

CASO DE ESTUDIO:

Estudio de Flickers en redes de distribución de media tensión

Escrito por Criselda Orozco Mora y Elizabeth Solís López, 2025.

Sinopsis

Las fluctuaciones de tensión, o flickers, pueden tener varios orígenes, entre ellos el más común son las propias instalaciones de los usuarios, en especial cuando se tienen equipos que presentan un consumo variable. Estas variaciones en el consumo se reflejan en incrementos y caídas de corriente consumida por los clientes, donde asociado al impacto que tiene este efecto sobre la impedancia de la red, se generan variaciones de tensión.

Estudio de Flickers en redes de distribución de media tensión

En los últimos años el incremento de flickers en la red eléctrica ha constituido un reto para la calidad de la energía. En sus implicaciones no se tiene solamente la percepción visual de los clientes, sino también la reducción de la vida útil de los dispositivos, especialmente aquellos con componentes electrónicos más sensibles, y la afectación en la continuidad de los procesos industriales, donde flickers severos pueden llegar inclusive a detener operaciones completas o provocar el desecho de lotes de producción [1].

El mayor reto al modelar el flicker en redes reales de media tensión es la gran diversidad de fuentes que lo originan, ya que aún no se dispone de suficientes datos o coeficientes de emisión para muchas de ellas en la literatura técnica [2].

Para evaluar la severidad, frecuencia, patrones y posible afección de clientes se crean dos indicadores en norma IEC61000-4-15, donde ellos evalúan efectos a corto y largo plazo. Estos indicadores son el Pst (Short-term flicker severity) y Plt (Long-term flicker severity). Las diferencias entre ellos se indican en la tabla 1.

Indicador	Periodo	Exigencia típica	Límite típico	Conclusión
Pst	10 minutos	$Pst \leq 1.0$	$Pst = 1$	50 % de los afectados lo notan y les es molesto.
			$Pst < 1$	Aceptable.
			$Pst > 1$	Molestia muy perceptible.
Plt	2 horas	$Pst \leq 0.8$	$Plt < 0.8$	Flickers pueden ser aceptables por períodos de hasta 2 horas.

Tabla 1: Comparación de indicaciones de los indicadores Pst y Plt basados en la norma IEC61000-4-15.

Caso real

Como se mencionó previamente, un parámetro para evaluar la severidad de los flickers en la red de distribución es el estudio del Plt. Con este fin, se solicitó información al Área de Calidad y Energía, de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, donde se recopiló la información para 16 circuitos.

La selección de los circuitos se realizó buscando abarcar diferentes puntos de la red, de modo que se incluyeran distintos fenómenos. Las mediciones se registran con un intervalo de diez minutos entre cada toma, partiendo de las 00:10:00 horas del primero de enero del 2024, hasta las 24:00:00 horas del treinta y uno de diciembre del 2024. A nivel general, se consideraron circuitos muy estables o muy inestables, aquellos dentro del esquema

de baja frecuencia, circuitos en subestaciones con cambios importantes de tensión, con clientes industriales relevantes, con demanda muy alta o muy baja, así como circuitos en subestaciones que tienen plantas de generación conectadas a su barra.

El nombre de las subestaciones y circuitos empleados en el estudio se omiten por temas de privacidad de la CNFL, por lo cual se habla de circuitos nombrados mediante números del 1 al 20.

Para analizar la frecuencia de aparición del flicker en cada circuito, se sumaron todas las mediciones registradas durante un año para cada fase.

Circuito	Plt V ₁	Plt V ₂	Plt V ₃	Mediciones con Plt > 0.8	Circuito	Plt V ₁	Plt V ₂	Plt V ₃	Mediciones con Plt > 0.8
1	2100	1694	1800	5594	11	2088	2160	2088	6336
2	2256	1776	1716	5748	12	2088	2148	2100	6336
3	1428	1308	1140	3876	13	2460	2772	2843	8075
4	1428	1308	1164	3900	14	852	1272	1140	3264
5	744	528	360	1632	15	1776	1476	1560	4812
6	2515	2743	2419	7677	16	1788	1452	1548	4788
7	1812	1404	1188	4404	17	1512	1272	1104	3888
8	1812	1392	1176	4380	18	1500	1260	1092	3852
9	1692	1368	1200	4260	19	3324	2892	3228	9444
10	1824	1572	1428	4824	20	3324	2904	3240	9468

Tabla 2: Conteo de violaciones por circuito para el $\text{Plt} \leq 0.8$ en los 20 circuitos considerados de la CNFL.

Según lo indicado en las características de selección de circuitos, el circuito 5 corresponde a un circuito que tiene como clientes sectores de Zona Franca, los cuales tienen como prioridad en su servicio eléctrico una excelente calidad de energía. Por otro lado, el circuito 20 se trata de un circuito que parte de una barra principal a la cual llega la inyección de potencia de tres patios de interruptores que están conectados directamente a plantas de generación hidroeléctrica. Este constante cambio en cuanto a la potencia que se inyecta es la fuente de esta cantidad tan elevada de presencia de Plt. Partiendo de los resultados obtenidos en la tabla 2, la diferencia entre conteo de variaciones del indicador Plt es abismal, donde para el circuito 20 se obtuvo un valor de 9468 violaciones, mientras que para el circuito 5 se redujo este valor a 1632.

En las figuras 1 y 2 se muestra el comportamiento del día del año con mayor conteo de Plt en cada uno de ellos.

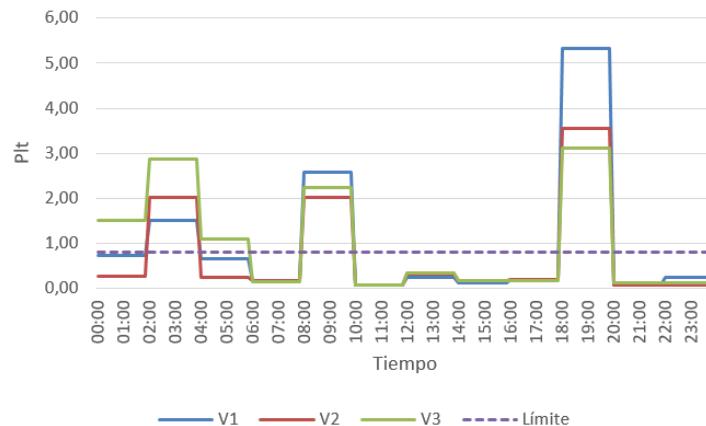


Figura 1: Plt en función del tiempo para el Circuito 20.

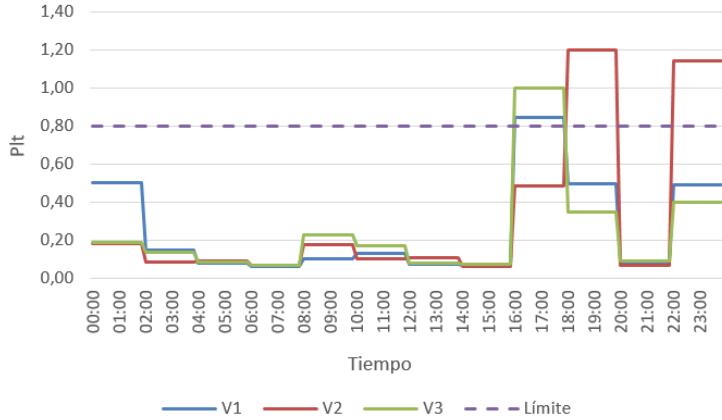


Figura 2: Plt en función del tiempo para el Circuito 5.

Los resultados del cálculo del percentil 95 para los 20 circuitos evaluados son los siguientes:

Circuito	Valor Percentil 95			Circuito	Valor Percentil 95		
	Plt V1	Plt V2	Plt V3		Plt V1	Plt V2	Plt V3
1	0.644409657	0.555849254	0.549791217	11	0.63229865	0.630386233	0.58594662
2	0.712876499	0.588264406	0.583532929	12	0.62767625	0.63068324	0.587588608
3	0.528525829	0.483483881	0.509953737	13	0.72601217	0.84226334	0.87507975
4	0.528676093	0.485574782	0.510370135	14	0.46116525	0.47770268	0.47265476
5	0.361209303	0.360502005	0.331543297	15	0.51717347	0.47585204	0.49292192
6	0.762267649	0.915613115	0.725115418	16	0.51777941	0.47567666	0.49435925
7	0.478560597	0.440194607	0.407191128	17	0.51179218	0.465809584	0.47291681
8	0.477721184	0.439542413	0.407048911	18	0.511479497	0.46782252	0.473120481
9	0.458936751	0.44090271	0.408673704	19	1.08935583	0.86713427	1.09574664
10	0.525079727	0.492537677	0.466670156	20	1.0947789	0.8635729	1.07993913

Tabla 3: Percentiles 95 obtenidos de los datos Plt de los 20 alimentadores de la CNFL.

En base a los resultados obtenidos, los circuitos 6, 13, 19 y 20 son los que presentan un percentil 95 mayor a 0.8 en al menos uno de sus fases. Estos son los circuitos a los que se debe prestar mayor atención, ya que en ellos al menos el 5 % del valor de sus plt estuvo por encima de un valor de 0.8 y 1 inclusive, superando los valores máximos establecidos por la norma IEC61000-4-15. Estos mismos 4 circuitos son los que registraron un mayor conteo del Plt, como se puede observar en la tabla 2.

Conclusiones

Una vez analizada y aplicada la información sobre Plt en el caso real de 20 circuitos de la CNFL, se llega a la conclusión, en base a los resultados obtenidos en el conteo de Plt a lo largo de un plazo de un año, que los circuitos que presentan una mayor cantidad de Plt son los circuito 6, 13, 19 y 20, siendo estos circuitos asociados al esquema de baja frecuencia y a barras en subestación que reciben de forma casi directa la potencia inyectada por plantas de generación hidroeléctrica.

Por otro lado, el circuito con menor cantidad de valores de Plt mayores a 0.8 se ubicaron en el circuito 5, el cual alimenta a Zonas Francas, donde la calidad de la energía es un principio elemental y prioritario en la continuidad de la producción y el cumplimiento de estrictos protocolos para la utilidad de lotes de producción.

De 20 circuitos evaluados, 4 de ellos tuvieron un percentil 95 mayor a 0.8, lo que indica que de la muestra tomada, al menos un 20 % de los circuitos infringe el nivel de Plt en al menos un 5 % de la totalidad de valores, demostrando que la CNFL debe mejorar su servicio de calidad de energía en cuanto al impacto a largo periodo de los flickers.

Referencias

- [1] W. Hu, Y. Shen, F. Yang, Y. Lei, and M. Zhang, “Power quality improvement device for medium-voltage distribution network,” *2019 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Asia, ISGT 2019*, pp. 2240–2244, 5 2019. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8881556>
- [2] A. Bosovic, H. Renner, A. Abart, E. Traxler, and M. Music, “Modelling of flicker in large real medium voltage distribution networks,” *IET Conference Proceedings*, vol. 2021, pp. 800–804, 2021. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9692204>