32.000 / 400)

✍ **Identificación del Porcentaje de Flujo Hemisférico Superior**

Si se suman los flujos entre los planos 90° a 65° (figura 6c) se verá que se obtiene un total de 5,91 lúmenes (= 0+0+0+1,29+4,62), lo que equivale a un 0,59% (flujo dividido por 10).

Seguir inclinando el equipo en 5 grados más, significará agregar 8,75 lúmenes por sobre el horizonte y con ello un 0,88%, superando así (0,59%+0,88% = 1,47%) el valor máximo permitido de 0,8% establecido en el punto 3.4 de la norma.

✍ **Posición de Montaje de la Luminaria**

De acuerdo al proyecto los proyectores serán montados en el borde inferior del letrero, apuntando hacia arriba con un ángulo de 150 grados respecto de la vertical (figura 6d).

✍ **Conclusión**

El artículo 3.4 de la norma establece para las lámparas que se usarán en la iluminación de letreros que no tienen que cumplir con las exigencias establecidas en el punto 3.1; pero sí deben someterse al límite de 0,8% para el porcentaje de Flujo Hemisférico Superior cuando estén encendidas más allá del límite horario de la 1:00 AM.

En consecuencia, se debe verificar el cumplimiento de la condición de un ángulo de enfoque no mayor de 25° respecto de la vertical (90°-65°) para que el porcentaje de Flujo Hemisférico Superior no exceda de 0,8% en el proyecto presentado para poder aprobarlo.

✍ **Alternativa de Solución**

Como alternativa se podría plantear la opción de instalar el proyector en la parte superior del letrero a fin de iluminar de arriba hacia abajo. Con ello se resuelve totalmente el problema de flujo directo enviado al cielo

LABORATORIO FOTOMETRÍA

FOTOMETRÍA: LUMUCV - 049/2000 EXPEDIDA: 6 de Julio de 2000 REVISÓ: N.N.
(VALIDEZ SUGERIDA 12 MESES)

LUMINARIA **Proyector**

MARCA:

TENSIÓN: 220 ?V ?

POTENCIA NOMINAL: 400 ?W ?

REALIZADO POR:

DESCRIPCIÓN:

- PROYECTOR EN CUERPO DE ALUMINIO INYECTADO
REFLECTOR DE ALUMINIO ANODIZADO Y MARTILLADO
CONFORMADO SEGÚN ESQUEMA, VIDRIO PLANO DE
PROTECCIÓN.

- LAMP. HALURO METALICO DE 400W. BULBO TUBULAR

- EQUIPO ELECTRICO INCORPORADO.

CONTENIDO

X	DIAGRAMA POLAR
X	DISTRIB. DE FLUJO ZONAL
X	TABLA DE INTENSIDADES
O	COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN
O	CURVAS ISOLUX

DIMENSIONES SIGNIFICATIVAS DEL SISTEMA OPTICO

? mm ?

A: 415

B: 400

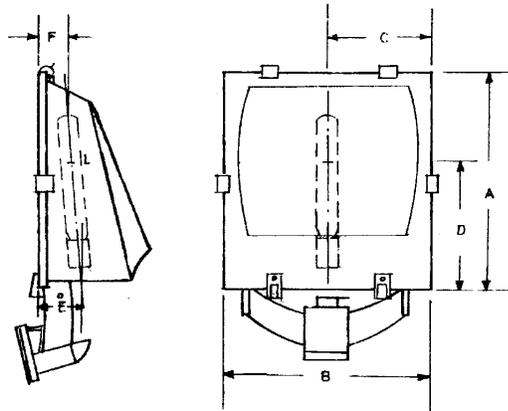
C: 200

D: 250

E: 80

F: 55

G:



L: CENTRO DE LUZ DISTANCIA DE MEDICIÓN: 10 METROS

CARACTERÍSTICAS FOTOMÉTRICAS DE LUMINARIAS FLUORESCENTES O REFLECTORES

Figura 6a: Página principal de un Informe técnico actual con características fotométricas de luminarias fluorescentes ó reflectores. Nótese que en la descripción se señala el tipo de lámpara utilizado. En esta página deberá, a futuro, encontrarse la verificación de cumplimiento de la norma de emisión y las restricciones angulares de enfoque para que ello sea efectivo.

Figura (6b) " Cuadro con los Flujos Zonales del Proyector "

UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO																		
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA										LABORATORIO DE FOTOMETRIA								
FOTOMETRIA :LUMUCV-049/ 2000										6 de Julio de 2000								
PROYECTOR : MODELO :										LAMPARA :400W. Haluro Metálico								
OBSERVACIONES : Reflector Cerrado con Vidrio Plano de Protección.																		
FLUJOS ZONALES HEMISFERIO SUPERIOR [LUMENES/1000]																		
<----- PLANOS -----> 0.0 5.0 10.0 15.0 20.0 25.0 30.0 35.0 40.0 45.0 50.0 55.0 60.0 65.0 70.0 75.0 80.0 85.0 y y y y y y y y y y y y y y y y y y y 5.0 10.0 15.0 20.0 25.0 30.0 35.0 40.0 45.0 50.0 55.0 60.0 65.0 70.0 75.0 80.0 85.0 90.0																		
ANGULOS																		
-90 y -85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-85 y -80	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-80 y -75	0.14	0.12	0.11	0.10	0.08	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-75 y -70	0.52	0.46	0.38	0.32	0.25	0.19	0.15	0.11	0.08	0.05	0.03	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
-70 y -65	1.04	0.98	0.90	0.79	0.65	0.50	0.37	0.24	0.16	0.10	0.05	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
-65 y -60	1.33	1.32	1.28	1.18	1.01	0.81	0.62	0.44	0.30	0.17	0.09	0.05	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00
-60 y -55	1.37	1.37	1.31	1.19	1.04	0.88	0.74	0.60	0.45	0.30	0.16	0.07	0.04	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00
-55 y -50	1.39	1.38	1.30	1.17	1.03	0.86	0.72	0.61	0.52	0.43	0.25	0.09	0.06	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00
-50 y -45	1.45	1.43	1.34	1.21	1.07	0.92	0.78	0.66	0.56	0.35	0.22	0.12	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
-45 y -40	1.56	1.50	1.39	1.25	1.14	1.04	0.94	0.82	0.69	0.59	0.48	0.38	0.22	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00
-40 y -35	1.68	1.60	1.48	1.33	1.22	1.13	1.06	0.98	0.85	0.70	0.56	0.46	0.30	0.12	0.03	0.00	0.00	0.00
-35 y -30	1.73	1.65	1.52	1.39	1.28	1.19	1.13	1.06	0.95	0.78	0.66	0.55	0.36	0.16	0.04	0.00	0.00	0.00
-30 y -25	1.63	1.56	1.46	1.34	1.24	1.18	1.13	1.06	0.96	0.83	0.74	0.64	0.44	0.21	0.06	0.00	0.00	0.00
-25 y -20	1.54	1.47	1.36	1.25	1.16	1.11	1.05	1.00	0.92	0.84	0.78	0.70	0.52	0.28	0.08	0.00	0.00	0.00
-20 y -15	1.53	1.46	1.33	1.22	1.13	1.06	0.99	0.94	0.88	0.83	0.78	0.71	0.57	0.33	0.09	0.00	0.00	0.00
-15 y -10	1.61	1.55	1.44	1.31	1.19	1.09	0.99	0.91	0.85	0.81	0.76	0.69	0.57	0.33	0.09	0.00	0.00	0.00
-10 y -5	1.81	1.78	1.67	1.53	1.37	1.21	1.07	0.94	0.84	0.79	0.73	0.65	0.54	0.32	0.08	0.00	0.00	0.00
-5 y 0	1.99	1.96	1.85	1.72	1.55	1.37	1.19	0.99	0.85	0.77	0.69	0.61	0.50	0.30	0.08	0.00	0.00	0.00
0 y 5	1.91	1.86	1.77	1.67	1.52	1.36	1.19	0.98	0.83	0.75	0.66	0.57	0.46	0.27	0.08	0.00	0.00	0.00
5 y 10	1.71	1.66	1.58	1.47	1.34	1.20	1.05	0.90	0.80	0.73	0.65	0.56	0.45	0.27	0.08	0.00	0.00	0.00
10 y 15	1.62	1.55	1.44	1.32	1.20	1.07	0.95	0.84	0.78	0.75	0.68	0.60	0.48	0.29	0.08	0.00	0.00	0.00
15 y 20	1.54	1.45	1.33	1.21	1.10	0.99	0.92	0.85	0.83	0.81	0.74	0.65	0.53	0.31	0.09	0.00	0.00	0.00
20 y 25	1.47	1.38	1.27	1.15	1.06	1.00	0.95	0.92	0.89	0.84	0.77	0.68	0.54	0.31	0.09	0.00	0.00	0.00
25 y 30	1.48	1.39	1.28	1.18	1.10	1.05	1.02	0.99	0.92	0.85	0.77	0.68	0.51	0.26	0.07	0.00	0.00	0.00
30 y 35	1.60	1.51	1.39	1.30	1.23	1.17	1.14	1.09	0.96	0.83	0.73	0.64	0.44	0.19	0.05	0.00	0.00	0.00
35 y 40	1.71	1.62	1.51	1.41	1.34	1.27	1.22	1.11	0.93	0.77	0.66	0.56	0.37	0.15	0.03	0.00	0.00	0.00
40 y 45	1.67	1.58	1.47	1.37	1.29	1.20	1.10	0.95	0.77	0.65	0.56	0.47	0.28	0.10	0.02	0.00	0.00	0.00
45 y 50	1.51	1.42	1.31	1.20	1.09	0.95	0.83	0.70	0.59	0.53	0.46	0.34	0.17	0.06	0.02	0.00	0.00	0.00
50 y 55	1.34	1.25	1.13	1.00	0.87	0.74	0.63	0.54	0.49	0.45	0.33	0.18	0.08	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00
55 y 60	1.26	1.16	1.04	0.91	0.78	0.66	0.57	0.49	0.41	0.31	0.17	0.08	0.05	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00
60 y 65	1.21	1.13	1.00	0.86	0.73	0.60	0.48	0.36	0.26	0.16	0.08	0.05	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00
65 y 70	0.95	0.86	0.74	0.62	0.49	0.37	0.28	0.19	0.12	0.08	0.05	0.04	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00
70 y 75	0.52	0.43	0.33	0.28	0.21	0.15	0.11	0.08	0.06	0.04	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
75 y 80	0.17	0.13	0.09	0.08	0.07	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
80 y 85	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Flujos Zonales=	44.03	42.01	38.84	35.36	31.8	28.44	25.47	22.43	19.56	17.08	14.47	12.00	8.75	4.62	1.29	0.0	0.0	0.0
HEMISFERIO SUPERIOR = 346.25 (LUMENES)																		

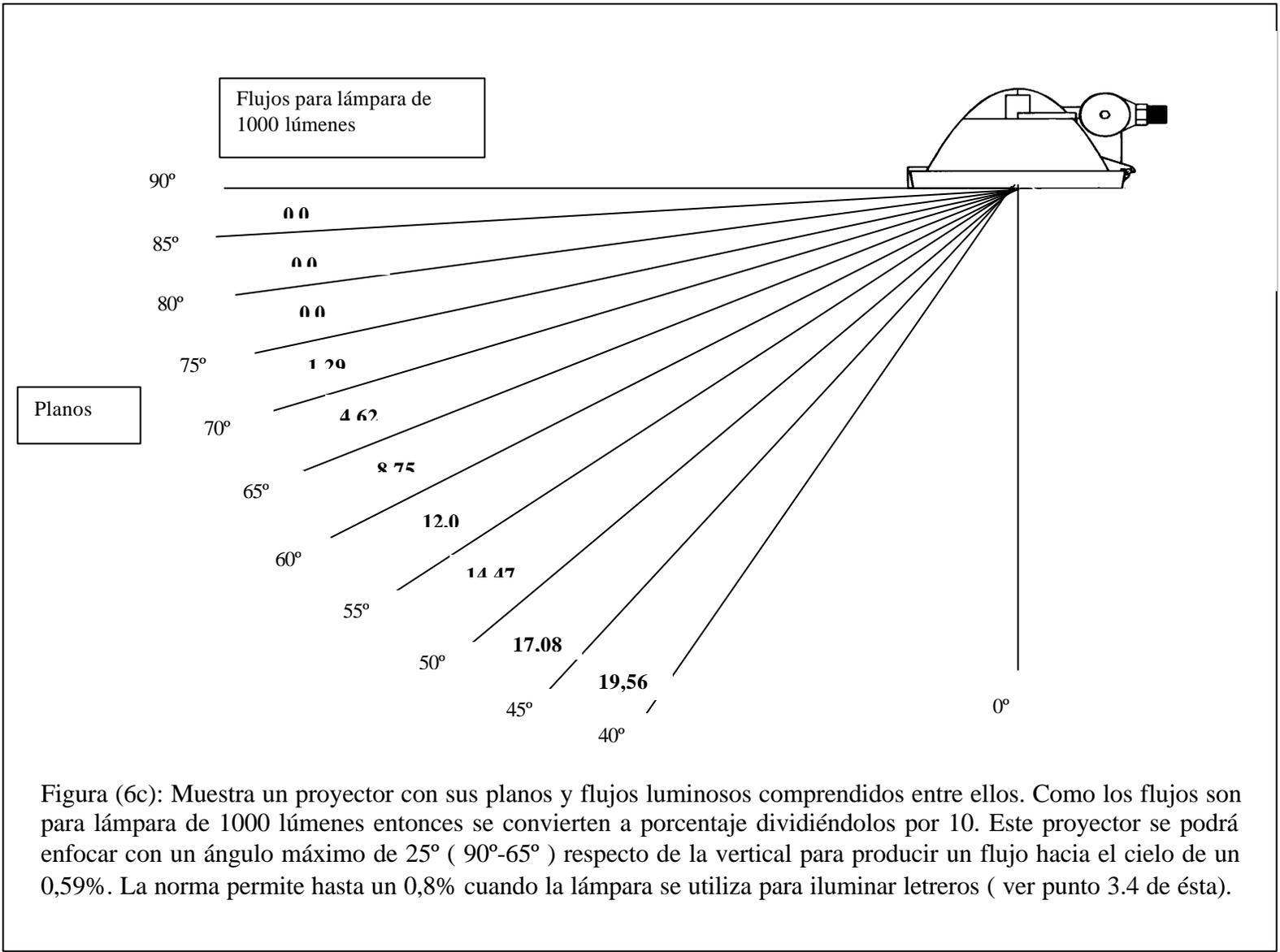
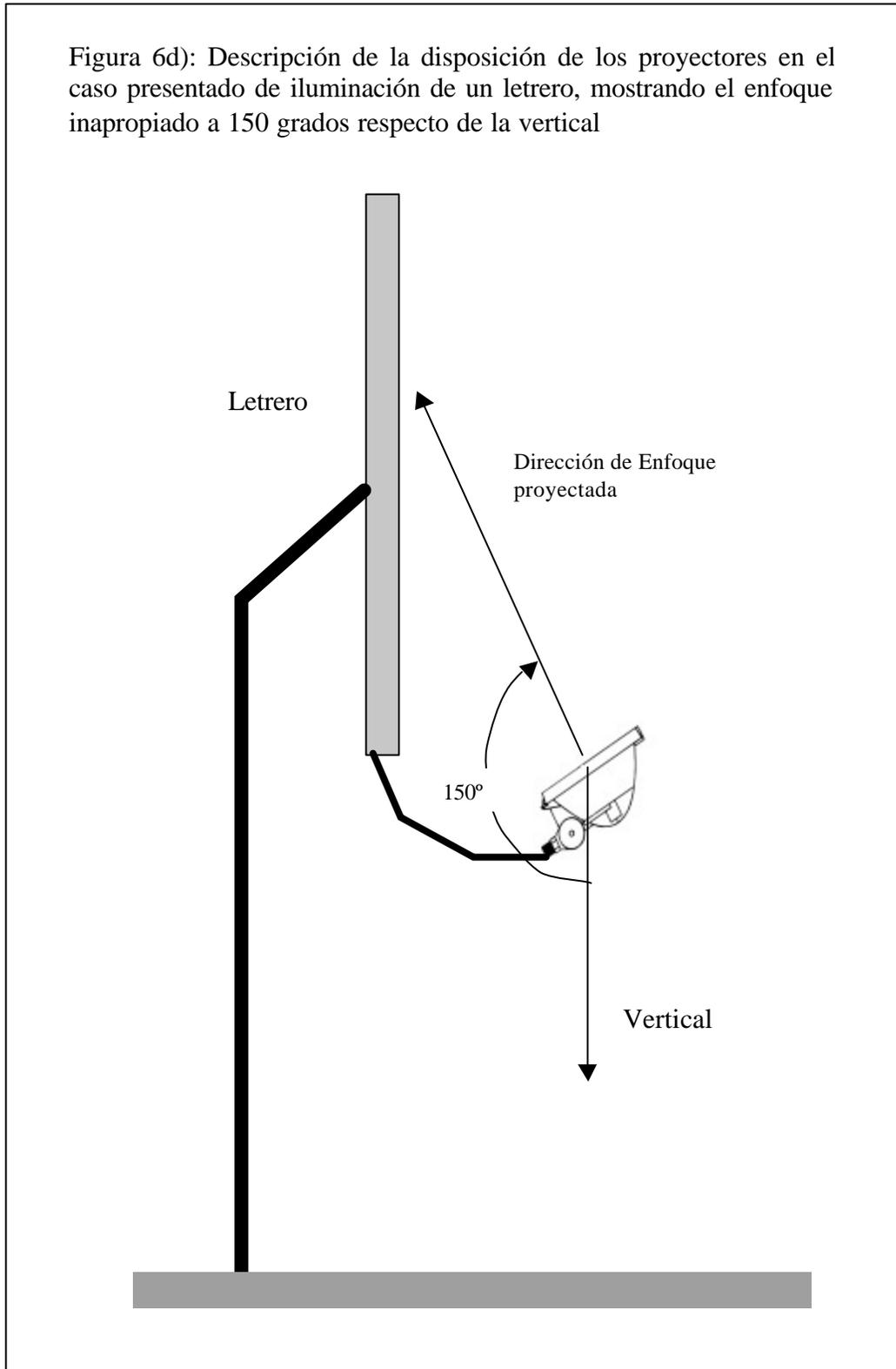


Figura (6c): Muestra un proyector con sus planos y flujos luminosos comprendidos entre ellos. Como los flujos son para lámpara de 1000 lúmenes entonces se convierten a porcentaje dividiéndolos por 10. Este proyector se podrá enfocar con un ángulo máximo de 25° (90°-65°) respecto de la vertical para producir un flujo hacia el cielo de un 0,59%. La norma permite hasta un 0,8% cuando la lámpara se utiliza para iluminar letreros (ver punto 3.4 de ésta).

Figura 6d): Descripción de la disposición de los proyectores en el caso presentado de iluminación de un letrero, mostrando el enfoque inapropiado a 150 grados respecto de la vertical



APENDICE A

SECUENCIA DE PASOS PARA EL ANÁLISIS Y RESOLUCIÓN DE CASOS

Paso	Fuente de Información	Acción/Resultado
Identificación Genérica de la Lámpara según su Uso	Descripción del Proyecto ó Caso	Identificación de los artículos pertinentes de la norma
Antecedentes Requeridos	Informe Técnico Luminaria	Distribución de Flujo Luminoso
	Catálogo Lámpara	Flujo Luminoso Nominal
		Eficacia Luminosa
Análisis de la Información		Porcentaje de Flujo Hemisférico Superior
		Posición de Montaje
		Flujo Luminoso Nominal de Lámpara
		Eficacia Luminosa
Conclusión	Antecedentes y texto de la Norma	Aceptar o Rechazar
Alternativas de Solución		Otras opciones válidas

APENDICE B

CUADRO CON FLUJOS LUMINOSOS DE LÁMPARAS MÁS COMUNES
(Valores en calidad de informativos, los datos exactos deben solicitarse al fabricante correspondiente)

Tipo de Lámpara	Potencia (watts)	Flujo Luminoso Nominal (Lúmenes)	Eficacia Luminosa
Sodio Alta Presión	70	6.800	94
	100	11.000	110
	150	16.000	105
	250	31.500	126
	400	55.000	138
	1000	140.000	140
Haluro Metálico	250	17.000	68
	400	30.500	76
	1000	81.000	81
	2000	189.000	95
Sodio Baja Presión	18	1.800	100
	35	4.500	129
	90	13.000	144
	180	32.300	180
Incandescentes	100	1.380	14
	150	2.200	15
	300	5.000	17
	500	8.400	17
Halógenas Lineales	100	1.600	16
	150	2.400	16
	300	5.600	19
	500	9.900	20
	1000	24.200	24
	1500	36.300	24
	2000	48.400	24

APENDICE C

BIBLIOGRAFÍA DE APOYO

1. Fernández, L. De Landa, Jaime, “*Técnicas y Aplicaciones de la Iluminación*”, Serie McGraw Hill de Electrotecnologías, Madrid, 1993.
2. Keitz, H.A.E, “*Cálculo y Medidas en Luminotecnia*”, Edit. Paraninfo, 1974.
3. Piraino, E. “*Apuntes de Ingeniería de Iluminación*”, Escuela de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Valparaíso, 1998.
4. Sitio Web de la Dark Sky Association, IDA, <http://www.darksky.org/>