

Análisis de las causas del efecto flicker sobre una red eléctrica doméstica en el barrio 24 de Mayo Codesa

Analysis of the causes of the flicker effect on a domestic electrical network in the neighborhood 24th of May Codesa

Franklin Rafael Francis-Quinde

franklin.francis@utelvt.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-7794-4526>

Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas,
Ecuador

Janine Nicole Camacho-Díaz

janine.camacho@utelvt.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0004-8676-2600>

Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas,
Ecuador

Francisco Abel Gresely-Santi

francisco.gresely@utelvt.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-0684-2121>

Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas,
Ecuador

Giuseppe Ibrahin Vergara-Estacio

giuseppe.vergara.estacio@utelvt.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0008-9430-5708>

Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas,
Ecuador

Luis Adrián González-Quiñonez

luis.gonzalez@utelvt.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-5026-0028>

Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas,
Ecuador

Mayer Santiago Quiñonez-Alava

mayer.quinonez.alava@utelvt.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0001-2262-133X>

Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas,
Ecuador

RESUMEN

Las fluctuaciones de voltaje son el problema de calidad de energía más crítico y común, se caracteriza por causar que la iluminación eléctrica de los hogares parpadeen y afecten negativamente a los dispositivos, en la actualidad, la tendencia de utilizar energías renovables e instalar equipos eléctricos diversos, son aspectos que sobrecargan de trabajo el sistema de alimentación doméstico. Este documento examino los problemas generales de calidad de la energía y sus causas relacionadas con sistemas domésticos, sistemas de generación renovable y el sistema de suministro eléctrico, en el primer capítulo describe aspectos relacionados al sistema de energía eléctrica, bajo factor de potencia y la estrecha relación existente en la aplicación de energías renovables como la fotovoltaica y la aplicación de cargas de inducción enfocado a nivel residencial, el segundo capítulo describe la importancia y relación del análisis del efecto flicker en la calidad de la energía eléctrica, continuando con la tercer capítulo detallando los parámetros que intervienen en el fenómeno del flicker.

Palabras claves: Flicker, red doméstica, sistema eléctrico, calidad de energía, perturbaciones

ABSTRACT

Voltage fluctuations are the most critical and common power quality problem, characterized by causing household electrical lighting to flicker and negatively affecting devices, currently the trend of using renewable energy and installing various electrical equipment, are aspects that overload the domestic food system with work. This document examines the general problems of power quality and its causes related to domestic systems, renewable generation systems and the electricity supply system, in the first chapter it describes aspects related to the electric power system, low power factor and the narrow existing relationship in the application of renewable energies such as photovoltaics and the application of induction charges focused on the residential level, the second chapter describes the importance and relationship of the analysis of the flicker effect in the quality of electrical energy, continuing with the third chapter detailing the parameters involved in the flickering phenomenon.

Keywords: Flickers, home network, electrical system, power quality, disturbances.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de CA se utilizan en industrias, hogares y negocios con dispositivos que requieren energía; la potencia debe ser compensada para mejorar la eficiencia del sistema. Además, dicho consumo puede condicionar el funcionamiento de la carga añadida. Los sistemas solares ahora se usan ampliamente tanto en la industria como en los hogares para reducir la energía activa consumida de la red. En la mayoría de las aplicaciones, estos sistemas inyectan potencia real a la red y tienen un factor de potencia uniforme, por lo que no pueden inyectar reactivos a la red por sí mismos [1].

Unos de los elementos asociados al bajo factor de potencias en las industrias es el NEC 210-19 FPN No. 4 que define las caídas de voltaje; e IEEE 1159-2009, que tiene las recomendaciones para el monitoreo de energía [1]. El incremento de la penalización en la factura del servicio eléctrico por la aplicación de la cláusula del factor de potencia.

El sistema eléctrico de modernización en la actualidad enfrenta un desafío mayor para satisfacer la demanda de electricidad en rápido crecimiento. En un sistema de energía moderno grande y complejo, el incremento en la demanda de carga eléctrica puede obligar al sistema a operar más cerca del límite de estabilidad. Provocando que la frecuencia y la tensión del sistema caigan y como resultado puede ocurrir un colapso de tensión en el sistema [2].

La seguridad del sistema eléctrico es crucial para el funcionamiento seguro y estable del sistema. A medida que los

sistemas de energía operan cerca de sus límites térmicos y de estabilidad, el perfil de voltaje se vuelve crítico a medida que aumentan los requisitos de carga y potencia reactiva del sistema. La seguridad operativa de los sistemas de energía se está volviendo cada vez más importante a medida que los sistemas operan cerca de sus límites térmicos y de estabilidad. La proximidad del colapso de voltaje se puede determinar mediante varios índices de proximidad [3].

Para utilizar la energía solar, se debe instalar un sistema adecuado para que la carga reciba el voltaje y la corriente requerida. Una sola fotocélula genera muy poca electricidad, por lo que varias fotocélulas están dispuestas en una matriz. Pero esto no soluciona el problema del voltaje requerido, porque la eficiencia de los módulos fotovoltaicos depende principalmente de la radiación y la temperatura [4].

Un inconveniente difícil de los módulos fotovoltaicos conectados en serie, en un sistema de generación solar, es que pueden desviarse del rendimiento óptimo cuando se enfrentan a diferencias en las condiciones de funcionamiento, como niveles de aislamiento y/o temperaturas de funcionamiento. Si un módulo conectado en serie tiene condiciones de trabajo significativamente. Además, a medida que aumenta el número de módulos en serie, el problema de conectar una cadena de módulos fotovoltaicos en un sistema solar se vuelve cada vez más apremiante [5]. En [6], los recursos de energía solar son especialmente abundantes, ampliamente utilizados, seguros y limpios.

Las grandes perturbaciones con frecuencia dan lugar a eventos en cascada y pueden terminar en un blackout, si estos eventos en cascada no se mitigan adecuadamente. La falta de reservas de energía reactiva es una de las principales contribuciones a estos eventos en cascada. A medida que el mundo avanza hacia sistemas de energía renovable y sostenible, los requisitos de energía reactiva se están volviendo obligatorios para garantizar que tanto la generación como el consumo estén equilibrados en toda la red [2].

Considerando la necesidad de asegurar un nivel satisfactorio del servicio eléctrico prestado a los diferentes tipos de consumidores, y teniendo en cuenta las disposiciones legales de la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica, es importante realizar un análisis de calidad de los productos del sistema eléctrico en media y baja tensión suministrada por empresas distribuidoras a diversos consumidores.

Antecedentes

Perturbaciones de voltaje

En los últimos años han existido diversos estudios referentes al tema de Perturbaciones de voltaje, pero dentro de ello no se ha encontrado una investigación aplicada al Sistema Eléctrico Nacional y en base al crecimiento de la demanda dentro de su área de concesión, además de considerar la importancia de cumplir con los límites establecidos por las Regulaciones Nacionales en cuanto a la calidad del producto que la empresa brinda a sus consumidores, por lo tanto, es necesario que se realice una propuesta de estudio que ayude a reducir el fenómeno de Flicker en los transformadores de distribución y como consecuencia analizar los diversos aspectos que intervienen en la generación del mismo a nivel residencial [6].

Las causas de los fallos en la red pueden ser varias. Las principales razones de los fallos, y por tanto de las quejas sobre la calidad de la electricidad suministrada por los distribuidores de electricidad, son la aparición de armónicos y fluctuaciones de tensión. El principal problema al que se enfrentan las empresas distribuidoras es la fluctuación de la tensión. La fluctuación de la tensión provoca fluctuaciones en el flujo de las fuentes de luz y, por tanto, perjudica al hombre. Las causas de las fluctuaciones de tensión pueden ser varias. En la baja tensión es una causa común de fluctuación de tensión el funcionamiento de grandes electrodomésticos, lo que provoca grandes picos de corriente. En alta tensión y extra alta tensión hablamos de grandes instalaciones industriales que contienen aparatos de alto consumo [6].

Otro problema que puede surgir en la red de distribución es la presencia de armónicos. Causas frecuentes de armónicos en la red son los aparatos conectados en el consumidor. Entre estos aparatos se encuentran las lámparas fluorescentes controladores, fuentes de alimentación conmutadas de la máquina de soldar, entre otros.

Entre los problemas que surgen están los cambios de fuentes de luz, pérdidas en las redes de distribución, fallos de rendimiento HDO, interferencias en las telecomunicaciones, etc.[6].

Efecto Flicker

El parpadeo, en inglés "flicker", se define como la "impresión subjetiva de la fluctuación luminosa". La presencia de la palabra "subjetiva" en la definición indica que es un fenómeno fisiológico, en la medida que un determinado observador puede verse afectado por dichas variaciones luminosas cuando están presentes en el sistema de iluminación [7].

El fenómeno flicker es el resultado de la variación de la intensidad del flujo luminoso que afecta a la visión humana generado por las fluctuaciones de voltaje en la red eléctrica; convirtiéndose en un problema de percepción visual, ya que este fenómeno va a depender principalmente de las personas que lo puedan percibir o apreciar, y son causadas principalmente

por:

La variación fluctuante de potencia que absorben diversas cargas como: hornos de arco, máquinas soldadoras eléctricas, motores eléctricos (arranque principalmente), etc.

La desconexión o puesta en marcha de cargas importantes como: arranques de motores, maniobras de bancos de capacitores, etc.

Como se mencionó el flicker es el producto de las perturbaciones rápidas de voltaje, entre ellas tenemos las variaciones cíclicas del valor eficaz, los cambios aleatorios y momentáneos de voltaje, por lo tanto, el fenómeno flicker se puede categorizar en [8]:

Flicker Cíclico: es aquel resultante de las fluctuaciones periódicas del voltaje, tales como las que pueden ser causadas por la operación de un motor accionado a un compresor alterno [8].

Flicker no Cíclico: es aquel que corresponde a las fluctuaciones ocasionales del voltaje, tales como las que pueden ser causadas por el encendido o arranque de un motor [8].

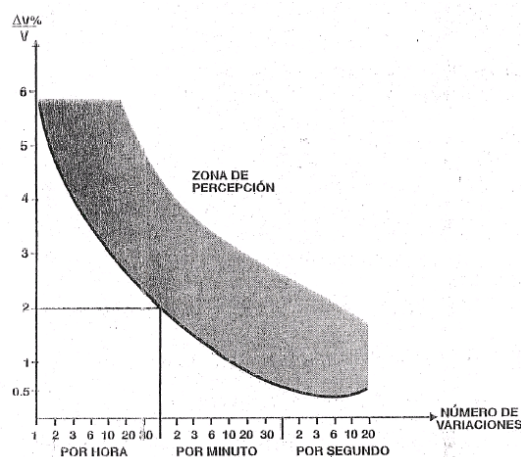
Según CEI-555-1 (Comité Internacional de Tecnología Eléctrica), el parpadeo o parpadeo de la luz se define como una impresión subjetiva de fluctuaciones en el brillo. Esta es una fuente fisiológica y visual de fisiología generada por los usuarios de lámparas suministrados por el circuito de iluminación y algo de carga. Los parpadeos aportan principalmente un cierto tipo de incomodidad a la visibilidad humana que aparece en lámparas que funcionan a bajo voltaje, pero se puede ver que las fuentes parpadeantes están conectadas en todos los niveles de voltaje.

El origen del parpadeo o el parpadeo se ve por la fluctuación repentina del voltaje de la red, y básicamente se considera una fluctuación de amplitud de menos del 10 % y menos de 1 hora. La frecuencia de fluctuación del parpadeo es de aproximadamente 0.05 a 35 Hz para redes de 50 Hz, 230 V, de 0.05 Hz a 42 Hz para una red de 60 Hz y 120 V. Ambos rangos se prueban mediante la liberación de la luz con una luz incandescente de 60 W.

La diferencia entre ellos es que el filamento incandescente de diferentes tensiones no tiene el mismo tiempo, funciona en diferentes reacciones y obtiene diferentes fortalezas que enfrentan la fluctuación del mismo voltaje de red. Principalmente el flicker es el resultado de fluctuaciones rápidas de amplitud pequeña en la tensión de alimentación y que pueden ser provocadas principalmente por:

La variación fluctuante de potencia que absorben cargas como: Máquinas soldadoras eléctricas, hornos de arco eléctrico, motores eléctricos (arranque principalmente), etc. Energización o desenergización de motores eléctricos, bancos de capacitores, etc. La sensación de molestia es una función del cuadrado de la amplitud de la variación de la tensión y de la duración de esta.

Estadísticamente la sensibilidad máxima del ojo se produce a una fluctuación de 8,8 Hz, tal que la variación periódica de tensión en 0,25% se percibe como parpadeo, presente en la gráfica 1.



Gráfica 1. Límite de sensibilidad del ojo a las variaciones de iluminación causadas por fluctuaciones de tensión, lámparas incandescentes.

En general, se puede determinar que las variaciones de voltaje rápido, como el parpadeo, no afectan la función exacta de los dispositivos conectados a instalaciones eléctricas, siempre que el valor de esta variación sea más bajo que el valor determinado como un límite. En orden decreciente de sensibilidad, se pueden mencionar el efecto sobre los siguientes tipos de lámparas:

- Lámparas de vapor de mercurio.
- Lámparas incandescentes.
- Lámparas fluorescentes.
- También se presenta un efecto sobre los televisores y las pantallas de las computadoras.

Las variaciones de voltaje rápidos son una de las causas que producen parpadeos, son causadas principalmente por cargas o grupos de carga, cuyo uso se caracteriza por variaciones constantes de su demanda de energía, como equipos de soldadura de arco eléctrico, estufas de arco eléctrico, etc.

Las variaciones del voltaje repentino son las variaciones de los tipos inciertos, que tienen un intervalo entre las variaciones que son mayores de unos pocos segundos y son causadas principalmente por energía de cargas importantes, como: batería de banco inicial del motor, conexión (o terminación) para la corrección Factor de potencia o perfil de voltaje.

La medición y la cuantificación del fenómeno del flicker, resulta un aspecto complejo ya que se hacen intervenir en forma simultánea factores técnicos, fisiológicos y psicológicos, por esta razón, se han llevado a cabo estudios en distintos países, cuyo objetivo es cuantificar el flicker y medir la sensación de molestia en las personas. Las distintas etapas que han permitido estudiar el flicker y que actualmente sea un fenómeno conocido, son las siguientes [9]:

- El análisis experimental de la molestia notada por las personas cuando está sometido a un flicker debido a las variaciones de tensión.
- Cuantificación del flicker y la definición de las unidades de medida: flicker instantáneo y dosis de flicker.
- Desarrollo del flickermetro o aparato de medida del flicker.
- Análisis estadístico de las mediciones.
- Introducción a los parámetros que definen la molestia del flicker: Pst (corto plazo) y Plt (largo plazo).

Según la norma CEI-868, la severidad del flicker se puede expresar en función de dos parámetros: El Pst (corta duración) y el Plt (larga duración).

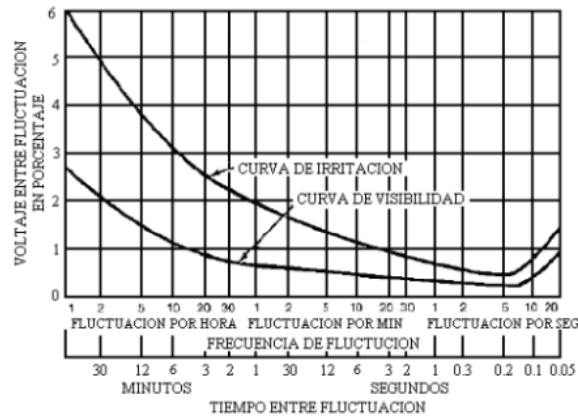
Tanto el Pst y el Plt son unidades de medida del flicker y no tienen dimensiones.

Por muchos años, IEEE (recomendaciones IEEE 141 y IEEE 519) ha publicado curvas que recomiendan límites para las fluctuaciones de tensión, e indican la magnitud de variación de tensión aceptable y frecuencia de la ocurrencia para bombillos incandescentes de 60 W, 120 V. Estas curvas están basadas en las pruebas con basamento estadístico a diferentes personas, para determinar el borde de irritabilidad de la visión y han sido utilizadas ampliamente por las empresas de servicio eléctrico.

El advenimiento del uso de equipos de electrónica de potencia. Ha contribuido a la presencia de complejas fluctuaciones de voltaje que no son fácilmente tratadas por la IEEE 141 y por la IEEE 519. Por esta razón la IEEE ha trabajado en cooperación con la IUE (International Union for Electroheat) y la IEC (International Electrotechnical Commission) para mejorar los estándares existentes.

Curva de tolerancia (IEEE 141)

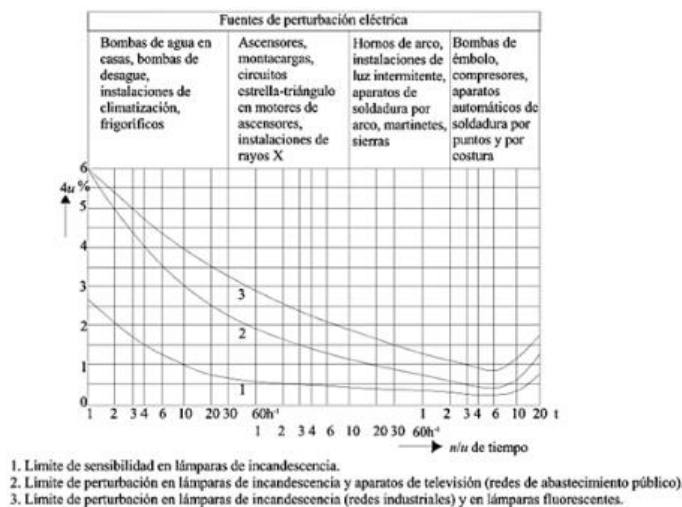
La curva indicada a continuación en la gráfica 2, muestra los límites aceptables de flicker, en base a la magnitud de la variación de tensión y la frecuencia de la ocurrencia del mismo. La curva inferior, muestra la frontera a partir de la cual el ser humano comienza a detectar el flicker. La curva superior indica la frontera a partir de la cual el ser humano comienza a ser perturbado por el flicker. Por ejemplo, observando las curvas, para 10 perturbaciones por hora, el flicker es detectado desde fluctuaciones de tensión del 1%, mientras que si estas fluctuaciones alcanzan el 3% el flicker comienza a perturbar (molestar) al ser humano. Para la curva de tolerancia presentada a continuación, la razón o requerimiento de iluminación debe ser considerado. La iluminación requerida en espacios cerrados de trabajo requiere límites de flicker cercanos a la curva de visibilidad (curva inferior), mientras que para el uso de iluminación de áreas en general, los límites del flicker deben estar cercanos a la curva de irritabilidad (curva superior). Cuando ocurre el flicker que causa irritabilidad (perturbación), la carga que causa el flicker debe ser reducida o eliminada, o la capacidad del sistema suplidor de electricidad debe ser mejorada. En sistemas industriales, las cargas que originan el flicker deben ser segregadas a transformadores y alimentadores exclusivos que no alimentan a cargas o equipos sensibles al flicker [8].



Curva de tolerancia IEE 141.

Curva de tolerancia (IEEE 519)

La recomendación IEEE 519 presenta una categorización del grado de susceptibilidad en base al tipo de carga presente. La siguiente Grafica 3, es derivada de estudios empíricos hechos de diversas fuentes, sobre la base del uso de lámparas incandescentes de 60 W.



Curva de tolerancia IEE 519.

Perturbaciones electromagnéticas

Las perturbaciones al voltaje son varias, entre las que se tienen; parpadeo, armónicos, Inter armónicos, sag, swell y etc. Pero las regulaciones en general han sido escogidos los dos problemas principales, estos son: armónico y parpadeo [10].

Norma técnica (60868-0)

El CONELEC, ente regulador nivel Nacional ha escogido la Norma IEC 60869-0, estandarizada a nivel europeo para el tratamiento y medición del efecto Flicker [6].

Inicialmente aparece la Norma IEC 868 en 1991 generado por la Comisión Electrotécnica Internacional, la misma que es optimizada y adoptada por la British Estándar en 1993, tal como se mencionó anteriormente.

En base de esta norma, a nivel local, se establecieron los límites admitidos para variaciones de voltaje, tiempos de monitoreo, metodología de cálculo y aparatos de medida.

METODOLOGÍA Y DESARROLLO

El presente artículo está estructurado mediante revisión bibliográfica, utilizando buscadores académicos como IEEE Explorer, Redalyc, Scielo y revistas online de conferencias. Aplicando el método cuantitativo, aplicamos el análisis de las variables que intervienen en la generación del efecto flicker. Por medio del método teórico-práctico, ejecutamos las observaciones pertinentes ante la manifestación de la perturbación describiendo las afectaciones causadas a los diversos equipos del sistema en cuestión.

Utilizando el método cualitativo, continuamos con la clasificación y comparación de los valores establecidos por normativas y los valores presentes en el desarrollo del artículo. Aplicando el método analítico se procede a la evaluación del flicker, este método se usa por lo general en aquellos casos en que se tienen perturbaciones que son repetitivas, incluye un

coeficiente que depende de la forma de la tensión.

Fuentes generadoras del parpadeo (flicker)

Algunos equipos eléctricos de los consumidores, al ser conectados al Sistema de Distribución, pueden provocar oscilaciones durante su operación normal de funcionamiento, trayendo como consecuencia un parpadeo -flicker-, que es una impresión visual de una luminosidad oscilante de modo regular o irregular. El término parpadeo o flicker se refiere a una impresión subjetiva y no debe ser confundida con la oscilación de voltaje que es una variación del valor de voltaje. De entre los equipos eléctricos que son utilizados en la red de distribución se destacan aquellos que, en su régimen normal de operación, pueden provocar oscilaciones de voltaje, como son: hornos de arco, motores (en el arranque o al accionar cargas variables tales como laminadores, compresores alternativos, sierras alternativas, excavadoras y otros), aparatos de solda, rayos X.

La operación de esos equipos eléctricos provoca las oscilaciones de voltaje que a su vez pueden causar perturbaciones en el funcionamiento de las instalaciones de los consumidores ligados a una misma red de distribución, como, por ejemplo, receptores de televisión u otros tipos de equipamientos electrónicos.

Entretanto la sensibilidad al fenómeno del flicker varía de persona a persona, pudiendo ser que el descontento o la situación desagradable para una puede no ser perceptible para la otra. Siendo así el problema de tratamiento estadístico, no siendo posible decir si una cantidad particular de flicker causará o no quejas, más solamente dará una probabilidad de surgimiento de reclamaciones. Consecuentemente, siempre será necesario algún margen de seguridad en las definiciones de límites o cantidades de centelleo que causan perturbación.

De entre los equipamientos que provocan flicker, en la actualidad, el más importante es el horno de arco. Como la instalación de los hornos de arco tiende a crecer, fue exhaustivamente estudiado en diversos países, existiendo métodos específicos de evaluación y medición de disturbios provocados debido a su funcionamiento en la red de distribución.

Para determinar si una fuente de flicker producirá una cantidad de flicker notable o incluso objetable (irritante), se examinará algunas consideraciones de la caída de voltaje.

- Cargas más grandes producen fluctuaciones de voltaje más grandes, comparadas con las cargas más pequeñas.
- Cargas conectadas a sistemas débiles son más probables a producir cantidades notables de flicker cuando son comparadas a las mismas cargas conectadas a sistemas más fuertes.

La cantidad de flicker será mayor cerca de la fuente de flicker. Los usuarios conectados al mismo transformador son más propensos a percibir el flicker causado por los usuarios adyacentes que sí cada uno de los consumidores fuera servido por su propio transformado.

La magnitud del cambio de voltaje producido en el primario, en general, será significativamente menor, que si es observada o medida en el secundario.

En la siguiente Tabla 1, se da un régimen de algunos problemas de flicker y sus posibles soluciones.

Tabla 1. Soluciones aplicables para atenuar el flicker.

SOLUCIONES	CARGAS FLUCTUANTES							
	ARRANQUE DE MOTOR		MOTOR CON CARGA FLUCTUANTE		HORNO DE ARCO		EQUIPO DE SOLDADURA	
Modificación del perturbador	+	c	-		+	B	+	b
Volante de inercia	-		+	a	-		-	
Convertor rotativo	+	c	+	c	+	B	+	c
Modificación de la red	+	b	+	b	+	A	+	b
Capacidad serie	+	b	+	b	+	C	+	b
Reactancia serie	-		-		+	A	-	
Reactancia shunt saturada	-		-		+	C	+	c
Reactancia de desacoplamiento	c	+	c	+	c	+	b	+
Compensador síncrono	+	c	+	c	+	A	+	b
Compensador de fase	-		-		+	C	+	b
Compensador estático	+	b	+	b	+	A	+	b

-: técnicamente inadecuado	+: técnicamente posible	
a: frecuentemente económico	b: quizás rentable	c: pocas veces rentable

Un método matemático para la identificación de errores por flicker basado en la transformación de la frecuencia en relación al tiempo, es la transformada de Fourier con la ventana de Blackman, en la Tabla 2, podemos observar la señal del

flicker obtenida al aplicar ambos métodos [11].

Tabla 2. El error de la detección de flicker basado en el método STFT y RMS

Señal de Parpadeo	Error de detección de parpadeo (%) con dos métodos					
	Detección de línea de sobre		Detección de amplitud de frecuencia de potencia		Detección de señal moduladora	
	B-STFT	RMS	B-STFT	RMS	B-STFT	RMS
Caso 1	0.70	3.21	0.00	2.08	3.09	10.19
Caso 2	0.32	3.23	0.25	2.22	3.21	15.01
Caso 3	0.48	3.21	0.13	2.53	3.23	14.38
Caso 4	0.70	3.21	0.00	2.08	3.09	10.19
Valor promedio	0.55	3.22	0.10	2.23	3.16	12.44

Dentro de los diversos métodos para analizar el flicker, obtenemos la aplicación de un flickermetro, especificado en la norma IEC C-61000-4-15 (2003) plantea el diseño de un medidor de flicker de cinco etapas, el cual aplicando el artificio matemático de la transformada ondícula, la cual permite analizar señales, obteniendo las respuestas de prueba siguientes detalladas en la Tabla 3 para fluctuaciones senoidales y la Tabla 4 para fluctuaciones rectangulares [12].

Tabla 3. Pruebas de respuesta de flickermetro para fluctuaciones de tensión senoidales

Hz	Flicker instantáneo	
	TRF	TOD
0,5	4622	0,994870
1	0,989329	0,989214
1,5	0,988531	0,988686
2	0,988343	0,988343
2,5	0,991035	0,990338
3	0,991140	0,991350
3,5	0,991276	0,991339
4	0,990798	0,990670
4,5	0,996465	0,996529
5	0,990229	0,991365
5,5	0,996457	0,996530
6	0,997268	0,997423
6,5	0,995628	0,995662
7	0,997997	0,997964
7,5	1,000338	1,000264
8	0,997642	0,997671
8,8	1,000000	1,000000
9,5	1,004287	1,004294
10,0	0,990239	0,991468
10,5	0,999825	0,999823
11,0	1,005951	1,005923
11,5	1,002665	1,002678
12,0	1,017281	1,017277
13,0	1,007988	1,008034
14,0	1,014206	1,014194
15,0	1,010403	1,011210
16,0	1,012663	1,012748
17,0	1,018887	1,012748
18,0	1,021243	1,021370
19,0	1,023479	1,023602
20,0	1,021110	1,021246
21,0	1,024145	1,024275
22,0	1,025006	1,025180
23,0	1,027921	1,028004
24,0	1,032320	1,032353
25,0	1,028305	1,036190
40	1,224181	1,244799

Tabla 4. Pruebas de respuesta de flickermetro para fluctuaciones de tensión rectangulares

Hz	Flicker instantáneo	
	TRF	TOD
0,5	0,99976	1,003696
1	0,99226	0,992739
1,5	1,00189	1,001913
2	1,00645	1,002793
2,5	0,99591	0,995524
3	1,0059	1,005365
3,5	0,99156	0,990608
4	0,99814	0,999804
4,5	0,9905	0,990642
5	1,00228	0,999711
5,5	0,98838	0,99085
6	0,99724	0,997649
6,5	0,98707	0,988783
7	0,99565	0,99429
7,5	0,99542	0,995243
8	1,01206	1,011969
8,8	1,01118	1,011102
9,5	0,98942	0,989794
10	0,98872	0,987327
11	1,01386	1,014639
11	1,03242	1,031019
12	1,01053	1,010379
12	0,99657	0,996773
13	1,01402	1,013446
14	1,00029	1,003696
15	1,01284	1,012742
16	1,02277	1,022938
17	1,02681	1,028247
18	1,02979	1,030229
19	1,02036	1,018037
20	1,02734	1,027558
21	1,02181	1,022895
22	1,01608	1,007174
23	1,01361	1,016357
24	1,03266	1,03266
40	1,21149	1,211821

DISCUSIÓN

Si un consumidor residencial está eléctricamente cerca de tales cargas y ambos reciben energía de suministros de distribución débiles, el consumidor puede experimentar luces parpadeantes molestas, pantallas de TV parpadeantes, fallas en la computadora y bloqueos de unidades. bomba de calor.

Las soluciones a los problemas de parpadeo pueden resultar muy costosas para las empresas. Una solución podría incluir la instalación de una subestación cerca de la estación de carga. Sin embargo, puede ser difícil justificar la construcción de subestaciones con base en los ingresos de dichas instalaciones. Otra solución es proporcionar a los consumidores una carga variable, con un alimentador separado, siendo también una solución costosa.

En los métodos de reducción de Flicker, existe una relación de dependencia de la complejidad en base al consumidor, el presupuesto necesario para implementar y la disposición para implementar dicho método particular al diseño ejecutado en función de la comodidad y eficiencia.

CONCLUSIONES

La aparición de parpadeos de energía está íntimamente relacionada con la calidad del suministro eléctrico y se vuelve más frecuente y notoria en instalaciones de mala calidad o conexiones defectuosas o dañadas, la influencia del efecto flicker dentro de la empresa depende principalmente de los equipos industriales conectados a la red eléctrica, pues la mayoría representa a cargas inductivas como: congeladores, cámaras frigoríficas, licuadoras industriales, motobombas etc.; por lo tanto, producen fluctuaciones de tensión.

En general, su apariencia es inofensiva para el ojo humano, pero eso no es todo. Tales alteraciones de la intensidad eléctrica pueden causar fatiga e incluso dolores de cabeza.

El Flicker se lo define de una forma visual en un bulbo incandescente de 60 W. adicionalmente se ha complementado esta definición con el análisis de una forma de onda con una sola frecuencia la envolvente, la misma que genera un valor máximo y un mínimo, permitiendo en conjunto con el voltaje de modulación determinar el valor del Flicker en porcentaje.

La presencia del consumidor genera constantes desequilibrios de carga produciendo perturbaciones de diferente tipo en una red de voltaje. Debido a que las oscilaciones de voltaje (Flicker) generan dificultad en el momento de cuantificarlas. Por este motivo la presencia de detectores es inevitable en el diagnostico. Siendo fundamental la aplicación de más estudios relacionados para el desarrollo de tecnologías accesibles para el usuario común, como lo son los reguladores de voltaje, adaptadores, baterías, entre otros

REFERENCIAS

- [1] I. Bautista Almánzar, M. E. Aybar Mejía, M. Blanco, and R. A. Vicini H., "Compensación de reactivos en instalaciones de sistemas solares fotovoltaicos penalizadas por bajo factor de potencia," *Ciencia, Ing. y Apl.*, vol. 3, no. 2, pp. 39–63, 2020, doi: 10.22206/cyap.2020.v3i2.pp39-63.
- [2] B. Ismail, N. I. Abdul Wahab, M. L. Othman, M. A. M. Radzi, K. Naidu Vijyakumar, and M. N. Mat Naain, "A Comprehensive Review on Optimal Location and Sizing of Reactive Power Compensation Using Hybrid-Based Approaches for Power Loss Reduction, Voltage Stability Improvement, Voltage Profile Enhancement and Loadability Enhancement," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 222733–222765, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3043297.
- [3] R. Kumar, A. Mittal, N. Sharma, I. V. Duggal, and A. Kumar, "PV and QV curve analysis using series and shunt compensation," *PIICON 2020 - 9th IEEE Power India Int. Conf.*, 2020, doi: 10.1109/PIICON49524.2020.9112917.
- [4] L. M. Satapathy, A. Harshita, M. Saif, P. K. Dalai, and S. Jena, "Comparative analysis of boost and buck-boost converter in photovoltaic power system under varying irradiance using MPPT," *Proc. Int. Conf. Inven. Commun. Comput. Technol. ICICCT 2018*, no. Icicct, pp. 1828–1833, 2018, doi: 10.1109/ICICCT.2018.8473222.
- [5] S. Dutta and K. Chatterjee, "A Grid Connected Single Phase Transformerless Buck-Boost Based Inverter Which Can Control Two Solar PV Arrays Simultaneously," *2018 IEEE 7th World Conf. Photovolt. Energy Conversion, WCPEC 2018 - A Jt. Conf. 45th IEEE PVSC, 28th PVSEC 34th EU PVSEC*, pp. 542–547, 2018, doi: 10.1109/PVSC.2018.8547501.
- [6] H. Ramiro and P. Pila, "Estudio del flicker en una instalación eléctrica," p. 63, 2010, [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2142/14/UPS-GT000154.pdf>
- [7] J. Cidras and C. Carrillo, "Fenomeno De Parpadeo," *Dpto. Ing. Eléctrica Univ. Vigo*, pp. 1–14, 2010, [Online]. Available: http://carrillo.webs.uvigo.es/publicaciones/Apuntes_Flicker_prot.pdf
- [8] M. Valencia, "Escuela de Ingeniería Escuela de Ingeniería," *Agroindustrial Sci. Agroind Sci*, vol. 4, p. 176, 2019, [Online]. Available: <http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12423/2501>
- [9] A. R. J. Ramiro, "Rediseño del sistema eléctrico de la escuela politécnica del ejército campus Sangolquí," *Esc. Politécnica del Ejército Sede Latacunga*, p. 168, 2009, [Online]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/4419/T-ESPEL-0598.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [10] O. A. Chero Alejandria, "Estudio del efecto flicker en una empresa industrial: Caso aplicado a la heladería El Chalán S.A.C.," *Univ. Piura*, p. 126, 2021, [Online]. Available: https://pirhua.udpe.edu.pe/bitstream/handle/11042/5069/IME_2111.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [11] Y. Liang *et al.*, "A High Accuracy Detection Method of Voltage Flicker Signal Based on Time-Frequency Transform," *2019 9th Int. Conf. Power Energy Syst. ICPES 2019*, 2019, doi: 10.1109/ICPES47639.2019.9105368.
- [12] O. Palacios, "Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela," *Rev. la Fac. Ing. Univ. Cent. Venez.*, vol. 20, no. 4, pp. 43–50, 2005, [Online]. Available: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652005000400010&lng=es&tlng=es