

## Importancia de la distorsión armónica en el mercado de lámparas LEDs de consumo masivo

Masat, F<sup>a</sup>; Longoni, J. <sup>b</sup>; Pochettino, N. <sup>c</sup>

<sup>a</sup> UTN Santa Fe, Centro I+D en Ingeniería Eléctrica y Sistemas Energéticos (CIESE), Laboratorio de Mediciones y Ensayos (LaMyEn)

[jazcurra@frsf.utn.edu.ar](mailto:jazcurra@frsf.utn.edu.ar)

....

[npochettino@frsf.utn.edu.ar](mailto:npochettino@frsf.utn.edu.ar)

### RESUMEN

## INTRODUCCIÓN

Actualmente, gracias a los avances tecnológicos, la electrónica ha tomado un papel muy importante en las instalaciones eléctricas de baja potencia, ya sea por su utilización en electrodomésticos en general o en iluminación con el reciente boom de las lámparas led. Todos estos artefactos traen consigo un problema que el usuario común normalmente desconoce: la *distorsión armónica*.

Una de las formas en las que se puede medir el factor de distorsión armónica ( $K_{\text{distortion}}$ ) del consumo de corriente en las lámparas led es mediante la relación entre su factor de potencia ( $\lambda$ ) y factor de desplazamiento ( $K_{\text{displacement}}$ ) o  $\cos\phi$ .

Otra de las formas que existen es analizando cada uno de los niveles armónicos individuales y analizarlas por separado, o bien calcular el valor de distorsión total (O THD por sus siglas en inglés). Para cualquiera de estas mediciones se utilizó un instrumento llamado *Analizador de redes*, que registra los valores instantáneos de cada ítem para su posterior análisis.

En función de estos análisis se investiga la influencia que estos aspectos típicos de la corriente consumida que los elementos led poseen, orientados hacia la importancia de la medición y posterior regulación de los mismos, siguiendo con la línea u objetivos que se persiguen cuando se realizan ensayos de eficiencia energética en estos nuevos dispositivos que, por sus características, serán elegidos por excelencia para la iluminación en un futuro cercano.

## METODOLOGÍA

Las mediciones se realizaron durante los ensayos de las lámparas led, en el marco de los ensayos de eficiencia energética que aplican a estos dispositivos según la Resolución 586-2020 emitida en noviembre del 2020 por la Secretaría de Comercio Interior, la cual determina los lineamientos a seguir, la norma que se utilizará en los ensayos, y agrega una exigencia en cuanto al flujo luminoso que los dispositivos emiten y cómo mantienen este valor en el tiempo.

En la resolución podemos encontrar que los ensayos se rigen por la norma IRAM 620404-3, la cual delega ciertas pruebas y requerimientos en otras reglamentaciones, como en el caso de la medición de *flujo luminoso en lámparas LED*, establecidos por la norma CIE84 y adaptándolos según como se utilizan en la norma IRAM para utilizar la esfera integradora de Ulbright. También es el caso de las condiciones de dichos ensayos, como son las condiciones ambientales y de alimentación eléctrica a los dispositivos bajo ensayo (o DUT, por siglas en inglés “device under test”).

Para constatar la alimentación del DUT se analizaron valores de tensión, corriente, potencia, distorsión armónica total (THD) y armónicos individuales de tensión y corriente hasta la armónica cincuenta, aplicados a 440 lámparas que estaban cursando el ensayo de *mantenimiento de flujo luminoso*.

Dichas lámparas, al momento de la obtención de los datos, se encontraban alimentadas mediante una UPS de XXXX(características).

### Análisis de los datos

Para analizar los datos obtenidos se tomó como base el anexo D de la norma IEC 62612 (2018) que define los siguientes factores asociados a la distorsión armónica:

$$\lambda = K_{displacement} * K_{distortion}$$

$$K_{displacement} = \cos\varphi_1$$

$$K_{distortion} = \frac{1}{\sqrt{1 + THD^2}}$$

$$\lambda = \frac{\cos\varphi_1}{\sqrt{1 + THD^2}}$$

De donde  $\varphi_1$  es el ángulo entre la componente fundamental de la tensión de alimentación y la fundamental de la corriente en el circuito, como se observa en las figuras extraídas de IEC62612 (2015):

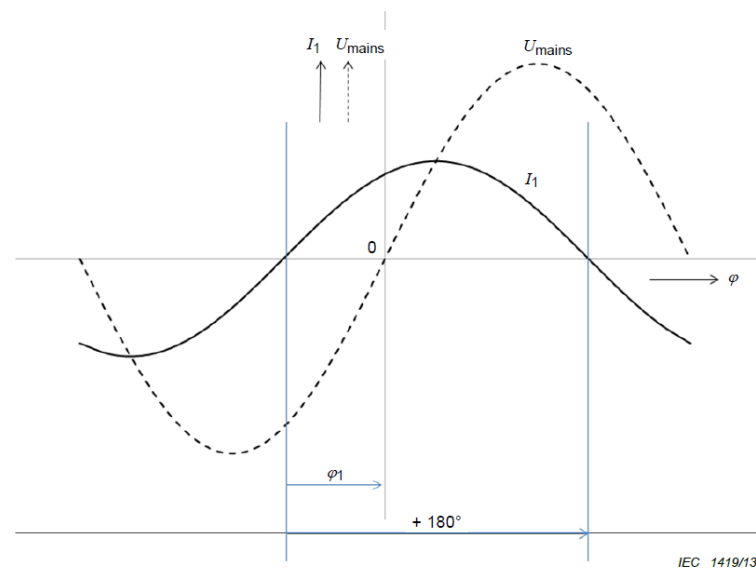
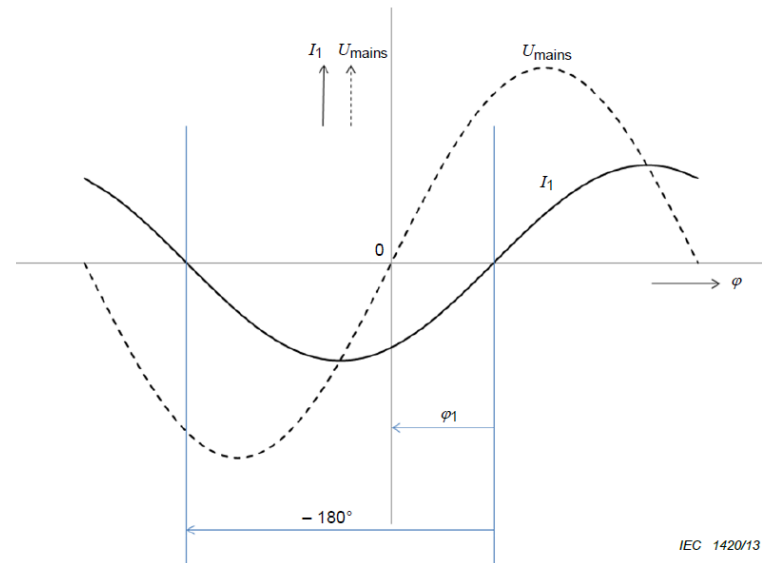


Figura 1


**Figura 2**

Por otro lado, el THD o distorsión armónica total para la corriente se calcula como:

$$THD = \sqrt{\sum_{n=2}^{40} \left(\frac{I_n}{I_1}\right)^2}$$

A su vez, la norma especifica valores recomendados mínimos para factores de desplazamiento, *para evitar efectos negativos en la red de potencia*, pero no así para el factor de distorsión.

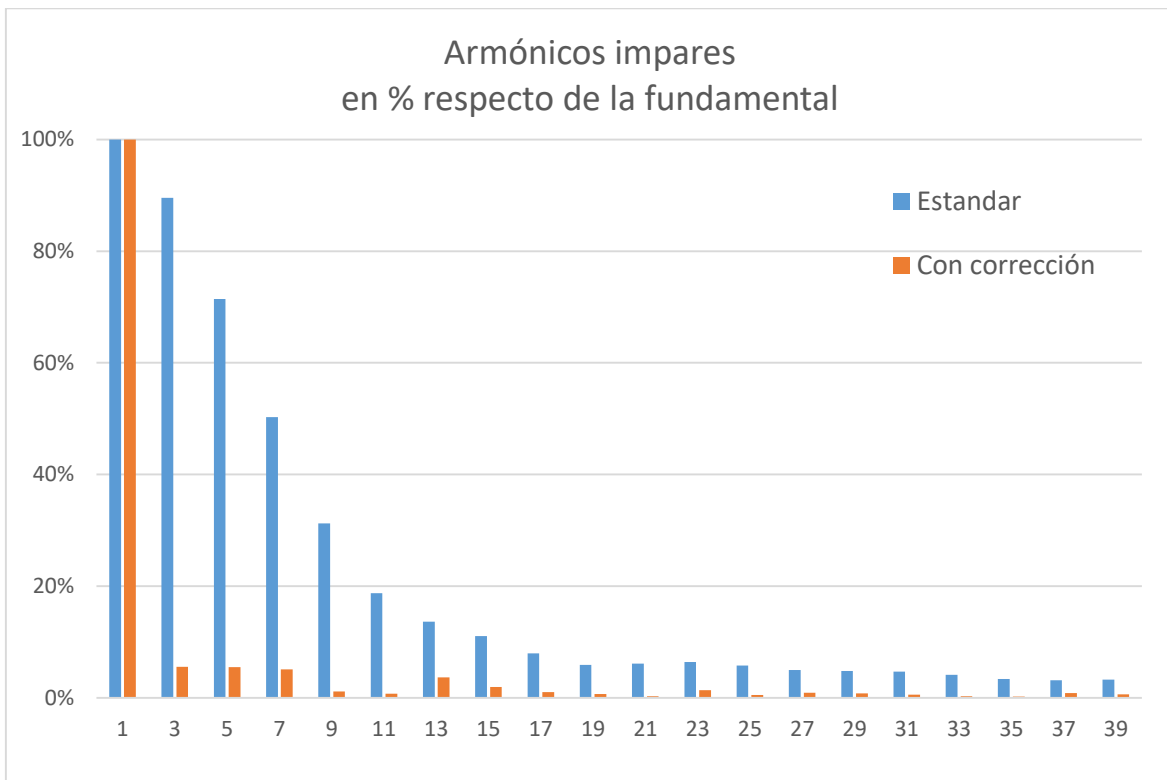
## RESULTADOS

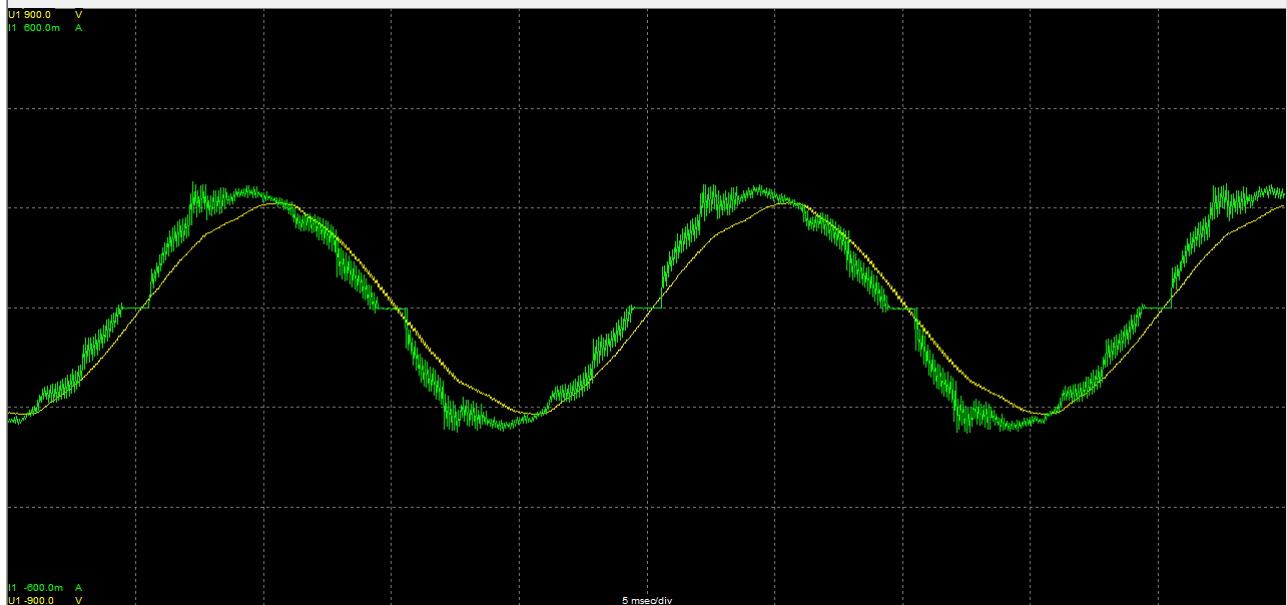
Al conectar las lámparas a una fuente de tensión controlada nos encontramos que la predicción prevista sobre la cantidad de lámparas que dicha UPS tenía capacidad de alimentar era en realidad un valor significativamente menor, esto debido al bajo factor de potencia que éstas poseen.

Se procedió, en vano, a intentar corregir el mismo con el agregado de bobinas y capacitores, no pudiéndose lograr ya que la corrección del factor de potencia cuando la carga es no-lineal, no es factible.

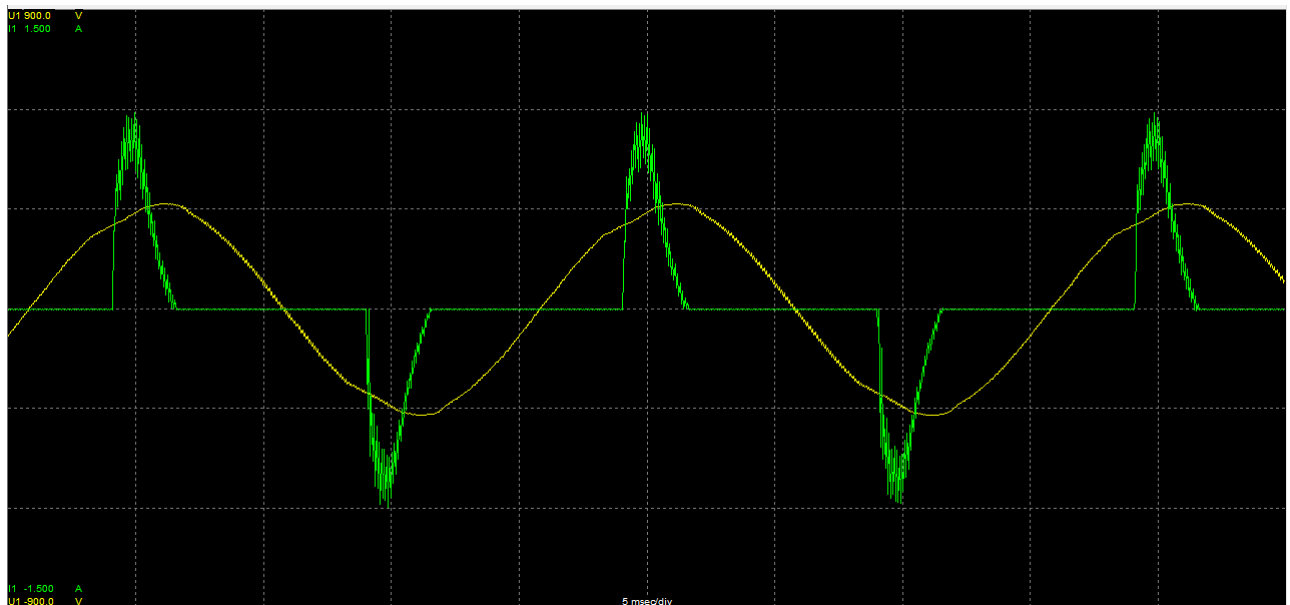
Luego, durante las mediciones de flujo se encontró un modelo de lámpara para el cual el valor de factor de potencia medido fue significativamente mayor a los de las demás lámparas, se concluye por lo tanto que estas cuentan con corrección de armónicos. Se buscó otro modelo de similar potencia (40 [W]), pero bajo  $\lambda$ , y se compararon los resultados de distintas mediciones realizadas durante un periodo de 15', obteniéndose:

| Variables          | Lámpara estándar | Lámpara con corrección armónica |
|--------------------|------------------|---------------------------------|
| $U_{rms}$ [V]      | 220,09           | 219,96                          |
| $I_{rms}$ [A]      | 0,278            | 0,167                           |
| P [W]              | 34,27            | 35,53                           |
| S [VA]             | 61,08            | 36,69                           |
| $\lambda$          | 0,561            | 0,969                           |
| $\text{Cos}\phi_1$ | 0,966            | 0,978                           |
| THD                | 1,328            | 0,107                           |

**Tabla 1**

**Figura 3:** Comparación de armónicos individuales



**Figura 4:** Ondas de tensión (amarillo), y corriente (verde). Lámpara con corrección armónica.



**Figura 5:** Ondas de tensión (amarillo), y corriente (verde). Lámpara estándar.

Se observa de la *Tabla 1*, como se reduce significativamente el consumo de potencia aparente  $S$ , aproximadamente un 40%, debido al mejor  $\lambda$  con el que cuenta la lámpara con corrección de armónicos, esto se traduce directamente en un mejor aprovechamiento de la potencia disponible en transformadores o fuentes de tensión controlada. Hay que tener en

cuenta también, que dicha disminución de consumo de reactivos se logró con el aumento de solo un 4% de la potencia activa, sin cambio en el nivel de eficiencia entre un modelo y el otro.

Se calcularon también los factores de distorsión para ambos modelos como:

$$K_{distortion} = \frac{\lambda}{K_{displacement}}$$

| Mediciones       | Lámpara sin filtro armónico | Lámpara con filtro armónico |
|------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| $K_{distortion}$ | 0,58                        | 0,99                        |

**Tabla 2:** factores de distorsión

## CONCLUSIONES

Habiendo comprobado el efecto adverso que poseen los armónicos de corriente que consumen las lámparas leds de consumo masivo en cuanto a aumento en el consumo de potencia reactiva, y encontramos de gran importancia el marcado, y posterior regulación por parte del ente responsable, de algún indicador de la distorsión armónica que posea el equipo, ya que la posibilidad de encontrar una solución individual que solucione el problema puntualmente es altamente factible y viable, pero encontrar un filtro de armónicos de potencia para subsanar el inconveniente en la red de distribución es costoso y poco viable debido al cambio constante de demanda.

A modo de ejemplo podemos nombrar nuestro país vecino Uruguay, en cual reglamentación UNIT 1218 (2018) que exige, en la hoja de datos del producto, el marcado de factor de potencia, agregando (para equipos de potencia nominal mayor a 25W) límites en lo concerniente al factor de desplazamiento y las corrientes armónicas (según el orden de cada una).

Por otro lado, se ha puesto a prueba el perfil profesional que busca formar nuestra institución, generando trabajo en equipo y desarrollando mediciones y análisis con el objetivo de brindar respuestas a una problemática que no solo nos involucra como institución pública, sino que además puede contribuir a colegas que desarrollan la misma tarea en el ámbito privado.

## RECONOCIMIENTOS

Es importante destacar la oportunidad que nos da nuestro Laboratorio de Mediciones y Ensayos (LaMyEN), perteneciente al Grupo de CIESE del Departamento de Ingeniería Eléctrica que funciona dentro de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe que en vías de asegurar calidad, excelencia y transparencia en las tareas desempeñadas permite además formar estudiantes con elevado criterio para realizar tareas en el ámbito ingenieril.

## BIBLIOGRAFIA

Norma IRAM 62404-3 (2017) – Etiquetado de eficiencia energética de lámparas eléctricas para iluminación general.

Norma UNIT 1218 (2018) – Eficiencia energética–Lámparas LED–Especificaciones y etiquetado.  
Norma IEC 62612 (2015) Ed 1.1 – Self-ballasted LED lamps for general lighting services with supply voltages > 50.  
Norma CIE 84 (1989) – Medición del flujo luminoso.  
Norma IES LM 79 (2008) – Approved Method: Optical and Electrical Measurements of Solid-State Lighting Products.  
Norma CIE S025/E (2015) –Test Method for LED Lamps, LED Luminaires and LED Modules.  
Norma CIE 121 (1996) Ed 1.0 – The photometry and goniophotometry of luminaires.  
Norma IEC 61000-3-2 (2008) Ed 2.0 – Electromagnetic compatibility (EMC).