

# -luminotecnia-

Publicación de la  
Asociación Argentina  
de Luminotecnia

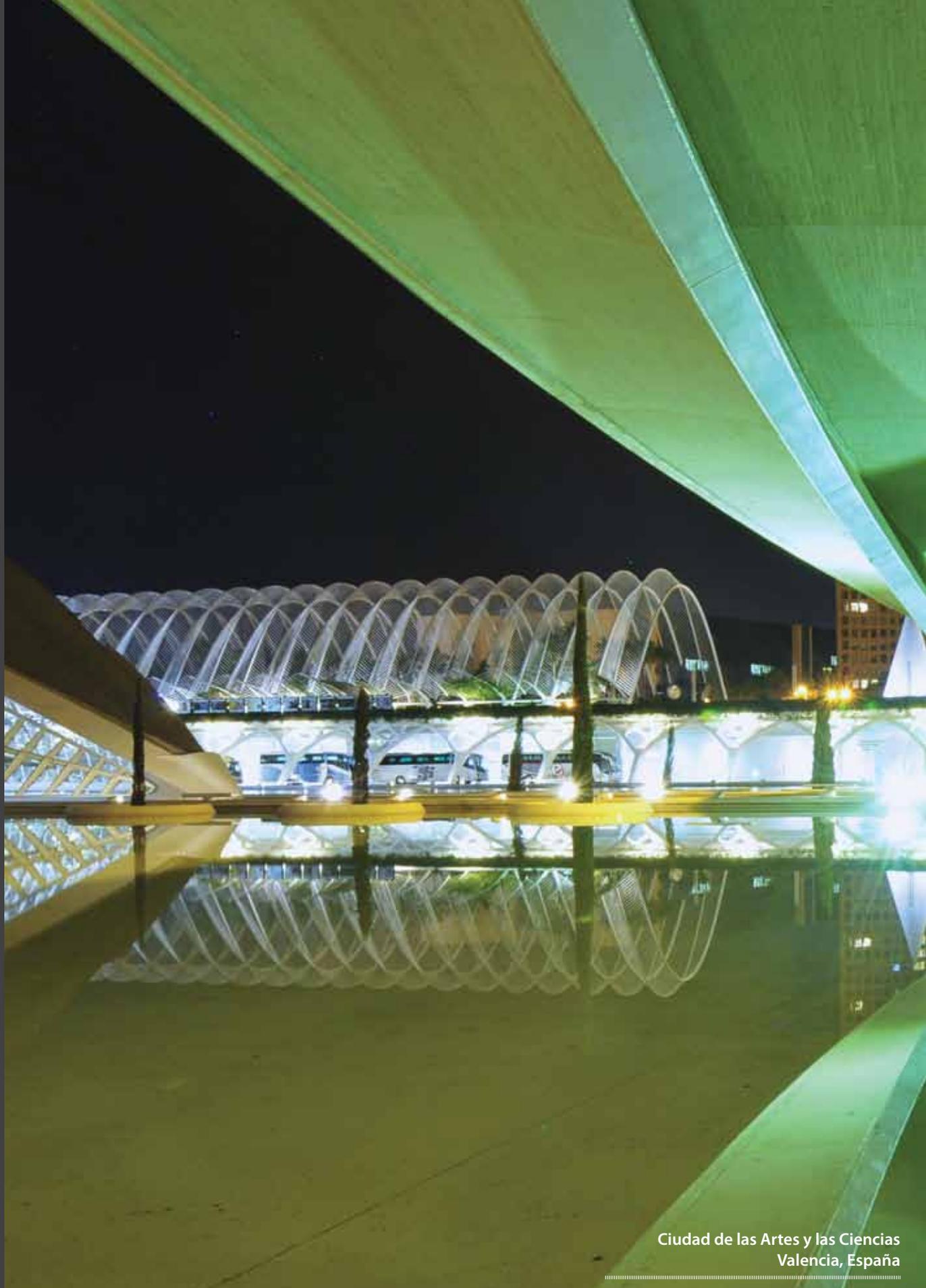
Edición 151  
Abril - Junio 2021

**En esta edición:**

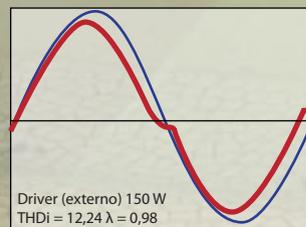
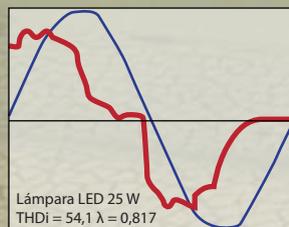
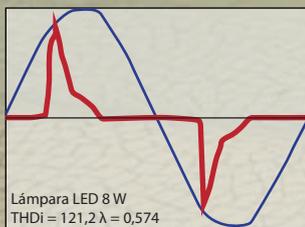
Incidencia del flicker en el ser humano, *Fernando Deco*

Barreras que dificultan la adopción de planes estratégicos de iluminación en las ciudades argentinas, *Silvina Rigali*

Y mucho más...



Ciudad de las Artes y las Ciencias  
Valencia, España



Formas de onda de corriente de las cargas de iluminación led

Impacto de la  
iluminación led  
en la calidad de  
la energía

*Ing. Luis Deschères*

UV-LIGHT

## DESINFECCIÓN ULTRAVIOLETA



**Italavia** presenta su nueva línea de equipos de desinfección por luz ultravioleta **UV-LIGHT**. Un efectivo método para la eliminación de virus y bacterias con exactitud del 99.9%

Desinfecte desde amplios ambientes hasta pequeños objetos de uso frecuente aplicando nuestra amplia familia de productos.

Para más información, consultá nuestra web:

[www.italavia.com](http://www.italavia.com)

O contactanos a:  
[comunicaciones@eltargentina.com](mailto:comunicaciones@eltargentina.com)



**ELIMINAN un 99,9% de virus y bacterias**

**Italavia**

La evolución de la luz

[www.italavia.com](http://www.italavia.com)  

## Política editorial

Tiene como objetivo posicionar a Luminotecnia como un órgano gravitante entre los actores del mercado de la iluminación, sean diseñadores, técnicos, usuarios, comerciantes, industriales, funcionarios, etc., fundado en los siguientes aspectos: calidad formativa y actualidad informativa, carácter ameno sin perder el rigor técnico ni resignar su posición de órgano independiente.

## Revista propiedad:



Asociación Argentina  
de Luminotecnia

<http://www.aadl.com.ar>

## Staff

### Director:

Jorge Luis Menéndez, Editores SRL.

### Coordinador Editorial:

Ing. Hugo Allegue, AADL.

## Editor y productor



EDITORES SRL

CABA, Argentina

(54-11) 4921-3001

[info@editores.com.ar](mailto:info@editores.com.ar)

<https://www.editores.com.ar>

R. N. P. I.: 5341454

I. S. S. N.: 0325 2558

## Impresa en

BUSCHI  
EXPRESS

Uruguay 235 - Villa Martelli, Bs. As.

(54 11) 4709-7452

<http://www.buschiexpress.com.ar>

Revista impresa y editada totalmente en la Argentina.

Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos a condición que se mencione el origen. El contenido de los artículos técnicos es responsabilidad de los autores. Todo el equipo que edita esta revista actúa sin relación de dependencia con AADL.

## En esta edición...

Por Alejandra Bocchio  
Redactora Editores SRL



La primera nota que destacamos está dedicada a Luis Schmid. Fallecido recientemente, fue un gran amigo de esta casa. En numerosas ocasiones, fue el encargado de escribir las palabras que ocuparían este espacio de editorial; pero toca ahora despedirlo y continuar con la actividad conmemorándolo y siguiendo su ejemplo. En el artículo, un repaso de su trayectoria y un reconocimiento a su labor luminotécnica en el país.

La Semana de la Luz fue el evento más importante que llevó adelante la AADL en estos meses. La Asociación convocó a importantes especialistas del país y del mundo, y el encuentro se llevó a cabo durante el mes de mayo. La crónica de cada una de las actividades lleva la firma de Miguel Maduri.

Respecto de productos disponibles en el mercado, se presenta una oferta de industria nacional para diversos espacios. Se destacan los semáforos de la empresa FEM; también, los proyectores de *ELT Itavia Argentina* para grandes áreas como galpones industriales o predios deportivos. De parte de *Beltram*, el detalle de la obra de iluminación realizada en una fuente de la Plazoleta de la Infancia. El listado de empresas locales firmando artículos se completa con *Trivialtech*, que presenta un detalle acerca del tipo de tecnología led que incorpora a sus artefactos.

Por último, tres artículos técnicos provenientes del ámbito académico. Fernando Deco comparte sus palabras sobre la incidencia del flicker (parpadeo) en el ser humano. Es un artículo que hace referencia al efecto de la luz en la psicología de las personas, un tema que cobra cada vez más relevancia.

Luis Deschères se explaya sobre la iluminación led y su influencia en la calidad de energía en un artículo extenso que repasa cada detalle con rigor técnico.

De parte de Silvina Rigali y otros investigadores, se presenta un estudio que se llevó a cabo para analizar cuáles son las barreras que dificultan a las ciudades argentinas la adopción de planes estratégicos de iluminación.

¡Que disfrute de su lectura!

## Tabla de contenidos

Impacto de la  
iluminación led en  
la calidad de energía 32

Ing. Luis Deschères



In  
memoriam  
Luis Schmid 24

Semana de la Luz 4  
Ing. Miguel Maduri

En qué consiste  
ofrecer tecnología led 14  
Trivialtech

Incidencia del flicker  
en el ser humano 10  
Fernando Deco

Artefactos led  
para grandes áreas 18  
ELT Itavia

Barreras que  
dificultan la adopción  
de planes estratégicos  
de iluminación en  
las ciudades argentinas 26  
Silvina Rigali, et al

Fuente Plazoleta  
de la Infancia 20  
Beltram Iluminación

Luz verde  
para estos semáforos 22  
FEM

## AADL Nacional y sus regionales

**Comisión Directiva Institucional** | **Presidente:** Ing. Rubén O. Sánchez / **Secretario:** Ing. Javier E. Tortone / **Tesorera:** Dis. Bárbara K. Del Fabro / **Vocal:** Ing. Oscar A. Locicero, Ing. Flavio O. Fernández

**Comisión de Protocolo y Relaciones Públicas** | **Presidente:** Ing. Luis Schmid / **Vicepresidente:** Dr. Ing. Leonardo Assaf / **Secretario:** Ing. Juan A. Pizzani / **Vocales:** Ings. Ricardo Casañas, Carlos Cigolotti, Daniel Rodríguez, Mario Luna, Guillermo Furnari, Hernán Guzmán, Eduardo Manzano, Benjamín Campignotto, Néstor Valdés, Mario Raitelli y Fernando Deco

**Comisión de Prensa y Difusión** | **Presidente:** Ing. Hugo Allegue / **Vicepresidenta:** Dis. Bárbara del Fabro // **Secretario:** Dr. Ing. Eduardo Manzano / **Vocales:** Mg. Ing. Fernando Deco, Dis. Fernando Mazzetti

**Centro Regional Capital Federal y Gran Buenos Aires** | **Presidente:** Ing. Gustavo Alonso Arias / **Vicepresidente:** Ing. Carlos Suárez / **Secretaria:** Lic. Cecilia Alonso Arias / **Tesorero:** Sergio Mainieri / **Vocales:** Ings. Juan Pizzani, Guillermo Valdetaro y Alejo Arce / **Vocales suplentes:** Jorge Menéndez, Ings. Jorge Mugica y Hugo Allegue // **Revisores de cuentas:** Ings. Carlos Varando y Hugo Caivano

**Centro Regional Centro** | **Presidente:** Ing. Oscar A. Locicero / **Vicepresidente:** Ing. Javier E. Tortone / **Secretario:** Flavio Fernández / **Tesorero:** Dis. Bárbara K. del Fabro / **Vocales:** Ing. Rubén O. Sánchez

## AA DL ASOCIACION ARGENTINA DE LUMINOTECNIA

**Centro Regional Comahue** | **Presidente:** Ing. Benjamín Campignotto / **Vicepresidente:** Ing. Miguel Maduri / **Tesorero:** Ing. Juan Carlos Oscariz / **Secretario:** Ing. Rubén Pérez / **Vocales:** Ings. Gabriel Villagra y Guillermo Bendersky / **Revisor de cuentas:** Francisco Castro

**Centro Regional Cuyo** | **Presidente:** Ing. Guillermo Federico Furnari / **Vicepresidente:** Rey Alejandro Videla / **Secretaria:** Arq. Elina Peralta / **Tesorero:** Ing. Mario Luna / **Vocal primero:** Carina Tejada / **Vocal segundo:** Arq. Favio Tejada / **Vocal tercero:** Ing. José García

**Centro Regional Litoral** | **Presidente:** Ing. Fernando Deco / **Vicepresidente:** Rubén Flores / **Secretario:** Ing. Carlos Cigolotti / **Tesorero:** Ing. Ricardo Casañas / **Vocales:** Ing. Mateo Rodríguez Volta y Miguel Molina

**Centro Regional Mendoza** | **Presidente:** Ing. Néstor Valdés / **Vicepresidente:** Ing. Mariano Moreno / **Secretario:** José Roberto Cervantes / **Tesorero:** Ing. Bruno Romani / **Vocal:** Miguel Fernández

**Centro Regional Misiones** | **Presidente:** Mg. Ing. María Mattivi

**Centro Regional Noroeste** | **Presidente:** Ing. Mario Raitelli / **Vicepresidente:** Dr. Ing. Leonardo Assaf / **Secretario:** José Lorenzo Albarracín / **Tesorero:** Ing. Julio César Alonso / **Vocales:** Dr. Ing. Eduardo Manzano, Ing. Manuel A. Álvarez e Ing. Luis del Negro

## Empresas que nos acompañan en esta edición



<http://www.beltram-iluminacion.com.ar/>  
en página 25



<http://www.biel.com.ar/>  
en página 51



<https://www.conexpo.com.ar/>  
en página 52



<https://femcordoba.com.ar/>  
en página 5



<https://www.iram.org.ar/>  
en página 31



<https://italavia.com/>  
en retirada de tapa



<http://norcoplast.com.ar/>  
en página 17



<http://strand.com.ar/>  
en retirada de contratapa y contratapa



<http://www.trivialtech.com.ar/>  
en página 31



<http://wamco.com.ar/>  
en página 9



# FABRICACIONES ELECTRO MECANICAS S.A.

- » Luminarias led para alumbrado público y ornamental.
- » Luminarias para iluminación urbana con lámparas led y a descarga.
- » Semáforos, controladores de tránsito y accesorios
- » Columnas, torres y mástiles en tubos de acero

Somos una empresa forjada netamente con capitales locales que desde 1953 dedica sus esfuerzos a la producción integral de piezas de iluminación para vía pública y otros diversos espacios.

Nuestra variada gama de productos se encuentran instalados en rutas, avenidas y calles, como también en importantes emprendimientos industriales y comerciales privados realizados en distintos puntos geográficos.

Contamos con larga trayectoria industrial en el país. Una historia de trabajo e innovación, que refleja vocación y compromiso por el



Herminio Malvino 3319 (5009) Córdoba  
(0351) 4812925 / 351 5286639  
[femsa@femcordoba.com.ar](mailto:femsa@femcordoba.com.ar)

# La Semana de la Luz 2021

Ing. Miguel Maduri  
Universidad Nacional del Comahue  
AADL Reg. Comahue  
[madurimiguel@gmail.com](mailto:madurimiguel@gmail.com)

La Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó, en su sesión LXVIII, el año 2015 como el Año Internacional de la Luz y las Tecnologías Basadas en la Luz. Durante ese año, desde los sectores científicos y tecnológicos de la luz, se impulsó la creación del Día Internacional de la Luz, que se celebra el 16 de mayo de cada año. La elección de la fecha se debe a la conmemoración del día en que, por primera vez, el físico Theodore Maiman puso en funcionamiento su invento: un láser de rubí con capacidad de producir emisión estimulada de radiación.

El Día Internacional de la Luz fue promulgado por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). La Asociación Argentina de Luminotecnia, en adhesión a tan importante fecha, realiza todos los años actividades abiertas a la comunidad.

Este año, la entidad desarrolló un ciclo abierto de webinars durante la semana del 10 al 14 de mayo, denominado "Semana de la Luz 2021". El encuentro contó con la participación de destacados disertantes del ámbito nacional e internacional emparentados con el diseño, la investigación, la industria, la docencia, el arte, la cultura y el comercio, representados por investigadores, docentes, arquitectos, psicólogos, diseñadores e ingenieros, quienes trataron temas que fueron desde el diseño, el aprovechamiento de la luz natural y el arte, hasta la influencia de la luz artificial en la astronomía.

Como ya mencioné, los disertantes no solo fueron del ámbito nacional (Tucumán, Buenos Aires, Mendoza y Neuquén), sino también internacionales (Colombia, España, Bélgica y Chile). Los disertantes del evento fueron los siguientes: Dr. Carlos Kirschbaum, profesor



emérito de la Universidad Nacional de Tucumán; Ing. Luis Deschères, profesor de la Universidad Nacional de Buenos Aires; Dra. Paula Acuña Roncancio, profesora en la Universidad de Ciencias Aplicadas de Flandes Occidental (Bélgica); Dra. Andrea Pattini, del Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía (INAHE, dependiente de CONICET) de Mendoza; Dr. Daniel Vázquez Molini, profesor de la Universidad Complutense de Madrid (España); Gustavo Alonso Arias, de *Industrias Wamco*; Fernando Mazzetti, profesor en la Universidad de Palermo, y el Ing. Pedro Galleguillos, del Laboratorio Iluminación LAMBDA (Chile).

*El encuentro contó con la participación de destacados disertantes del ámbito nacional e internacional emparentados con el diseño, la investigación, la industria, la docencia, el arte, la cultura y el comercio.*

Se llevó a cabo una mesa-panel sobre “Desafíos y oportunidades en luminotecnia en la era de la pandemia”. Participaron de ella la Dra. Graciela Tonello, del Departamento de Luminotecnia Luz y Visión de la Universidad Nacional de Tucumán; Arq. Jorge Gaitán, de *Entreluz Internacional* (Colombia); Ing. Flavio Fernández, de AADL; Ing. Juan Pizzani, de *Strand*, e Ing. Miguel Maduri, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue.

Para el evento, se contó con el auspicio y aval de las siguientes instituciones de Argentina: Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán; Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la Universidad Nacional de Santiago del Estero; Facultad de Diseño y Comunicación de la Universidad de Palermo; Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de Córdoba; Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue; Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía de Mendoza (CONICET); Cámara de la Industria



Eléctrica y Electrónica (CADIEEL), y centros regionales de la AADL.

Para el desarrollo del ciclo se contó con la colaboración del presidente de la AADL, el Ing. Rubén Sánchez, y de otros integrantes de la Comisión Directiva. En el rol de moderadores participaron el Ing. Rubén Sánchez, el Dr. Eduardo Manzano, el Arq. Carlos Zoppi, la Ing. Silvina Rigali, la diseñadora Bárbara del Fabro, el Ing. Mario Raitelli y Roberto Rodríguez. El agradecimiento es a la Comisión Organizadora, y en especial al Ing. Mario Raitelli, del Centro Regional Noroeste de la AADL, quien ofició de coordinador de la Semana de la Luz 2021.

La transmisión de los webinars fue en vivo, mediante el canal youtube FACET-VIRTUAL, de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán. El agradecimiento es también para ellos; ¡gracias, Matías y colaboradores del equipo técnico!

El desarrollo de la Semana de la Luz 2021 ha sido, sin lugar a dudas, un gran espacio de encuentro y de utilidad para todas las disciplinas luminotécnicas y los amantes de la luz. Durante esta época virtual que nos toca vivir, se hizo uso de las nuevas herramientas y tecnologías; en esta oportunidad, mediante webinars en vivo.

Cada encuentro nos permitió conocer actores de la iluminación y sus trabajos, y reflexionar juntos sobre los diversos temas tratados, como el uso y manejo de la luz natural o artificial y sus consecuencias (la contaminación lumínica), como también conocer algunas de las tendencias en investigación y desarrollo.

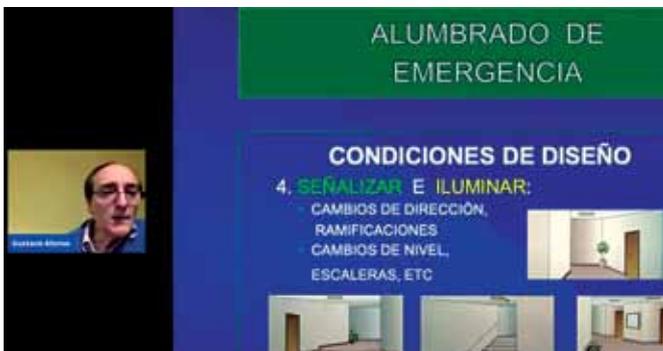
En cada jornada se dictaron dos webinars. Para cada uno, los respectivos expositores tuvieron un tiempo de 50 minutos para la exposición, más 10 o 15 para las preguntas del público.

A continuación, el resumen de cada una de las exposiciones.

*Desde sectores científicos y tecnológicos de la luz, se impulsó la creación del Día Internacional de la Luz, que se celebra el 16 de mayo de cada año.*

### **“La nueva era de la iluminación”, por el Dr. Carlos Kirschbaum**

Para caracterizar el momento actual, definió tres enfoques que permiten abarcar la complejidad. El primero se refiere al desarrollo científico-tecnológico que se ha producido en un campo, donde coexisten aspectos teóricos, tecnológicos y de aplicación. El segundo punto de vista es la existencia e impactos del cambio climático. En tercer lugar, la pandemia que acosa a la humanidad modificando o acelerando profundos



cambios en costumbres, estilos de vida, economía y trabajo.

Para verlo,  
<https://www.youtube.com/watch?v=CmpG48ARyPA>

### **“Alumbrado artificial nocturno: presiones antrópicas sobre la salud humana y el ecosistema”, a cargo del Ing. Luis Deschères**

El alumbrado artificial nocturno es una de las presiones antrópicas sobre la salud de la población y el ecosistema. Sus niveles de iluminación son sensiblemente superiores a los valores a los que nuestra biología y ecosistema están adaptados.

También es importante la composición espectral. La radiación azul de intensidades exageradas produce la cronodisrupción de nuestro reloj biológico con potenciales efectos negativos sobre la salud humana y también sobre el ecosistema nocturno.

Para verlo,  
<https://www.youtube.com/watch?v=CmpG48ARyPA>

### **“Oportunidades y desafíos de la sinergia entre luz e inteligencia artificial”, por la Dra. Paula Acuña Roncancio**

La inteligencia artificial es un tema frecuente en las agendas actuales de investigación y desarrollo a nivel mundial. Aunque sus cimientos se remontan a los años '50 del siglo XX, su implementación se ha desplegado en el último lustro gracias al desarrollo de la industria de semiconductores.

El sector de la iluminación no escapa al empleo de sistemas de control basados en algoritmos de autoaprendizaje propios de la inteligencia artificial. Se presentó el estado del arte en sistemas de control para iluminación basados en inteligencia artificial.

Para verlo,  
<https://www.youtube.com/watch?v=LatLqFDLqQw>



### “Luz del día. Es hora de cambiar la hora”, por la Dra. Andrea Pattini

La luz del día es la preferida cuando no provoca molestias visuales ni sobrecalentamientos. También beneficia el bienestar y salud, si se recibe en cantidades adecuadas y en los momentos adecuados. Sin embargo, el apartamiento del ritmo diario de la luz natural por la desincronización entre la hora solar y la hora reloj causa varios inconvenientes.

La discusión internacional sobre la conveniencia de cambiar de hora en verano y el desfasaje entre huso horario y hora solar sigue vigente. Argentina, y otros países, podrían mejorar el perfil de consumo de energía y el bienestar de las personas, si ajustan los relojes para que coincida el día con la luz del día.

Para verlo,  
<https://www.youtube.com/watch?v=63EDx7Nq0EE>

### “Análisis multiespectrales aplicados a la iluminación del patrimonio”, por el Dr. Daniel Vázquez Molini

El análisis multiespectral es una técnica de registro y captura de datos de imágenes en distintas bandas de longitudes de onda. En la exposición se presentaron las aplicaciones de esta técnica para la extracción de información que resulta muy útil para la exhibición, conservación y restauración de obras de arte y objetos de valor patrimonial.

Para verlo,  
<https://www.youtube.com/watch?v=xkd2szFc7X8>

### “Nuevas tendencias en iluminación de emergencia”, por Gustavo Alonso Arias

La iluminación de emergencia o de seguridad es obligatoria, y cada día es más necesaria en los ámbitos públicos. Para cumplir sus objetivos, debemos realizar un estudio previo. Este webinar se orientó a brindar una breve guía para el diseño de proyectos de alumbrado de emergencia y seguridad según la normativa vigente en Argentina y los requisitos mínimos de las luminarias que se utilizarán.

Para verlo,  
<https://www.youtube.com/watch?v=u2GDL5Pcxvw>

### “Diseño de iluminación comercial para la nueva normalidad”, por el diseñador Fernando Mazzetti

El retail, en la nueva normalidad, enfrenta un gran desafío. El diseño, en todas sus disciplinas, será responsable de ofrecer nuevas soluciones y de crear estrategias que permitan la evolución de la tienda física. La iluminación será la clave para ese desarrollo.

Para verlo,  
<https://www.youtube.com/watch?v=zpWx6aUF3s>

### “Contaminación lumínica: un problema que no podemos seguir ignorando”, por Ing. Pedro Galleguillos

La contaminación lumínica es una forma de afectar el medio ambiente visual, el ecosistema e incluso nuestra salud. Chile cuenta con una normativa



especial para preservar la calidad de sus cielos nocturnos, considerados un patrimonio científico cultural. Sin embargo, el desarrollo urbanístico y los avances tecnológicos han cambiado los paradigmas del alumbrado de exteriores, resultando en un aumento de los niveles de brillo en el cielo. Por lo cual se necesita revisar y actualizar las normas. Esta charla tiene por objeto presentar la problemática y difundir las acciones que se llevan a cabo con la finalidad de generar debate y sobre todo concientización.

Para verlo,

<https://www.youtube.com/watch?v=zpWx6aUFX3s>

*Como ya mencioné, los disertantes no solo fueron del ámbito nacional (Tucumán, Buenos Aires, Mendoza y Neuquén), sino también internacionales (Colombia, España, Bélgica y Chile).*

### **Mesa-panel: "Desafíos y oportunidades en luminotecnia en la era de la pandemia"**

Las ocho charlas hasta aquí mencionadas se realizaron entre el día lunes 10 y el jueves 13 de mayo. El cierre de la Semana fue el viernes 14 de mayo, también mediante un webinar en vivo. Para el acontecimiento, se organizó y realizó una mesa-panel con la consigna: "Desafíos y oportunidades en luminotecnia en la era de la pandemia". Los participantes de la mesa panel expusieron el tema, y al final de la jornada, hubo un tiempo para las preguntas del público.

El detalle de temas y participantes es el siguiente:

- » "La ciencia y los factores humanos en iluminación –Luz y salud en la pandemia", por la Dra. Graciela Tonello
- » "La actividad profesional en la virtualidad", por el Arq. Jorge Gaitán
- » "Cambios de hábitos y costumbres comerciales durante la cuarentena", por Ing. Flavio Fernández

- » "Mirada del ámbito empresarial, la producción y la gestión", por el Ing. especialista Juan Pizzani
- » "La experiencia de la enseñanza universitaria virtual de la luminotecnia", por quien suscribe, Ing. Miguel Maduri

Para verlo,

<https://www.youtube.com/watch?v=5-KzeN-gvEc>.

### **Palabras finales**

El evento fue importante y se refleja en los números. Entre los asistentes del público de Argentina, participaron un 23% de arquitectos, un 20% de alumnos, un 19% de ingenieros y un 15% de diseñadores.

Hay que decir que un 23% de los participantes fue extranjero: 37% de Colombia, 26% de Perú, 11% de México y 9% de Chile. Como se puede ver, el interés por el conocimiento y la capacitación no tiene barreras ni fronteras.

Para finalizar, esta Semana de Luz 2021, además de la conmemoración del evento en adhesión al Día Internacional de Luz, fue también un homenaje a la memoria del Ing. Luis Schmid, quien fuera una gran persona que contribuyó al conocimiento y a los fines de la AADL, de gran vocación de servicio. Luis fue presidente de AADL, y el mismo cargo ocupó en la Regional Centro de esta entidad. El 10 de abril nos dejó físicamente, pero su legado sigue presente en todos los integrantes de la AADL, porque fue y es un referente de la luz. ❖

# Pueden Fallar!!



Equipos importados de dudosa procedencia y calidad

## WAMCO = FALLA CERO

Dígale basta a los equipos que fallan y lo obligan a gastar y reponer! Al vender o instalar equipos no certificados o fuera de normas, usted corre peligros que no aparecen en los presupuestos, exponiéndose a mayores responsabilidades frente a daños y otras consecuencias.

La verdadera confiabilidad de un equipo de iluminación de seguridad se comprueba en el momento de una emergencia real. Y en ese momento, lo único importante es que los equipos funcionen.

Por eso, al momento de decidir, decida por WAMCO.  
La única marca que le garantiza el resultado que lo deja tranquilo: **Falla Cero.**



Luminaria Led ADLN

# WAMCO

VISIÓN ARGENTINA, MISIÓN DE CALIDAD

Desde 1949 fabricando Balastos, Ignitores y Equipos de Iluminación de emergencia de calidad internacional

INDUSTRIAS WAMCO S.A.  
Cuenca 5121 - C1419ABY - Buenos Aires - Argentina  
Tel. +5411 4574-0505 - Fax +5411 4574-5066  
ventas@wamco.com.ar - www.wamco.com.ar

Sistema de Gestión  
de la Calidad  
Certificado IRAM  
ISO 9001-2015



# Incidencia del flicker en el ser humano

Fernando Deco

<http://luminotecniatotal.blogspot.com/>



Fuente:

<http://blog.fullwat.com/incidencia-del-flicker-en-el-ser-humano/>  
gentileza del Ing. Ricardo Berizzo



Seguro que todos hemos visto alguna vez una bombilla o luminaria que emite luz de forma intermitente e incluso ha podido resultarnos una sensación muy molesta a la vista. Este efecto se denomina “flicker” o “parpadeo” y en este artículo hablaremos de las causas que lo producen y las consecuencias que puede tener para el ser humano. Daremos también algunas claves para tratar de reducir su efecto.

*El flicker o parpadeo en la iluminación es una variación repetitiva de la intensidad lumínica que se produce por efecto de las fluctuaciones de voltaje en el sistema de alimentación.*

El flicker o parpadeo en la iluminación es una variación repetitiva de la intensidad lumínica que se produce por efecto de las fluctuaciones de voltaje en el sistema de alimentación de la luminaria. Aunque este efecto se da en las diferentes tecnologías de iluminación nosotros nos centraremos en las luminarias de tipo led.



Driver

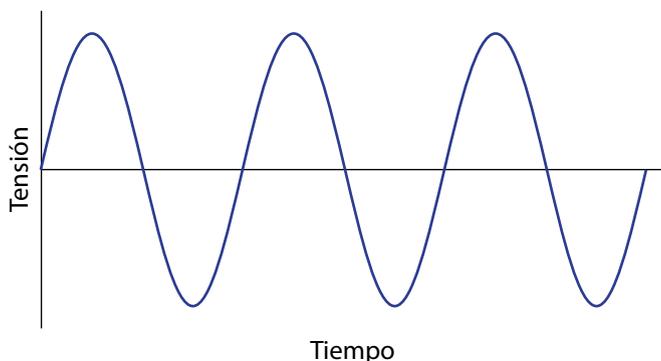


Figura 1. Corriente alterna que se recibe de la red

Los leds trabajan en corriente continua, mientras que la red eléctrica suministra corriente alterna, por lo tanto, se requiere un dispositivo que realice la conversión correspondiente para poder alimentar la luminaria led: el driver o fuente de alimentación. Y es en este dispositivo donde debemos fijar nuestra atención para explicar este fenómeno.

La conversión de la corriente se puede hacer en una sola fase utilizando un rectificador, o en múltiples etapas que añaden filtros y reducen la tensión de rizado en la salida del driver o fuente. De estas etapas dependerá la calidad de la salida de tensión continua del driver.

*El flicker no siempre es apreciable a la vista, ello depende de la frecuencia de parpadeo y de la sensibilidad del ojo de cada persona.*

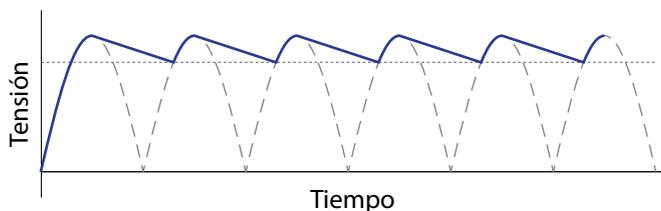


Figura 3. Corriente filtrada

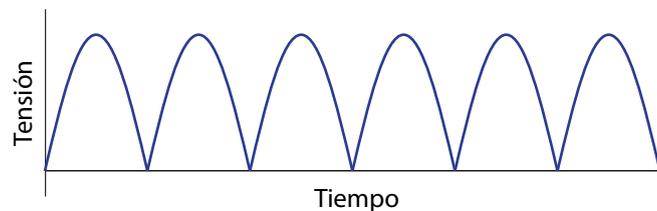


Figura 2. Corriente rectificada

De forma resumida, el proceso de conversión de corriente alterna tiene un aspecto similar al de las figuras 1 a 3.

La figura 3 muestra la corriente continua que reciben los leds. Como se ve, no será una señal continua perfecta sino que tendrá un cierto rizado. Este rizado es la clave que definirá el flicker en la luminaria.

Hay dos características de esta onda que influyen en el flicker: 1) la tensión de rizado: tensión pico-pico ( $V_{pp}$ ) en la salida del driver, que es la diferencia entre el valor de tensión máximo y mínimo a lo largo del tiempo (cuanto mayor sea la tensión de rizado mayor será la variación de la intensidad de la luz en el parpadeo), y 2) la frecuencia ( $f$ ) a la que se produce la oscilación del rizado: la frecuencia es la cantidad de veces que se repite un ciclo completo de la onda en un segundo y su unidad de medida es el hercio (Hz).

La onda rectificada completa un ciclo en la mitad de tiempo que la onda inicial, por lo tanto, la frecuencia de la onda rectificada es el doble de la frecuencia de la onda inicial. Es decir, que la frecuencia en la

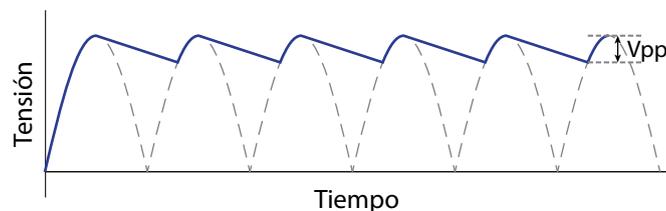


Figura 4. Dos características de la onda influyen en el flicker: 1) la tensión de rizado, y 2) la frecuencia ( $f$ ) a la que se produce la oscilación del rizado

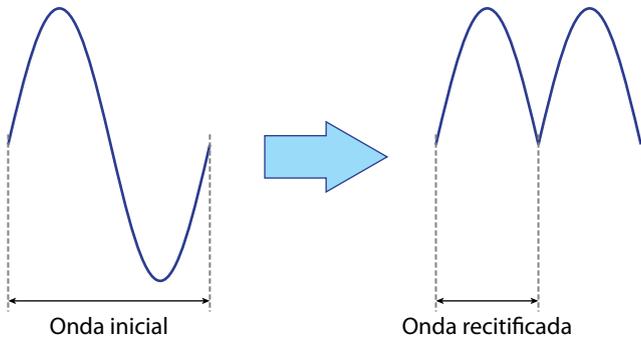


Figura 5. Onda inicial, onda rectificada

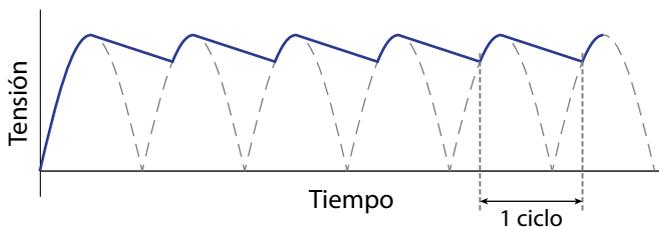


Figura 6. Cuanto mayor sea la frecuencia, con mayor velocidad se producirá el parpadeo

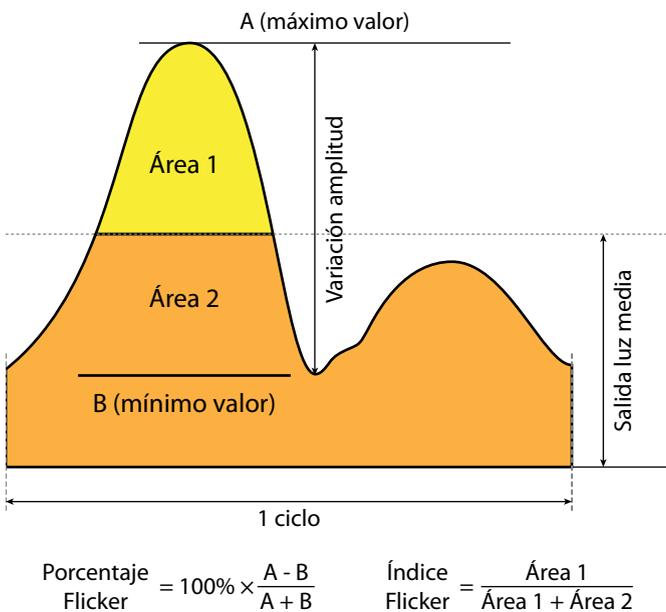


Figura 7  
 Porcentaje de flicker:  $100\% [(A - B)/(A + B)]$   
 Índice de flicker:  $(\text{Área 1})/(\text{Área 1} + \text{Área 2})$

salida del driver es el doble de la frecuencia en la entrada de este.

Su valor depende de la frecuencia de la red eléctrica. En Europa la frecuencia a la que trabaja la red eléctrica es de 50 Hz, esto significa que en un segundo de tiempo se suceden cincuenta ciclos de onda. Al atravesar el driver, la onda obtenida tendrá una frecuencia de 100 Hz (esto solo se cumple para fuentes de alimentación lineales, no para fuentes conmutadas en las que la frecuencia de salida es mucho más alta, del orden de kilohercios).

Poniéndonos técnicos hablaremos de dos criterios para medir el flicker:

- » Porcentaje de flicker: medida relativa del parpadeo expresado en porcentaje. Tiene en cuenta el valor máximo ("A") y mínimo ("B") durante un ciclo, pero no tiene en cuenta la forma de la onda.
- » Índice de flicker: relación entre el área bajo la curva que está por encima del nivel medio y el área total de la curva en un ciclo. Su escala es de 0 a 1.

*Una forma de visualizar el parpadeo de una luminaria es mirarla a través de la cámara de nuestro teléfono móvil.*

La recomendación de la IEEE-SA para estos valores es la siguiente:

- » Porcentaje de flicker máximo
  - Frecuencia superior a 90 Hz: modulación máxima de bajo riesgo  $<0,08 \times \text{frecuencia}$ , y nivel sin efecto observable,  $<0,0333 \times \text{Frecuencia}$
  - Frecuencia por debajo de 90 Hz: modulación máxima de bajo riesgo  $<0,025 \times \text{Frecuencia}$ , y nivel sin efecto observable,  $<0,01 \times \text{Frecuencia}$
- » Índice de flicker máximo: en la figura 8, la línea marrón marca el límite máximo recomendable en función de la frecuencia. Esta línea separa las combinaciones que probablemente no

produzcan problemas de parpadeo de aquellas que es probable que produzcan parpadeos problemáticos.

El repunte de la línea marrón a 800 Hz en la figura 8 sugiere que es poco probable que un parpadeo a esta frecuencia produzca efectos dañinos, pero esto debe confirmarse por los investigadores ya que hay pocos datos en este rango.

El flicker no siempre es apreciable a la vista, ello depende de la frecuencia de parpadeo y de la sensibilidad del ojo de cada persona. Cuanto más rápido se produce el parpadeo más difícil se hace que el ojo lo detecte. Se ha determinado que la retina de una persona puede llegar a resolver hasta los 200 Hz de frecuencia, aunque este concepto es en cierto modo subjetivo, ya que cada persona tiene una percepción diferente.

Se suele diferenciar entre parpadeo visible (3 a 70 Hz), el que un humano percibe conscientemente, y parpadeo invisible, el que el humano no percibe de forma consciente. Cuando el parpadeo es visible al ojo humano se produce el llamado "efecto estroboscópico". La sensación que produce es una visión del movimiento de los objetos como si fueran "fotogramas", en lugar de un movimiento continuo.

Una forma de visualizar el parpadeo de una luminaria es mirarla a través de la cámara de nuestro teléfono móvil. Se puede ver el parpadeo debido al desfase entre el flicker de la luminaria y la velocidad de obturación de la cámara. También se puede ajustar la velocidad de obturación a la velocidad de flicker precisamente para evitar este efecto.

El IEEE dispone que los efectos del flicker sobre la salud se pueden dividir en aquellos que resultan de una breve exposición a bajas frecuencias de parpadeo y los derivados de una exposición continuada a altas frecuencias.

Las frecuencias más bajas, típicamente dentro del rango visible (3 a 70 Hz, aproximadamente), se asocian a convulsiones, epilepsia y agravamiento autista. Las frecuencias más altas, superiores al rango visible, se relacionan con fatiga, malestar, migrañas, disminución de la concentración, fatiga visual, etc.

A continuación, se listan algunas recomendaciones para reducir el flicker y sus consecuencias asociadas:

- » Es importante seleccionar una fuente de alimentación o driver de calidad que realice un buen filtrado de la señal y que establezca la tensión en la salida.
- » Utilizar leds de calidad que cumplan con el CE.
- » Asegurarse de que no hay corrientes residuales en la alimentación del led.
- » Realizar un correcto dimensionamiento de la instalación, ya que si la fuente o driver no tiene la potencia suficiente también puede provocar parpadeos en las luminarias.
- » La sensibilidad y percepción de cada persona es diferente, pero que no se advierta el parpadeo no quiere decir que no afecte a la salud. ❖

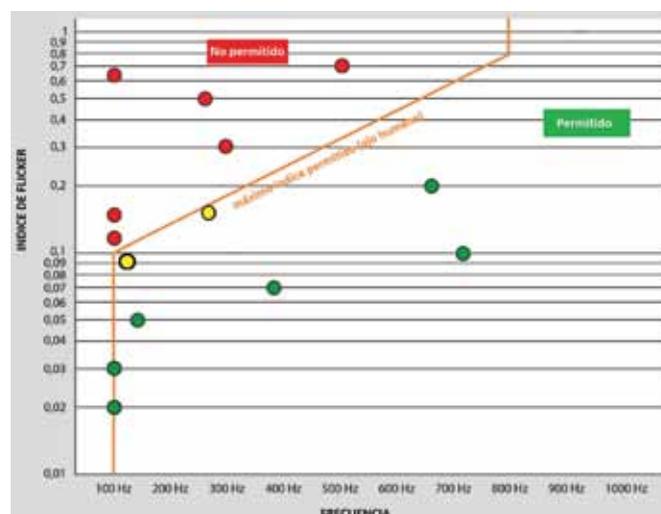


Figura 8. Marcas verdes: parpadeo aceptable. Marcas amarillas: posible parpadeo con problemas para algunas aplicaciones. Marcas rojas: parpadeo inaceptable.



Figura 9. Efecto estroboscópico

# En qué consiste ofrecer tecnología led

Trivialtech

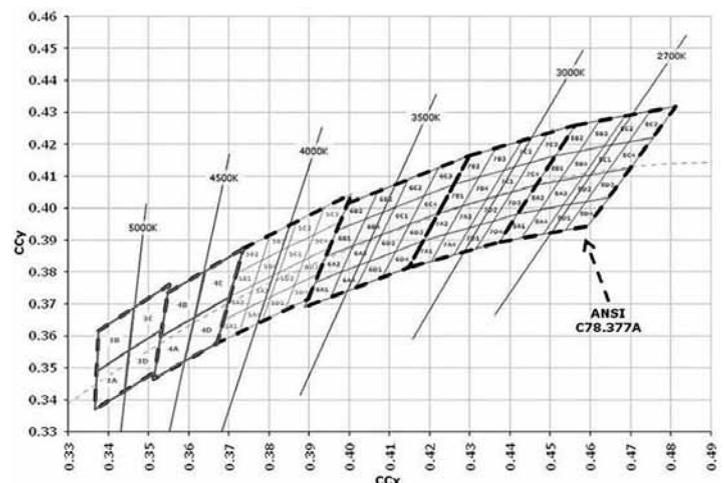
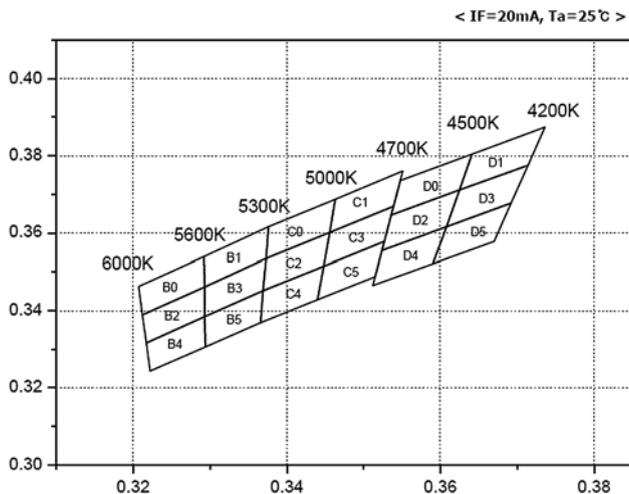
<http://www.trivialtech.com.ar/>

En numerosas ocasiones se habla de tecnología led en general, y muchas empresas ganan prestigio por el simple hecho de mencionar que manejan ese tipo de solución. Sin embargo, es posible ahondar en la cuestión e indagar sobre qué se quiere decir exactamente cuando se habla del tema, brindando algunas especificaciones técnicas. Esto permite evaluar los dichos de las empresas, pero también, establecer una jerarquía, pues no solo por el hecho de ser led están aseguradas las características que siempre se prometen.

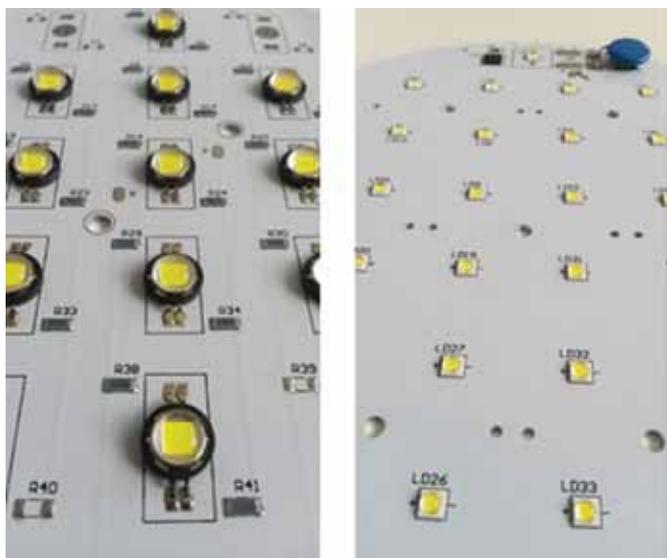
*La transferencia de calor y la temperatura son las características de mayor importancia para promover la longevidad de los leds.*



En este artículo, se presentan las particularidades de la empresa *Trivialtech* en lo que se refiere a su dominio de la tecnología led. Se trata de una empresa argentina que se dedica al desarrollo, fabricación y comercialización de luminarias leds para alumbrado público, urbano, industrial y comercial, que en 2020 adquirió un fotogoniómetro para llevar a cabo sus propias fotometrías.



Se puede asegurar una calidad de luz homogénea tanto en rendimiento (lm/w), como en temperatura color (K) y composición espectral (SCDM)



Diseño de placas del departamento de desarrollo

En primer lugar, respecto de la tecnología led en sí misma. Ampliamente extendida en la actualidad, se trata de un tipo de iluminación que ha copado el mercado en la última década. En América Latina, la empresa *Trivialtech* fue pionera en el desarrollo de los componentes led de corriente alterna, lo cual la convirtió rápidamente en un referente. Para todos sus productos, la empresa utiliza la misma serie de leds idénticos en sus características. Cada trabajo se lleva a cabo especificando con el fabricante del componente un tipo de chip y asegurando su producción, de modo que es posible asegurar una calidad de luz homogénea tanto en rendimiento (lm/w), como en temperatura color (K) y composición espectral (SCDM).

*En América Latina, la empresa Trivialtech fue pionera en el desarrollo de los componentes led de corriente alterna.*

El diseño de las placas se lleva a cabo en el departamento de desarrollo, atendiendo cada uno de los parámetros que las componen. Esto permite el control total de la producción y la posibilidad de realizar cambios a pedido sin problemas.



Ópticas

En segundo lugar, tres ítems son los que se deben considerar a la hora de evaluar una luminaria led: la durabilidad, el análisis térmico y las ópticas.

La durabilidad es quizá, junto con la eficiencia, la característica más destacada, pero la posibilidad de cumplir esa promesa depende de la vida útil de los elementos utilizados. La empresa desarrolla luminarias con el objeto de obtener un menor costo total de propiedad (TCO) y optimizando la inversión. Sus equipos presentan un rango de vida de L80 (65.000 h). Esto significa que pasadas las 65.000 horas de uso, los leds emitirán aún un 80% del flujo luminoso original. Asimismo, la tasa de fallos informada es menor al 1%.

Todos los datos provienen en general de ensayos en laboratorios, pero a mediados de 2016 se han llegado a cumplir las 50.000 h de utilización de los productos 24 h continuas los 365 días del año, en condiciones adversas de trabajo, sin fallas, dando por cumplida la estima esperada de los productos.

Respecto del análisis térmico, vale tener presente que la transferencia de calor y la temperatura son las características de mayor importancia para promover la longevidad de los leds. Altas temperaturas por encima de lo recomendado por sus fabricantes pueden producir una significativa reducción en la vida útil,



Diseño de productos

mermas en la emisión del flujo luminoso, cambios en el color y en la distribución de la luz. Las luminarias de *Trivialtech* manejan el intercambio de calor de forma pasiva, mediante convección simple de forma eficiente y sustentable. Esta gestión inteligente del calor generado permite que las placas trabajen siempre por debajo de los umbrales máximos especificados por el fabricante de los componentes, asegurando una larga vida útil y mantenimiento de todas sus características.

*La variabilidad de lentes permite al cliente seleccionar la que mejor se adapte a su proyecto.*

Por último, el detalle de las ópticas. La tecnología led cambia radicalmente el paradigma anterior de las lámparas tradicionales, típicamente omnidireccionales irradiando luz en casi 360°. Los componentes leds emiten luz en un solo hemisferio, generalmente entre

110 y 150°. Esto permite evitar el desperdicio de la luz en direcciones no deseadas debiendo, en los mejores casos, reflejarla hacia un plano útil por medio de reflectores.

Los leds pueden aprovechar aún más la luz, pudiendo encauzar la totalidad de su flujo luminoso por medio de lentes especiales, comúnmente llamados "colimadores". El rendimiento obtenido en estos casos es superior a la utilización de reflectores.

Los lentes utilizados en las luminarias de *Trivialtech* ofrecen calidad fotométrica, con un rendimiento superior al 90%. Esto quiere decir que menos de un 10% queda retenida en la lente, haciendo a la luminaria mucho más eficiente llevando más luz al plano de trabajo deseado. Las lentes son de materiales plásticos como policarbonato, metacrilato, etc., y poseen tratamientos especiales para prevenir el amarillamiento por efectos de rayos ultravioleta, garantizado por hasta treinta años.

Además, la variabilidad de lentes permite al cliente seleccionar la que mejor se adapte a su proyecto o incluso definir mezclas entre diferentes ópticas creando distribuciones luminosas únicas. ❖



## Artefactos de iluminación para tubos fluorescentes, tubos led y placas led

Artefactos herméticos para interior en **PAI**



Artefactos herméticos para exterior en **PRFV**



El sistema de cierre asegura hermeticidad contra polvo y chorro de agua en todas las direcciones. Grado de protección IP 65, conforme a la norma IRAM 2444 e IEC 529

### Luminarias para áreas clasificadas

**Zona 2:**  
Grupo IIC, T4  
Gases combustibles



**Zona 21:**  
ExDip A21-T6  
Polvos combustibles



### También

- » Artefactos herméticos con sistema autónomo para iluminación de emergencia
- » Artefactos herméticos con alto poder lumínico
  - » Cajas herméticas en PRFV
  - » Bandejas portables en PRFV

En PRFV también fabrica las bandejas portables, que se caracterizan por su resistencia a la corrosión de agentes químicos agresivos; resistencia dieléctrica; baja conductividad térmica, y ser autoextinguibles.

Las cajas herméticas, construidas con resina poliéster autoextinguible, construidas de forma tal que favorecen su aplicación en instalaciones eléctricas en general y especialmente en ambientes corrosivos, marinos, polvorientos, húmedos, etc.



# Artefactos led para grandes áreas

Nuevas líneas de proyectores led para áreas deportiva e industrial: Onix 2 Prof y Onix 2 DOB

ELT Italavia  
<https://italavia.com/>

Se presentan en esta oportunidad dos proyectores con tecnología led desarrollados por la empresa *ELT Argentina Italavia* con el objetivo de satisfacer las necesidades de iluminación de áreas industriales, por un lado, y deportivas, por otro.

Tanto las zonas industriales, como las deportivas, se caracterizan por ser espacios de muchos metros cuadrados por los que circula mucha gente constantemente. Un obrero o un deportista yendo de un lado a otro para llevar adelante sus tareas necesitan de una buena iluminación.

A la vez, son edificaciones cerradas que no reciben mucha luz natural durante el día, o que se utilizan durante varias horas en la noche.

*Tanto las zonas industriales, como las deportivas, se caracterizan por ser espacios de muchos metros cuadrados por los que circula mucha gente constantemente.*

Todas estas características implican que a la hora de iluminar espacios semejantes se necesiten equipos de gran capacidad lumínica, resistentes y eficientes. La tecnología led se presenta hasta ahora como la mejor alternativa para satisfacer tales requisitos.

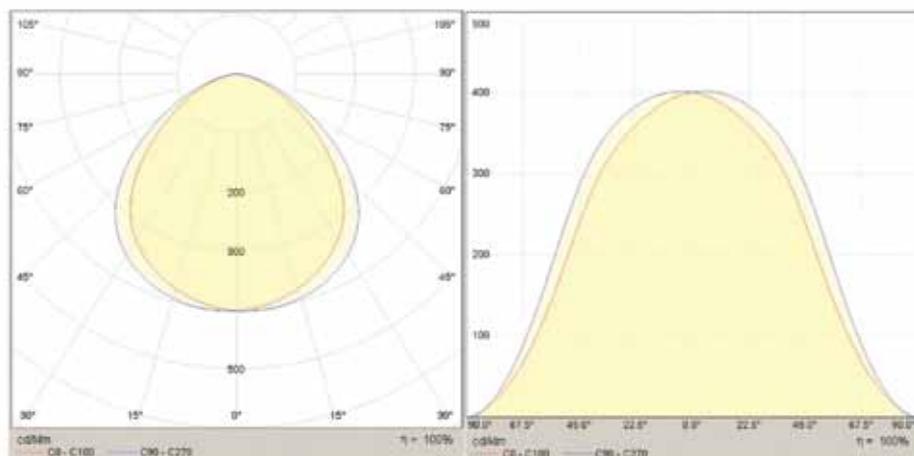
A sabiendas de todo lo dicho es que *ELT Argentina Italavia* diseñó y fabricó los nuevos proyectores.

*Onix 2 Prof* se presenta en tres versiones que difieren entre sí por las potencias: 100, 150 y 200 W, que se corresponden con luminosidades de 14.000, 21.000 y 28.000 lm, respectivamente.

La estructura del equipo es de aluminio inyectado, con vidrio templado como protector del recinto óptico, más una válvula de descompresión. El grado de protección general es IP 66, con lo cual es apto para intemperie y puede soportar diversas injerencias climáticas, como lluvia, niebla o nieve.

Todos los modelos vienen provistos de drivers y placas de última generación, fotometrías de 30, 40 y 60 grados y temperaturas de color de 3.000, 4.000, 5.000 y 5.7000 K.



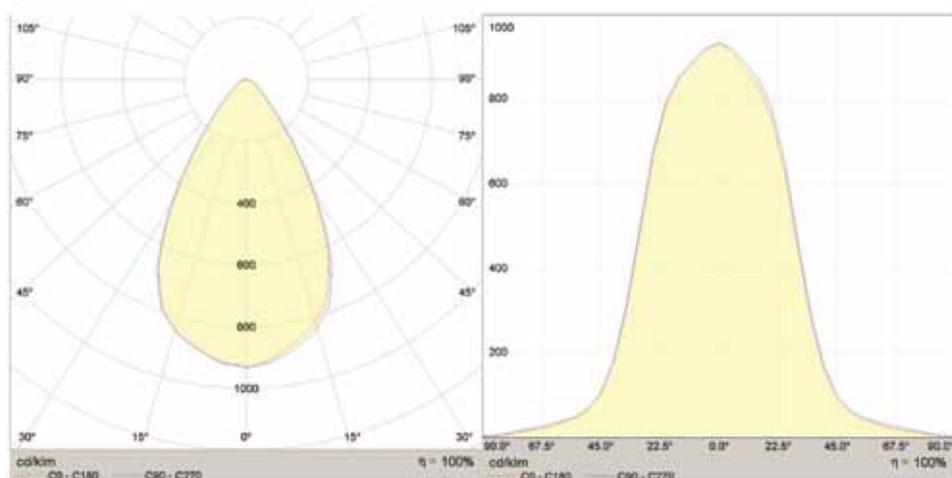


Onix 2 D.O.B.

El otro equipo disponible es *Onix 2 D.O.B.* Presenta características constructivas similares a las de *Onix 2 Prof*, aunque suma un protector antitransitorio de red. En este caso, los modelos son también de 100, 150 y 200 W, pero sus luminosidades son 12.000, 18.000 y 24.000 lm.

*Todos los modelos vienen provistos de drivers y placas de última generación.*

*ELT Argentina Italavia*, fundada en 1956, es una empresa líder en el mercado de equipos auxiliares para iluminación y soluciones en iluminación led. En la actualidad cuenta con un equipo de profesionales calificados y con un amplio portafolio de productos para atender los requerimientos para proyectos de iluminación que combinen diseño y ahorro de energía, para soluciones en iluminación led y tradicional. ❖



Onix 2 PROF.

# Fuente Plazoleta de la Infancia

Beltram  
<http://www.beltram-iluminacion.com.ar/>

El Sindicato de Empleados de Comercio llevó adelante un proceso de renovación sobre 1.000 m<sup>2</sup> de espacio verde dentro de su polideportivo ubicado en la ciudad de Trelew (Chubut). El proyecto incluyó la construcción de una fuente que se convertirá en el emblema del lugar.

*La iluminación RGB instalada en la obra realza el efecto del agua al caer.*

Dentro del contexto turbulento que implicó la pandemia, se pudo realizar con los máximos cuidados el reacondicionamiento de una gran plazoleta. La arquitecta Rocío Silva Preciado proyectó una gran fuente de agua de 15 m<sup>2</sup>. Para abordar el diseño inicial, tomó como premisa la apertura visual hacia los sectores continuos para complementar el acceso al área de gimnasios y el sector de asadores.

*En este caso, se utilizaron luminarias de la marca Biten.*





La seguridad de los usuarios del espacio verde fue una premisa fundamental. Al estar cerca de la zona de juegos para niños, se ideó una cascada y un sistema de rebalse para los espejos de agua con mínima profundidad y así evitar accidentes.

Desde un punto de vista estético, se definió resaltar la construcción con un revestimiento similar piedra. Se optaron colores terrosos y vinculados directamente con lo natural, para acompañar con el verde de la plaza.

La iluminación RGB instalada en la obra realza el efecto del agua al caer. Este tipo de iluminación propone una imagen moderna y recreativa durante las horas de la noche. En este caso, se utilizaron luminarias de la marca *Biten*. En especial un modelo hecho a pedido, el artefacto Río Led IB/ABC. Fabricado en bronce fundido con el aro-tapa cromado, fueron los indicados para esta fuente. Su tamaño reducido, su atractivo cromado, y la potencia de luz, fueron las características determinantes para el embellecimiento de esta hermosa obra. ❖

*Su tamaño reducido, su atractivo cromado, y la potencia de luz, fueron las características determinantes para el embellecimiento de esta hermosa obra.*



Artefacto Río Led IB/ABC

# Luz verde para estos semáforos

En este artículo, una aproximación a la división sobre semáforos de FEM, una empresa argentina sita en la provincia de Córdoba que se dedica a la producción de piezas de iluminación para la vía pública.

FEM

<https://femcordoba.com.ar/>

Todos los semáforos de la división están contruidos en la planta desde la fundición de aluminio hasta el momento en que están listos para montar, ya sea de forma vertical u horizontal. En correspondencia con lo que pide la norma IRAM 2442, son de tipo seccional, de forma tal que es posible armar los semáforos según las necesidades: por ejemplo: 3 x 300 mm, 300 + 3 x 200 mm, 300 + 2 x 200 mm, 3 x 200 mm, 2 x 200 mm, etc.

*Todos los semáforos de la división están contruidos en la planta desde la fundición de aluminio hasta el momento en que están listos para montar, ya sea de forma vertical u horizontal.*

El cuerpo y la tapa de los semáforos están contruidos con aleación de aluminio fundido en una sola pieza de 3 mm de espesor como mínimo, en dimensiones de 360 x 360 x 200 mm (para las unidades de gran tamaño) y 250 x 250 x 150 mm (para las unidades normales). El acople o ensamblado entre los cuerpos se realiza mediante un sistema interior con bulones. Todas las partes disponen también de las correspondientes aberturas superior e inferior para el pasaje de conductores y para permitir el acoplamiento de los accesorios de montaje (soportes).

Las viseras, por su parte, son de chapa de aluminio pero de 1 mm de espesor como mínimo y se fijan a la puerta o tapa mediante cuatro tornillos.

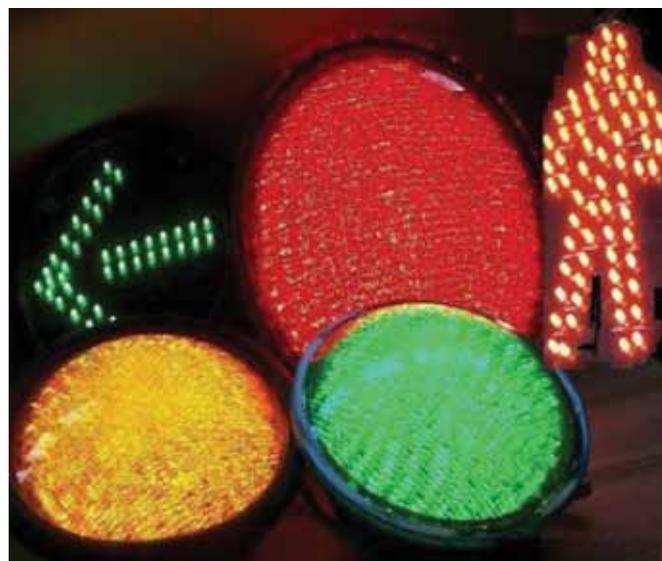




Para la protección de toda la superficie se utilizan esmaltes de tipo poliuretánicos de alta resistencia a la intemperie. Normalmente, los cuerpos se pintan de color amarillo, y las puertas y viseras de color negro, aunque se pueden cambiar estos colores a pedido.

*Para la protección de toda la superficie se utilizan esmaltes de tipo poliuretánicos de alta resistencia a la intemperie.*

La parte más importante de un semáforo es seguramente su sistema óptico, el cual también está a cargo de la fábrica de FEM. En todos los modelos de semáforos, está compuesto de sistemas de leds propios. Las ópticas han sido diseñadas también para poder ser instaladas en semáforos existentes que funcionan con lámparas incandescentes, ofreciendo ventajas como menor frecuencia de mantenimiento (debido a su elevada vida útil), ausencia de efecto fantasma (ya que no requieren de espejos internos), ahorro de energía eléctrica e intensidad luminosa constante. Los modelos



vehiculares se fabrican con lentes transparentes (multipunto) o con lentes estándar para semáforos. Las ópticas a led FEM funcionan con 220 Vca y se entregan con los correspondientes cables para su conexión con o sin terminales, según requerimiento.

Entre la gama de semáforos y combinaciones disponibles vale destacar otros equipos asociados a este tipo de equipos y que también forman parte de esta división de FEM, como el semáforo peatonal dinámico con cuenta regresiva y sonido (para no videntes), el indicador de tiempo restante para rojos y verdes, las columnas para semáforos, el destellador electrónico (también el de doble efecto alternado), los controladores electrónicos, los módulos autónomos GPS, y accesorios diversos. ❖





## In memoriam Luis Schmid

Recordamos a Luis Schmid,  
un referente de la luz

Editores SRL

<https://www.editores.com.ar/>

Desde Editores SRL y el medio Luminotecnia escribimos en su momento un comunicado difundiendo la triste noticia del fallecimiento de Luis Schmid el pasado 10 de abril. En esta oportunidad, el artículo pretende honrarlo, para compartir el dolor con quien lo conoció, y para que quien no haya tenido el placer, sepa al menos que se trató de un referente de la iluminación en nuestro país, respetado por las opiniones más relevantes del sector.

La noticia de su deceso no nos pasa desapercibida. Luis partió tranquilo, víctima de una enfermedad difícil. Pero hasta no hace mucho tiempo, su mano estaba a cargo de la escritura de editoriales para la revista Luminotecnia, el medio de difusión más importante de la Asociación Argentina de Luminotecnia. Con el mismo fervor, enviaba a la editorial artículos de su autoría. El trato con él era constante, siempre ameno, siempre presente. Para Editores SRL, la casa editorial a cargo de la confección del medio, Luis era un amigo, alguien que acompañó a la empresa incluso desde sus orígenes, allá por 1988.

Entendemos que el dolor no es solo nuestro. Desde estas palabras, enviamos nuestras sinceras condolencias a su familia, a sus amigos, a sus colegas.

Y qué poca justicia hacemos a su memoria si este escrito termina acá. Luis fue nada más y nada menos que un referente de la luz en todo el territorio argentino. Como gerente de una empresa de alto alcance

internacional como Osram, Schmid fue testigo directo del desarrollo de tecnologías de vanguardia en iluminación. Desde esa posición, era un intermediario predilecto entre la gran innovadora empresa global y las obras de iluminación que se llevaban a cabo en cualquier rincón del país. Luis viajaba, iba, venía, hablaba alemán, hablaba español, él estaba y se comunicaba.

Luis sabía de iluminación, de productos, de mercado luminotécnico, de tecnología, de equipos. Era sagaz con sus opiniones, y muchos recordarán su análisis del rubro cuando lo diagnosticó con "dicroititis", en referencia a la fiebre por las dicroicas que padecían los luminotécnicos, que colocaban dichas luminarias en cualquier espacio. No menos perspicaz fue para sugerir una "leditis" en los tiempos actuales. En rigor, si de led se trata, Luis Schmid lo vio nacer, crecer, convertirse en una tecnología asequible y expandirse por todos lados. Cuando hablaba de led, sabía lo que decía desde mucho antes de que otros supieran siquiera que existía.

Su experiencia, su saber hacer, su don de gentes, su conocimiento, lo llevaron al final de su vida a ejercer como asesor de importantes empresas que pretendían desarrollar nuevos artefactos de iluminación.

Su conocimiento no fue menor a su enorme vocación de servicio y, sobre todo, su espíritu comunitario. Como miembro activo de la Asociación Argentina de Luminotecnia desde hacía mucho tiempo, llegó a ocupar el cargo de presidente a nivel nacional, y luego a nivel local en la regional de Buenos Aires. Donde sea que estuviera, era un entusiasta organizador de encuentros y, por supuesto, disertante respetado. Logró lo que muchos quizá anhelan: ser considerado, tanto por empresarios, como por académicos.

El aniversario de los 50 años de la AADL llegó con Luis siendo presidente, y su gestión fue insustituible para lograr un encuentro nacional con luminotécnicos, ingenieros, arquitectos y diseñadores de todo el país. Por entonces, corría el año 2016, y Luis en un editorial escribía: "Siempre me he sentido integrado en ese excelente grupo que sabe y practica la buena luz". Era lo menos que se podía hacer por él. ¡Hasta siempre, Luis! ❖

# LUMINARIAS SUBACUATICAS

PARA UTILIZAR EN PISCINAS, JACUZZIS, CASCADAS, etc.

**Beltram**  
ILUMINACION S.R.L.

**BITEN**<sup>®</sup>



## LAGO 100

c/ Plaqueta de LED Aislada RGB o Monocolor,  
o Lámpara Halospot  
AR-111 12v - 100w  
Ø 184 mm. Prof. 145 mm.

## LAGO 50

c/ Plaqueta de LED Aislada RGB o Monocolor,  
o Lámpara Dicroica 12v - 50w  
Ø 118 mm. Prof. 135 mm.

## LAGUNA 100

c/ Plaqueta de LED Aislada RGB o Monocolor,  
o Lámpara Bi-Pin 12v - 100w  
Ø 270 mm. Prof. 50 mm.

## LAGUNA 50

c/ Plaqueta de LED Aislada RGB o Monocolor,  
o Lámpara Bi-Pin 12v - 50w  
Ø 160 mm. Prof. 45 mm.

CONSULTAR DISTRIBUIDOR

Corrales 1564 - (C1437GLJ) - C.A.B.A. / Arg.  
Tel./Fax: (+54 11) 4918-0300 / 4919-3399  
info@beltram-iluminacion.com.ar



Simbologías correspondientes a Luminarias

INDUSTRIA ARGENTINA

[www.beltram-iluminacion.com.ar](http://www.beltram-iluminacion.com.ar)

ACERO CALIDAD AISI 304

# Barreras que dificultan la adopción de planes estratégicos de iluminación en las ciudades argentinas

Silvina Rigali, Eduardo Manzano, María I. Castro, Rubén Corbalán, María V. Saracco

Universidad Nacional de Santiago del Estero  
<https://www.unse.edu.ar/>

Universidad Nacional de Tucumán  
<http://www.unt.edu.ar/>

## Nota del editor.

El trabajo aquí publicado fue presentado originalmente por los autores en el congreso Luxamérica 2020



En este trabajo se plantea visibilizar algunas de las principales barreras que limitan la adopción de planes estratégicos de iluminación en ciudades con menos de 300.000 habitantes. La metodología de investigación se sustenta sobre encuestas en modalidad online, realizadas a funcionarios y técnicos de distintos municipios de la provincia de Santiago del Estero en las ciudades de ciudad capital, La Banda, Termas de Río Hondo, Frías, Añatuya, Ojo de Agua, y Fernández, y considerando la opinión de especialistas que han transitado ese camino con éxito en otras ciudades de Argentina.

Buscando avanzar más allá del diagnóstico, consideramos que las universidades deberían apropiarse y comprometerse con estas problemáticas, promoviendo activamente la adopción de planes estratégicos de alumbrado Eficiente (un planteo consistente y a largo plazo, que quizás no refleje popularidad en lo inmediato).

Desde esta perspectiva y motivados a iniciar esta discusión, se desarrolló un proyecto de investigación financiado por CICyT-UNSE, específicamente circunscripto a la ciudad de Santiago del Estero.

*El plan estratégico se define a sí mismo como una política de Estado que trasciende la visión de un gobierno.*

## Introducción

Un plan estratégico es una herramienta de planificación integral (para el alumbrado público de una ciudad en este caso) que permite tener un diagnóstico preciso de la situación, y a partir de ahí, entre todos los actores públicos y privados consensuar propuestas para el logro de objetivos comunes para avanzar en una forma moderna, participativa y democrática en la tarea de pensar y organizar el desarrollo. El plan estratégico se define a sí mismo como una política de Estado que trasciende la visión de un gobierno, con la intención de expresar denominadores comunes con la sociedad civil [1].

Este documento va a presentar un estudio comparativo sobre las barreras que dificultan la adopción de planes estratégicos de iluminación de ciudades en la República Argentina.

En un contexto más amplio, y reconociendo que los planes estratégicos de planeamiento y desarrollo de una ciudad tienen más de cien años en la Argentina, el caso icónico es el de la ciudad de La Plata (Buenos Aires) cuya creación en 1882 fue planificada se sostiene hasta el día de hoy (2030) [2]; o el Plan Director de Le Corbusier en Buenos Aires (1938), [3] mundialmente reconocido. Se trabaja en base a estos antecedentes y a otras iniciativas relevantes como el Movimiento de Eurociudades: las cincuenta ciudades más importantes de Europa trabajando en planificación estratégica, sostenibilidad, y ahora en favor de un cambio de enfoque en la manera de iluminar las ciudades y de gestionar las redes de alumbrado público: iluminación calmada y puesta en valor del trabajo bien hecho como argumento diferencial. Una petición que empieza a coger fuerza en la ciudadanía: el “Manifiesto Slowlight” [4] es contundente.

Por lo expresado, reconocemos que su aplicación se torna imprescindible para asegurar un crecimiento organizado, sostenible, y para aprovechar los recursos públicos. Los gobiernos de las ciudades son quienes los administran, y la falta de planificación a mediano y largo plazo opera en detrimento de sus propias políticas, y el desconocimiento y apatía de la población facilita esta práctica deficiente.

¿Cuáles son los objetivos esperados del programa en el corto, mediano y largo plazo? ¿Cuáles son las conexiones causales entre las actividades del programa, las barreras y el comportamiento de las partes interesadas y los usuarios finales? ¿Cómo se lograrán dichos objetivos a través de las actividades del programa? ¿Qué pasa con la iluminación pública?

Inmersos en una revolución tecnológica, instalando luminarias eficientes con una durabilidad de varios años (según los fabricantes 50.000 a 100.000 horas), nos encontramos en una oportunidad única para planificar cuáles son las prioridades y diseñar cada circuito, cada sector en un programa integral que contemple eficiencia, calidad, seguridad y alternativas para

transformar esos sectores en una ciudad inteligente [5], o al menos operar los sistemas con posibilidades de contar con dos niveles de iluminación en arterias principales tipo “C”, cuando el tráfico disminuye a altas horas de la noche. Esto podría traducirse en ahorros significativos de energía eléctrica.

Pero se hace todo lo contrario, se deciden las obras públicas según la decisión de una o varias personas del gabinete de gobierno, se establecen prioridades en las que los vecinos no han participado, ni a través de sus concejales, y esto se evidencia desde el presidencialismo fuerte, que se replica en los gobiernos provinciales y municipales.

¿Cómo podemos participar los especialistas, los vecinos, las ONG, si somos informados de la obra cuando leemos la licitación pública en el periódico? En medio de esta crisis que se profundizará en el periodo pos-pandemia, utilizar los recursos del Estado con responsabilidad es imperativo. Los especialistas no podemos permanecer en la zona de confort de la crítica. A quienes pertenecemos a los institutos de investigación y a las universidades públicas, nos cabe el pensamiento de ruptura con los parámetros establecidos, nos toca hacernos cargo de la utopía de trabajar para que los gobiernos locales transformen su visión, deconstruyan sus metodologías lo que representa proyección, esperanza y resistencia.

El momento es ahora, la tecnología disponible hace que sea el momento idóneo. El inmovilismo hará de nuestra ciudad una ciudad atrasada en términos de conectividad, y la conectividad llama al negocio y a la prosperidad económica. Las empresas y la industria siempre elegirán ciudades conectadas. Hoy en día, gracias a la tecnología que poseemos, nos debemos sentir en la obligación de hacer de nuestras ciudades mejores lugares para vivir.

Para poder asumir este protagonismo, y que no quede como uno de tantos “convenios marco” firmados entre instituciones, es necesario estudiar el campo donde suceden los hechos, por eso comenzamos con esta propuesta de investigar qué piensan los políticos y los funcionarios y técnicos de algunos municipios.

Asimismo, y como se verá más adelante, se debe comparar la importancia de cada una de las barreras

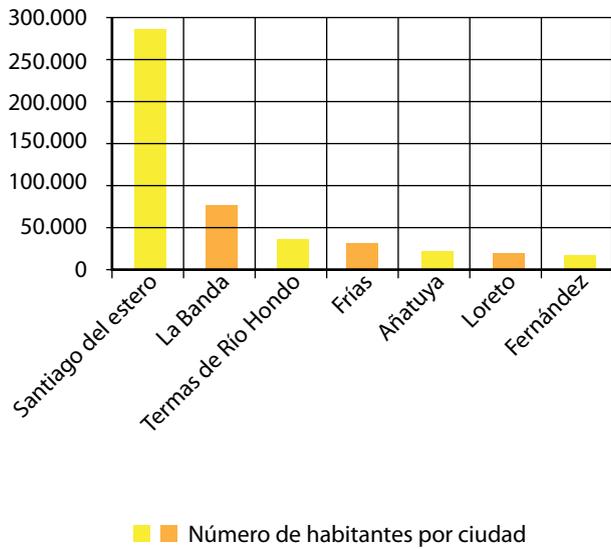


Figura 1. Resultado de la encuesta, cantidad de habitantes

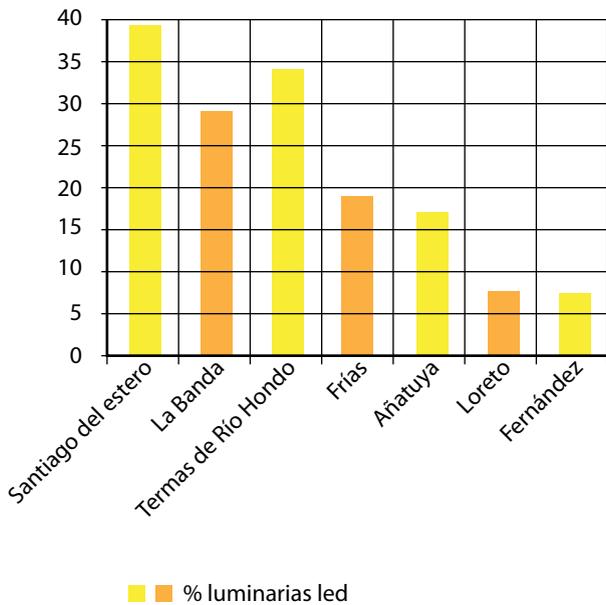


Figura 2. Porcentaje aproximado de luminarias leds sobre el parque total

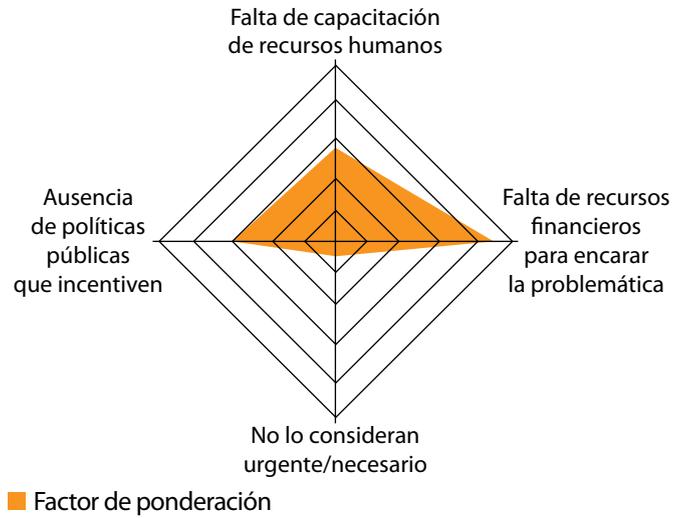


Figura 3. Factor de ponderación en porcentaje sobre las principales barreras para la adopción de planes

mediante la recolección de datos a través de instrumentos como entrevistas, grupos seleccionados o focales y encuesta.

Las barreras se pueden categorizar en cinco clases:

- » Institucionales/culturales (no existen políticas públicas nacionales)
- » Financieras
- » Técnicas (falta de recursos humanos preparados)
- » Información (no se consideran urgente)

Esta categorización facilita la labor del analista en la medida en que presenta las barreras en forma concisa y le permite establecer comparaciones.

*El momento es ahora, la tecnología disponible hace que sea el momento idóneo.*

### Metodología y desarrollo

En esta excepcionalidad que ha significado la pandemia de Covid-19, con el consecuente aislamiento de la sociedad, se ha debido recurrir a nuevas estrategias para recolectar información, debido a esto la encuesta sobre barreras para la adopción de planes directores

Tipo de barrera	Se corresponde con...
Económica	Una mentalidad cortoplacista del medio, que contrasta con las características intrínsecas de estas estrategias que tienen beneficios a mediano y largo plazo [6]
Falta de capacitación de los recursos humanos	La necesidad de capacitar los recursos humanos de la administración pública, un plan estratégico de iluminación administra los recursos, organiza las obras futuras, y promueve la conciencia ambiental a través del trabajo profesional. Y pondera la ética ambiental con respecto al calentamiento global.[7]
Ausencia de políticas públicas que incentiven	El Estado Nacional podría premiar las consecuencias que derivan de la adopción de planes estratégicos Iluminación, por ejemplo eficiencia energética, crecimiento sostenible, reducción de toneladas de dióxido de carbono. Y además financiar la capacitación de recursos humanos mediante programas.[8]

Tabla 1. Barreras detectadas

de alumbrado público en ciudades fue creada a partir de los formularios de Google, y compartida a través de correo electrónico, y mediante enlaces con las páginas oficiales de los municipios y la red social Facebook. Debemos inferir que para algunos técnicos y funcionarios este tema no es relevante, o tal vez las mismas circunstancias de estar desbordados por los contagios que se multiplican día a día, no tuvieron oportunidad de responder.

Se procesaron las respuestas recibidas, un 41% de las enviadas, y se muestran los resultados mediante gráficos de barra de Excel, de modo de enfatizar/visualizar en qué barreras se debe trabajar para debilitarlas y superarlas.

### Resultados

Los resultados, más allá de algún desacuerdo en los sujetos encuestados, en cuestiones relativas al mismo municipio, por ejemplo en lo referente a cantidad de habitantes. El número de habitantes de cada población debe actualizarse, ya que han pasado diez años del último (décimo) Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas de la República, y casi todo los entrevistados coinciden en reconocer ese número de habitantes. En la figura 1 se observa la diferente densidad poblacional de cada ciudad analizada.

Otra divergencia apareció en cuanto al porcentaje de luminarias leds instaladas con respecto al parque total, ya que hubo para el mismo municipio diferencias en 15%, y este dato es relevante y asumimos debido a la falta de un sistema de información (banco de

datos) de cada luminaria, tipo, año de instalación, tan necesario como punto de partida para un plan integral de modernización y eficiencia. En la figura 2, referimos a esto al utilizar el término “aproximado”.

En la Figura 3 observamos el resultado descrito como factor de ponderación en porcentaje, sobre las principales barreras para la adopción de planes desde la óptica de técnicos, profesionales y funcionarios de las áreas municipales. El principal obstáculo para ellos es la falta de recursos financieros, seguido por la baja formación de recursos humanos especializados, y por la ausencia de planes y/o políticas de incentivo, y casi sin incidencia se encuentra el ítem respecto a no considerarlo necesario.

### Análisis de resultados

Según manifestaciones de técnicos de la Municipalidad de Santiago del Estero, con quienes pudimos discutir con algo de profundidad el tema, la principal barrera económica percibida tiene relación con los mayores costos de inversión inicial debido a la incorporación de tecnologías (automatización), y programas de organización de la información existente. Esta barrera podría ser superada en el mediano plazo si se demuestra los beneficios de un plan estratégico en la explotación de las instalaciones.

Asimismo, la barrera de escasa capacitación especializada de recursos humanos está transversalmente sesgada por la barrera económica, debido a que contratar especialistas genera mayores costos de honorarios. Los entrevistados perciben que es necesario que

los equipos de diseño integren a especialistas en temas de medioambiente visual e iluminación eficiente. Aquí, que cada municipio promueva la formación de sus recursos humanos es esencial, así como el apoyo que desde las universidades e institutos especializados en la temática puede ofrecerse en este aspecto.

*En medio de esta crisis que se profundizará en el periodo pos-pandemia, utilizar los recursos del Estado con responsabilidad es imperativo.*

### Conclusiones

La detección de estas barreras tiene interesantes implicancias para la generación de políticas públicas, para la educación y para la investigación.

El diseño de planes estratégicos de iluminación está dirigido a funcionarios, técnicos y profesionales de gobiernos locales que deseen mejorar y/o transformar sus prácticas [9]. Pero debiera ser materia de debate en las legislaturas municipales (concejos deliberantes) ya que quienes afrontan los gastos de la administración finalmente son los vecinos de la ciudad mediante sus impuestos, y consideramos muy importante la necesidad de divulgar esta información entre el medio profesional y el público general (asociaciones de vecinos, ONG), ya que existe la percepción de que los resultados de investigación (en planes estratégicos de iluminación o eficiencia energética) no llegan a todas las personas interesadas. Esto implica que no solo es importante la publicación en revistas científicas, sino también en medios de alcance masivo.

Los planes estratégicos de iluminación se cimentan sobre la eficiencia energética, y con ello traen ahorros de energía, sostenibles y adicionales, reducción de la demanda y/o reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero con beneficios derivados como la mitigación del cambio climático, ahorro en costos de capacidad evitados, aumento de la seguridad energética, reducción de costos de energía.

Derribar estas barreras implica un desafío para los municipios, y simultáneamente expone una deuda para las instituciones de educación, que tienen el rol de reconvertir conocimientos y habilidades a los profesionales y técnicos.

Temas de eficiencia energética y sostenibilidad deben integrarse a los planes de estudio de las carreras de Ingeniería Eléctrica, Electromecánica, Civil, e Industrial y a las tecnicaturas de nivel medio que preparan técnicos. ❖

### Referencias

- [1] F. Deco, Tesis de Magíster "Gestión de la información para la evaluación del mantenimiento del alumbrado público"(2.009) ISBN-10: 3846573590 ISBN-13: 978-3846573594.
- [2] Plan estratégico Proyecto La Plata 2010, Diagnóstico Participativo, Lineamientos Estratégicos. Recuperado el 12 de Julio de 2020 de [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/anteproyecto\\_del\\_plan\\_estrategico\\_de\\_desarrollo\\_urbano\\_baradero.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/anteproyecto_del_plan_estrategico_de_desarrollo_urbano_baradero.pdf)
- [3] Plan estratégico de Buenos Aires, "La Ciudad pensada", Recuperada de 10/07/20:[http://www.ssplan.buenosaires.gov.ar/MODELO%20TERRITORIAL/3.%20Ciudad%20Pensada/3\\_ciudad\\_pensada.pdf](http://www.ssplan.buenosaires.gov.ar/MODELO%20TERRITORIAL/3.%20Ciudad%20Pensada/3_ciudad_pensada.pdf)
- [4] Alcazar C., Valiño R. Manifiesto Slowlight <https://diadelaluz.es/files/Iniciativa-slowlight.pdf> consultada el 8/9/2020
- [5] SML Smartlighting Magazine, N° 06 Mayo 2020, smart-lighting.es Recuperado 05/06/20 de: <https://magazine.smart-lighting.es/wp-content/uploads/2018/11/Smlmag6-Conectividad-DEF-LOW.pdf>
- [6] M. Trebilcock, "Percepción de barreras a la incorporación de criterios de eficiencia energética en las edificaciones," 2010
- [7] C. A. Barenboim Estructuración, crecimiento y transformación urbana en la ciudad de Rosario 2.011. Recuperado 15 de agosto de 2020 de: [https://uai.edu.ar/media/42579/ganadores\\_estructuraci%C3%B3n-crecimiento-y-transformaci%C3%B3n-urbana-en-la-ciudad-de-rosario.pdf](https://uai.edu.ar/media/42579/ganadores_estructuraci%C3%B3n-crecimiento-y-transformaci%C3%B3n-urbana-en-la-ciudad-de-rosario.pdf)
- [8] V. Dufresne, P. Langlois, M. Couture-Roy y S. Flamand, "Guía Diseño de Programas de Eficiencia Energética" Econoler Incorporated, Canadá, BID, 2013.
- [9] Anteproyecto de Desarrollo del Plan Estratégico de Desarrollo Urbano de Baradero, Municipalidad de Baradero. Recuperado de: [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/anteproyecto\\_del\\_plan\\_estrategico\\_de\\_desarrollo\\_urbano\\_baradero.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/anteproyecto_del_plan_estrategico_de_desarrollo_urbano_baradero.pdf)



Las luminarias URBAN 2 lograron el mejor resultado de toda la Argentina en el ensayo más exigente del mercado, ANEXO 4 de PLAE.

Este ensayo tomó luminarias de todas partes del mundo, nacionales e importadas para medir el decaimiento de su flujo luminoso y otros parámetros.

El estudio realizado por el INTI durante más de 8 meses continuos otorgó a URBAN 2 una expectativa de vida útil superior a las 100.000hrs para toda la luminaria.

www.trivialtech.com.ar • trivialtechsa • T. (011) 4753 6433 rot. • Gral N. Manuel Savio 2750. San Martín, Buenos Aires, Argentina



Para garantizar su seguridad y la de su hogar, use productos con Sello IRAM



Construimos confianza

IRAM es una asociación civil sin fines de lucro fundada en 1935. www.iram.org.ar



# Impacto de la iluminación led en la calidad de la energía

Ing. Luis Deschères

UBA-Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Profesor Titular-Cátedra; Iluminación y Color

Carrera de Especialización en Seguridad e Higiene en Ambiente Laboral

<https://exactas.uba.ar/ensenanza/carreras-de-posgrado/seguridad-e-higiene-en-el-ambito-laboral/>

## Introducción

### Diversas tecnologías de iluminación

En 1879, nació la primera fuente de luz artificial, la lámpara incandescente. En 1936, nació la lámpara fluorescente, y en 1996, la fuente led o diodo electroluminiscente. Con esta última fuente de luz, podemos decir que inició la "tercera revolución de la iluminación" [4]. El objetivo principal fue un permanente esfuerzo para lograr la mayor "eficiencia" posible en la transformación de la energía eléctrica en una energía radiante visible. Recordemos que el 87% de nuestra información sensorial se origina por la vista, y que el 50% de nuestro cerebro se utiliza para la "visión". En esta tercera etapa y particularmente en esta década, investigaciones realizadas desde los años '80 por Hall, Rosbach y Young pudieron demostrar la existencia del "reloj biológico interno (endógeno)", que controla el ritmo circadiano de humanos, animales y plantas. Sus resultados fueron premiados con el Nobel de Medicina 2017.

Al efecto visual de la luz se incorpora un efecto no visual que tiene que ver con nuestra fisiología y psicología. Estamos en el inicio de una nueva cultura de la luz. La Comisión Internacional de Iluminación (CIE) ha publicado un nuevo posicionamiento sobre los efectos no visuales de la luz. El nuevo término oficial "Integrative Lighting" ('iluminación integradora') se utiliza para referirse a la iluminación proyectada para incorporar estos efectos no visuales de la luz en beneficio de la salud, rendimiento y bienestar.

El objetivo es definir nuevos criterios de evaluación, nuevas métricas, nuevos protocolos de medición, nuevos modelos, nuevos criterios que evaluarán el impacto sobre los seres humanos, fauna y flora. En este aspecto, las nuevas fuentes led y sus fuentes de alimentación electrónicas (driver) son aptas para gestionar de manera inteligente todo tipo de programa para lograr esos objetivos.

Las fuentes de luz led (diodo emisor de luz inorgánico) y OLED (diodo emisor de luz orgánico) ya tienen una importante participación en las áreas residencial, comercial, industrial y pública. Los leds utilizan menos energía y ofrecen una oportunidad viable de eficiencia energética.



A nivel mundial y en la Argentina (2011), se implementaron políticas para erradicar el uso de lámparas incandescentes dada su muy baja eficiencia (lm/W). Esto potenció el uso de las lámparas fluorescentes compactas (LFC) que, a diferencia de las incandescentes, pero al igual que las lámparas led, requieren para su funcionamiento una fuente de alimentación electrónica integrada al bulbo (balasto electrónico). Con un flujo luminoso equivalente, una lámpara led de 14 W (72 lm/W) reemplaza una lámpara LFC de 25 W (40 lm/W), que a su vez reemplaza una incandescente de 100 W (10 lm/W). Esta notable mejora en cuanto a la eficiencia energética de la tecnología led respecto a la LFC, y ambas respecto a las incandescentes, requiere una fuente de alimentación para que la lámpara sea conectada a la red eléctrica (220 V-50 Hz). Todas las lámparas a descarga (LF, LFC, VM, SAP) requieren su fuente de alimentación, que se conoce como “balasto” inductivo, electrónico, incorporado o externo a la fuente de luz. Todas las lámparas leds tienen su fuente de alimentación electrónica incorporada, que se conoce como “driver”. Las luminarias leds tienen, mayoritariamente, su fuente de alimentación, driver, exterior.

*Nos encontramos en una situación en la cual la eficiencia energética que logramos con la tecnología led se ve amenazada por su impacto en la calidad de la energía.*

### **Cargas no lineales**

Es muy importante la aclaración sobre las fuentes de alimentación porque todas, sean electrónicas o incluso las inductivas, son cargas no lineales. Una carga se considera no lineal si su impedancia cambia con la tensión aplicada. Esto significa que la corriente consumida por la carga no lineal deja de ser una onda senoidal y se transforma en una onda distorsionada, aunque su tensión de alimentación sea una onda senoidal. A su vez, esta corriente distorsionada consumida por la carga contiene corrientes armónicas que

interactúan con la impedancia del sistema de distribución de energía, creando una distorsión de su onda de tensión que puede afectar tanto al equipo del sistema de distribución como a las propias cargas que están conectadas a él.

Las cargas no lineales contienen electrónica en su etapa de entrada (diodos, transistores, tiristores, IGBT, etc.). Ejemplos de estas cargas son el equipamiento informático, variadores de velocidad, las fuentes de alimentación de lámparas a descarga y las lámparas leds. En las instalaciones modernas, se supone que representan más del 50% de la potencia instalada. En las redes eléctricas, estas armónicas producen sobrecargas en cables y transformadores, pueden causar interrupciones de suministro y/o perturbaciones a muchos tipos de equipos tales como computadoras, teléfonos y máquinas rotantes. La vida útil de estos aparatos puede reducirse considerablemente. Estas armónicas no solo producen estrés en los equipos debido al sobrecalentamiento, sino también y, sobre todo, generan pérdidas adicionales de energía.

Nos encontramos en una situación en la cual la eficiencia energética que logramos con la tecnología led se ve amenazada por su impacto en la calidad de la energía. Esto requiere un profundo análisis de estas nuevas fuentes para tomar conocimiento cualitativo y cuantitativo del impacto de sus corrientes armónicas aguas arriba y aguas abajo.

En esta tarea, cabe destacar las investigaciones ya realizadas localmente y que aportan buena información sobre el tema ([1], [2], [3]). Es muy importante analizar, cuantificar y tomar conocimiento del verdadero impacto en la calidad de la energía, cuáles son las limitaciones exigidas y vigentes. De este modo, adecuaremos la tecnología de los leds y lograremos armonizar la eficiencia energética con la calidad de la energía.

Quienes tengan a su cargo proyectos o instalaciones nuevas o renovaciones previstas con la incorporación de estas nuevas tecnologías deben estar bien informados. Este tipo de carga mal seleccionada puede sorprendernos con disparos intempestivos de interruptores termomagnéticos, disyuntores diferenciales, parpadeo de la fuente de luz, interrupción de la luz

por inadecuada protección de la fuente de alimentación (driver) dada su extrema sensibilidad a las sobretensiones transitorias creadas por el rayo o las operaciones de conmutación en la red eléctrica de corriente alterna.

En particular, las redes eléctricas para la iluminación de exteriores están especialmente sometidas a perturbaciones eléctricas de todo tipo: permanentes, temporales o transitorias. Históricamente los equipos conectados a estas redes contaban con suficiente solidez como para tolerarlas sin incidentes importantes. La introducción de altas tecnologías electrónicas en estas redes exteriores cambia radicalmente el problema. Ahora las perturbaciones se convierten en una amenaza importante y real. Un ejemplo visible de esta nueva problemática es el alumbrado público que desde hace algunos años se inclina por la tecnología led. La finalidad es que los diseñadores o instaladores puedan garantizar las instalaciones nuevas o existentes con estos nuevos equipos y para ello hay tener claro los datos que se deben solicitar al proveedor de la lámpara o luminaria led.

### Factor de potencia

La evaluación de la calidad de la energía de una carga en la red eléctrica está relacionada con la medición de su factor de potencia. Para este tipo de cargas, se requiere que su formulación esté expresada en su métrica compuesta consistente en el producto del factor de desplazamiento de la métrica primaria y el factor de distorsión. Con esta métrica se puede evaluar claramente la participación de las armónicas que conforman la onda de la corriente distorsionada, medir y calcular su distorsión y su impacto en la calidad de la energía.

Por definición, el factor de potencia es

$$(1) \quad \lambda = FP = P/S$$

donde 'P' es la potencia activa y 'S' la potencia aparente. El factor de potencia descrito por su métrica compuesta y que se utiliza para las cargas no lineales es el producto de los dos factores:

$$(2) \quad \lambda = K_{(\text{desplazamiento})} \cdot K_{(\text{distorsión})}$$

El factor de desplazamiento es el coseno del ángulo de fase  $\varphi_1$  entre el armónico fundamental de la tensión de red y el armónico fundamental de la corriente de red. Se emplea para las fuentes luminosas de red que utilizan tecnología led u OLED. El factor de desplazamiento se mide a plena carga, con respecto a los ajustes de control de referencia, si son aplicables, con las piezas de control de la iluminación en modo de control y las piezas ajenas a la iluminación desconectadas, apagadas o ajustadas en su consumo mínimo siguiendo las instrucciones del fabricante.

$$(3) \quad K_{(\text{desplazamiento})} = \cos \varphi_1$$

$$(4) \quad K_{(\text{distorsión})} = 1/\sqrt{1 + (THDi)^2}$$

$$(5) \quad THDi = \sqrt{\sum_{n=2}^{n=40} (I_n/I_1)^2}$$

Por lo tanto, el factor de potencia para las cargas no lineales resulta ser

$$(6) \quad \lambda = \cos \varphi_1 \cdot \sqrt{1/(1 + THDi)^2}$$

' $I_n$ ' es la amplitud del  $n$ -ésimo armónico de la corriente principal. El ángulo  $\varphi_1$  es el ángulo de fase entre la fundamental de la tensión de alimentación y la fundamental de la corriente consumida de la red. La distorsión armónica total ( $THDi$ ) se cuantifica (%) por los armónicos de la corriente no senoidal referidos a la fundamental  $I_1$  (50 Hz), de acuerdo con IEC 61000-3-2.

Por otro lado, la Norma IRAM-AADL J2020-4 inciso 4.10 exige PF [ $\lambda$ ] mayor a 0,90 y  $THDi$  menor o igual a 15%. El cálculo de ' $\lambda$ ' para las cargas no lineales (6) se especifica teniendo en cuenta que la distorsión total de la onda de tensión ( $THDu$ ) es menor al 2%. El valor de la  $THDu$  se calcula con la fórmula (7).

$$(7) \quad THDu = \sqrt{\sum_{n=2}^{n=40} (E_n/E_1)^2}$$

### Valor eficaz

Se denomina "valor eficaz" al valor cuadrático medio de una magnitud eléctrica. El concepto de valor

eficaz se utiliza especialmente para estudiar las formas de onda periódicas, a pesar de ser aplicable a todas las formas de onda, constantes o no. También se la conoce con la sigla RMS (del inglés, 'Root Mean Square'). El valor eficaz es el valor de la tensión o corriente alterna que produce el mismo efecto de disipación de calor que su equivalente de tensión o corriente, en corriente continua sobre una misma resistencia. El valor eficaz de una forma cualquiera de onda periódica se obtiene con la fórmula (8).

$$(8) \quad E_{ef} = \sqrt{1/T \int_0^T [e(t)]^2 dt}$$

Supongamos ahora que la forma de onda periódica es una onda senoidal de tensión alterna y cuya función es "e(t) = E<sub>m</sub> sen ωt". En este caso, consideramos "t = ω" y "T = π". Reemplazando la función "e(t)" en la (8) y resolviendo la ecuación, el valor eficaz para una onda de forma senoidal resulta:

$$(9) \quad E_{ef} = \sqrt{1/2\pi \int_0^{2\pi} [E_m \text{ sen } \omega t]^2 dt} \quad E_{ef} = E_m/\sqrt{2}$$

Para una onda senoidal de corriente alterna, el valor eficaz resulta

$$(10) \quad I_{ef} = \sqrt{1/2\pi \int_0^{2\pi} [I_m \text{ sen } \omega t]^2 dt} \quad I_{ef} = I_m/\sqrt{2}$$

Para completar la información sobre formas de onda periódicas, un valor muy importante es el factor de cresta, que se define como la relación entre el valor pico de la onda y su valor eficaz. Para el caso de una onda senoidal resulta "f<sub>c</sub> = 1,41".

$$(11) \quad f_{(cresta)} = E_m/E_{ef} = I_m/I_{ef} = \sqrt{2} = 1,41$$

*La finalidad es que los diseñadores o instaladores puedan garantizar las instalaciones nuevas o existentes con estos nuevos equipos, y para ello hay tener claro los datos que se deben solicitar al proveedor de la lámpara o luminaria led.*

Si ahora queremos obtener el valor eficaz de una onda de tensión no senoidal, la función "e(t)" estará compuesta por una serie de componentes armónicos (serie de Fourier). A esa nueva función que representa una onda poliarmónica, le aplicamos la (8). Se puede demostrar que, si la onda tiene una componente continua, el valor eficaz para la tensión y para la corriente se obtiene aplicando la (12) y la (13).

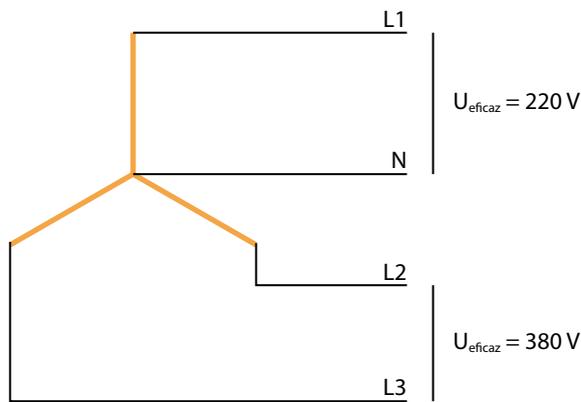
$$(12) \quad E_{ef} = \sqrt{E_0^2 + E_1^2 + E_2^2 + E_3^2 + \dots + E_n^2}$$

$$(13) \quad I_{ef} = \sqrt{I_0^2 + I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_n^2}$$

Estas dos ecuaciones son independientes de la relación de fase entre las ondas componentes y del punto de inicio de la onda. Es necesario utilizar instrumentos que midan el verdadero valor eficaz. Los modernos utilizan los principios de cálculo analógico o digital. También para una onda no senoidal es muy importante calcular el "factor de cresta" según (11). Una onda senoidal y una onda no senoidal pueden tener la misma corriente eficaz. Sin embargo, el factor de cresta de la primera será "f<sub>c</sub> = 1,41" mientras que para las corrientes absorbidas por cargas no lineales como las computadoras, impresoras o lámparas como las que estamos analizando puede variar entre dos y tres, o más, dependiendo del diseño de los componentes electrónicos.

Otro efecto importante que tenemos que considerar es que no todos los armónicos que conforman la onda poliarmónica de corriente [I<sub>1</sub> (50 Hz); I<sub>2</sub> (100 Hz); I<sub>3</sub> (150 Hz) ... I<sub>40</sub> (2000 Hz)] poseen la misma secuencia. Los armónicos se clasifican como de secuencia positiva, negativa y de secuencia cero u homopolar (ver tabla 1).

	Secuencia		
	Positiva	Negativa	Cero
Orden del Armónico	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>
	I <sub>4</sub>	I <sub>5</sub>	I <sub>6</sub>
	I <sub>7</sub>	I <sub>8</sub>	I <sub>9</sub>



Los armónicos de orden 1, 4, 7, 10, 13, 16, 19, etc., son de secuencia positiva y dan origen a campos que rotan en el mismo sentido que la fundamental (I1). Los armónicos de orden 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20, etc., son de secuencia negativa y originan campos en el sentido contrario con lo cual la corriente en el neutro resulta nula. Los armónicos de orden 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 son de secuencia cero y no generan campos rotatorios. En el caso de una red trifásica con neutro y cargas equilibradas, las corrientes  $I_1$  (50 Hz) de las fases "L1", "L2" y "L3" son iguales y separadas por  $120^\circ$ , con lo cual se cancelan en el neutro. Para las corrientes  $I_2$  (100 Hz) separadas por  $120^\circ$  también se completa la cancelación y esto es válido para los armónicos de orden par. Para las corrientes  $I_3$  (150 Hz), ocurre que las tres corrientes de "L1", "L2" y "L3" se hallan en fase. La razón es que si bien están desplazadas una de otra por  $120^\circ$  esto equivale para el tercer armónico  $360^\circ$  y como consecuencia no hay desplazamiento. Esto también es válido para los múltiplos impares del armónico de orden 3, (9, 15, 21, 27, etc.) que son de secuencia cero, pero no pares.

*Un alto nivel de distorsión de la señal de corriente o tensión está relacionado con la inestabilidad del sistema de suministro de energía, mayor consumo de energía reactiva, aumento de las pérdidas de potencia activa, una reducción en la eficiencia y durabilidad de los dispositivos.*

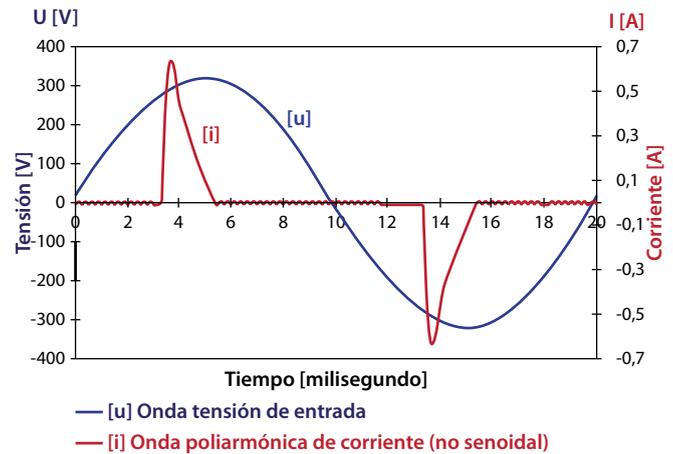


Figura 1. Lámpara LFC 20 W, fuente de alimentación (balasto electrónico incluido)

Aquí, prestar atención, ya que estas corrientes consecuencia de la carga no lineal se suman matemáticamente en el neutro y, de acuerdo a su valor, esta suma puede alcanzar hasta 1.732 veces la corriente que circula por la fase (ver figura 4). Esto representa un claro riesgo para el conductor del neutro por sobrecalentamiento y probable fusión. Con presencia de fuertes cargas no lineales como es habitual en estos tiempos, la solución más común consiste en utilizar neutros por lo menos con secciones iguales a las fases o superior. Los otros armónicos impares (5, 7, 11, 13, etc.) se suman vectorialmente en el neutro resultando en sumas y cancelaciones parciales, por lo tanto, su impacto no es apreciable como los impares anteriores que se suman matemáticamente. La elección de cargas de baja generación de contenido armónico reduce las pérdidas térmicas en el cableado. Para cargas con alto contenido de armónicos (superiores a los límites establecidos en la norma IEEE 519:2014) deben ser compensadas.

La medición de la tensión y de sus componentes armónicos nos permitirá evaluar la magnitud del impacto de la distorsión de la onda de tensión de la alimentación producida por la carga no lineal. A su vez, la medición de la corriente absorbida por la carga y la de sus componentes armónicos nos permitirá evaluar la distorsión de la onda de corriente, lo que finalmente nos permitirá apreciar el impacto sobre la calidad de la energía aplicando la fórmula (6), y en base al resultado saber si la eficiencia energética de nuestras fuentes

son una amenaza para nuestras redes aguas arriba y aguas abajo.

### Lámpara fluorescente compacta LFC 20 W

Para clarificar el proceso, consideraremos un ejemplo de una carga no lineal correspondiente a una lámpara de uso domiciliario tipo LFC de 20 W (balasto electrónico integrado) cuya medición y descripción detallada forma parte del informe (1) [MSF Brugnoli, R Iribarne] y es una carga no lineal muy similar al de las lámparas leds (driver integrado) por la forma y composición de las armónicas que conforman la onda de corriente no senoidal u “onda de corriente poliarmónica”.

En la figura 1, podemos ver la onda de tensión [u] aplicada a la LFC y la forma de la onda de corriente absorbida [i], onda no senoidal o poliarmónica, cuyo valor eficaz medido es “ $I_{ef} = 0,162 \text{ A}$ ”, “ $I_m$  = valor máximo 0,632 A, valor mínimo (-0,632 A)”, “valor pico-pico = 1,264 A”. El factor de cresta es “ $f_c = 3,90$ ” lo que nos indica claramente que se trata de una onda no senoidal. En la tabla 2 se indican los valores medidos de amplitud máxima ( $I_m$ ) para todas las corrientes armónicas, pares e impares, el valor eficaz de corriente de cada armónico [A] y el valor porcentual de su relación respecto a la corriente eficaz de la fundamental (50 Hz) “ $I_1 = 0,0862 \text{ A}$ ”. El ángulo de fase [ $\phi_n$ ] entre esta

Orden del armónico	$I_m$ medido	$I_n$ calculado	$I_n/I_1$ calculado
1	0,1219 A	0,0862 A	100%
2	0,0013 A	0,0009 A	1,04%
3	0,1116 A	0,0789 A	91,55%
4	0,0011 A	0,0008 A	0,89%
5	0,0952 A	0,0673 A	78,12%
6	0,0018 A	0,0012 A	1,44%
7	0,0748 A	0,0529 A	61,36%
8	0,0014 A	0,001 A	1,16%
9	0,0552 A	0,0390 A	45,26%
10	0,0012 A	0,0009 A	1,02%
11	0,0403 A	0,0285 A	33,02%
12	0,0011 A	0,0008 A	0,88%
13	0,0334 A	0,0236 A	27,37%
14	0,0012 A	0,0008 A	0,97%
15	0,0316 A	0,0223 A	25,91%
16	0,0007 A	0,0005 A	0,57%
17	0,0297 A	0,021 A	24,34%
18	0,0016 A	0,0012 A	1,35%
19	0,0256 A	0,0181 A	20,98%
20	0,0016 A	0,0011 A	1,33%
21	0,0213 A	0,015 A	17,46%
22	0,0011 A	0,0008 A	0,92%
23	0,0179 A	0,0126 A	14,66%
24	0,0012 A	0,0008 A	0,97%
25	0,0153 A	0,0108 A	12,58%

Orden del armónico	$I_m$ medido	$I_n$ calculado	$I_n/I_1$ calculado
26	0,0012 A	0,0008 A	0,95%
27	0,0143 A	0,0101 A	11,75%
28	0,0011 A	0,0008 A	0,93%
29	0,0131 A	0,0093 A	10,75%
30	0,0009 A	0,0006 A	0,71%
31	0,0106 A	0,0075 A	8,71%
32	0,0011 A	0,0008 A	0,91%
33	0,0088 A	0,0063 A	7,25%
34	0,0006 A	0,0005 A	0,53%
35	0,0078 A	0,0055 A	6,4%
36	0,0005 A	0,0003 A	0,39%
37	0,0073 A	0,0052 A	5,98%
38	0,0004 A	0,0003 A	0,32%
39	0,0066 A	0,0047 A	5,44%
40	0,0008 A	0,0006 A	0,66%
41	0,0061 A	0,0043 A	5,04%
42	0,0007 A	0,0005 A	0,54%
43	0,0053 A	0,0038 A	4,36%
44	0,0007 A	0,0005 A	0,59%
45	0,0044 A	0,0031 A	3,6%
46	0,0009 A	0,0006 A	0,75%
47	0,0047 A	0,0033 A	3,88%
48	0,0007 A	0,0005 A	0,54%
49	0,0049 A	0,0035 A	4,04%
50	0,0006 A	0,0004 A	0,51%

Tabla 2. Valores correspondientes al espectro armónico ed la onda de corriente poliarmónica (figura 1). Lámpara LFC 20 W

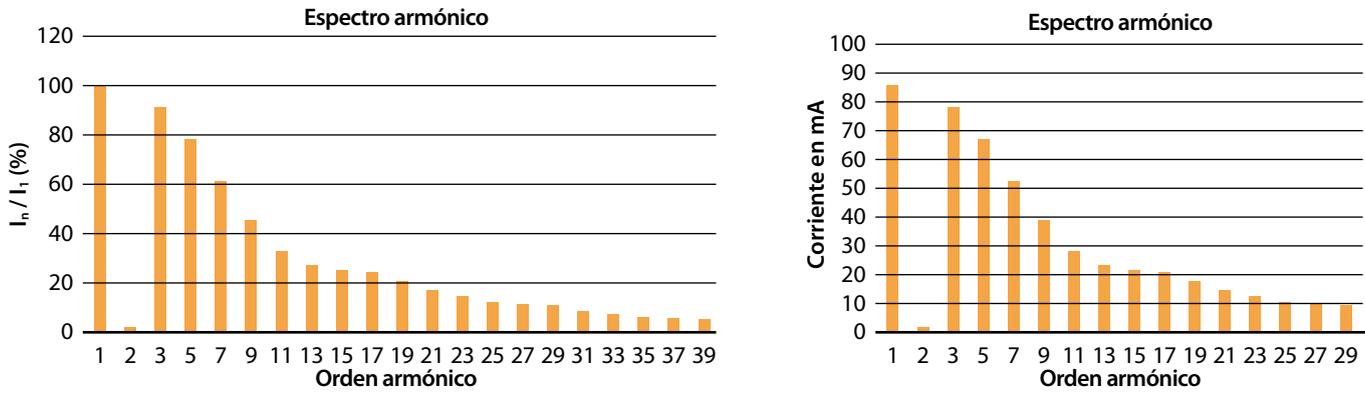
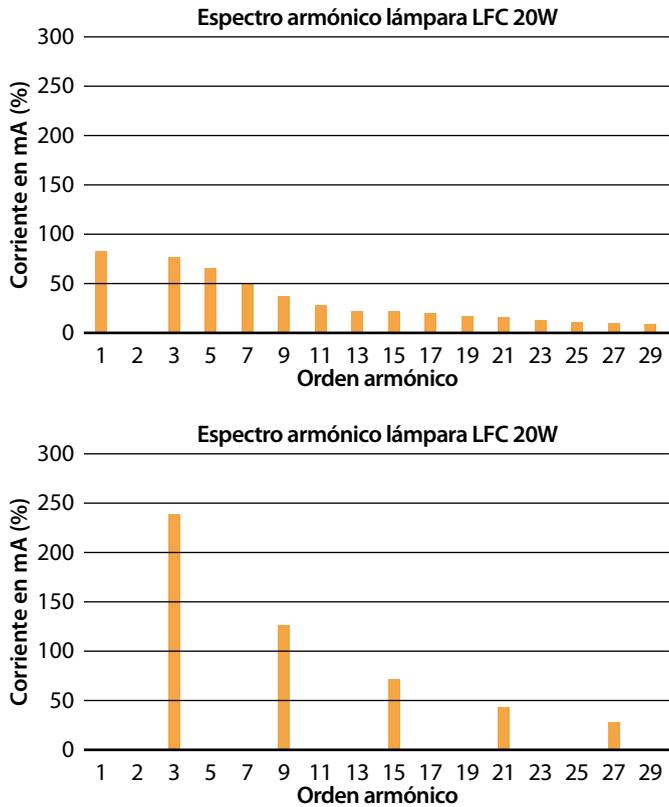


Figura 2. Espectro armónico de la lámpara LFC 20 W. Armónicos de corriente como porcentajes de la corriente de entrada a la frecuencia fundamental (izquierda). Armónicos de corriente expresados en sus valores de corriente eficaz (derecha)



Orden armónico	Corriente armónico en L1 [A]	Corriente armónico LN [A]
I <sub>3</sub>	0,079	0,237
I <sub>9</sub>	0,039	0,117
I <sub>15</sub>	0,022	0,670
I <sub>21</sub>	0,015	0,045
I <sub>27</sub>	0,010	0,030
I <sub>ef</sub> (neutro)		0,278

$$I_{ef(fase L1)} = \sqrt{I_0^2 + I_1^2 + I_2^2 + \dots + I_{29}^2}$$

$$I_{ef(neutro)} = \sqrt{I_3^2 + I_9^2 + I_{15}^2 + I_{21}^2 + I_{27}^2}$$

$$I_{ef(neutro)} = 1,73 \text{ veces } I_{ef(fase L1)}$$

Figura 3. Circuito trifásico con neutro. Espectro armónico de la corriente de una fase (L1) comparado con el espectro de la corriente que circula por el neutro

fundamental y la onda de tensión aplicada [u] cuya tensión eficaz medida es “ $U_{ef} = 224,12 \text{ V}$ ” resulta ser de  $16,3^\circ$  con lo cual el “ $\cos \varphi_1 = 0,96$ ”. La potencia activa medida es “ $P = 18,98 \text{ W}$ ”.

*La solución del problema pasa por un diseño global y racional de filtros de armónicos como los filtros activos.*

Con esta información disponible, podemos analizar su impacto en la calidad de la energía empezando por calcular su factor de potencia [ $\lambda$ ] expresado en su métrica compuesta, consistente en el producto del factor de desplazamiento y el factor de distorsión. Con estos valores se puede evaluar claramente la participación de las armónicas que conforman la onda de la corriente distorsionada de esta fuente luminosa utilizada fundamentalmente en el área residencial y en reemplazo de las lámparas incandescentes. Con los valores indicados en la tabla 2 y utilizando las fórmulas (3) a (6)

$$(2) \lambda = K_{(\text{desplazamiento})} \cdot K_{(\text{distorsión})}$$

El valor del factor de potencia es el mismo independientemente del método que se utilice. Las métricas fundamentales permiten al usuario de datos que identifique claramente si la causa raíz del deterioro del factor de potencia es el desplazamiento de la corriente, la distorsión de la corriente o ambos.

- »  $K_{(\text{desplazamiento})} = 0,96$
- »  $THDi = 158\%$
- »  $K_{(\text{distorsión})} = 0,535$
- »  $\lambda = 0,514$

En el caso de esta lámpara LFC 20 W y con la métrica utilizada, podemos ver claramente que el bajo valor de [ $\lambda$ ] está fuertemente definido por la alta distorsión de la onda de corriente producida por la emisión de los armónicos y sus altos valores comparados con la fundamental. En la figura 2 (derecha) podemos ver en el espectro armónico los valores eficaces en miliamperes de las corrientes armónicas comparadas con la corriente eficaz de la fundamental. Como resultado, el  $THDi$  de 158% es extremadamente alto. Esta métrica vigente internacionalmente nos permite visualizar la causa fundamental del deterioro en la calidad de energía. Si en cambio usamos la métrica clásica, el factor



Figura 4. Principales componentes que integran la tecnología de iluminación led

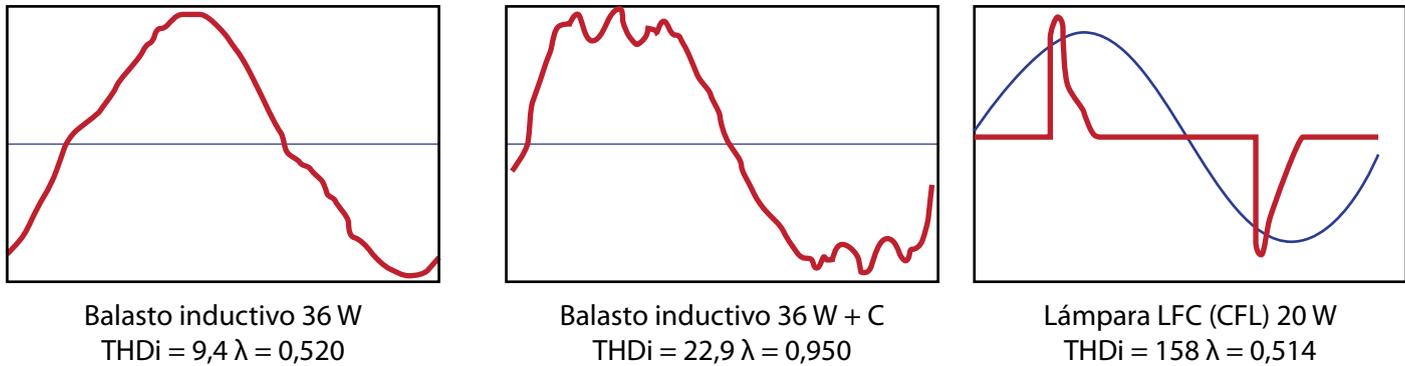


Figura 5. Formas de onda de corriente de las cargas de iluminación a descarga

de potencia nos dará el mismo valor que el obtenido, pero no nos puede orientar tal como lo logramos con el K(distorsión).

#### Armónicos aguas abajo

Analicemos ahora el impacto de los armónicos aguas abajo en la red eléctrica donde están las cargas no lineales. La figura 3, nos muestra el resultado debido a los armónicos de secuencia cero e impares múltiplos del tercer armónico (9, 15, 21, 27, etc.). Estos armónicos también se los denomina "triplen". Cuando se trata de un circuito trifásico con neutro a tierra, los valores de corriente de esos armónicos se suman en el neutro.

La corriente eficaz total absorbida por la carga no lineal en cada una de las fases "L1", "L2" y "L3" es de 0,161 A. Tratándose de un sistema equilibrado, podríamos suponer que la corriente por el neutro debería ser mínima o nula. Sin embargo, la corriente eficaz total en el neutro debido a los armónicos de secuencia cero e impares múltiplos del tercer armónico resulta ser de 0,278 A, es decir 1,73 veces el valor de la corriente de fase "L". Como consecuencia, tenemos riesgo de sobrecalentamiento del neutro y su probable fusión. En estos casos, se recomienda dimensionar o utilizar un neutro de sección igual al de la fase.

#### Componentes usados en la tecnología de la iluminación led

En la figura 4, podemos visualizar cómo se configuran lámparas y luminarias de la iluminación led que iniciaron la tercera revolución de la iluminación. Por un lado, tenemos la fuente de luz constituida por diodos electroluminiscentes (leds) en sus respectivas actualizaciones y encapsulados. A su vez y a los fines de establecer un flujo luminoso, los diodos se agrupan en modo módulo o placa led.

Para su funcionamiento, estos diodos deben estar conectados a una fuente de corriente continua. Para ello, se requiere una fuente de alimentación que, conectada a la red de baja tensión de corriente alterna (220 V-50 Hz), proporcione la tensión y corriente continua adecuada al módulo o placa. De este modo, transformamos la energía eléctrica en energía radiante visible con una alta eficiencia energética. Esta fuente es la que denominamos "driver" y, básicamente, es un rectificador de corriente alterna/continua realizado con la tecnología de semiconductores. Dependiendo de la tecnología utilizada, y de la conexión utilizada (monofásica o trifásica), este tipo de fuente genera distintos espectros de armónicos. La iluminación led es típicamente una carga monofásica conectada entre fase y neutro.

La presencia de armónicos en las redes de distribución es cada vez mayor, causando una serie de problemas de deterioro de la calidad de la onda de tensión, haciendo necesario un sobredimensionamiento de las

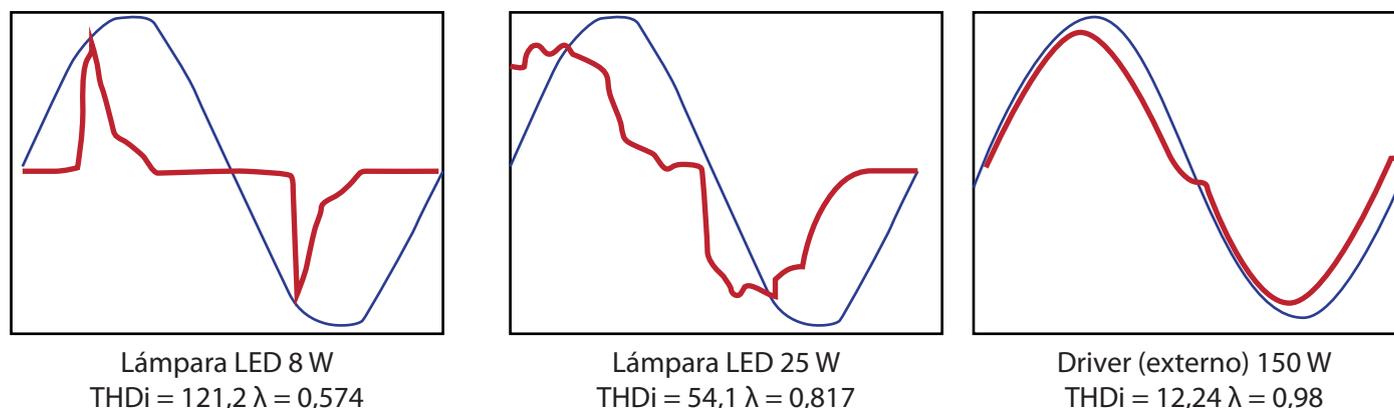


Figura 6. Formas de onda de corriente de las cargas de iluminación led

instalaciones y ocasionando pérdidas adicionales significativas.

Un alto nivel de distorsión de la señal de corriente o tensión está relacionado con la inestabilidad del sistema de suministro de energía, mayor consumo de energía reactiva, aumento de las pérdidas de potencia activa, una reducción en la eficiencia y durabilidad de los dispositivos.

En motores y generadores, provocan un aumento de las pérdidas en el devanado y los circuitos magnéticos en motores de inducción trifásicos. Los armónicos de secuencia negativa (por ejemplo, 5 u 11) generan un campo giratorio en la dirección opuesta a la rotación del rotor y por tanto generan un par de frenado, y como consecuencia de ello, son una carga adicional para el motor.

En los transformadores, la corriente distorsionada provoca un aumento de las pérdidas, tanto en el devanado, como en el núcleo. En los condensadores, se manifiestan en forma de sobrecargas de corriente y tensión; esto puede causar descargas locales en el dieléctrico, que consecuentemente conducen a cortocircuitos en las placas y daño permanente al condensador. En interruptores, contactores o relés, los armónicos pueden alterar el correcto funcionamiento, pueden apagarse de manera aparentemente injustificada produciendo tiempos de inactividad. Los problemas relacionados con las distorsiones de la onda de corriente son cada vez más complicados y a las cargas

electrónicas que han ido creciendo constantemente desde la década de los '60 se ha sumado y, con un fuerte crecimiento, también la iluminación con lámparas y luminarias led.

La alta eficiencia de estas fuentes de luz nos permiten reducir los consumos. Pero debemos reducir su impacto en la calidad de la energía. Es importante que la eficiencia energética de nuestras fuentes de luz no sean una amenaza para nuestras redes aguas arriba y aguas abajo. Tengamos en cuenta que, a nivel mundial, el consumo en iluminación respecto al total del consumo de energía eléctrica es del orden del 20%. En nuestro país, se han realizado importantes proyectos y obras con esta moderna y actual tecnología y es el inicio de un cambio que seguirá creciendo. Por eso es importante que quienes tengan proyectos de redes, tableros, reemplazo de luminarias tradicionales por led estén bien informados de los requerimientos necesarios del equipamiento de iluminación para limitar adecuadamente el impacto de la iluminación led en la red pública de acuerdo a las normas vigentes.

### Análisis comparativo de las fuentes de luz y su impacto en la calidad de energía

La sustitución de las lámparas incandescentes se inició progresivamente desde el nacimiento de la lámpara fluorescente (1936). A partir de allí, fue necesario

Fuente de alimentación	1	2	3	4	4	6
Potencia	36 W	36 W	20 W	8 W	25 W	150 W
Potencia activa	45 W	44 W	14 W	8,3 W	25,2 W	281,7 W
Potencia aparente	87 VA	47 VA	28 VA	9,1 VA	27,1 VA	285,5 VA
Tensión eficaz	220 V	220 V	220 V	220 V	220 V	220 V
Factor de cresta	1,5	1,36	3,9	3,09	1,97	1,54
THDU	1,9%	1,9%	2,2%	2,2%	2,2%	0,1%
Corriente eficaz	0,395 A	0,215 A	0,127 A	0,04 A	0,119 A	1,31 A
THDI	9,4%	22,9%	158%	121,2%	54,1%	12,24%
Fase	58 °ind	16 °ind	16 cap	24,5 cap	21,5 cap	8,11 cap
$K_{(\text{desplazamiento})}$	0,53	0,96	0,96	0,91	0,93	0,99
$K_{(\text{distorsión})}$	0,99	0,97	0,535	0,636	0,879	0,992
Factor de potencia	0,52	0,95	0,514	0,578	0,817	0,98
$I_3$ (150 Hz)	9%	20,2%	92%	88,5%	46,4%	10,8%
$I_5$ (250 Hz)	2,2%	4,9%	78%	60,4%	11%	4,4%
$I_7$ (350 Hz)	1,3%	7,1%	61%	38,7%	15,2%	2,9%
$I_9$ (450 Hz)	0,7%	4%	45%	36,3%	6,1%	1,8%
$I_{11}$ (550 Hz)	0,5%	3%	33%	30,5%	9,7%	1,1%
$I_{15}$ (750 Hz)	0,3%	0,3%	25,9%	23,4%	8,6%	0,01%
$I_{17}$ (850 Hz)	0,3%	1,44%	24,3%	16,8%	6,1%	0%

Tabla 3. Fuentes de luz y su impacto en la calidad de energía

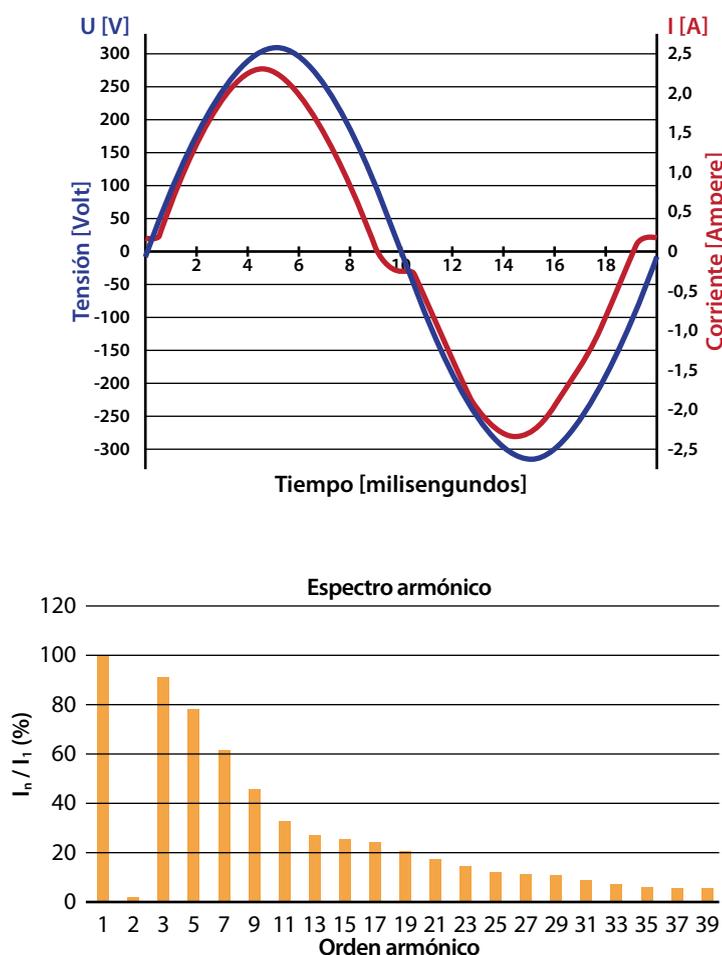
Tabla comparativa de fuentes de alimentación. 1. Balasto inductivo, 2. Balasto inductivo más capacitor (datos de laboratorio Wamco), 3. Lámpara LFC 20 W (datos de referencia 1), 4. lámpara led de 8 W (datos de referencia 7), 5. lámpara led de 25 W (datos de referencia 7), 6. Driver 150 W (datos parciales en referencia UNT-DLLyV-Lab)

la incorporación de una fuente de alimentación para su funcionamiento denominado “balasto inductivo”, “balasto electrónico”, porque estas nuevas fuentes no pueden conectarse directamente a la red de corriente alterna de baja tensión (220 V-50 Hz) como las incandescentes. Finalmente se llega a la lámpara fluorescente compacta LFC (E27) con balasto electrónico incorporado en el bulbo, gran paso que permitió iniciar el recambio definitivo y masivo de las lámparas incandescentes, principalmente a nivel domiciliario.

En nuestro país, a partir de la implementación de la Ley N.º 26.473 (junio de 2011) se prohibió la producción, importación y venta de lámparas incandescentes con una potencia mayor a 25 W. En la iluminación, las cargas no lineales empezaron con la lámpara fluorescente. Las figuras 5 y 6 nos muestran las distintas

formas de ondas de corriente correspondiente a las fuentes de luz a descarga y led. La tabla 3 resume los valores calculados, según la métrica actual, del factor de potencia  $[\lambda]$  y la distorsión armónica total THDI.

Durante todo el tiempo durante el cual las fuentes de alimentación para todas las familias de lámpara a descarga (LF, LFC, VM, SAP) fueron balastos inductivos, los bajos valores del factor de potencia  $[\lambda]$  se corregían con un capacitor adecuado. Como podemos ver en la tabla 3, mediciones hechas sobre el balasto inductivo 36 W nos indican que el THDI de 9,4% es muy bajo, lo que significa que el factor de distorsión “K” es despreciable, mientras que el factor de desplazamiento “K” es muy importante y es el que determina finalmente el bajo valor de  $[\lambda]$ . Instalado el capacitor correspondiente, el ángulo  $\varphi$  entre la onda de tensión y la corriente



Fuente de alimentación  
150 W  
Driver externo

Orden armónico	I <sub>n</sub> /I <sub>1</sub> [%]	Orden armónico	I <sub>n</sub> /I <sub>1</sub> [%]
1	100		
2	0,04	21	0,09
3	10,83	23	0,12
5	4,39	25	0,16
7	2,88	27	0,2
9	1,77	29	0,21
11	1,07	31	0,19
13	0,64	33	0,16
15	0,34	35	0,13
17	0,14	37	0,09
19	0,06	39	0,07

Figura 7. Fuente de alimentación driver 150 W. Eficiencia energética + calidad de energía

pasa de 58 a 16 °ind, y el factor de potencia [ $\lambda$ ] pasa de 0,520 al muy buen valor de 0,920. Como podemos apreciar, el agregado del capacitor distorsiona más la onda de corriente, pero su impacto THDI de 22,4% resulta, en este caso, despreciable.

La situación empieza a cambiar fuertemente cuando, con el objetivo fundamental de bajar los consumos, se logra reemplazar el balasto inductivo por el electrónico y finalmente adecuar su función y tamaño para que se pueda fabricar una lámpara a descarga con rosca E27 y conectarla directamente a la red como la incandescente. La nueva fuente de alimentación es una carga no lineal, con fuerte distorsión de la onda de corriente y la onda de tensión. Por ejemplo, reemplazamos una lámpara incandescente de 100 W por una de fluorescente compacta LFC de 25 W.

Actualmente con la gran evolución de la tecnología de estado sólido, reemplazamos la LFC de 25 W por una led de 14 W.

La figura 6 nos indica formas de onda de corriente típicas para lámparas led (driver incorporado) y la forma de onda típica para driver externo que normalmente se utiliza para las luminarias led. En el primer caso, vemos una lámpara de 8 W con porcentajes altos en los armónicos de orden 3 y 5, resultando un fuerte impacto en el THDI (121,2%) y, por lo tanto, bajo factor de potencia [ $\lambda = 0,578$ ]. La segunda lámpara, de 25 W, presenta sustanciales reducciones en los dos armónicos. Ello se debe a que la fuente (driver incorporado) utiliza filtros de armónicos con especial atención a la reducción de los armónicos de orden 3 y 5. Se utilizan diferentes tipos de filtros de armónicos que

permiten reducir el valor de la THDI. Valores orientativos referencia [7], el denominado “pasivo” (THDI entre 105-110%), el “valley fill” (THDI entre 67-72%) y el “activo” (THDI entre 30-35%). Felizmente, los valores de las corrientes armónicas para las lámparas led (ejemplo, tipo E27) son de muy bajo valor en amperes. Esto hace que su uso en reemplazo de las incandescentes y respetando las normas que limitan su emisión a la red pública como la IEC 61000-3-2 sean las adecuadas para esta etapa. Además, su encendido instantáneo, tiempo de arranque menor a 0,5 segundos, ciclos de encendido mayor a 50,000, vida útil superior a 10.000 horas, variedad de temperatura de color correlacionada, buen índice de reproducción del color (IRC) superior a 80, superan ampliamente a las LFC, con el agregado amigable para el medioambiente, dado que no contienen mercurio como todas las lámparas a descarga.

La solución del problema pasa por un diseño global y racional de filtros de armónicos como los filtros activos, lo cual permite costos razonables y fácilmente amortizables por la compensación del ahorro en pérdidas con impacto fuerte en la calidad de energía. Esta aplicación se refleja muy bien en la forma de onda de la fuente de alimentación (driver externo), que con una potencia nominal de 150 W logra un THDI de 12,24% y un factor de potencia de 0,98.

En la figura 7, se representa el espectro armónico de la fuente donde podemos apreciar la fuerte reducción de los armónicos de orden 3 (150 Hz) y de orden 5 (250 Hz) por el uso de filtros activos. Ahora con un mejor conocimiento del tema, es importante señalar las limitaciones exigidas por las normas IEC válidas tanto para las lámparas como las luminarias led.

### Normas vigentes para la limitación de las corrientes armónicas

Las fuentes de alimentación para la iluminación led, al igual que cualquier otro equipo eléctrico y electrónico, deben cumplir los requisitos para la limitación de emisión de corrientes armónicas a la red pública de suministro en baja tensión. Estos requisitos se establecieron en la IEC 61000-3-2. En particular, su edición IEC 61000-3-2:2019-04 (ver [14]) considera limitaciones

Orden armónico	Corriente armónica máxima
3	3,4 mA/W
5	1,9 mA/W
7	1 mA/W
9	0,5 mA/W
11	0,35 mA/W
de 13 a 39 (solo impares)	3,85/n mA/W

Tabla 4. Valores admisibles de los armónicos de corriente para equipamiento de iluminación (clase C) con una potencia activa de entrada menor o igual a 25 W ([14])

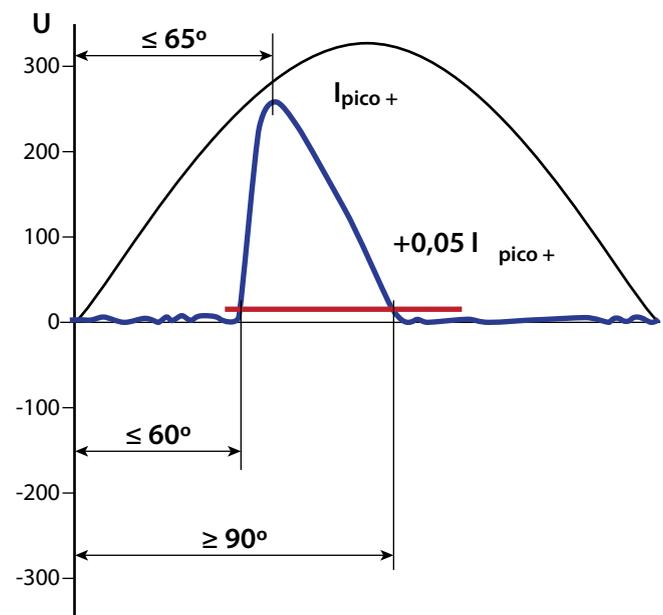


Figura 8. Ejemplo de un semiperiodo

actualizadas para potencias de hasta 25 W inclusive. Según la norma, los equipos eléctricos y electrónicos con corriente de entrada menor o igual a 16 A por fase, se dividieron en cuatro grupos: “A”, “B”, “C” y “D”. Las fuentes de alimentación de la luz led, consideradas como equipos de iluminación, se clasificaron en el grupo “C”.

En este grupo, el equipo de iluminación se divide en subgrupos, y la potencia activa consumida por el dispositivo se asumió como criterio de división. Las cargas cuya potencia superen los 25 W pertenecen a un grupo, y el segundo grupo comprende cargas con

una potencia de hasta 25 W inclusive. El valor de la potencia activa se debe especificar por el fabricante y documentar en el informe de ensayo. Este valor es el que se utiliza para establecer los límites durante los ensayos de emisión cuando los límites vienen especificados en función de la potencia. Si la potencia medida está dentro de los límites, que oscilan entre el 90 y el 110% de la potencia nominal del equipo, se debe seleccionar la potencia declarada por el fabricante. Si, por el contrario, el valor de la medida supera los límites especificados, se tiene en cuenta la potencia medida.

En la IEC 61000-3-2: 2019-4 [14] se presentaron dos conjuntos de requisitos para equipos de iluminación con una potencia activa menor o igual a 25 W; sin embargo, se enfatizó claramente que era suficiente cumplir con uno solo de los requisitos para cumplir con la norma.

- » Las corrientes armónicas convertidas en miliamperes sobre watt de la potencia activa de entrada no deben sobrepasar los límites proporcionales a la potencia indicada en la tabla 4.
- » La amplitud de las corrientes armónicas de orden 3 y 5 expresadas como porcentajes de la corriente fundamental no deben sobrepasar el 86 ni el 61%, respectivamente. Además, la forma de onda de la corriente de entrada debe ser tal que empiece a 60° o antes, que tenga su última cresta (si hay varias crestas por semiperiodo) a 65° o antes y que no termine antes de 90°, asumiendo que el

paso por cero de la fundamental de la tensión de alimentación sea en 0°.

Se fija un umbral de referencia del 5% de su valor pico para ambas situaciones y en función de la fase en grados con respecto a la onda de tensión senoidal. La onda de corriente en su crecimiento hacia su valor pico debe alcanzar el umbral del 5% en una fase menor o igual a 60°, y luego alcanzar su valor pico en una fase menor o igual a 65°; mientras que en su decrecimiento no debe caer por debajo del umbral del 5% en una fase mayor o igual a 90° (ver figura 8).

Para los equipos de iluminación con una potencia activa superior a 25 W, se establecen los siguientes requisitos.

- » Las corrientes armónicas expresadas en porcentaje de la corriente de entrada a la frecuencia fundamental no deben sobrepasar los límites relativos indicados en la tabla 5.

Orden armónico	Corriente armónica máxima
2	2%
3	30 λ
5	10%
7	7%
9	5%
de 11 a 39 (solo impares)	3%

Tabla 5. Valores admisibles de los armónicos de corriente para equipamiento de iluminación (clase C) con una potencia activa mayor a 25 W

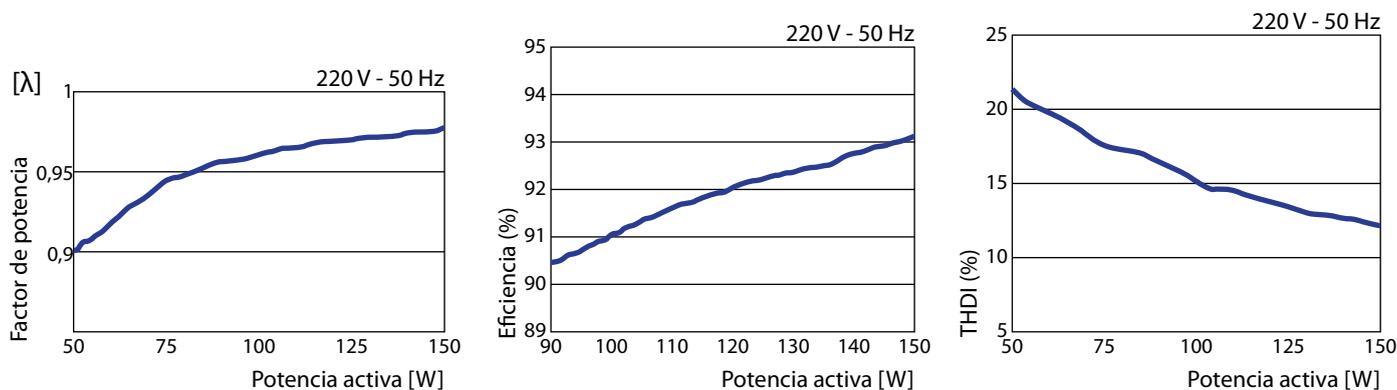


Figura 9. Especificaciones técnicas tipo fuente de alimentación 150 W

Los ejemplos puestos en la tabla 3 nos permiten evaluar cómo es el impacto de la iluminación en la calidad de la energía considerando unidades individuales de fuentes de luz desde las fuentes a descarga a las de diodos electroluminiscentes led. La situación más crítica se presenta con las lámparas led con potencias activas menores o iguales a 25 W. Por otro lado, son las de mayor aplicación dado su reemplazo por la iluminación incandescente. Por ejemplo, la lámpara led de 8 W no cumple con la amplitud de la corriente armónica de orden 3. La de 25 W cumple con la limitación de las de orden 3 y 5. Habría que hacer mediciones y ver si, además, su forma de onda está dentro de las limitaciones de la expresada en la norma (figura 8).

El ejemplo 6 para potencias activas mayores a 25 W cumple con los requisitos de la Norma IEC 61000-3-2 en cuanto a las corrientes armónicas admisibles expresadas en porcentaje de la corriente de entrada a la frecuencia fundamental (ver figura 7).

Con estos valores medidos, podemos calcular la distorsión armónica total de la corriente THDI y el factor de potencia. Finalmente podemos verificar el cumplimiento de la Norma IRAM-AADL J2020-4 inciso 4.10 que exige un factor de potencia mayor a 0,9 y THDI menor o igual a 15%.

Para la iluminación led, tanto de interior como de exterior y público, las fuentes de luz requeridas para lograr los niveles de iluminación necesarios y considerando una eficiencia del orden de 100 lm/W, estamos en potencias activas superiores a 25 W. Es muy importante la información de la fuente de alimentación exterior (driver) y la presentación de la documentación de ensayo realizada en laboratorios oficialmente reconocidos por el IRAM.

### Impactos adicionales a considerar por la iluminación led

El factor de potencia es fundamental para asegurar la calidad de la energía. Por otro lado, su evaluación con la métrica compuesta como la indicada en [4] nos permite comprender dónde está el impacto más fuerte. Los fabricantes de fuentes de alimentación (driver externo) incorporan los datos necesarios para tener un

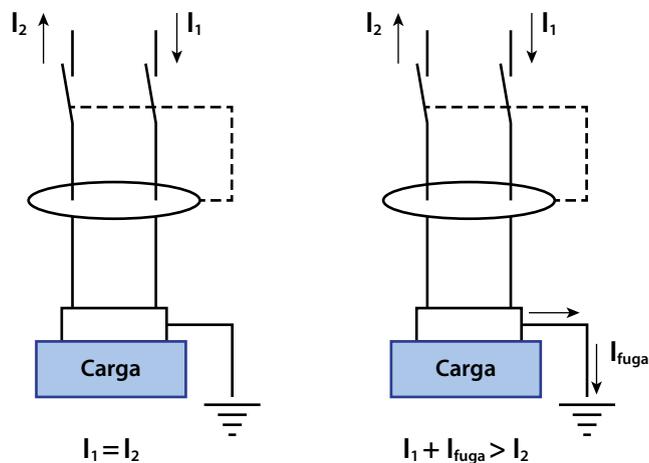


Figura 10. Esquema de funcionamiento de un disyuntor diferencial

panorama de la fuente en cuanto a su impacto en la calidad de energía. Por ejemplo, para un modelo como el de la figura 7 con una potencia activa declarada de 150 W, nos indica gráficamente la variación del factor de potencia, THDI, y la eficiencia en función de la potencia activa.

La fuente de alimentación está diseñada para una potencia activa máxima de 150 W. Si la placa o módulo led para la cual lo vamos a utilizar requiere una potencia menor, por ejemplo 100 W, vemos que aumenta la THDI a un 15% y baja el factor de potencia. Esta información permite al usuario determinar si para su fuente de luz el driver es el adecuado en cuanto a sus parámetros vinculados a la calidad de energía.

La tecnología utilizada en la fuente de alimentación (driver) para convertir CA/CC y la necesaria incorporación de los filtros para limitar las corrientes armónicas y su puesta a tierra, generan impactos que tienen consecuencias sobre los componentes que integran los tableros de distribución de las redes eléctricas internas. Estos impactos involucran a los disyuntores diferenciales y también a los interruptores termomagnéticos. El primer caso, se relaciona con el valor de la corriente de fuga a tierra (en inglés, 'leakage current to earth'), el segundo caso con la corriente pico de entrada (en inglés, 'inrush current').

### Corriente de fuga a tierra

Para su buen funcionamiento, los balastos electrónicos para fuentes de luz a descarga, al igual que su moderno reemplazo (driver) para fuente de luz led, poseen filtros con puesta a tierra. Esto significa que estamos en presencia de una corriente de fuga a tierra permanente a 50 Hz que es generalmente inferior a 1 mA. Por razones de seguridad para las personas, en las instalaciones de iluminación en áreas comerciales y/o industriales se incorporan disyuntores diferenciales de 30 mA.

Tal como se indica en la figura 10, mientras " $I_1 = I_2$ " significa que no hay corriente de fuga, las luminarias conectadas a ese circuito funcionan normalmente. Si hay una corriente de fuga superior a 30 mA, se suma a  $I_1$  y resulta la desigualdad " $I_1 + I_{FUGA} > I_2$ ", y entonces esa " $\Delta I$ " circula por el bobinado del disyuntor y acciona los contactos del interruptor desconectando la carga. Corregida la situación, se vuelve a conectar el interruptor y nuevamente " $I_1 = I_2$ ". La sensibilidad del dispositivo convencional está diseñada para actuar con corrientes de fuga no permanentes. Cuando se empezaron a utilizar balastos electrónicos con filtros, cada equipo va conectado a tierra. Cuando está conectado a la red, tenemos una corriente de fuga unitaria permanente del orden de 0,3 mA, si hay unas cuarenta lámparas fluorescentes, hay una corriente de fuga permanente de 12 mA. Este valor, en forma permanente, es suficiente para producir el disparo intempestivo del disyuntor. Una fuente driver puede tener valores de corriente de fuga del orden de 0,3/0,5 mA o el valor que declare el fabricante que debe figurar en su hoja técnica.

El problema fundamental es que una corriente de fuga permanente es perjudicial para la sensibilidad del disyuntor, ya que no está diseñado para esa condición operativa. A medida que se van conectando más fuentes driver, va aumentando la corriente de fuga y este incremento puede sensibilizar el diferencial de manera que cualquier transitorio adicional puede provocar su disparo intempestivo.

En general, se recomienda que la corriente de fuga permanente no debe superar un 30% del valor límite del disyuntor. En el caso de los balastos electrónicos,

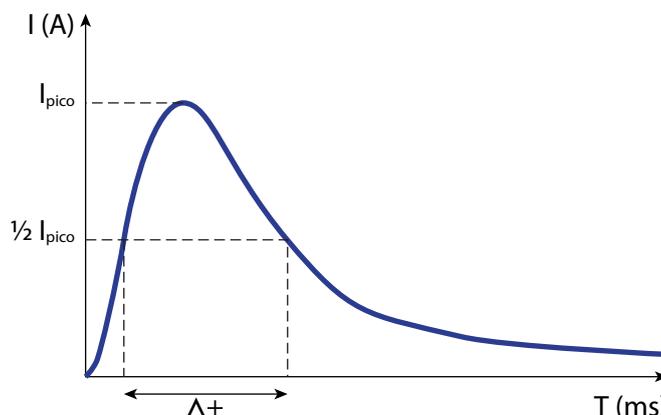


Figura 11. Corriente pico típica de arranque, con una carga capacitiva y tensión eficaz de entrada 220 V, 50 Hz

algunos fabricantes indican la cantidad máxima de unidades a conectar para un mismo circuito con disyuntor diferencial.

Es muy importante que la hoja técnica de la fuente driver indique el valor de la corriente de fuga de cada unidad para prevenir al proyectista y/o al instalador.

Cuando se desea proponer una protección diferencial, hay que considerar los problemas que están presentes en las instalaciones, ya que no contemplar el tipo de carga puede repercutir directamente en el funcionamiento de la protección diferencial instalada. Pueden ocurrir disparos intempestivos afectando la continuidad del servicio y lo más importante es que puede inhabilitar el diferencial y, por ende, poner en peligro la vida de las personas.

Para garantizar el funcionamiento y correcta operación diferencial en redes perturbadas con presencia de transitorios tales como fuerte presencia de corriente armónicas, sobretensiones atmosféricas, arranque de motores, etc., conviene utilizar un disyuntor del tipo superinmunizado que posee un circuito de acumulación de energía, lo que le permite superar esos transitorios sin producir el disparo intempestivo. Con este tipo de disyuntor diferencial se pueden colocar más del doble de cargas que con el convencional. También se debe considerar que la forma de onda no sinusoidal tiene un impacto en la corriente de disparo de un RCD, sensible solo a la corriente alterna. Como resultado, se debe utilizar un RCD tipo A, sensible a la corriente

alterna y/o la corriente pulsante con componente de corriente continua.

*Cuando se desea proponer una protección diferencial, hay que considerar los problemas que están presentes en las instalaciones, ya que no contemplar el tipo de carga puede repercutir directamente en el funcionamiento de la protección diferencial instalada.*

### Corriente de arranque

La corriente pico de arranque de las fuentes driver se ha convertido en un tema de preocupación en la industria de la iluminación. La corriente pico de arranque de las fuentes se refiere a la corriente de entrada de corta duración que fluye hacia el driver, durante la puesta en marcha inicial, para cargar los condensadores en el lado de entrada.

Normalmente, se trata de una corriente de corta duración cuya amplitud es mucho mayor que la corriente de funcionamiento o de estado estable. La corriente de entrada se debe al filtro EMC en la entrada y al condensador a masa en el circuito de refuerzo, esto es inherente a la tecnología led. La figura 11 muestra la naturaleza de la corriente pico de arranque para una fuente driver típica con su valor pico y el valor " $\Delta t$ ", que es el tiempo durante el cual el pulso de la corriente de arranque es igual al 50% del valor pico.

Estos dos valores dependen del fabricante y modelo del driver. Para tomar conciencia de la magnitud del problema consideremos una fuente driver típica de 100 W y 600 mA. La corriente de arranque es de 50 A durante un tiempo " $\Delta t = 350$  microsegundos". Si en la instalación de la planta hay varias luminarias led que se encienden al mismo tiempo, la corriente de entrada máxima y su duración pueden activar el o los interruptores termomagnéticos debido a la superación del límite de sobrecarga producido por esta alta corriente

de arranque típica de la tecnología de las fuentes de alimentación (driver). Esta situación se puede presentar tanto en un proyecto nuevo como en una renovación de la iluminación existente. Por ejemplo, luminarias con lámparas fluorescentes reemplazadas por nuevas luminarias led con el fin de mejorar la eficiencia de cada una de ellas. En este caso, la red eléctrica se conserva ya que se han bajado los consumos en un 30%.

Supongamos que nuestra instalación tiene dieciséis bocas y que hemos reemplazado dieciséis luminarias de 100 W y 600 mA por otras dieciséis de 70 W y 450 mA logrando un mejor nivel de iluminación inicial y con una reducción de un 30% en el consumo. Las dieciséis bocas están conectadas a un interruptor termomagnético tipo C 16 A.

Bajo esta situación, suponemos que el interruptor termomagnético instalado tipo C 16 A, no tendrá problemas. Sin embargo, al encender las luminarias, se produce el disparo del interruptor termomagnético aún con menos consumo de corriente por unidad. Cada driver instalado de 80 W en el momento del encendido absorbe una corriente de arranque de 50 A durante 350 microsegundos. Si bien el tiempo es muy breve, se trata de dieciséis unidades en paralelo y la simultaneidad del encendido provoca la superación del límite del relevo magnético.

Para evitar esta situación, es necesario tener información del fabricante de la fuente de alimentación (driver) respecto al valor de la corriente pico de arranque (inrush current) y su tiempo de duración. No obstante y, para facilitar el trabajo de la selección del interruptor termomagnético, es preferible que la hoja técnica del driver tenga, además de esos dos valores, una indicación de cuántas unidades de ese modelo se pueden conectar como máximo en un interruptor termomagnético tipo por ejemplo C16 A.

Cantidad de unidades driver por circuito tipo C 16 A

- » Respecto a  $I_n$ : 25
- » Respecto a  $I_{pico}$ : 8
- »  $I_{pico}$ : 50 A
- »  $\Delta t$ : 350 microsegundos

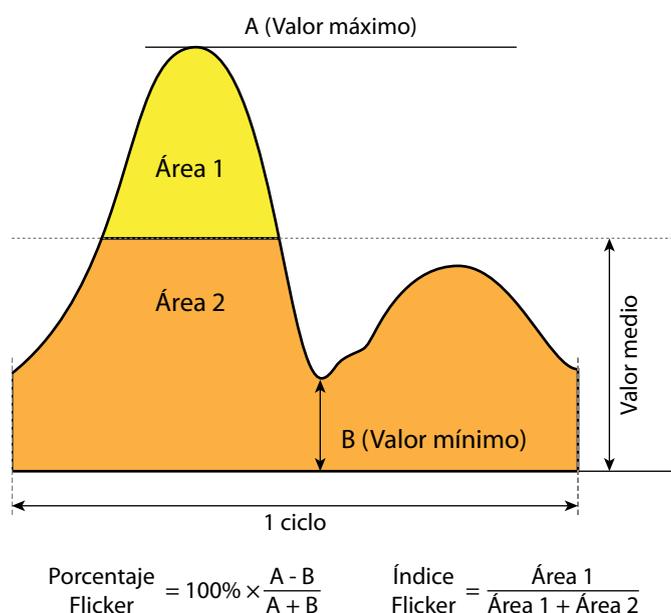


Figura 12. Métrica utilizada para la evaluación del parpadeo. Porcentaje e índice de parpadeo.

Como podemos apreciar, el encendido simultáneo de las dieciséis luminarias led con el interruptor termomagnético existente no es posible ya que su corriente de arranque pico de 50 A durante 350 microsegundos lo pone fuera de servicio. Como vemos, es un dato sumamente importante que debe tener la hoja técnica. Con esta información previa, se pueden tomar distintas soluciones para evitar los disparos imprevistos del termomagnético:

- » Reemplazar el termomagnético existente de curva C 16 A por uno mayor corriente, por ejemplo, C 40 A, ya que podrá soportar hasta veinte unidades respecto de la corriente pico.
- » Reformar la instalación distribuyendo las fuentes driver en más de un interruptor, por ejemplo, dos circuitos cada uno con un C 16 A. También se puede iniciar el encendido de las fuentes driver en forma secuencial y evitar un encendido simultáneo.
- » Otra posibilidad es incorporar al circuito un dispositivo limitador de corriente pico entre el interruptor termomagnético y las fuentes driver, lo que reduce efectivamente la posibilidad de que

el interruptor se dispare imprevistamente y, por lo tanto, se aumenta la fiabilidad del sistema.

La corriente pico de entrada y el tiempo de duración de las fuentes de alimentación (driver) difieren de un fabricante a otro y de un modelo a otro. Por esta razón es muy importante disponer la información detallada de la fuente a utilizar y evitar disparos intempestivos de los interruptores termomagnéticos.

### Flickering o parpadeo de la fuente de luz

El parpadeo ("flickering") periódico de la fuente de luz de una luminaria (efecto estroboscópico) está presente en casi todas las fuentes de luz artificial y es provocado por el rizado en la corriente de salida del driver del led. Este dato permite cuantificar la magnitud del problema: un parpadeo por debajo del 15% evita mareos, náuseas, dolores de cabeza. Por debajo del 8% no es perjudicial (según IEEE SA-1789-2015).

Los efectos en la salud que puede producir el parpadeo se dividen en aquellos que son el resultado inmediato de una exposición de breves segundos, como ataques epilépticos; y los que son el resultado menos obvio de exposición a largo plazo, tales como el malestar general, dolores de cabeza y un deterioro en el rendimiento visual. El primero se asocia con el parpadeo visible, típicamente dentro del intervalo ~3~70 Hz. El segundo, con la modulación de la luz invisible a frecuencias superiores. Los efectos biológicos negativos en los seres humanos se dan en función de la frecuencia del parpadeo, la profundidad de modulación, el brillo, el uso de la iluminación y otros factores.

La norma IEEE SA 1789-2015 presenta una ecuación a través de la cual se puede calcular el porcentaje máximo de parpadeo aceptable. Para ello, se multiplica la frecuencia de una fuente de luz por 0,08 y se redondea hasta calcular el porcentaje máximo, permitiéndose un 10% de parpadeo como tope a 120 Hz.

$$\% \text{ máximo parpadeo} = 0,08 \times (\text{frecuencia de la fuente de luz})$$

La frecuencia de alimentación, generalmente 50 Hz en Europa y 60 Hz en Estados Unidos, se traduce a 100 y 120 Hz, respectivamente, en los rectificadores de

onda completa (drivers), al haber dos apagados por cada ciclo original.

La frecuencia de alimentación de las redes en Argentina es de 50 Hz y por lo tanto el porcentaje máximo de parpadeo según la Norma será del 8%. El parpadeo del led proviene del driver. Algunos fabricantes (pocos) dan los datos del parpadeo, expresados en "ripple %" (porcentaje de rizo de la corriente de salida del driver).

La única norma que emite recomendaciones precisas para proteger la salud del ser humano es la norma estadounidense IEEE 1789, publicada en 2015. Las recomendaciones se basan en la experiencia en salud, incluidos los análisis de riesgos. El grupo de trabajo confirma que la mayoría de las lámparas incandescentes supera el límite seguro recomendado por IEEE 1789 y confirma que los parámetros utilizados en el estándar IEEE 1789 (frecuencia y porcentaje de modulación) son totalmente aplicables a la gran mayoría de lámparas y luminarias led. Las propuestas de luminarias led ya incorporan en sus propuestas el cumplimiento de IEEE 1789.

### Conclusiones

La eficiencia energética, que también tenemos como objetivo en la iluminación, debemos lograrla preservando la calidad de la energía. Es muy importante analizar, cuantificar y tomar conocimiento del verdadero impacto en la calidad de la energía y saber cuáles son las limitaciones exigidas y vigentes. De este modo, adecuaremos la tecnología de los leds y lograremos armonizar la eficiencia energética con la calidad de la energía. Estamos en el inicio de una nueva cultura de la luz. La Luz debe ser eficiente, saludable, sustentable, acorde con la economía circular y el ecosistema.

Las nuevas fuentes de luz led, diodo emisor de luz inorgánico y OLED y sus fuentes de alimentación electrónicas (driver) son aptas para gestionar de manera inteligente todo tipo de programa para lograr esos objetivos. Es muy importante para quienes tengan a su cargo proyectos o instalaciones nuevas o renovaciones previstas con la incorporación de estas nuevas tecnologías tener buena información para armonizar la eficiencia energética con la calidad de la energía. ❖

### Referencias

- [1] "Estudio de Impactos en Redes de Distribución(I) y Medio Ambiente (II) Debidos al Uso Intensivo de Lámparas Fluorescentes Compactas"-Secretaría de Energía-Programa de Calidad de Artefactos Energéticos (PROCAE). M.S.F. Brugnoni, R.Iribarne – (Mayo 2006)
- [2] "Lámparas LED: impacto en el uso eficiente de la energía" J. Suárez, G. Di Mauro, G. Murcia, S. Jacob, J. Strack Grupo de Investigación LAT- (Marzo 2013)
- [3] "Evaluación de armónicos en propiedades residenciales" - Carlorosi M.V., Manzano E.R. "XI Jornada Argentinas de Luminotecnia- (Octubre 2013)".
- [4] "Demain, l'éclairage sera très différent" Gaël Obein- Président-AFE Association Française de l'éclairage)-Entrevista Ingénierie Territoriale -N° 53 Mars 2020.
- [5] Impact of large-scale installation of LED lamps in a distribution system-Uddin et al. (2015)
- [6] Power Quality: a Requirement for GSLs.- Steve Coyne- 6 Nov 2019.
- [7] Disturbances Generated by Lighting Systems with LED Lamps and the Reduction in Their Impacts-Łukasz Putz Karol Bednarek and Ryszard Nawrowski-14 November 2019
- [8] Impacts of LED lighting on Power Quality. Remi Bolduc.Schneider Electric White Paper.
- [9] Harmonics and Reduction of Energy Consumption in Lighting Systems by Using LED Lamps. Natthanon Phannil, Chaiyan Jettanasen and Atthapol Ngaopitakkul - 15 November 2018.
- [10] LED Drivers Power Quality, PF, Displacement and Harmonic Factors ALA – Signify-July 2018
- [11] Differences in the performance between CFL and LED lamps under different voltage distortions. Gil-de-Castro, A., Medina-Gracia, R.Ronnberg, S.K.Blanco, A.M., Meyer,
- [12] Light Wavelength and Power Quality Characteristics of CFL and LED Lamps under Different Voltage Harmonic Levels. Kamran Dawood et al., Vol.3, No.1, 2017.
- [13] Harmonics Monitoring Survey on LED Lamps. Abdelrahman Ahmed Akila. Kamelia Youssef, Ibrahim Yassin.
- [14] Standard IEC 61000-3-2:2019-04—Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 3-2: Limits—Limits for Harmonic Current Emissions (Equipment Input Current ≤16 A per Phase); International Electrotechnical Commission: Geneva, Switzerland, 2019.
- [15] Harmonics and Reduction of Energy Consumption in Lighting Systems by Using LED Lamps. Natthanon Phannil, Chaiyan Jettanasen and Atthapol Ngaopitakkul - 15 November 2018.

# BIEL light+building

BUENOS AIRES

Bienal Internacional de la Industria Eléctrica,  
Electrónica y Luminotécnica

Septiembre, 2021  
La Rural Predio Ferial

Inspiring  
tomorrow

    #BIELBuenosAires

[www.biel.com.ar](http://www.biel.com.ar)

Horarios: miércoles a viernes de 13 a 20 hs. | sábado de 11 a 19 hs.  
Evento exclusivo para profesionales y empresarios del sector.  
Para acreditarte debés presentar tu documento de identidad.

No se permite el ingreso a menores de 16 años incluso  
acompañados por un adulto.

Messe Frankfurt Argentina: +54 11 4514 1400 - [biel@argentina.messefrankfurt.com](mailto:biel@argentina.messefrankfurt.com)

luminale

 CADIEEL  
Potenciando la industria

 messe frankfurt



Electrotecnia | Iluminación | Automatización y control

# CONEXPO

*Congresos y  
Exposiciones*



# CONEXPO

*Córdoba*

Ciudad de Córdoba/2021



## CONEXPO

*Noa*



## CONEXPO

*Nordeste*



## CONEXPO

*Patagonia*



## CONEXPO

*Litoral*



## CONEXPO

*Cuyo*



## CONEXPO

*Comahue*

Organización y  
Producción General



Medios auspiciantes

Ingeniería  
**ELECTRICA**

REVISTA  
**electrotecnica**

**AADECA**  
REVISTA



-luminotecnia-

[www.conexpo.com.ar](http://www.conexpo.com.ar)

CONEXPO | La Exposición Regional del Sector, 73 ediciones en 25 años consecutivos

Av. La Plata 1080 (1250) CABA | +54-11 4921-3001 | [conexpo@editores.com.ar](mailto:conexpo@editores.com.ar)



# LÍNEA DE PRODUCTOS 2021



# strand

Un paso más allá de lo conocido en iluminación

Dirección: Pavón 2957 (C1253AAA) - República Argentina - Buenos Aires

Tel / Fax: (54-11) 4943-4004 (54-11) 4941-5351

E-mail: [info@strand.com.ar](mailto:info@strand.com.ar) | Web Site: [www.strand.com.ar](http://www.strand.com.ar)



## SX 200 LED

Luminaria marca STRAND modelo SX 200 LED  
Posibilidad de montaje en columnas de 42 ó 60 mm de diámetro  
Dimensiones: 765 mm x 93 mm x 290 mm (Largo - Alto - Ancho)  
Peso: 7,400 Kg. - Montaje vertical u horizontal  
Tulipa de policarbonato cristal inyectado - Óptica enteriza regulable  
Eficiencia superior a los 140 lm / Watts  
Potencia máx. 290 Watts



## SX 100 LED

Luminaria marca STRAND modelo SX 100 LED  
Posibilidad de montaje en columnas de 42 ó 60 mm de diámetro  
Dimensiones: 445 mm x 93 mm x 290 mm (Largo - Alto - Ancho)  
Peso: 3,700 Kg. - Montaje vertical u horizontal  
Tulipa de policarbonato cristal inyectado - Óptica enteriza regulable  
Eficiencia superior a los 140 lm / Watts  
Potencia máx. 145 Watts



## SX 50 LED

Luminaria marca STRAND modelo SX 50 LED  
Posibilidad de montaje en columnas de 42 ó 60 mm de diámetro  
Dimensiones: 330 mm x 93 mm x 290 mm (Largo - Alto - Ancho)  
Peso: 3,200 Kg. - Montaje vertical u horizontal  
Tulipa de policarbonato cristal inyectado - Óptica enteriza regulable  
Eficiencia superior a los 140 lm / Watts  
Potencia máx. 65 Watts