

**CIDEL Argentina 2010**  
**Congreso Internacional de Distribución Eléctrica**

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO COMPARATIVO DE MEDIDAS FLICKER EN  
DIVERSOS NIVELES DE REDES DE DISTRIBUCIÓN**

**Pedro E. Issouribehere, Hugo G. Mayer, Gustavo A. Barbera**

**IITREE-LAT UNLP**

**ARGENTINA**

[pedroi@iitree-unlp.org.ar](mailto:pedroi@iitree-unlp.org.ar)

**Palabras clave**

Calidad de Servicio – Perturbaciones – *Flicker* – Usuarios – Centros de Transformación.

**1. RESUMEN**

Uno de los fenómenos que suelen estar presentes en las redes de distribución eléctrica, y que afectan a la calidad del servicio, es el *Flicker*. Esta perturbación se encuentra regulada en la Argentina y es motivo de frecuentes reclamos de usuarios de la red de baja tensión.

En este artículo se realiza un análisis de mediciones en la red de BT, atendidas como fluctuaciones *Flicker* en áreas urbanas de la Provincia de Buenos Aires. Se analizan datos del periodo 1997 a 2007, [5] incluyendo evaluaciones estadísticas de las mediciones realizadas en la red de baja tensión, tanto en centros de transformación como a nivel de usuarios. Los grados de transgresión, los niveles de *Flicker* presentes y las comparaciones entre mediciones en centros de transformación y a usuarios son objeto de análisis en este trabajo.

**2. INTRODUCCIÓN**

La fluctuación rápida de la tensión de alimentación, con frecuencias preponderantes en el rango de 1 – 10 Hz y con niveles tan bajos como 0.3 %, puede causar molestias en los seres humanos sometidos a iluminación eléctrica, dando origen al fenómeno conocido como parpadeo o *Flicker*. El origen de esta perturbación se debe a la actuación de cargas alineales en la red, lo cual se halla estrechamente vinculado a la potencia de cortocircuito del sitio afectado o, de otra manera, a la “robustez” de la instalación frente a cargas importantes.

Un modelo simplificado, pero válido, para evaluar este tipo de perturbaciones es el mostrado en la Figura 1. Allí se distinguen, entre otras cosas, los puntos de interés para los distintos tipos de mediciones. La carga susceptible de la red se representa por el usuario del punto A. La carga perturbadora puede coincidir con un usuario del tipo

C. Ambos puntos A y C – desconociendo su condición – corresponden a las de mediciones tipificadas como de Usuarios, realizadas en puntos de suministro en BT. Finalmente, sobre el punto B se mide en los casos correspondientes a Centros de Transformación, también lado BT.

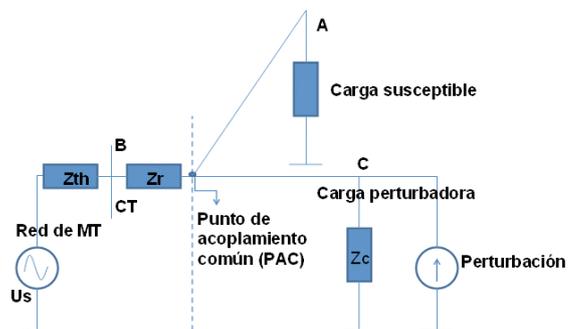


Figura 1.- Modelo conceptual del conjunto red-carga perturbadora-carga susceptible al *Flicker*.

Existen procedimientos, métodos y límites que dan marco al fenómeno de *Flicker* en la Argentina, con el fin de asegurar una correcta calidad del servicio eléctrico en las redes de distribución [1] [2].

Dentro del marco regulatorio existe la obligación, por parte las empresas prestatarias del servicio eléctrico en Buenos Aires, La Plata, y zonas aledañas, de supervisar los niveles de *Flicker* en puntos asignados mensualmente por la autoridad competente.

El ENRE realiza el control de estas mediciones mediante auditorías que efectúa el IITREE-LAT de la Universidad Nacional de La Plata desde el inicio de las campañas de control de perturbaciones, en el año 1997. En los primeros diez años de esta campaña se realizaron 2267 mediciones auditadas, de las cuales:

- 1878 corresponden a Centros de Transformación y,
- 389 corresponden a usuarios reclamantes.

La información disponible, y a utilizar en este trabajo, ha sido previamente publicada [5].

### 3. ANÁLISIS GENERAL DE LAS MEDICIONES.

La reglamentación vigente en la Argentina estipula que las mediciones normalizadas de *Flicker* deben realizarse a lo largo de una semana, registrando los niveles alcanzados del mismo en la tensión, caracterizados con el índice de severidad de corto término (Pst), con una cadencia de 10 minutos. Asimismo, estos niveles, sólo son considerados penalizables cuando superen el umbral de Pst igual a uno (Pst=1) en más del cinco por ciento de la duración total del registro de la medición. Este umbral corresponde al nivel de fluctuación de la tensión a partir del cual el ser humano medio percibe molestia por este fenómeno.

Para la caracterización del *Flicker*, desde un punto de vista estadístico, y con fines regulatorios la utilización del percentil 95 (P<sub>95</sub>). Este número es el valor de Pst debajo del cual se encuentran el 95 % de los valores registrados durante cada período de medición para cada sitio evaluado.

Cabe aclarar que, siendo gran parte de las mediciones del tipo trifásicas, el P<sub>95</sub> utilizado es el promedio de las tres fases.

Desde un punto de vista general, a partir del total de las mediciones de *Flicker*, se puede obtener una gráfica como la de Figura 2. Se trata de un histograma que muestra en su eje de abscisas distintos agrupamientos de niveles de Pst-P<sub>95</sub> (clases) encontrados en los registros y en su eje de ordenadas los correspondientes porcentajes de mediciones que caen dentro de estos intervalos.

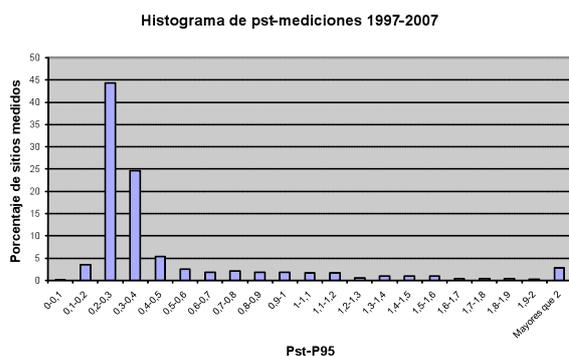


Figura 2.- Histograma de Pst-mediciones (Todas).

Analizando la figura anterior, se desprende que cerca del 45 % de los puntos medidos presentan niveles de *Flicker* entre 0,2 y 0,3 y que alrededor del 88 % de ellos no superan el valor 1 de Pst- P<sub>95</sub> . Esto verifica, en principio, un alto grado de cumplimiento de la normativa vigente en la Argentina.

Sin embargo, el hecho de incluir en una misma gráfica a las mediciones en Centros de Transformación y aquellas realizadas en usuarios particulares limita el análisis y las conclusiones obtenidas del mismo.

En este sentido, puede comenzarse un nuevo esquema de análisis atendiendo por separado estos dos grupos mencionados y claramente diferenciables.

La Figura 3 representa, gráficamente, la proporción existente entre los dos grupos de sitios medidos, ya mencionados. Se observa claramente que la mayoría de los casos analizados pertenecen a mediciones en Centros de Transformación y que solo un 17 % corresponden a mediciones realizadas a usuarios particulares. Esto conlleva a pensar que tal proporción tiene vinculación al grado de cumplimiento visto con anterioridad.

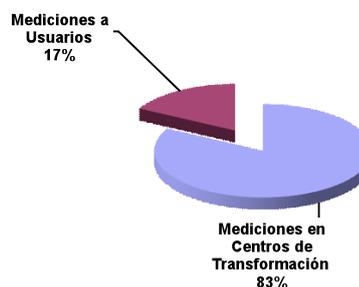


Figura 3.-Discriminación gráfica entre mediciones en Centros de Transformación y a usuarios.

### 4. EVALUACIÓN DEL CASO CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.

En orden a comenzar con un análisis más pormenorizado de las mediciones realizadas, se toma, en principio, el caso de las mediciones en Centros de Transformación. Para ello es conveniente realizar un nuevo histograma que incluya solo a este tipo de mediciones, como se muestra en la Figura 4.

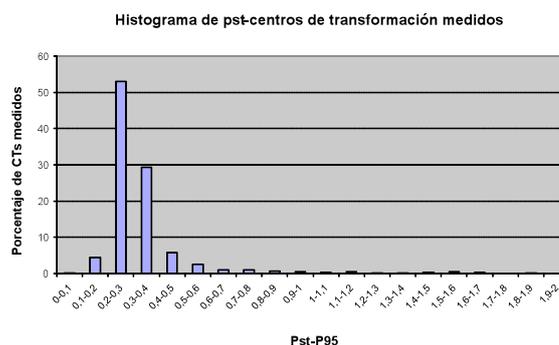


Figura 4.- Histograma de Pst-mediciones en Centros de Transformación.

En este último gráfico puede observarse la gran similitud en su aspecto existente con aquel histograma general de la Figura 2.

En el caso de la Figura 4, los valores de Pst entre 0,2 y 0,3 sobrepasan el 50 % de los puntos medidos, a diferencia del caso general en el que no se alcanzaba el 45 % para este mismo intervalo. Algo similar ocurre con el intervalo de Pst entre 0,3 y 0,4.

Por otro lado si se analiza el grado de cumplimiento existente en las mediciones realizadas en Centros de Transformación, se detecta que éste alcanza valores del orden del 98 %. Esto significa, según lo explicado anteriormente, que de todas las mediciones realizadas en Centros de Transformación, tan solo un 2 % sobrepasa el umbral de Pst igual a 1 en más del 5 % del tiempo de registro de la medición (una semana). Este incremento de aproximadamente un 10 % en el cumplimiento normativo, respecto al caso de la Figura 2, hace prever que las mediciones a usuarios tengan una incidencia negativa en el análisis general realizado para el conjunto de casos. En este sentido, resulta interesante una revisión más detallada de las mediciones originadas por reclamos de usuarios particulares.

### 5. EVALUACIÓN DEL CASO RECLAMOS DE USUARIOS PARTICULARES.

Como anteriormente se hiciera, se realiza un histograma con el conjunto de puntos medidos, pero en este caso, solo se incluyen los correspondientes a usuarios particulares, cuyos reclamos fueron atendidos como *Flicker*. Es así como se origina el gráfico de la Figura 5. Allí puede observarse la total diferencia con los histogramas anteriores. Cabe aclarar que la mayoría de los reclamos provienen de usuarios con instalaciones monofásicas.

En la Figura 5, se aprecia una mayor distribución en torno al valor de Pst unitario y una gran cantidad de mediciones resultan con un Pst-P<sub>95</sub> mayor a 2. Numéricamente, sólo el 42 % de las mediciones a usuarios resulta con niveles de Pst menores o iguales a 1, mientras que el resto (58 %) sobrepasa los límites que marca la normativa en la Argentina. Es de interés notar que al porcentaje más alto (excluyendo al correspondiente a Pst mayores que 2) coincide con el intervalo adyacente al de Pst unitario.

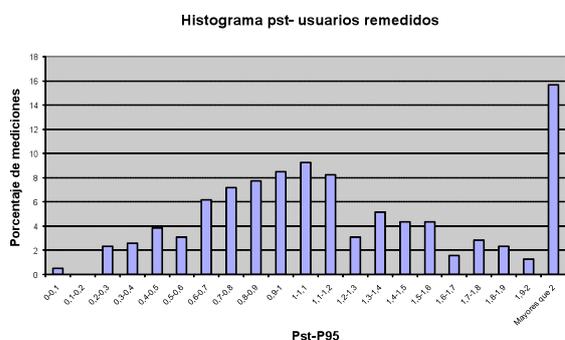


Figura 5.- Histograma de Pst-mediciones a usuarios.

Observando con más detalle este conjunto de mediciones y considerando el alto índice de incumplimiento, resulta importante destacar que

deben existir un importante número de remediones realizadas a partir de aquellos puntos cuyas primeras mediciones condujeron a valores elevados de *Flicker*.

Para aclarar la situación presentada, una nueva discriminación es indispensable. En primer lugar se tienen dos grupos claramente diferenciables que son, por un lado aquellos puntos medidos correspondientes a reclamos hechos por usuarios pero que sólo se hayan medido una sola vez, y por otro lado los que fueron remedidos. A su vez estos últimos pueden ser clasificados según si se trata de puntos remedidos solo una vez, solo dos veces, etcétera. Bajo este esquema de mediciones es que se genera el gráfico de la Figura 6.

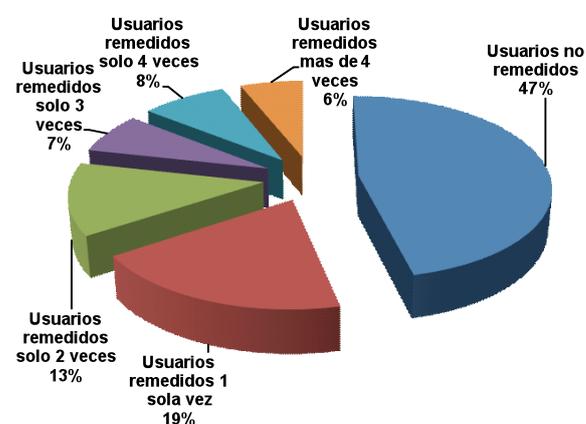


Figura 6.-Gráfico donde se discriminan los usuarios según la cantidad de mediciones realizadas.

En este nuevo gráfico de la Figura 6 queda expuesto que de la totalidad de los usuarios que reclamaron, el 47 % no sobrepasó el límite impuesto por la normativa, pero el restante 53 % tuvo que ser medido nuevamente con la intención de verificar la solución del problema.

Tratándose de reclamos por perturbaciones realizados por usuarios particulares, llama la atención el alto grado de cumplimiento. Por otro lado es notable la gran cantidad de usuarios cuyos problemas de *Flicker* no fueron resueltos sino hasta luego de varias remediones.

Para el caso de los usuarios medidos por primera vez, se construye un nuevo histograma (ver Figura 7) que refleja los valores de Pst-P<sub>95</sub> tomados por estas mediciones.

En este nuevo gráfico puede observarse que existe una completa concordancia con lo establecido por la Figura 6, en el sentido de que cerca del 50 % de los casos de mediciones realizadas a usuarios resultan con un Pst-P<sub>95</sub> menor o igual que la unidad, mientras que el otro 50 % resulta mayor.

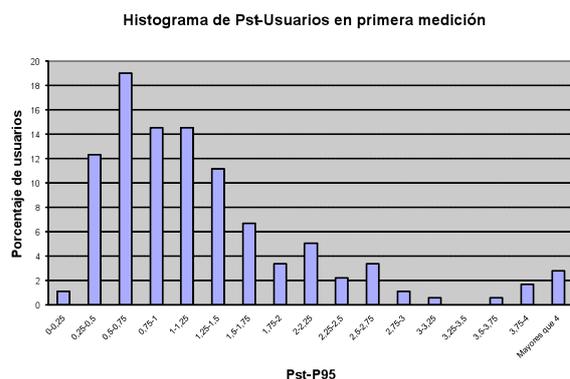


Figura 7.-Histograma de Pst-usuarios en primera medición.

Consecuentemente, estos últimos, fueron remediados a la espera de verificarse la atenuación o eliminación de la perturbación. Sin embargo, puede notarse, a través de la Figura 7, que el 30 % de estas mediciones se presentan en torno al valor de Pst-P<sub>95</sub> igual a la unidad (intervalo 0,75-1,25). Este último dato presenta una relativa importancia para el análisis puesto que, al hablar de *Flicker*, se está haciendo referencia a un fenómeno de percepción humana y esto provoca que el umbral de molestia frente a estas fluctuaciones varíe de persona a persona. Por lo tanto, es comprensible que muchos usuarios percibieran como molesta a esta perturbación aunque en forma rigurosa, realizando la medición, no se alcancen los valores de penalización.

Lo dicho en el párrafo anterior constituye un esquema probable de situación fundado en los datos disponibles, siendo estos comentarios de una consistencia real dentro de todas las suposiciones que pudieran ser realizadas.

Volviendo a la Figura 6, de todos los puntos medidos por primera vez, en respuesta al reclamo correspondiente realizado por los usuarios, poco más de la mitad superó los límites impuestos por la normativa vigente en la Argentina y por lo tanto fueron remediados en distintas instancias. Los porcentajes resultan variables pero es claro que la mayoría de los puntos obtienen una solución satisfactoria entre la primera y la segunda remediación, existiendo, sin embargo, un porcentaje considerable de casos en los cuales la solución al problema se extiende tras varias verificaciones.

Si se realiza una revisión de todos los puntos, correspondientes a reclamos de usuarios, que fueron remediados por primera vez (ya sea esta la única o que hubiera otras subsecuentes) puede realizarse un histograma como el que se presenta en la Figura 8.

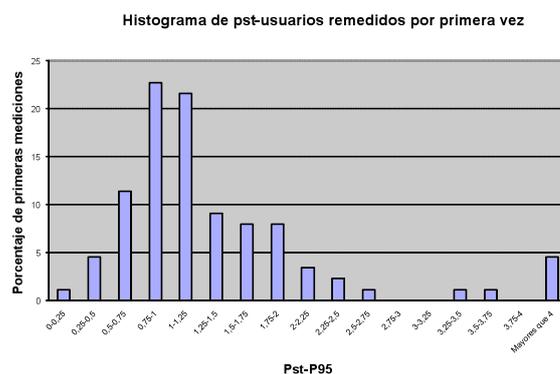


Figura 8.- Histograma de Pst-P<sub>95</sub> en segunda medición (primera remediación).

En este caso, aproximadamente el 44 % de las remediciones realizadas a usuarios, en carácter de segunda medición, resultan contenidas dentro del intervalo 0,75-1,25 de Pst-P<sub>95</sub>, lo cual constituye un importante incremento respecto de las primeras mediciones.

Queda claro que en esta instancia de medición la mayoría de los casos no ha sido resuelta aún, es decir, aproximadamente el 60 % del total remediado.

Una tercera medición (segunda remediación) existirá sobre aquellos puntos cuya situación problemática debiera ser resuelta, lo cual constituye el 34 % de los usuarios que reclamaron, según se desprende de la Figura 6.

Al igual que antes, un nuevo histograma queda definido para los casos medidos por tercera vez, según puede observarse en la Figura 9. En este caso puede apreciarse un cambio significativo en el aspecto del gráfico de barras, existiendo alrededor de un 33 % de mediciones con resultados satisfactorios. Es notable, también, el alto porcentaje de las mediciones que apenas superan el umbral de Pst-P<sub>95</sub> igual a uno (28 %).

De esta segunda remediación, resta aún solucionar la situación de, aproximadamente, el 67 % de los casos, lo que representa alrededor del 21 % del total de usuarios que presentaron su reclamo por *Flicker*, según puede deducirse de la Figura 6.

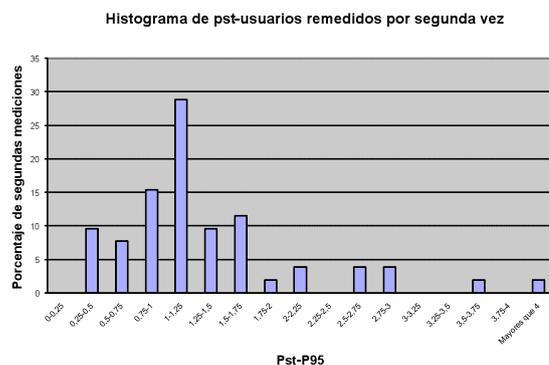


Figura 9.- Histograma de Pst-P<sub>95</sub> en tercera medición (segunda remediación).

Por último se realiza un nuevo histograma, mostrado en la Figura 10.

En esta figura se reflejan los valores de *Flicker* en el caso de la cuarta medición (tercera remediación).

Allí se pretende poner en evidencia ciertas similitudes con la Figura 9, donde se verifica un número similar de mediciones con resultados satisfactorios. En el caso de la Figura 10, este número ronda el 27 %, y al igual que en los casos anteriores el mayor porcentaje de puntos se presenta en torno al valor unitario de Pst-P<sub>95</sub>.

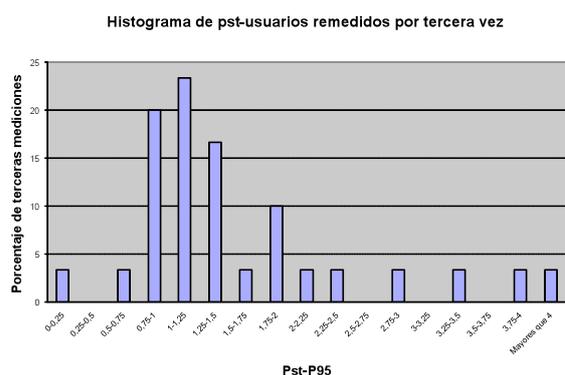


Figura 10.- Histograma de Pst-P95 en cuarta medición (tercera remediación).

En este punto ya habrían sido resueltos aproximadamente el 86 % de los casos de usuarios que reclamaron por perturbaciones en la red y que fueron atendidas como reclamos por *Flicker*. Este número, si bien resulta alto, no alcanza aún a asemejarse a los niveles encontrados en el caso de los Centros de Transformación analizados al principio de este artículo.

Para analizar con mayor claridad lo visto hasta aquí sobre las mediciones realizadas a usuarios, resulta conveniente la realización de una tabla que resuma algunos de los aspectos relevantes de lo expuesto sobre este tema (Tabla 1).

Tabla 1.- Resumen del análisis de reclamos de usuarios.

	Casos		
	Pst ≤ 1	0,75 ≤ Pst ≤ 1,25	Resueltos (1)
Medición Nº 1	47 %	29 %	47 %
Medición Nº 2	40 %	44 %	19 %
Medición Nº 3	33 %	44 %	13 %
Medición Nº 4	27 %	43 %	7 %
Totales	-	-	86 %

(1) Porcentaje de aceptables sobre el total de medidos.

Considerando este último resumen, se manifiesta una tendencia decreciente en los porcentajes de puntos que resultan con valores por debajo del límite, a medida que aumenta el número de instancias de medición, lo que podría vincularse a una mayor

dificultad en encontrar una solución para estos usuarios remanentes.

## 6. EJEMPLO DE USUARIO CON FLICKER ELEVADO.

Se pretende, utilizando mediciones reales, mostrar en forma aproximada el comportamiento que puede tener una red de baja tensión ante la presencia de *Flicker* en la misma.

Se trata de una instalación trifásica de aproximadamente 200 m de longitud desde el Centro de Transformación correspondiente.

En la Figura 11 se muestra un registro de una semana correspondiente a los bornes del usuario. En ella se presentan ciclos regulares a lo largo de casi toda la semana donde se alcanzan valores superiores a 2,5 de Pst.

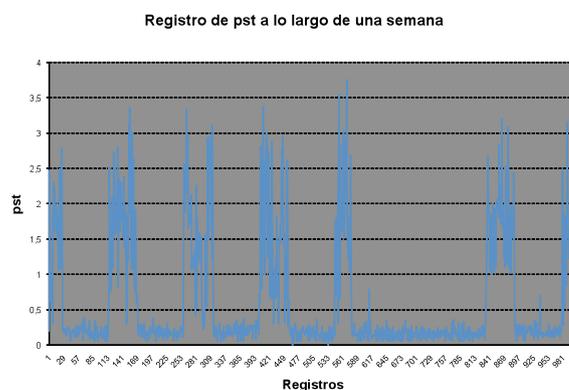


Figura 11.- Perfil de *Flicker* a lo largo de una semana de medición sobre el usuario.

El perfil mostrado en la Figura 11 corresponde a una carga del tipo industrial donde los tiempos en los cuales la perturbación se hace presente coinciden con la jornada laboral en cada día hábil de la semana.

La Figura 12 muestra un perfil de *Flicker* correspondiente a mediciones realizadas sobre el Centro de Transformación durante un intervalo similar, pero no simultáneo, al registrado sobre el usuario.

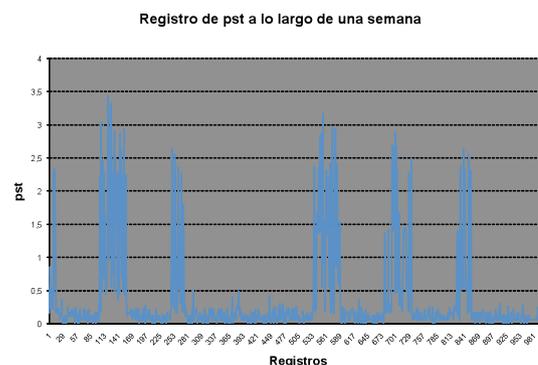


Figura 12.- Perfil de *Flicker* a lo largo de una semana de medición sobre el CT.

Tanto la Figura 11 como la Figura 12 corresponden a una carga promedio del transformador de aproximadamente el 60 % de su capacidad nominal. Este transformador alimenta sólo a esta carga, la cual origina las perturbaciones. Esto puede afirmarse, en principio, observando que el ritmo del fenómeno coincide con la actividad industrial del usuario, además, dado que los Pst-P<sub>95</sub> para ambos casos medidos resultan de 2,55 y de 2,26 respectivamente, se confirma el flujo de la emisión.

Si el *Flicker* hubiera tenido origen en la red de MT, ambos resultados debieron parecerse.

## 7. CONCLUSIONES.

Con la información de 10 años de mediciones normalizadas IEC de *Flicker* en Centros de Transformación y considerando el resultado global de calidad del 98% de resultados satisfactorios encontrados, se concluye que la red del área metropolitana de Buenos Aires cumpliría con los criterios modernos de compatibilidad [4] que abarcan simultáneamente expectativas para ambas variables, tiempo (95% en cada lugar) y lugar (en este caso 98%, en un mismo lapso).

Surgen claras diferencias entre los índices de cumplimiento de los casos de mediciones en Centros de Transformación y los correspondientes a usuarios, resultando niveles de *Flicker* sustancialmente mayores en bornes de estos últimos. Este resultado se debe a que el *Flicker* – siempre considerando esta aseveración en sentido amplio y con el alcance estadístico del presente trabajo – fluye desde las cargas de BT hacia los niveles superiores de potencia de cortocircuito de la red. En este sentido, no obstante, se debe tener en cuenta que en gran medida las mediciones a usuarios se originaron por reclamos de los mismos, lo que da cierto sesgo a la afirmación anterior. De esta manera es de una postura bastante realista el imaginar la conveniencia de realizar las mediciones sobre usuarios en vez de realizarlas sobre Centros de Transformación.

Comparando los resultados estadísticos de las sucesivas remediciones - y vinculando estas remediciones a las correspondientes tareas de normalización realizadas por las Distribuidoras de esos puntos de la red encontrados con altos niveles de *Flicker* -, se observa una baja tasa de éxito en la actividad – ver gráfico de Fig 6 -. Esta conclusión evidencia, aún teniendo en cuenta que la afirmación se hace desde el solo análisis de las mediciones, la importancia del *Flicker* como fenómeno decisivo en el dimensionamiento de las redes de distribución y la importancia en la tarea de detección de instalaciones perturbadoras, en particular ante su proliferación.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Anexo a la Resolución ENRE 99/97. “*Base Metodológica para el Control de la Emisión de Perturbaciones. Etapa 2*”.
- [2] Anexo a la Resolución ENRE 184/00. “*Base Metodológica para el Control de la Calidad del Producto Técnico. Etapa 2*”.
- [3] IEC 61000-3-3. “*Electromagnetic Compatibility (EMC). Part 3. Section 3: Limitation of voltage fluctuations and flicker in low-voltage supply systems for equipment with rated current < 16 A*”.
- [4] CENELEC EN 50160. “*Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems. November 1999*”.
- [5] CIRED 2007. 19th International Conference on Electricity Distribution. Publication 0698. “*Ten years of harmonic and flicker control by IEC normalised measurements in Buenos Aires distribution system*”. Vienna, 21-24 May 2007.
- [6] IEC 61000-4-15. “*Flickermeter. Functional and design specification*”.