

# **ESTUDIO DEL CONTENIDO ARMÓNICO EN LINEAS DE ALUMBRADO PÚBLICO CON COMPONENTES ELÉCTRICOS ALIMENTÁNDOLO ENTRE FASES Y USANDO AUTOTRANSFORMADORES**

Autores: Alonso Velo; Ezequiel Marzano; Marcos Azcune; Ing. Federico Conte; Ing. Mario Blume GEEE (Grupo Estudio de Eficiencia Energética), Facultad Regional San Nicolás de la Universidad Tecnológica Nacional, B2900LWH San Nicolás de Los Arroyos, Buenos Aires, Argentina.  
avelo@frsn.utn.edu.ar ezequielmarzano@gmail.com marcosazcune6@gmail.com  
fconte@frsn.utn.edu.ar mblume@frsn.utn.edu.ar

## **Resumen**

En la actualidad es de uso común y corriente el emplear equipos electrónicos para iluminación vial o alumbrado público. Estos equipos van desde los balastos electrónicos para lámparas de vapor de sodio hasta los modernos artefactos LED. Los mismos traen notorios beneficios como por ejemplo una mejora en el rendimiento de las lámparas o una mayor eficiencia energética. Pero también presentan el inconveniente de la enorme capacidad que tienen para generar corrientes armónicas que perjudican la calidad de energía de la que se dispone en su entorno. Este detrimento de la calidad de energía redundante en que los usuarios domiciliarios, comercios, talleres, etc., tengan un alto contenido armónico en la energía eléctrica que reciben de la red, lo que se traduce en la imposibilidad de emplear en forma correcta y segura equipos como computadoras, receptores de radios, motores, etc., o el disparo intempestivo de protecciones diferenciales.

El presente trabajo intenta comparar el contenido armónico de un conjunto de artefactos LED conectados en forma convencional, es decir entre una fase y neutro, versus el mismo conjunto conectado mediante transformadores con el objetivo de reducir las corrientes armónicas que generan dichos artefactos del sistema de potencia que los alimenta, disminuyendo o no de esta manera sus efectos nocivos en la calidad de energía. Con la configuración planteada se consuma que la distorsión armónica varía empleando auto transformadores sin atenuar el problema, no obstante plantea un nuevo camino a seguir al respecto.

## **Palabras clave:**

Calidad de energía, distorsión armónica, alumbrado público LED; modelo carga no lineal.

## **Introducción**

La norma UNE-EN-60150:2011 define la tensión armónica como “una tensión senoidal cuya frecuencia es múltiplo entero de la frecuencia fundamental de la tensión de alimentación en el sistema” [1]. El matemático Fourier, definió este fenómeno afirmando que “cualquier señal periódica, por compleja que sea, se puede descomponer en una suma de señales senoidales cuya frecuencia es múltiplo de la frecuencia fundamental o de referencia” [2].

En general, los armónicos son generados por cargas no lineales, lo cual significa que su impedancia no es constante y está dada en función de la tensión. Estas cargas no lineales a pesar de ser alimentadas con una tensión sinusoidal absorben una intensidad no sinusoidal. Para simplificar y resumir se puede pensar que las cargas no lineales se comportan como fuentes de intensidad que inyectan armónicos en la red.

Las cargas no lineales más comunes son las que se encuentran en los receptores alimentados por electrónica de potencia tales como: variadores de velocidad, rectificadores, convertidores, reactancias saturables, equipos de soldadura, hornos de arco, etc.

Es evidente que la iluminación LED por ser una carga no lineal, es una fuente de armónicos considerable y su uso generalizado en iluminación pública podría crear pérdidas por armónicos

adicionales, las cuales también podrían resultar significativas en las líneas de baja tensión que los alimenten. Esto hace pensar que la calidad de energía, en términos de distorsión armónica, se ve afectada.

Existe la teoría donde la implementación de autotransformadores para la alimentación de los artefactos LED podría reducir los armónicos que son enviados a la red [3]. Este trabajo intenta esclarecer esos efectos mediante mediciones que permitan comparar la distorsión armónica en un caso y otro.

Los armónicos son causantes de numerosos problemas, como por ejemplo en los sistemas de protección, sobrecalentamiento en equipos y redes eléctricas, efectos de resonancia, etc. [4] De esto se deduce que la calidad de energía resultante, cuando este tipo de cargas son conectadas a la red, se ve afectada de forma negativa, claramente por el incremento de la distorsión armónica [5].

Frente a esto se ve necesario reducir el contenido armónico que se genera. La alternativa que este trabajo pretende estudiar plantea la implementación de autotransformadores para la alimentación de los artefactos LED con el fin de reducir dicho contenido armónico como se menciona más arriba.

## Mediciones y análisis

El objetivo de las mediciones es la comparación de la distorsión armónica cuando se alimenta un artefacto o grupo de artefactos directamente con la tensión de red versus cuando los mismos se alimentan por medio de autotransformadores conectados a la misma fuente de tensión.

Para tal fin se confeccionó un tablero de pruebas donde se conectaban en forma independiente los artefactos de iluminación. El tablero de pruebas también permite que la alimentación de tensión se haga directamente de la red o por medio de un transformador, simplemente cambiando las conexiones.

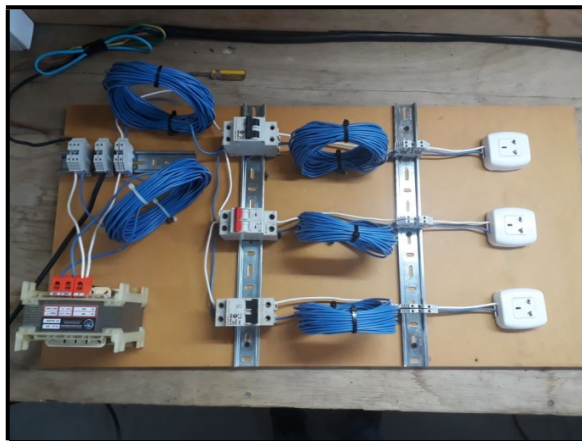


Fig 1: Tablero de pruebas elaborado para las mediciones (fuente propia).

Las bobinas de cables que se observan en el tablero tienen el fin de minimizar errores en la medición, aprovechando el efecto de multiplicación de la corriente en función de la cantidad de vueltas, para que las pinzas amperométricas del analizador de redes midieran correctamente las corrientes.

Las sucesivas mediciones realizadas implicaron la medición de armónicos en las siguientes alternativas:

- 1) Alimentación directa con tensión de red: Un artefacto LED solo; Dos artefactos LED; Tres artefactos LED.

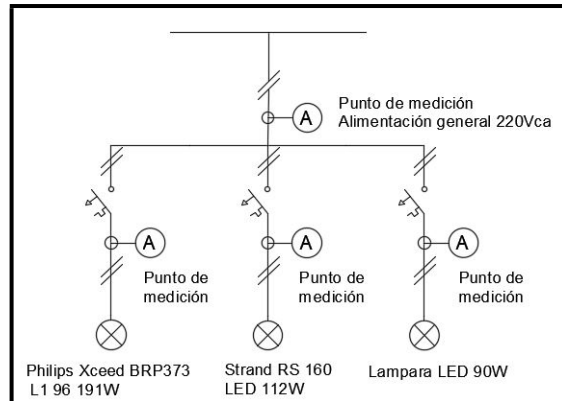


Fig. 2: Conexión de artefactos con alimentación de tensión directa de la red, y la indicación de los puntos de medición de corriente (fuente propia).

- 2) Alimentación con Autotransformador: Un artefacto LED solo; Dos artefactos LED; Tres artefactos LED.

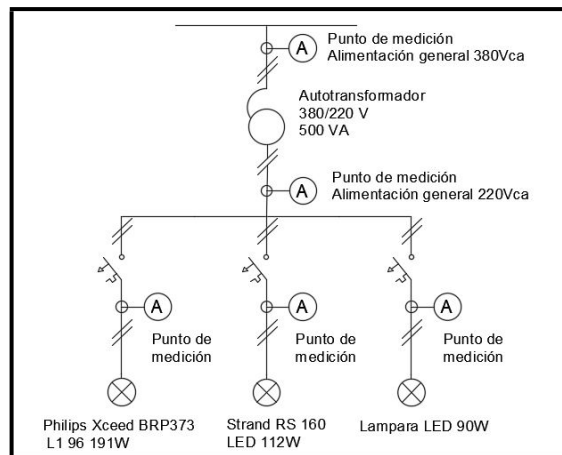


Fig. 3: Conexión de artefactos con alimentación de tensión por medio de autotransformador, y la indicación de los puntos de medición de corriente (fuente propia).

El autotransformador empleado tiene una relación de transformación de 380/220 lo que permitiría poder emplearse en las redes de distribución de nuestro país. Su potencia aparente es de 500VA. Para realizar las mediciones de nivel de armónicos se utilizó un analizador de redes, marca Sqaure-D modelo PowerLogic PCM4000. El software de interfase empleado para la obtención de los datos fue Powerlogic System Manager SMS 121.

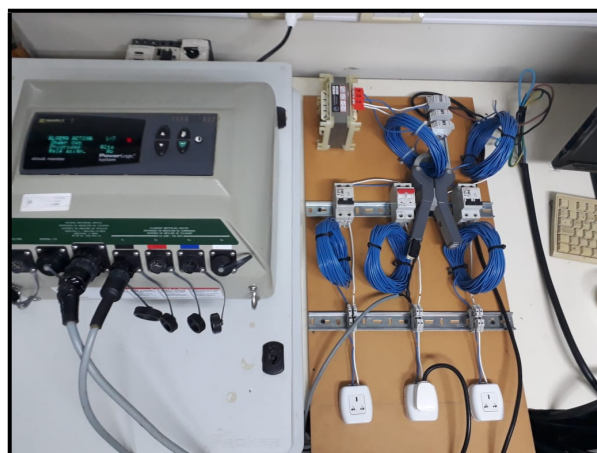


Fig. 4: Tablero de pruebas y analizador de redes Sqaure-D PCM4000 (fuente propia).

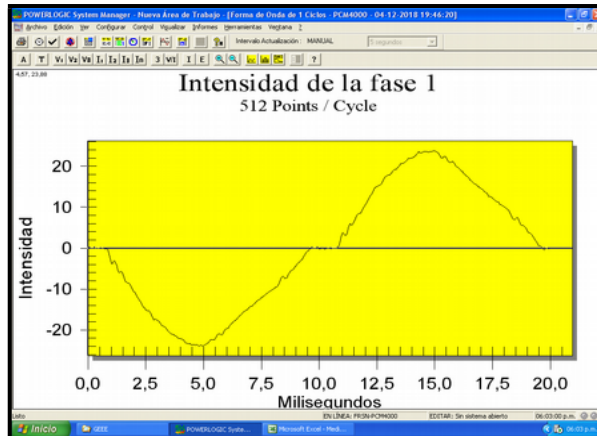


Fig. 5: Pantalla del software POWERLOGIC System Manager SMS 121 con el resultado de la forma de onda obtenida en una de las mediciones (fuente propia).

Los artefactos LED empleados en las mediciones fueron: Philips Xceed BRP373 L1 96 191W; Strand RS 160 LED 112W; Lámpara genérica 90W  
 Las mediciones de corriente se hicieron sobre cada artefacto, en el alimentador general de 220Vca y, para el caso de alimentación por autotransformador, en el alimentador de 380Vca.

## Resultados

El resultado obtenido de las mediciones arrojó que la distorsión armónica se incrementa cuando se emplean los autotransformadores para la alimentación de los artefactos de iluminación en comparación a cuando no se usan y la alimentación es directa de la red.

En el gráfico 1 se puede observar como los armónicos de 3er orden se incrementan comparando la medición del mismo cuando se alimenta en 220V directo de la red versus cuando se alimenta todo el sistema mediante 380V usando el autotransformador. Este fenómeno también se puede ver para el armónico de 7mo orden; quizás este último no tenga tanta importancia como los de 3er orden, pero es conveniente resaltar su efecto.

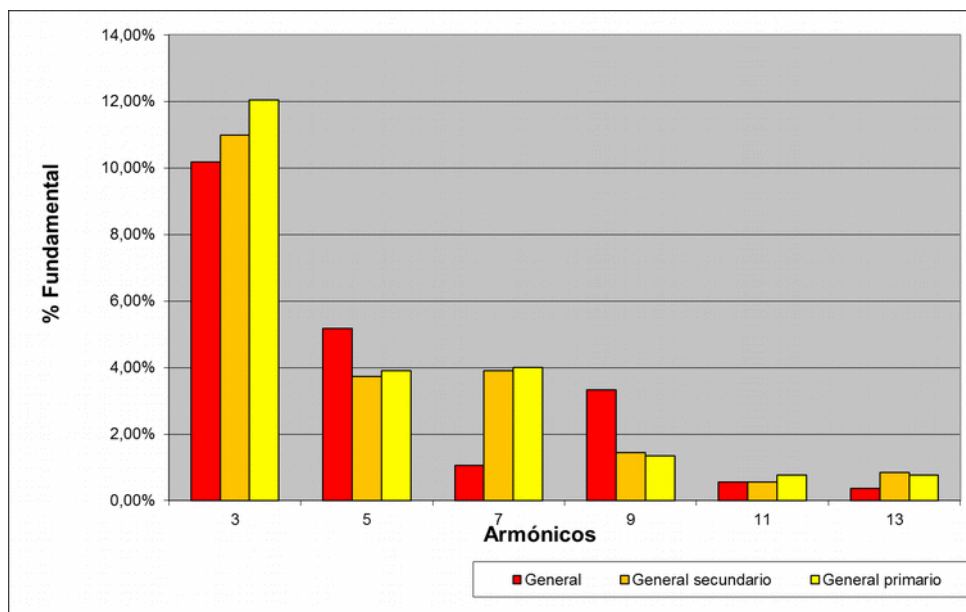


Gráfico 1. Armónicos obtenidos de la medición de 3 artefactos LED: general: alimentación directa de 220V; General Secundario: alimentación general de 220V mediante autotransformador; General primario: Alimentación general de 380V o primario del autotransformador (fuente propia).

La distorsión armónica total (THD por sus siglas en inglés) para cada caso fue de:

- 1) Alimentación directa de 220V: 12,73
- 2) Alimentación general de 220V mediante autotransformador: 12,74
- 3) Alimentación general de 380V o primario del autotransformador: 13,8

## Conclusiones

El empleo de autotransformadores individuales para alimentación de artefactos led de iluminación vial que presenten una evidente no linealidad, no resuelve el efecto perjudicial de las corrientes armónicas enviadas a la red, sino todo lo contrario, lo acrecienta, incrementando la distorsión armónica cuya razón radica sobre todo en el esquema de conexión empleado.

La conexión que se empleó para las mediciones fue de usar 380Vca de 2 fases de la red trifásica como alimentación a los autotransformadores; la salida de los mismos es de 220Vca. De esta manera, y aunque el secundario del transformador que alimenta la red de baja tensión (380Vca + Neutro) esté conectado en estrella con su neutro a tierra, permite que los terceros armónicos (los de mayor importancia) viajen por las líneas de las fases hasta que se cierren en el neutro mencionado. Pero el anularse en el neutro no implica que los mismos hayan sido eliminados de la red debido a lo que se mencionó antes.

Sumado a lo anterior, se tiene que evaluar la calidad de los autotransformadores que se empleen. En general, para bajas potencias, los transformadores y autotransformadores que se consiguen comercialmente suelen tener una calidad acorde a la carga que alimentarán. Entonces, si se requiriera mejorar la calidad de los mismos, podríamos estar ante una relación costo beneficio imposible de justificar.

Esta conclusión invita a pensar que una alternativa puede ser emplear un grupo de transformadores dedicados exclusivamente a la alimentación del sistema de alumbrado público. La toma de tensión de los mismos deberá ser de la red de distribución de 380Vca + N y el esquema de conexión a evaluar deberá implicar que la relación de transformación sea 1 a 1 (es decir, 380V a 380V), cuyo bobinado primario esté conectado en triángulo y el secundario en estrella con neutro a tierra. Esta tensión secundaria será la dedicada a la alimentación de la red de alumbrado público.

## Referencias:

- [1] UNE-EN 50160:2011, Características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución.
- [2] "Los armónicos y la calidad de la energía eléctrica", RTR energía <http://rtrenergia.es/>.
- [3] "Incremento de la Eficiencia Energética en las Líneas Eléctricas Destinadas a Iluminación con Lámparas LED por Reducción del Contenido de Armónicos en la Corriente", tesis de maestría en Energía para el Desarrollo Sostenible, Ing. Natalio Jorge Milardovich, Universidad Nacional de Rosario Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Escuela de Posgrado y Educación Continua, Noviembre de 2015.
- [4] Las cargas no Lineales, su Repercusión en las instalaciones Eléctricas y sus soluciones, M.C. Mario Salvador Esparza González, M.C. Jesús Alejandro Mata Guerrero, M.C. Luis Antonio Castañeda Ramos, Departamento de Ing. Eléctrica y Electrónica, Instituto Tecnológico de Aguascalientes, <http://www.redalyc.org/pdf/944/94403211.pdf>, y Revista Conciencia Tecnológica, núm. 32, julio-diciembre, 2006. ISSN: 1405-5597.

