



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**ANÁLISIS DE CAUSAS, EFECTOS Y MÉTODOS PARA CORREGIR
VARIACIONES DE VOLTAJE FLICKER, EN PUNTOS ALEATORIOS
DE CARGA, EN LA CIUDAD CAPITAL GUATEMALA**

Arturo Alejandro Cruz Castro

Asesorado por el Ing. Francisco Javier González López

Guatemala, agosto de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE CAUSAS, EFECTOS Y MÉTODOS PARA CORREGIR
VARIACIONES DE VOLTAJE FLICKER, EN PUNTOS ALEATORIOS
DE CARGA, EN LA CIUDAD CAPITAL GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

ARTURO ALEJANDRO CRUZ CASTRO
ASESORADO POR EL ING. FRANCISCO JAVIER GONZALEZ LOPEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, AGOSTO DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Francisco Javier González López
EXAMINADOR	Ing. Gustavo Orozco Godinez
EXAMINADOR	Ing. Armando Gálvez Castillo
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ANÁLISIS DE CAUSAS, EFECTOS Y MÉTODOS PARA CORREGIR VARIACIONES DE VOLTAJE FLICKER, EN PUNTOS ALEATORIOS DE CARGA, EN LA CIUDAD CAPITAL GUATEMALA,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, el 23 de agosto de 2007. Ref. EIME 161. 2007.

ARTURO ALEJANDRO CRUZ CASTRO

ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS** Por concederme la vida y ayudarme en los momentos más críticos de la vida.
- MI PADRE** Arturo de Jesús Cruz Velásquez, por haberme apoyado en todos los años de mi vida y enseñarme los conceptos de responsabilidad y perseverancia.
- MI MADRE** Maria del Carmen Castro de Cruz, por haberme dado la vida y apoyado en todo momento y enseñarme los conceptos de esfuerzo y optimismo.
- MI ABUELO** Raúl Castro Vásquez (D.E.P.), por haber despertado en mí, la enseñanza del saber.
- MI ABUELA** Clara Luz Gil (D.E.P.), por haber cuidado de mí y los buenos consejos.
- MI ABUELO** Mariano de Jesús Cruz (D.E.P.), por sus consejos del concepto de la vida.
- MI ABUELA** Eloisa Otilia Velásquez, por cuidar y brindar amor a la persona que me cuida a mí.
- A MI NOVIA** Karin Liliana Cabrera, por su apoyo incondicional en los momentos difíciles de mi carrera y vida personal.

AGRADECIMIENTOS A:

- Mis padres porque siempre estuvieron conmigo apoyándome en la culminación de mi carrera profesional y me han dado la mejor herencia que puede tener una persona que es el conocimiento, porque a través de él se puede lograr cualquier cosa.
- Al ing. Francisco Javier González por su amistad y apoyo para la elaboración de este trabajo de graduación.
- Al grupo de estudio David Yax, Leonel Leal, Paolo Velásquez, y Daniel Polanco. Por las enseñanzas y solidaridad del grupo durante los años de estudio y enseñarme el concepto de la excelencia de nuestra carrera.
- Mi amigo Cesar Orellana, por haberme brindado ayuda en las mediciones de calidad de Energía.
- A Comercializadora Eléctrica del Sur y División de Servicios Generales de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por haberme brindado información de suma importancia para este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. CONCEPTOS GENERALES DE VARIACIONES DE VOLTAJE FLICKER	1
1.1 Calidad de la Energía en la Red Eléctrica	1
1.1.1 Armónicos	1
1.1.2 Flicker	2
1.1.2.1 Flicker sistemático o periódico	3
1.1.2.2 Flicker aleatorio o no periódico	4
1.1.2.3 Fórmula matemática general para determinar el Flicker	5
1.2 Umbral de perceptibilidad del Flicker	5
1.2.1 Severidad en el parpadeo	6
1.2.2 Severidad de corta duración (Pst)	8
1.2.3 Severidad de larga duración (Pst)	9
2. FUENTES QUE ORIGINAN LAS VARIACIONES DE VOLTAJE FLICKER	11
2.1 Fuentes industriales grandes	12
2.1.1 Hornos de arco	13
2.1.2 Soldadores Eléctricos	13
2.1.3 Morotes con carga alternativa y arranques múltiples	13

2.1.4	Generadores	14
2.1.5	Turbinas de viento	14
2.2	Fuentes de menor tamaño	14
2.3	Compatibilidad electromagnética	15
2.4	Punto de acoplamiento común	15
3.	EFFECTOS DE PUNTOS DE FLICKER EN LA RED ELÉCTRICA	17
3.1	Efecto que produce un horno de arco	17
3.2	Efecto que producen los arranques de motores AC en la Red Eléctrica	18
3.3	Efecto que producen los conductores en las instalaciones Eléctricas	18
3.3.1	Pérdidas en un cable o conductor	19
3.4	Efecto de los Transformadores subdimensionados	20
4.	TÉCNICAS DE CONTROL Y MÉTODOS PARA CORREGIR LAS VARIACIONES DE VOLTAJE FLICKER, EN LA RED ELÉCTRICA	21
4.1	Cambiar el ritmo de trabajo de la carga perturbadora	21
4.2	Modificación de la Red Eléctrica	21
4.3	Compensadores estáticos de Potencia Reactiva	22
4.3.1	Método para mejorar la regulación de Voltaje empleando Condensadores de compensación de Factor de Potencia en serie	23
4.3.2	Método para mejorar la regulación de Voltaje empleando Compensadores de Factor de Potencia en paralelo	23
4.3.3	Reactancia en serie	24
4.4	Método para corregir las variaciones de Voltaje Flicker en hornos de arco Eléctrico y máquinas soldadoras	24
4.4.1	Estimación de la influencia de un horno de arco con un sistema Compensador estático de Potencia Reactiva	30
4.5	Método para corregir las variaciones de Voltaje Flicker en Transformadores	31

4.6	Método para corregir las variaciones de Voltaje Flicker en motores Eléctricos	31
4.7	Regulación de Tensión en viviendas y edificios comerciales	32
4.7.1	Ejemplo de solución de Flicker domiciliario	32
4.7.2	Método de graficas y tablas para determinar el Flicker domiciliario	39
4.8	Valores recomendados de caídas de Tensión para evitar el efecto Flicker	43
 5. EFECTOS TÉCNICO-ECONÓMICOS QUE OCASIONAN LAS VARIACIONES DE VOLTAJE FLICKER, EN LA RED ELÉCTRICA		45
5.1	Aspectos técnicos	45
5.2	Aspectos económicos	45
5.2.1	Costo total de una interrupción	46
5.3	Suministro eléctrico de calidad deficiente	47
5.3.1	Mal servicio de alimentación de Energía Eléctrica por parte de la Empresa suministradora	47
5.3.2	Mala regulación de las cargas perturbadoras por parte del cliente	47
 6. METROLOGÍA DEL FLICKER EN LA RED ELÉCTRICA		49
6.1	Cómo determinar el punto donde se encuentra el problema de calidad de Energía	49
6.1.1	Detección de puntos de Flicker	49
6.2	Metodología del Flickermeter	50
6.2.1	Partes que componen el Flickermeter	50
6.2.2	Problemas en la medición a través del Flickermeter	51
6.2.3	Posibles causas que originan las diferentes lecturas en los Flickermeter	52
6.3	Analizador de calidad de Energía Eléctrica FLUKE 435	53
6.4	Analizador de calidad de Energía Eléctrica POWER PAD AEMC 3945-20	55

6.5	Analizador de calidad de Energía Eléctrica POWER GUIA 440S	57
7.	NORMAS TÉCNICAS DE FLICKER	59
7.1	Normas técnicas de calidad del servicio de transporte y sanciones (NTCSTS) Comisión nacional de Energía Eléctrica: CNEE-50-99	59
7.1.1	Título IV calidad del producto técnico (capítulo IV Flicker en la Tensión)	59
7.1.2	Título V incidencia en la calidad del producto por los participantes (Capítulo III Flicker en los participantes)	60
7.2	NTSD (Norma técnica del servicio de distribución) Resolución CNEE: No. 09-99	60
7.2.1	Título IV (Calidad del producto suministrado por el distribuidor) Capítulo V Flicker en la Tensión	60
7.2.2	Título V (Incidencia del usuario en la calidad del producto), Capítulo II Flicker generado por el usuario	63
7.3	Ensayo basado por la unión internacional de electrotecnia (UIE), según las Normas UNE-EN 61000-4-15	66
7.3.1	Experimento	66
7.3.1.1	Plataforma de ensayo que se utilizó	67
7.3.1.2	Metodología	68
7.3.1.3	Resultados	68
7.3.2	Características del equipo de medición, según Normas IEC 61000-4-15	71
7.3.2.1	Tipo de equipo	71
7.3.2.2	Error máximo permisible	71
7.3.2.3	Rango de medición	71
7.3.2.4	Características del circuito de entrada de Tensión	72
7.3.2.5	Almacenamiento interno	72
7.3.2.6	Salidas	72

7.3.2.7	Condiciones ambientales	72
7.3.2.8	Protección de hermeticidad	72
7.3.2.9	Características de los transductores	73
7.3.3	Estudio de casos que utilizan la Norma IEC 61,000-4-15	73
7.4	Norma técnica del servicio de distribución (D. S.) 327/97 artículo 250 Flickermeter en los Estados Unidos	77
7.4.1	Objetivo y alcance	77
7.4.2	Aplicación y sanciones	78
7.4.3	Terminología	79
7.4.4	Mediciones y registros	79
7.4.5	Organismos de medición autorizados (OMA)	83
7.4.6	Informes a la autoridad respecto de las mediciones y registros de calidad de suministro	84
7.4.7	Definiciones	84
7.5	Mediciones de Flicker según Normas de regulación No. CONELEC-004/01..85	
7.6	Ensayo para la medición de Flicker basado en el tipo de fluctuación simulada por la Norma argentina IRAM 2492-3 del tipo a	86
7.6.1	Equipo generador de pulsos	86
7.6.2	Circuito simulador de Flicker	87
7.7	Norma (EN50160)	90

8. MEDICIONES DE CAMPO DE EFECTO FLICKER, EN LA CIUDAD CAPITAL DE GUATEMALA	93
8.1 Mediciones en el Centro Comercial Galerías Prima, ubicado en la Calzada Roosevelt, Ciudad de Guatemala	93
8.2 Mediciones de efecto Flicker en Empresa Recipientes y Empaques de C. A. S. A. Km 30.5 carretera al Pacífico	109

CONCLUSIONES	133
RECOMENDACIONES	137
BIBLIOGRAFÍA	139

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Componentes Armónicas	2
2. Flicker sinusoidal	4
3. Flicker rectangular	4
4. Curva de sensibilidad del conjunto ojo-cerebro	6
5. Curvas Normalizadas de perturbaciones permisibles de efecto Flicker	8
6. Circuito equivalente de una Red que posee Flicker	11
7. Regulación de Voltaje de Transformadores	20
8. Mejoramiento de la regulación de Voltaje mediante el empleo de Condensadores	24
9. Fluctuación de Corriente para el ejemplo en un horno de arco	26
10. Niveles aceptables de Corriente de Cortocircuito	28
11. Conductores sugeridos para evitar el parpadeo en la iluminación	39
12. Caídas de Tensión en las diferentes partes de una instalación intradomiciliar	41
13. Sección mínima del conductor de una instalación domiciliar sin Flicker, con acometida de 6mm ²	42
14. Sección mínima del conductor de una instalación domiciliar sin Flicker, con acometida de 4mm ²	43
15. Diagrama de un medidor de Flicker	51
16. Flickermeter Modulo Interfaz	52
17. Puntos donde se debe conectar el Flickermeter	53
18. Analizador de Calidad de Energía Eléctrica Fluke 435 Clase A	54
19. Pantalla del Fluke 430 al analizar las variaciones de Tensión	54
20. Analizador de Calidad de Energía Eléctrica Power Pad AEMC	55
21. Manera de conectar los Cts y Pts	57

22. Analizador de Energía Power Guía 440S	58
23. Diagrama de Bloques del Sistema de Ensayo	67
24. Evolución del valor eficaz de la Tensión en la carga con Flicker almenado	70
25. Partes principales del medidor de fluctuaciones de Tensión	70
26. Circuito generador de pulsos ⁸⁷	
27. Circuito simulador de Flicker	88
28. Cuarto de trabajo para el ensayo	89
29. Curvas de perceptibilidad de Flicker	90
30. Gráfica porcentaje de variación de Voltaje versus número de fluctuaciones por minuto	92
31. Voltaje de fase a neutro de las fases A, B y C, en Centro Comercial Galerías Prima	108
32. Frecuencia del sistema en Centro Comercial Galerías Prima	108
33. Voltaje de fase a neutro de las fases A, B y C, en Empresa Recipientes y Empaques de C. A. S. A.	129
34. Frecuencia del sistema en Empresa Recipientes y Empaques de C. A. S. A	130

TABLAS

I.	Variaciones permitidas de Tensión en función de la Frecuencia	27
II.	Ejemplos de Flicker intradomiciliario	40
III.	Valores recomendados de caída de Tensión	44
IV.	Artículo 46 tolerancias para el Flicker generado por el usuario	63
V.	Relación entre la componente de 10 Hz y la componente fundamental en función del índice de modulación	69
VI.	Valores límites de los Pst (10 minutos) y Plt (2 horas)	82
VII.	Índices de perceptibilidad Pst y Plt en cada una de las fases del Centro Comercial Galerías Prima	93
VIII.	Voltajes rms mínimo, promedio y máximo en cada una de las fases en el Centro Comercial Galerías Prima	97
IX.	Corrientes rms mínimo, promedio y máximo en cada una de las fases en el Centro Comercial Galerías Prima	104
X.	Índices de perceptibilidad Pst y Plt en cada una de las fases de Empresa Recipientes y Empaques S. A. C. A.	109
XI.	Voltajes rms mínimo, promedio y máximo en cada una de las fases en Empresa Recipientes y Empaques S. A. C. A.	113
XII.	Corrientes rms mínimo, promedio y máximo en cada una de las fases en Empresa Recipientes y Empaques S. A.	121

GLOSARIO

Acápite	Texto breve, posterior al título que aclara el contenido del artículo que encabeza
Acometida	Instalación eléctrica que sirve para conectar al usuario con el secundario del Transformador que lo alimenta
Aguas abajo	Región ubicada en el lado del usuario de Energía Eléctrica, después de los contadores y demandómetros
Aguas arriba	Región ubicada en el lado del Distribuidor de Energía Eléctrica, antes de los contadores y demandómetros
Almenado	Ornamentación hacia algo
Amperaje	Número de electrones que circulan por un conductor en un segundo, cuando se aplica un voltio
ASTM	Sociedad Americana para pruebas y materiales
Capacitor	Dispositivo eléctrico formado por dos placas conductoras, separadas por un material dieléctrico que almacena el campo eléctrico

CEI	Comisión Electrotécnica Internacional
Circuito Tanque	Circuito formado por un capacitor y una inductancia
CNEE	Comisión Nacional de Energía Eléctrica
Compensadores Estáticos	Cargas inductivas o capacitivas que sirven para mejorar el Factor de Potencia y la estabilidad del sistema
Corriente de Cortocircuito	Máxima Corriente eléctrica que soporta un sistema eléctrico
Dicroicas	Facultad de un cuerpo de presentar diferentes coloraciones dependiendo del ángulo en que se mire
Distorsión Armónica	Deformación que sufre la onda de Tensión
Efecto Joule	Pérdidas Eléctricas debido al sobrecalentamiento de los conductores
Factor de Potencia	Valor que determina la proporción de Energía generada que está siendo aprovechada en trabajo útil
Fehaciente	Que da fe de ello

Flicker	Fluctuaciones de Tensión de baja Frecuencia menores al 10% de la magnitud de Voltaje total
Fluctuación	Variación de Amplitud en una señal eléctrica
Frecuencia	Número de ciclos por segundo de una onda
IEC	Comisión Electrotécnica Internacional
IEEE	Instituto de ingenieros electricista y electrónicos
Inductor	Dispositivo eléctrico formado por arrollamientos de alambre, que almacena el campo magnético
Integrado 555	Dispositivo electrónico utilizado para generar pulsos
Micro-relé	Dispositivo electromecánico de baja Potencia
NTSD	Norma Técnica del Servicio de Distribución
OMA	Organismo de Medición Autorizado
Perceptibilidad	Grado de sensibilidad
PLT	Indice de perceptibilidad de largo plazo (2 horas)

Potencia Activa	Potencia que se transforma en trabajo útil por las carga
Potencia Aparente	Potencia compleja formada por la sumatoria de la Potencia Activa y Potencia Reactiva
Potencia Reactiva	Potencia necesaria para la creación de campos Eléctricos y magnéticos
PST	Índice de perceptibilidad de corto plazo (10 minutos)
Punto de Acoplamiento Común	Punto entre el usuario y la empresa suministradora del servicio de Energía Eléctrica
Reactancia	Banco de inductores
Reóstato	Dispositivo eléctrico que varía la resistencia eléctrica
Resistencia Eléctrica	Propiedad de oponerse al flujo eléctrico
TOF	Retardo a la desconexión
TON	Retardo a la conexión
Transformador	Dispositivo eléctrico que sirve para cambiar los niveles de Tensión

UIE	Unión Internacional de Electrotécnica
VAR	Volt-Ampere-Reactivos
Voltaje	Trabajo realizado para mover una carga de un punto a otro
Watts	Cantidad de Energía que representa el trabajo realizado en un intervalo de tiempo determinado

RESUMEN

Por la creciente demanda de Energía Eléctrica en Guatemala, en el Sistema Nacional Interconectado; es de suma importancia tener el control de la magnitud con la cual crece la carga, para poder hacer las correcciones en cada parte del sistema y que se mantenga la calidad de Energía.

Uno de los factores más importantes en la calidad de Energía es el efecto Flicker, el cual es una fluctuación de la onda de Voltaje o Corriente, que es menor al 10% del valor de la magnitud total, que tiene baja Frecuencia del orden de (0 – 25Hz); la cual ocasiona problemas como los que a continuación se muestran:

- **Parpadeo en la Iluminación:** Este fenómeno se presenta en la iluminación por el funcionamiento de cargas no lineales y de considerable consumo energético como bombas de agua, planchas, calentadores, hornos microondas, hornos de arco, soldadoras, impresoras etc. Afectando la vida promedio de las luminarias tanto de incandescencia como de descarga. Otro de los problemas que se presentan, por el parpadeo en la iluminación son de tipo psicológico como cansancio visual, estrés, cefalea y ataques convulsivos en el peor de los casos.
- **Pérdidas por Efecto Joule:** Estas pérdidas se presentan en las instalaciones Eléctricas, debido al subdimensionamiento en el calibre de los conductores; tanto de acometida como de las cargas. También se puede presentar este problema por Transformadores subdimensionados, afectando el costo de Energía Eléctrica.
- **Penalizaciones e Indemnizaciones:** La direccionalidad del Flicker es de suma importancia en las instalaciones Eléctricas, porque esta va a determinar quien está generando el Flicker. Si es generado por el Usuario, entonces se penalizará en su recibo energético dependiendo de la severidad y duración de las perturbaciones inyectadas a la

Red Eléctrica. En el caso que sea generado por la Empresa Distribuidora de Energía Eléctrica, se deberá indemnizar a los usuarios afectados por el deterioro de su equipo eléctrico.

- **Señales en falso:** Este problema usualmente se presenta en la industria, en el equipo de electrónica de Potencia y PLC; los cuales al tener señales erróneas y Activar en falso, pueden poner en peligro la integridad física de las personas y detener el proceso productivo de la Empresa.

OBJETIVOS

- **General**

Analizar las causas, efectos y métodos para corregir las variaciones de Voltaje Flicker, en instalaciones residenciales, comerciales e industriales.

- **Específicos**

1. Conocer lo que es el efecto Flicker y el daño técnico-económico que puede causar en las instalaciones Eléctricas.
2. Identificar los diversos métodos que existen para corregir el efecto Flicker en instalaciones residenciales, comerciales e industriales.
3. Conocer la metrología del Flicker y los aparatos de medición de calidad de Energía más utilizados.
4. Interpretar los índices de perceptibilidad de corta y larga duración (Pst y Plt), respectivamente que me determinan si existe Flicker en las instalaciones, así como el porcentaje de caída de Tensión.
5. Conocer las diferentes penalizaciones que existen, tanto para usuarios, como para el Distribuidor de Electricidad.

INTRODUCCIÓN

La demanda de Energía Eléctrica en la Red, está en constante crecimiento; razón por la cual los flujos de carga sirven para planificar las expansiones futuras para que el Sistema Nacional Interconectado este lo más estable posible. Pero cuando una parte del sistema aumenta de carga o no se prevea, es allí donde empiezan los problemas de inestabilidad. Una manera de evitar este tipo de problema puede lograrse sobredimensionando los Transformadores de alimentación para que no se sobrecarguen e inspeccionando la calidad de Energía en los puntos que consideramos críticos en la Red. Si tenemos ruidos que contaminan a la onda fundamental de Voltaje y Corriente, entonces tenemos Armónicos si estos tienen una Frecuencia mayor a 60 Hertz y efecto Flicker si la Frecuencia es menor a 25 Hertz.

El Flicker puede causar problemas tecnico-económicos como deterioro de los equipos como luminarias incandescentes y de descarga, produciendo múltiples parpadeos cuando arranca alguna carga no lineal como bombas de agua, motores Eléctricos, hornos de arco eléctrico, calentadores, hornos microondas etc. Envejeciendo el aislamiento de los equipos y disminuyendo la vida promedio de los mismos; estos efectos de parpadeo causa en las personas expuestas cansancio visual, dolor de cabeza, estrés y en el peor de los casos ataques convulsivos a las personas propensas a este mal. Los PLC y electrónica de Potencia pueden recibir señales erróneas, Activando en falso los dispositivos, poniendo así en peligro la integridad física de las personas y generando Pérdidas a la Empresa por paro de alguna línea de producción.

La manera en la cual podemos medir el efecto Flicker es con los índices de perceptibilidad de corto y largo plazo (Pst y Plt) respectivamente, los cuales determinan con un valor numérico si existe Flicker en la instalación eléctrica. Trabajaremos estas mediciones según las Normas IEC 61,000-4-15.

En el capítulo cuatro analizaremos diversos métodos para corregir el problema de efecto Flicker, en instalaciones residenciales, comerciales e industriales. A continuación enumeramos algunos de los métodos empleados de manera general:

- Aumentar la Potencia de Cortocircuito en el punto de acoplamiento común, Reduciendo la Impedancia para disminuir las pérdidas por efecto Joule ($I^2 * R$).
- Distanciar la carga perturbadora del resto de las cargas para que no se contaminen los circuitos de iluminación.
- Colocar la carga por alimentar, lo más cerca posible del tablero principal o Transformador alimentador.

1. CONCEPTOS GENERALES DE VARIACIONES DE VOLTAJE FLICKER

1.1 Calidad de la Energía en la Red Eléctrica

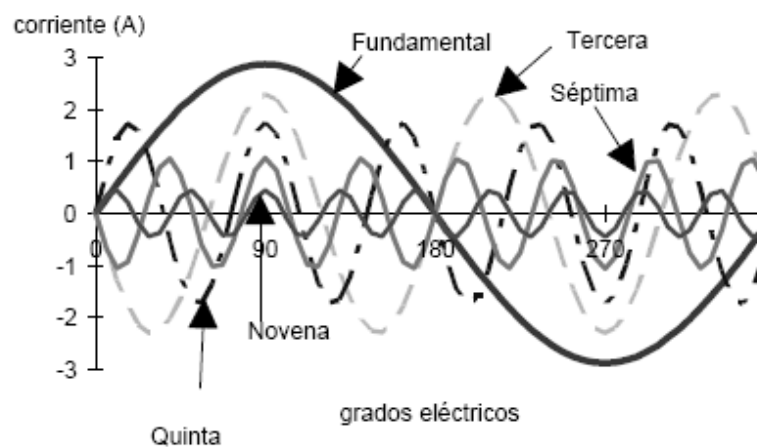
Entendemos por calidad de Energía en la Red Eléctrica a la generación, transmisión y distribución de Energía de manera eficiente; es decir con un buen Factor de Potencia que sea cercano a la unidad, onda de Voltaje de manera estable en Amplitud y Frecuencia y buen índice de conversión de Energía en la generación. En la actualidad este problema ha tomado mayor relevancia por la creciente demanda de aparatos de electrónica de Potencia que están considerados en un 50% del total, entre los cuales podemos mencionar a los rectificadores, variadores de velocidad, arrancadores electrónicos de motores, compensadores reactivos, balastos de lámparas de gas neon, computadoras, motores de inducción, máquinas soldadoras, hornos de arco etc. Los cuales generan la contaminación de la onda fundamental de Voltaje y Corriente con ruidos, desbalance de Voltaje entre fases, variaciones fluctuantes de Voltaje, flujos de Armónicos y efecto Flicker; estos dos últimos se utilizan para analizar la calidad de la Energía.

1.1.1 Armónicos

Son Voltajes y Corrientes sinusoidales que tienen Frecuencia mayor a la fundamental. Esta se origina por la operación de cargas no lineales en la Red Eléctrica como hornos de arco eléctrico, soldadoras de arco, motores de inducción, electrónica de Potencia, lámparas fluorescentes, saturación de Transformadores, Corriente de energización de Transformadores, conexión al neutro de Transformadores, fuerzas magnetomotrices en máquinas rotatorias de Corriente alterna, fuentes reguladas por conmutación, cargadores de baterías, compensadores estáticos, variadores de Frecuencia, convertidores de estado sólido etc. Estas cargas no lineales consumen Corrientes no sinusoidales, a pesar de alimentarlas con Voltajes sinusoidales, provocando efectos adversos como los mencionados anteriormente y distorsiones en las señales de Voltaje y Corriente. Estas deformaciones en

las formas de onda se les conoce como (Distorsión Armónica); la cual describe la variación en estado estacionario o continuo en la forma de onda de la Frecuencia fundamental, los síntomas típicos de problemas de Armónicas incluyen disparo en falso de fusibles, disparos inexplicables de interruptores, sobrecalentamiento de Transformadores y motores, funcionamiento defectuoso de plc, relevadores, computadoras etc.

Figura 1. Componentes Armónicas



Fuente: Tecnológico de Monterrey (Calidad de Energía)

1.1.2 Flicker

El Flicker se conoce como la variación de Voltaje en el tiempo, que es menor al 10% del Voltaje nominal y también se conoce como una disconformidad fisiológica asociada con las fluctuaciones de luminosidad en los sistemas de luz; son generadas por la alimentación de cargas no lineales entre las cuales podemos mencionar a los hornos de arco eléctrico, máquinas soldadoras, trenes laminadores, arranques de motores asíncronos, compresores, bancos de capacitares, lámparas fluorescentes, computadoras, fotocopiadoras, conexión a Redes Eléctricas deficientes que no posean sistemas de control para inhibir los desbalances en la Tensión por arranque y paro de motores etc. Que son las que contribuyen a las fluctuaciones que contaminan la Red Eléctrica. El efecto Flicker va a depender de la variación de la Amplitud del Voltaje, Frecuencia en un rango que va de 0.05 a 42 Hz y de la

duración de la perturbación. Las Frecuencias para las que se considera el fenómeno de Flicker van desde 0.05 a 35 Hz para Tensiones de 230 Voltios nominales y Frecuencia de Red de 50 Hz; y de 0.05 a 42 Hz para Tensiones de 120 Voltios nominales y Frecuencia de Red de 60 Hz. El Flicker por su naturaleza se divide en 2 categorías las cuales son: Sistemático o periódico y aleatorio o no periódico.

1.1.2.1 Flicker sistemático o periódico

El Flicker sistemático o periódico es aquel, que varia por las grandes cargas repetitivas que se encuentran en la Red Eléctrica como es el caso de los compresores, soldadoras de punto y hornos de arco.

MODELO MATEMÁTICO DE FLICKER PERIÓDICO

Las variaciones de Tensión de flujo luminoso que tienen la misma naturaleza, pueden expresarse según la siguiente fórmula:

$$u(t) = \hat{U} * (1 + m(t)) * \text{Sen}(\omega t)$$

\hat{U} = Amplitud máxima del Voltaje

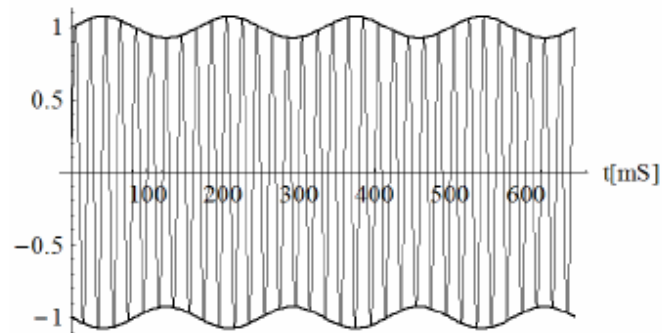
$m(t)$ = Función matemática que modula la Amplitud

ω = Pulsación angular de la Red.

$$\omega = 2\pi f_0$$

- El Flicker sinusoidal posee el siguiente comportamiento de modulación, según las Normas IEC 61000-4-15

Figura 2. Flicker sinusoidal

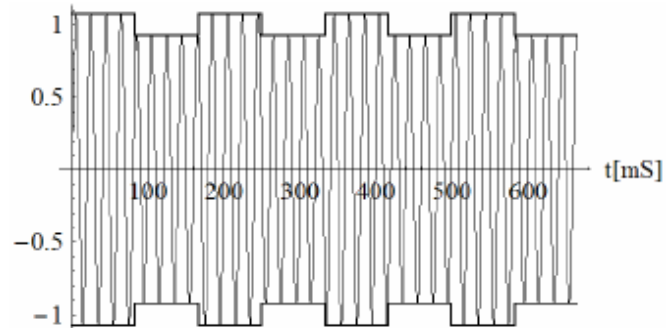


Fuente: Detección de Flicker Depto. de Ingeniería Eléctrica, Argentina

$$u_1(t) = \hat{U} * (1 + \Delta f * \text{Sen}[wft]) * \text{Sen}[wot]$$

- El Flicker rectangular es otra forma de onda, que se presenta en la Red Eléctrica, el cual lo describimos en la siguiente gráfica.

Figura 3. Flicker rectangular



Fuente: Detección de Flicker depto. de Ingeniería Eléctrica, Argentina

1.1.2.2 Flicker aleatorio o no periódico

El Flicker aleatorio o no periódico es aquel provocado por el arranque de motores grandes o equipos que pueden generar ambos tipos de Flicker como es el caso de las soldadoras y hornos de arco.

1.1.2.3 Fórmula Matemática general para determinar el Flicker

El Flicker se define como el cambio de la Tensión rms dividido por la Tensión promedio rms:

$$d(t) = \frac{\Delta V}{V} = \left(\frac{\Delta S(t)}{S_c(t)} \right) * \text{Cos}(\Psi - \Phi)$$

ΔV =Cambio de Tensión rms

V = Cambio promedio de Tensión rms

$d(t)$ = Cambio relativo de Tensión

$\Delta S(t)$ = Cambio de la carga

$S_c(t)$ =Capacidad de Cortocircuito

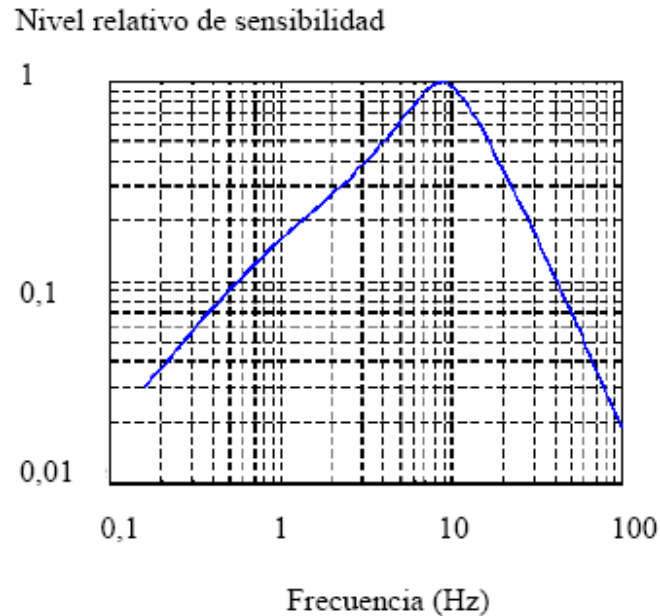
Ψ =Ángulo de S_c

Φ =Ángulo del cambio de carga

1.2 Umbral de perceptibilidad del Flicker

El ser humano tiene un sistema ojo-cerebro que le permite apreciar el parpadeo en la iluminación, la cual se presenta molesta cuando se excede la Frecuencia de fusión, en donde el cerebro ya no puede apartar los destellos de luz y empieza a ver ese parpadeo en las lámparas, cuando esta tiene Frecuencia que va desde 0.5 a 25 Hz aproximadamente; pueden afectar otros factores como iluminación en la postrimerías adyacentes del lugar y que tan bien este de la vista la persona. Los problemas que pueden presentarse por estar expuesto a este tipo de parpadeo son cansancio visual, dolor de cabeza, migraña, cefálea, estrés y en el peor de los casos problemas convulsivos a las personas susceptibles a este mal.

Figura 4. Curva de sensibilidad del conjunto ojo-cerebro



Fuente: Reporte del depto. de ingeniería Eléctrica y Energética Universidad de Cantabria

Podemos apreciar según la grafica que cuando la Frecuencia llega a 10 Hz el nivel relativo de sensibilidad, llega a puntos críticos (cercanos a 1) en donde la persona se ve afectada seriamente por ese parpadeo.

1.2.1 Severidad en el parpadeo

Se necesitaba medir la sensación molesta que causaba el parpadeo de la iluminación en las personas al estar expuestas a este fenómeno; entonces las comisiones internacionales como la Unión Internacional de Electrotecnia (UIE) elaboró una metodología para medir el Flicker y la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), adoptó este patrón de medida que consistía en traducir la sensación ojo-cerebro en umbrales de percepción de 0 hasta el valor de 1, a partir de este valor si excede, la persona queda expuesta a fluctuaciones severas.

Para cuantificar las sensaciones de molestia del Flicker se hizo una serie de experimentos en El Reino Unido, que consistió en evaluar a 80 personas de ambos sexos en un rango de edades de 17 a 63 años, las cuales ingresaban a una habitación con 3 lámparas incandescentes de 60 Watts, 240 Voltios e iluminación de 125 luxes, la habitación contaba con una mesa para dos personas y un periódico sobre la mesa el cual tenían que leer y describir todas las molestias que experimentaba su vista en función de las variaciones que hacían las personas que estaban llevando a cabo este experimento.

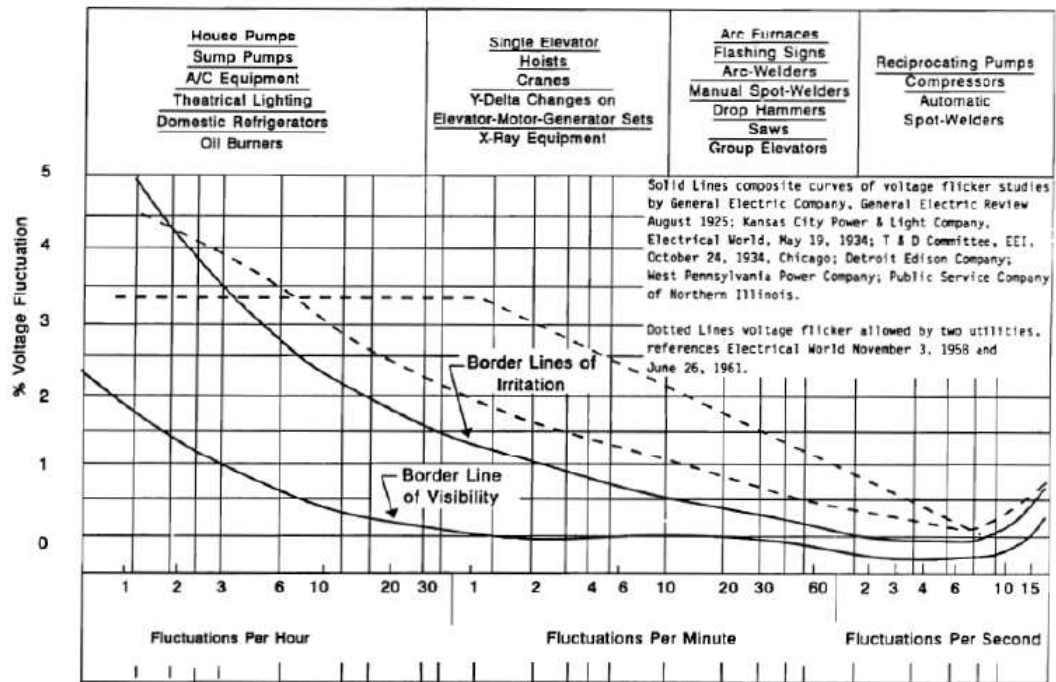
Los resultados de estos experimentos se utilizaron para determinar dos parámetros de cuantificación que describirían el fenómeno de Flicker, los cuales son Pst (Índice de severidad de corta duración) y Plt (Índice de severidad de larga duración).

La IEEE elaboró otro tipo de experimento para medición en la severidad del Flicker, el cual fue estadístico aplicado a varias personas en donde eran sometidos a observar un foco incandescente de 60 Watts, 120 Voltios, para determinar como reaccionaban las personas y poder modelar un estándar que consistía en dos conjuntos de curvas la IEEE 141 y la IEEE 519.

Curvas IEEE 141: Este gráfico consta de dos curvas en función de la magnitud de variación de Voltaje versus Frecuencia; de las cuales la primera determinan los límites de severidad de Flicker al cual el ojo humano puede estar expuesto sin sufrir molestias, recomendado para iluminación de interiores y la segunda curva de menor pendiente indica el límite de irritabilidad al cual no se debe llegar porque el ojo humano ya es perturbado en este nivel de Flicker, pudiéndose tolerar en iluminación de exteriores.

Curvas IEEE 519: Este gráfico utiliza el mismo principio que el de las curvas IEEE 141, pero tomando en cuenta la susceptibilidad de cada equipo eléctrico.

Figura 5. Curvas normalizadas de perturbaciones permisibles de efecto Flicker



Fuente: ECE 528 – Understanding Power Quality

1.2.2 Severidad de corta duración (Pst)

En situaciones reales las fluctuaciones que tienen lugar en la Red Eléctrica, están contaminadas por ruido que hacen que no tengan la misma forma de onda y Amplitud, es por eso que los aparatos de medición almacenan todas esas fluctuaciones en un intervalo de tiempo determinado.

La severidad de corta duración es una medida que se hace en un período de 10 minutos, por medio de un aparato de medición que almacenan las fluctuaciones y las procesa estadísticamente para evaluar que tan irritable puede ser el Flicker, esta determinado por la siguiente expresión que sirve para calcular el Pst con probabilidades de presentarse que corresponden al 0.1, 1.0, 3, 10 y 50% del tiempo que dura el periodo de observación (10 minutos), según la Norma IEC 868:

$$P_{st} = \sqrt{0.0314P_{0.1} + 0.0525P_1 + 0.0657P_3 + 0.28P_{10} + 0.08P_{50}}$$

En donde: P0.1, P1, P3, P10, P50 son los niveles de efecto Flicker que se sobrepasan durante el 0.1%, 1%, 3%, 10% y 50% del intervalo de tiempo de observación.

Las siguientes ecuaciones, definen a las funciones probabilísticas acumuladas, en donde la (s) significa smoonthed que quiere decir aislado.

$$P_{50s} = \frac{P_{30} + P_{50} + P_{80}}{3}$$

$$P_{10s} = \frac{P_6 + P_8 + P_{10} + P_{13} + P_{17}}{5}$$

$$P_{3s} = \frac{P_{2.2} + P_3 + P_4}{3}$$

$$P_{1s} = \frac{P_{0.7} + P_1 + P_{1.5}}{3}$$

1.2.3 Severidad de larga duración (Plt)

El índice de severidad de larga duración, evalúa el efecto que tiene el Flicker a largo plazo, en un intervalo de tiempo de 2 horas, se efectúan 12 mediciones de Pst que esta determinado por la siguiente fórmula establecida por la Norma IEC 868

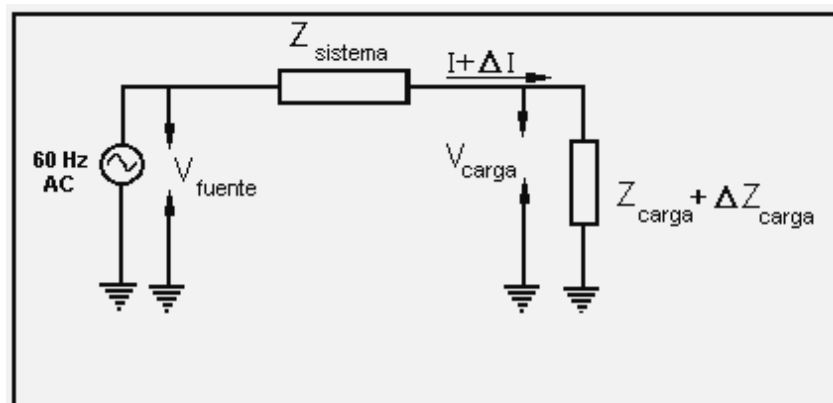
$$P_{lt} = \sqrt[n]{\frac{\sum_{i=1}^N P^n * sti}{N}} \quad \text{Donde: } N=12 \text{ y } n=3 \text{ para una prueba estándar}$$

2. FUENTES QUE ORIGINAN LAS VARIACIONES DE VOLTAJE FLICKER

Las fuentes más comunes que originan el problema de Flicker son los equipos que producen variaciones temporales en las condiciones de carga, algunos ejemplos residenciales e industriales específicos son los hornos microondas y las impresoras láser. Por otra parte a nivel industrial las variaciones de Voltaje son originadas por hornos de arco, arranque de motores, soldadoras de arco, laminadoras etc.

En la figura que a continuación se muestra se analiza detalladamente un modelo de circuito equivalente de Voltaje Flicker, en donde se supone que la fuente de suministro de Energía permanece constante y las variaciones de la carga van a depender únicamente de los cambios de la Corriente que circula por ella y la Impedancia del sistema. Si la Potencia del sistema tiene una Impedancia igual a cero, estos no serán Voltajes Flicker. El Voltaje Flicker es directamente proporcional a los cambios de carga e Impedancia del sistema.

Figura 6. Circuito equivalente de una Red que posee Flicker



Fuente: MANANDES S.C.C.I ing. Norman Toledo

$Z_{Sistema}$ = Impedancia del generador + Impedancia de línea + Impedancia del Transformador.

Z_{Carga} = Impedancia de la carga.

ΔZ = Cambio en la Impedancia de la carga.

I = Corriente de la carga.

ΔI = Cambio de la Corriente de línea

V_{Fuente} = Voltaje constante de la fuente en un sistema de Energía.

V_{Carga} = Voltaje entregado a la carga.

$V_{Carga} = V_{Fuente} - (I + \Delta I) * Z_{Sistema}$

$\Delta V = \Delta I * Z_{Sistema} =$ Cambio de Voltaje en la carga = Voltaje Flicker en la carga.

$\Delta Z_{Carga} = \Delta V / \Delta I$

La combinación de variaciones elevadas de Corriente y una Impedancia de Red elevada también, pueden causar variaciones excesivas en el Voltaje de alimentación, las cuales se repiten a intervalos cortos de tiempo, ocasionando parpadeo en la iluminación y otro tipo de problemas de carga.

2.1 Fuentes industriales grandes

Entre las cargas que se encuentran en las industrias que afectan con el fenómeno de Flicker en la Red Eléctrica, se pueden mencionar a los hornos de arco eléctrico, soldadoras Eléctricas, motores con cargas alternativas y arranques múltiples. Es importante tomar en cuenta el impacto que tienen estas cargas en la Red Eléctrica, porque a esta se encuentra conectado más equipo que puede ser contaminado y afectar su funcionamiento.

2.1.1 Hornos de arco

Este tipo de carga representa la carga más grande que pueda tenerse en la Red Eléctrica, ocasionando los mayores desbalances de Tensión debido a su operación que consiste en dos etapas que son: Fundición y refinación, siendo la primera donde se presentan las mayores fluctuaciones de Tensión. Este tipo de carga posee alto factor de carga y Potencia, demandando más de 100MVA.

Existen dos parámetros que determinan las fluctuaciones de Tensión producidas por el horno como lo son: La Impedancia del sistema por arriba del punto de acoplamiento común y la Impedancia del Transformador que alimenta el horno. Desde 1996 se introdujo una constante llamada depresión de Tensión de Cortocircuito, la cual relaciona el tamaño del horno de arco con la resistencia del sistema.

2.1.2 Soldadores Eléctricos

Estos causan una gran variedad de perturbaciones incluyendo grandes fluctuaciones de Tensión. El problema principal se hace realmente serio cuando un Transformador alimenta muchos soldadores que tengan operaciones al azar e independientes y ocasionalmente encienden varios soldadores al mismo tiempo. La caída de Tensión en ese momento no solo produce fluctuaciones de Tensión sino también causa varias soldaduras frías (malas soldaduras).

2.1.3 Motores con carga alternativa y arranques múltiples

En esta categoría se incluyen principalmente grandes motores asíncronos (inducción): Bombas, ventiladores, compresores, refrigeradores, ascensores, grúas etc.

En el momento del arranque un motor absorbe una Corriente muy grande que puede llegar a siete veces la Corriente nominal, desarrollando a su vez un gran torque que puede llegar a ser 160% de su valor nominal. Esto trae como consecuencia varias caídas momentáneas de Tensión en el sistema de distribución principal, dependiendo de las

características de la Red Eléctrica y de otros equipos conectados. Estas caídas de Tensión pueden ocasionar el mal funcionamiento de los equipos que estén conectados al sistema eléctrico, pudiendo llegar a la interrupción total del servicio debido al disparo de protecciones de sobre Corriente, etc.

2.1.4 Generadores

Para el caso de generadores movidos por motor, el origen de las fluctuaciones de Tensión del generador se arraiga en el cambio de fuerzas tangenciales y la velocidad angular.

Recientemente, este problema se confina a sistemas de Potencia muy pequeños o donde exista casos de generadores movidos por motor usados como reserva.

2.1.5 Turbinas de viento

Las turbinas de viento, al igual que cualquier generador eléctrico, son elementos electromecánicos que introducen la Energía generada a la Red. Se utilizan aislada o en una granja de viento, cuando la conexión eléctrica a la subestación más cercana de electricidad sea débil, y donde la demanda local de electricidad pueda ser mucho menor que la capacidad de generación de viento.

2.2 Fuentes de menor tamaño

Incluye todos los elementos de estado sólido, gracias a los cuales es posible obtener fuentes de poder ininterrumpidas (UPS), inversores, rectificadores, controles de velocidad para motores. A estos se les agregan máquinas de rayos x, fotocopiadoras, conmutación de bancos de Condensadores para corrección del Factor de Potencia, algunas clases de equipos residenciales de Baja Tensión, etc.

2.3 Compatibilidad electromagnética

Es la capacidad de un aparato o de un sistema para funcionar en su entorno electromagnético, de forma satisfactoria y sin producir perturbaciones electromagnéticas intolerables para todo aquello que se encuentre en su entorno.

2.4 Punto de acoplamiento común

Es el punto común entre el usuario o carga perturbadora y los posibles afectados. El punto de acoplamiento común se puede encontrar en el primario o secundario de un Transformador, dependiendo de donde este la carga perturbadora. El Flicker depende ampliamente de la Impedancia de la Red, en el punto de acoplamiento común, el cual esta clásicamente relacionado con el nivel de Cortocircuito. El valor de la Potencia de Cortocircuito debe ser mayor que la Potencia de las cargas fluctuantes, para que este fenómeno no suceda. Es por esto que cuando se tiene una fuente de alimentación firme, esta posee baja Impedancia y una Potencia de Cortocircuito alta, obteniéndose así menores fluctuaciones de Tensión ante cambios de Corriente en las cargas perturbadoras.

3. EFECTOS DE PUNTOS DE FLICKER EN LA RED ELÉCTRICA

Las fluctuaciones de Voltaje Flicker en la Red Eléctrica generada por la operación de cargas variables, pueden afectar el funcionamiento de ciertos equipos entre los cuales podemos mencionar: A los PLC con Activaciones en falso que pueden parar el proceso y generar Pérdidas para la empresa, disparo de protecciones en falso que puede aislar partes del sistema, equipo de instrumentación, sistemas digitales de control, anomalías en los sistemas de iluminación que son frecuentes parpadeos que causan cansancio visual, dolor de cabeza y ataques convulsivos cuando las personas padecen de este síntoma. Por esta razón, es importante hacer un análisis de cada tipo de carga para determinar los índices de severidad y de que manera afectan al sistema eléctrico de Potencia.

3.1 Efecto que produce un horno de arco

Los hornos de arco son las cargas del sistema eléctrico más severas que podemos encontrar, produciendo impulsos en la grafica de demanda, es decir suben de cero a su valor máximo en un tiempo corto; por lo que las plantas generadoras tienen que tener especial cuidado con este tipo de carga para regular el sistema cambiando la Potencia Reactiva que se entrega. Este tipo de fluctuaciones en la Red Eléctrica, causa parpadeo en las luminarias por ser los dispositivos más sensibles a este tipo de fenómeno.

Puede obtenerse una estimación del valor P_{st} para un horno de arco de AC, con la ayuda de la siguiente fórmula experimental:

$$P_{st} = K_{st} * \frac{S_{cef}}{S_{cfn}}$$

Donde:

K_{st} = coeficiente experimental (comprendido entre 48 y 85 con un valor medio igual a 61 y un valor aconsejado igual a 75).

S_{cef} = Potencia de Cortocircuito del horno, periodo de fundición.

S_{cen} = Potencia de Cortocircuito de la Red a nivel del punto de acoplamiento común.

Con esta fórmula experimental podemos estimar el valor Pst, para observar que tan severo puede ser y que metodos podemos emplear para poder resolverlo.

3.2 Efecto que producen los arranques de motores de AC en la Red Eléctrica

En el arranque de los motores Eléctricos, estos consumen de 5 a 7 veces la Corriente nominal de plena carga; provocando caídas de Tensión en el sistema de distribución. Un motor requiere aproximadamente 1 KVA de Potencia Aparente por cada HP de capacidad que posea el motor. Por lo tanto la Corriente de partida de un motor provocara que la Potencia Aparente sea de 5 a 7 KVA por cada HP de capacidad.

Cuando la Potencia del motor es aproximadamente el 5% de la capacidad en KVA del secundario del Transformador que lo alimenta, la Corriente de arranque se aproximara al 25% de la capacidad del Transformador, ocasionando una caída de Tensión del 1% en el sistema.

Cuando las cargas a conectar representan el 10% de la capacidad nominal en KVA del secundario del Transformador, existe una alta probabilidad que estas cargas vayan a generar caída de Tensión en el sistema. Los grandes motores de miles de caballos de fuerza, que se alimentan con Transformadores que alimentan a más cargas, generara posibles caídas de Tensión en el sistema ya sea en el arranque o cuando tiene un ritmo de trabajo en donde emplea el par máximo.

3.3 Efecto que producen los conductores en las instalaciones Eléctricas

Cuando en las viviendas, energizamos el motor de un refrigerador es común ver parpadeo en la iluminación; debido a la Corriente demandada por el mismo que produce una variación de Voltaje ΔV en la Red Eléctrica, también se observan efectos similares cuando se energizan estufas de 1000 a 2000 Watts de Potencia y calefactores. La Norma IEC 555-3

(1982), establece que una caída brusca de Voltaje de un 3% es visible para el ojo humano y causara el centello en lámparas incandescentes. Todo esto sucede por tener un calibre de conductor inadecuado, es decir muy delgado que aumenta las Pérdidas $I^2 * R$ y ocasiona caídas de Tensión.

3.3.1 Pérdidas en un cable o conductor

Las pérdidas en un conductor o cable es muy importante conocerlas, porque en nuestro análisis, la caída de Tensión va a depender de estos valores.

Las pérdidas en un cable se pueden calcular con la siguiente fórmula:

$$P = P_{out} + I^2 * R * L$$

$$Q = Q_{out} + I^2 * X * L$$

En donde:

P = Potencia Activa en la entrada del cable en (KW)

P_{out} = Potencia Activa a la salida del cable en (KW)

Q = Potencia Reactiva a la entrada del cable en (KVAR)

Q_{out} = Potencia Reactiva a la salida del cable en (KVAR)

I = Corriente por el cable en Amperios

L = Longitud del conductor

La Corriente por el cable puede expresarse mediante la siguiente fórmula:

$$I = \frac{\sqrt{P_{out}^2 + Q_{out}^2}}{V_{out}}$$

3.4 Efecto de los Transformadores subdimensionados

Los Transformadores son las máquinas estáticas encargadas de cambiar los niveles de Tensión en el sistema, para la transmisión, distribución y consumo final. El problema empieza cuando la Potencia que entrega el Transformador no es suficiente para alimentar a las cargas o cuando hay cargas muy grandes en el sistema como hornos de arco.

La caída de Tensión en un Transformador se puede calcular según la siguiente fórmula:

$$\Delta V = \frac{R_1 + R_2 * P_{out}}{P_{nom}} + X + \frac{Q_{out}}{P_{nom}}$$

En donde:

ΔV = Caída de Tensión en porcentaje del Voltaje

V_{out} = Voltaje nominal a la salida del Transformador

P_{out} = Potencia Activa a la salida del Transformador (carga)

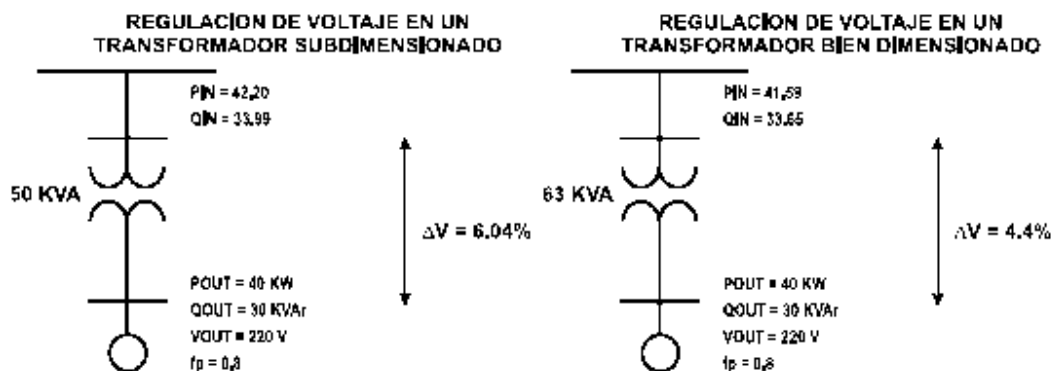
Q_{out} = Potencia Reactiva (carga) a la salida del Transformador

$R_1 + R_2$ = Pérdida de carga por efecto Joule en el devanado primario y secundario

P_{nom} = Potencia nominal

X = Reactancia de dispersión total del Transformador

Figura 7. Regulación de Voltaje de Transformadores



Fuente: Calidad de la Energía, PROCOBRE

4. TÉCNICAS DE CONTROL Y MÉTODOS PARA CORREGIR LAS VARIACIONES DE VOLTAJE FLICKER EN LA RED ELÉCTRICA

4.1 Cambiar el ritmo de trabajo de la carga perturbadora

Las fluctuaciones rápidas de Tensión se pueden atenuar cambiando el ritmo de trabajo de la carga perturbadora como por ejemplo: (El ritmo de soldadura en las Soldadoras de Arco Eléctrico), la rapidez de rellenado de los hornos de arco, el modo de arranque de un motor empleando diversos metodos para disminuir las sobreintensidades etc.

4.2 Modificación de la Red Eléctrica

Esta va a depender de la estructura de la instalación eléctrica, es decir como estén formadas las mallas, que tamaño tengan, distancia a la que se encuentre el centro de suministro eléctrico de las cargas perturbadoras, etc. A continuación mencionamos los parámetros más importantes a tomar en cuenta para la corrección del efecto Flicker.

DISTANCIAR LA CARGA PERTURBADORA: Esto se logra separando los circuitos de iluminación y otros que contengan cargas sensibles a las variaciones de Tensión, de los circuitos que contengan cargas especiales como lo son motores trifásicos, monofasicos, bombas de agua, calentadores, soldadoras de arco, etc.

En instalaciones residenciales debemos distribuir nuestra carga y colocarle su respectivo flip-on a cada circuito, para que no existan sobrecargas y desbalances, también debemos estar alimentados por un Transformador que tenga la capacidad en KVA de alimentar todas las cargas y no generar caídas de Tensión considerables en la Red. En instalaciones industriales, este problema lo corregimos instalando dos bancos de Transformadores; el primero en estrella para cargas monofasicas mayoritariamente (iluminación) y una que otra trifásica, el segundo en delta exclusivamente para cargas trifásicas grandes (motores

trifásicos, hornos de arco, soldadoras).

AUMENTAR LA POTENCIA DE CORTOCIRCUITO: Para aumentar la Potencia de Cortocircuito de la Red Eléctrica, debemos de disminuir el valor de la Impedancia en el punto de acoplamiento común, para disminuir la caída de Tensión y aumentar la capacidad del sistema. En instalaciones residenciales logramos esto aumentando la sección de los conductores de acometida.

CONEXIÓN CERCANA: Los circuitos de iluminación principalmente deben colocarse lo más cerca posible del Transformador que los alimenta, para disminuir las caídas de Tensión que tiene la Energía a través de la distancia; que debe ser menor del 5%, del flip-on principal al punto de carga.

4.3 Compensadores Estáticos de Potencia Reactiva

Sirve para compensar automáticamente la Potencia Reactiva. Con su utilización las fluctuaciones rápidas de Tensión pueden ser Reducidas de 25 a 50%. Para estimar el coeficiente de Reducción del Flicker que se obtiene mediante la utilización del compensador estático de Potencia Reactiva, se utiliza la siguiente fórmula.

$$R_{ed} = 1 + \frac{(0.75)*Q_{com}}{Q_{horno}}$$

Donde:

R_{ed} = Factor de Reducción de Pst

Q_{com} = Potencia del compensador (en VAR)

Q_{horno} = Potencia del horno (en VAR)

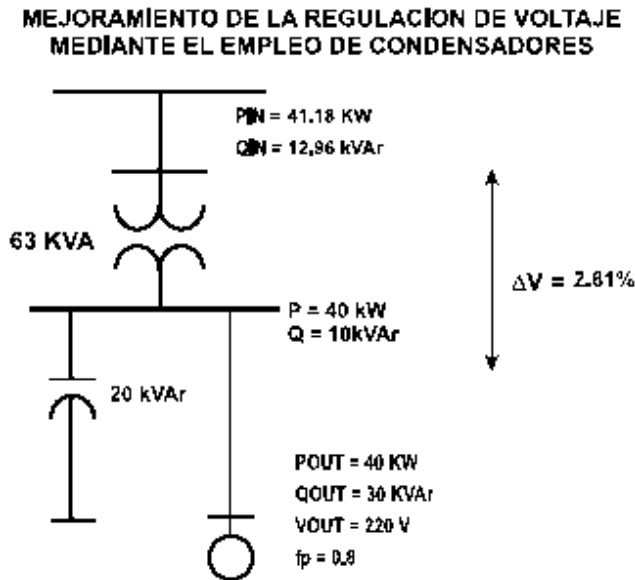
4.3.1 Método para mejorar la regulación de Voltaje empleando Condensadores de compensación de Factor de Potencia en serie

Al utilizar un condensador en serie en la Red Eléctrica en el lado de alta Tensión o Aguas arriba del punto de acoplamiento común, podemos disminuir las fluctuaciones de Tensión, al Reducir la reactancia de la línea y con ello la Impedancia del punto de acoplamiento común, aumentan la capacidad de transmisión de Potencia, mejoran la estabilidad del sistema, Reducen las Pérdidas del sistema, mejoran la calidad de la Tensión de las líneas, optimizan el flujo de Potencia entre líneas paralelas. La ventaja de utilizar un condensador en serie es que asegura la producción de Potencia Reactiva. La desventaja es que hay que proteger los Condensadores de Cortocircuito que se pueda presentar en el lado de baja Tensión o Aguas abajo del punto de acoplamiento común.

4.3.2 Método para mejorar la regulación de Voltaje empleando Condensadores de compensación de Factor de Potencia en paralelo

En un sistema que se caracteriza por un consumo de Potencia Activa y Reactiva, es decir, en el que existen motores de inducción y otras cargas similares, se debe utilizar el método de Condensadores de compensación de Factor de Potencia; el cual mejora la regulación de Voltaje en el sistema, Reduce las Pérdidas en el Transformador y disminuye la caída de Tensión en el Transformador.

Figura 8. Mejoramiento de la regulación de Voltaje mediante el empleo de Condensadores



Fuente: Calidad de la Energía, PROCOBRE

4.3.3 Reactancia en serie

Cuando las reactancias en serie se utilizan en combinación con los hornos de arco eléctrico, se obtiene una Reducción del Flicker de hasta el 30%. Esta reactancia se coloca en serie con la entrada de alimentación del horno, Aguas abajo del punto de acoplamiento común o en el lado de baja Tensión. Esta técnica de control estabiliza el arco del horno, Reduciendo el funcionamiento aleatorio del arco porque las inductancias se oponen al cambio de Corriente.

4.4 Método para corregir las variaciones de Voltaje Flicker en hornos de arco Eléctrico y máquinas soldadoras

Como ya lo hemos mencionado, los hornos de arco eléctrico son las cargas más

severas que podemos encontrar en el sistema eléctrico de Potencia; por esta razón es muy importante estudiar los métodos de cómo contrarrestar las caídas de Tensión generadas por su ritmo de trabajo.

Para ilustrar estos ejemplos y la manera de corregirlos cuando tenemos este tipo de problema en una empresa o planta industrial, utilizaremos los siguientes datos:

Datos:

Alimentación = Con un Transformador de 3MVA

Voltaje = Barras de 12Kv

Corriente mínima de variación = 212 Amperios rms

Corriente máxima de variación = 354 Amperios rms

Impedancia de la Red de alimentación = 1.42 Ω

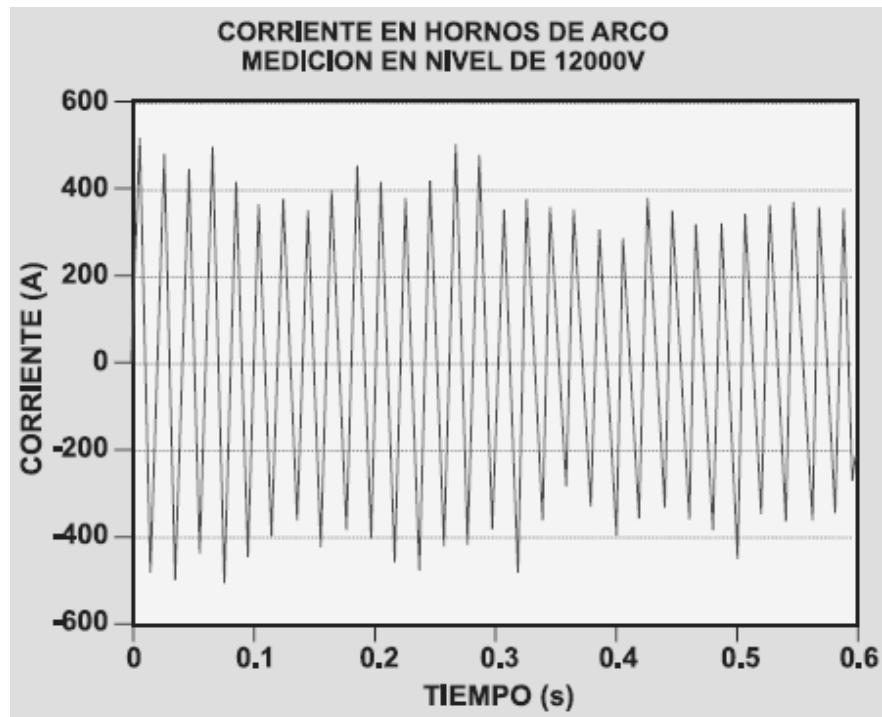
Con los datos que tenemos procedemos a calcular la fluctuación de Potencia trifásica Aparente:

$$S_{\min} = \sqrt{3} * 12000 * 212 = 4406KVA$$

$$S_{\max} = \sqrt{3} * 12000 * 354 = 7358KVA$$

El siguiente gráfico muestra uno de los peores casos de fluctuaciones de Corriente registrado para el comportamiento de hornos de arco eléctrico.

Figura 9. Fluctuación de Corriente para el ejemplo en un horno de arco



Fuente: Calidad de la Energía, PROCOBRE

Las caídas de Tensión que producen estas Corrientes del horno dependen de la Impedancia de la Red en el punto de acoplamiento común. Si se supone una Corriente de Cortocircuito de 4,877 Amperios en 12 Kv, se tiene que la Impedancia de la Red en el punto de acoplamiento común es:

$$X = \frac{12KV}{\sqrt{3} * 4877A} = 1.42\Omega \text{ Impedancia de la Red en el punto de acoplamiento común}$$

Las caídas de Tensión máximas y mínimas son:

$$\Delta V_{\min} = 1.42 * 212 \text{ rms fase a neutro} = 301.04 \text{ Voltios}$$

$$\Delta V_{\max} = 1.42 * 354 \text{ rms fase a neutro} = 502.68 \text{ Voltios}$$

$$\Delta V_{\max} - \Delta V_{\min} = 502.68 - 301.04 = 201.64 \text{ V rms fase a neutro}$$

$$Flicker = \frac{201.64}{12KV} = 1.7\%$$

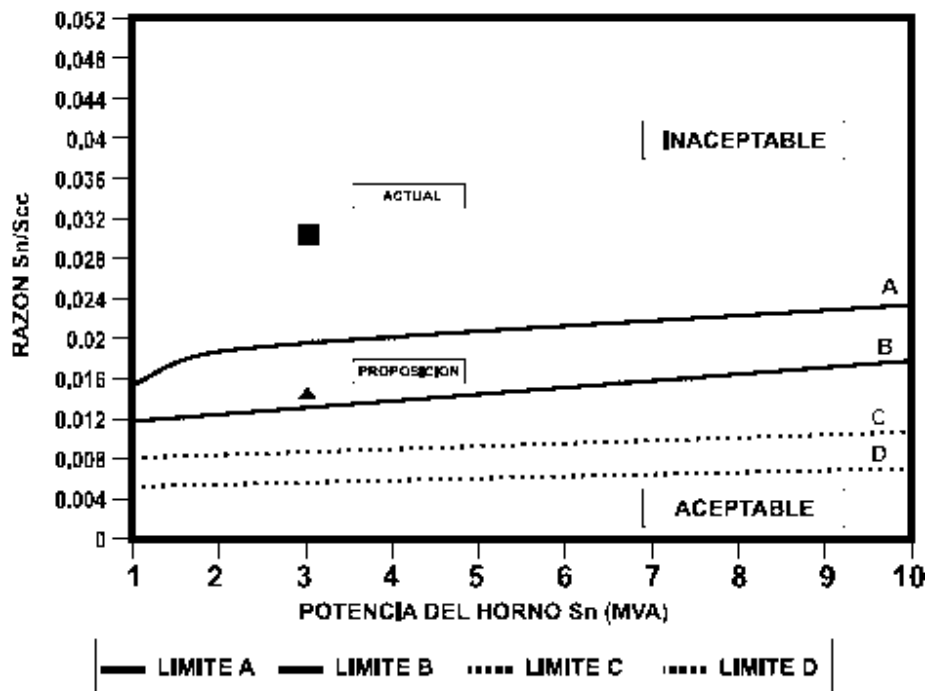
Una fluctuación de Tensión de esta magnitud afecta el funcionamiento de muy pocos equipos, siendo uno de estos el de iluminación que es muy sensible a este tipo de fluctuación, manifestándose en las ampollitas incandescentes. Las Normas establecen una variación de Voltaje menor al 3%, pero otro factor muy importante que hay que tomar en cuenta es la Frecuencia a la cual ocurre esta fluctuación de Voltaje. A continuación se muestra una tabla de las variaciones de Tensión en función de la Frecuencia.

Tabla I. Variaciones permitidas de Tensión en función de la Frecuencia

Frecuencia de la Fluctuación (Hz)	Fluctuación Permitida del Voltaje (%)
0.5	2.340
2.0	0.882
4.0	0.500
6.0	0.328
8.0	0.256
10.0	0.260
12.0	0.312
14.0	0.388
16.0	0.480
18.0	0.584
20.0	0.700
22.0	0.824

Fuente: Calidad de la Energía, PROCOBRE

Figura 10. Niveles aceptables de Corriente de Cortocircuito



Fuente: Calidad de la Energía, PROCOBRE

Límite A = Límite universalmente definido como inaceptable

Límite B = Límite superior aceptado por IEEE

Límite C = Límite sugerido por IEEE

Límite D = Límite universalmente aceptado como seguro.

S_{horno} = Potencia del horno = 3MVA

S_{cc} = Potencia de Cortocircuito

V_{horno} = Voltaje en las barras del horno

$I_{cortocircuito}$ = Corriente de Cortocircuito

$$S_{cc} = 3 * V_{horno} * I_{cortocircuito}$$

Para el caso que estamos estudiando tenemos:

$$\frac{S_{horno}}{S_{cc}} = \frac{3MVA}{\sqrt{3} * 12KV * 4877} = 0.0296$$

Con este valor de 0.0296 vamos a la gráfica y lo buscamos en el eje y, sabiendo que el eje horizontal representa la Potencia del horno, por lo tanto es constante y para este problema de estudio es igual a 3MVA. Llegamos a la conclusión que el valor obtenido, según la gráfica cae en el rango de inaceptable porque esta arriba de la curva de Límite A. Por lo tanto, se sugiere un valor de relación de Potencia del horno a Potencia de Cortocircuito igual a 0.014.

$$\frac{S_{horno}}{S_{cc}} = 0.014$$

$$0.014 = \frac{3MVA}{\sqrt{3} * 12KV * I_{cc}}$$

Ahora despejamos la nueva Corriente de Cortocircuito

$$I_{cc} = 10,300 \text{ Amperios}$$

Por lo tanto, la Impedancia de la Red es

$$X = \frac{12KV}{\sqrt{3} * 10,300} = 0.673\Omega$$

Por lo tanto, con el valor de la nueva Impedancia de Red, tenemos las siguientes variaciones de Voltaje:

$$\Delta V_{min} = 0.673 * 212 \text{ V rms fase a neutro} = 142.68 \text{ Voltios}$$

$$\Delta V_{max} = 0.673 * 354 \text{ V rms fase a neutro} = 238.24 \text{ Voltios}$$

$$\Delta V_{max} - \Delta V_{min} = 238.24 - 142.68 = 95.5 \text{ V rms fase a neutro}$$

$$Flicker = \frac{95.5}{12KV} = 0.8\%$$

CONCLUSIÓN

Al disminuir la reactancia de la Red de 1.42Ω a 0.673Ω , el Flicker desaparece en la Red Eléctrica, por lo tanto hemos corregido el problema del horno de arco eléctrico con una disminución de la Impedancia en el punto de acoplamiento.

4.4.1 Estimación de la influencia de un horno de arco con un sistema compensador estático de Potencia Reactiva

Puede obtenerse una estimación del valor de P_{st} , para un horno de arco de AC que tiene un sistema de compensación estático de Potencia Reactiva, con la ayuda de la siguiente fórmula experimental.

$$P_{st} = K_{st} * \frac{S_{ccf}}{S_{ccn}} * \frac{1}{R_{svc}} * \frac{C_{at}}{bt}$$

Donde:

R_{svc} = Factor de Reducción aportado por una instalación de compensación estática.

C_{at}/bt = Coeficiente de atenuación para transmisión de Flicker de alta a baja Tensión entre (0.5 y 1).

S_{ccf} =Potencia de Cortocircuito del horno en el periodo de fundición

S_{ccn} =Potencia de Cortocircuito en el punto de acoplamiento común

K_{st} =Coeficiente experimental comprendido entre 48 y 85, pero recomendado el 75

at = Alta Tensión

bt = Baja Tensión

4.5 Métodos para corregir las variaciones de Voltaje Flicker en Transformadores

Cuando las cargas a conectar representan el 10% de la capacidad nominal en KVA del secundario del Transformador, debemos hacer un estudio de las máximas Corrientes que estarán presentes y la Impedancia del sistema, para determinar la caída de Tensión que vamos a generar; si esta es capaz de generar efecto Flicker, debemos utilizar un Transformador de mayor capacidad, para que este sea capaz de alimentar a todas las cargas del sistema que tiene a su cargo.

Otro método que podemos utilizar cuando tenemos problemas de caídas de Tensión en el Transformador, es disminuyendo la Impedancia del mismo, para que se Reduzcan las pérdidas $I^2 * R$ en el devanado primario y secundario.

4.6 Métodos para corregir las variaciones de Voltaje Flicker en motores Eléctricos

Los motores Eléctricos generan variaciones de Voltaje Flicker en el arranque, debido a que demandan de 5 a 7 veces la Corriente nominal, razón por la cual demandan mucha Corriente que se traduce en pérdidas ($I^2 * R$) por efecto Joule; para evitar esto los mismos poseen métodos para Reducir el consumo de Energía en el arranque, pero esto en muchas ocasiones no es suficiente porque se notan repentinas variaciones de iluminación a pesar de la presencia de estos circuitos Reductores de Energía. Las alternativas para eliminar este problema, se presentan a continuación:

- Disminuyendo la Impedancia en el punto de acoplamiento común
- Disminuyendo la caída de Tensión que se genera entre el tablero principal y el punto donde se encuentra ubicado el motor, por el factor de distancia si esta a más de 20 metros
- Sobredimensionando los conductores de entrada de Energía del motor.

En las instalaciones industriales este problema puede presentarse, pero de manera más severa por la magnitud de la Potencia que poseen los motores Eléctricos. Aunque tengamos

bien dimensionados el calibre de los conductores este problema se va a presentar en las luminarias por el ritmo de trabajo y nivel de Potencia de los motores; a continuación se presentan algunas alternativas para corregir este problema:

- Tener dos bancos de Transformadores; uno en estrella-delta para las cargas trifásicas como los motores, hornos de arco y otro banco en delta-estrella para las cargas monofasicas como las de iluminación. De esta manera al tener separadas las cargas trifásicas de gran Potencia de las cargas monofasicas vamos a evitar las perturbaciones.

4.7 Regulación de Tensión en viviendas y edificios comerciales

Los equipos más sensibles a las caídas de Tensión son las luminarias, porque presentan parpadeo visible para el ojo humano cuando tenemos caídas de Tensión de 0.25 a 1% del Voltaje nominal. Estos problemas son generados por la operación de arranque de motores, refrigeradoras, bombas de agua, calentadores, planchas, hornos microondas, impresoras, computadoras etc.

4.7.1 Ejemplo de solución de Flicker domiciliario

Una vivienda consta de varios circuitos, durante un determinado momento se encuentra consumiendo 1,500 Watts, en iluminación a través de uno de sus circuitos de alumbrado. En ese instante el refrigerador empieza a funcionar trayendo como consecuencia una variación en la iluminación. ¿Calcule la caída de Tensión, causante del parpadeo y cuál es la solución indicada para evitar este fenómeno?

Para el análisis de este problema se consideran 2 casos:

- **CASO 1:** Cuando inicialmente solo está encendido el alumbrado.
- **CASO 2:** Cuando empieza a funcionar el refrigerador.

CASO 1

El Voltaje en el alimentador es de 220 Voltios.

La Corriente que consume el alumbrado esta dada por:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{1,500W}{220V} = \mathbf{6.8 \text{ Amperios}}$$

Como el refrigerador no se encuentra encendido, la Corriente que circula por el alimentador es la misma que la del alumbrado 6.8 Amperios.

La caída de Tensión en el alimentador es:

$$\Delta V = 2 * R * L * I * \text{Cos}\Phi$$

Donde:

R = Resistividad del conductor en Ohm/Km

L = Longitud del conductor en Km

I = Corriente que circula por el conductor en Amperios

$\text{Cos}\Phi$ = Factor de Potencia de la carga

Para este problema se tienen los siguientes valores:

R = 5.315 Ohm/Km.

L = 0.08 Km

I = 6.8 A

$\text{Cos}\Phi = 1$, La carga se considera puramente resistiva

Luego procedemos a calcular la caída de Tensión del alimentador:

$$\Delta V = 2 * 5.315 * 0.08 * 6.8 * 1 = 5.78 \text{ Voltios}$$

$$\frac{\Delta V}{V} = 5.78V / 220V = \mathbf{2.63\%}$$

La caída de Tensión en el circuito de alumbrado es:

$$\Delta V = 2 * 5.315 * 0.005 * 6.8 * 1 = 0.36 \text{ Voltios}$$

$$\frac{\Delta V}{V} = 0.36V / 220V = 0.16\%$$

La caída de Tensión total es = Caída de Tensión en el alimentador + Caída de Tensión en el alumbrado

$$\text{La caída de Tensión total es} = 2.63\% + 0.16\% = \mathbf{2.79\%}$$

CASO 2

En este caso hay que tener en cuenta, la Corriente de partida del motor de ¼ de Hp que se encuentra en el refrigerador, que es de 12.8 Amperios. También es importante tomar en cuenta el Factor de Potencia del motor durante el arranque; en el caso de los motores monofasicos el Factor de Potencia es casi la unidad, por el efecto que aporta el capacitor en ese momento. Aquí vamos a considerar un Factor de Potencia de 0.9. Por lo tanto la Corriente la podemos escribir como:

$$\mathbf{\text{Corriente del refrigerador}} = 12.8 \text{ Amperios con un ángulo de desfase de } -25.8^\circ$$

La Corriente que circula por el alimentador es la suma vectorial, de la Corriente de partida del motor más la Corriente en el circuito de iluminación.

$$\mathbf{\text{Corriente que circula por el alimentador}} = 12.8 + 6.8 = 19.6 \text{ Amperios con un ángulo de desfase de } -16.9^\circ$$

La caída de Tensión en el alimentador es:

$$\Delta V = 2 * 5.315 * 0.08 * 19.6 * 0.96 = 16 \text{ Voltios}$$

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{16}{220} = 7.2\%$$

La caída de Tensión en el circuito de alumbrado, es la misma que en el caso anterior:

$$\Delta V = 2 * 5.315 * 0.005 * 6.8 * 1 = 0.36 \text{ Voltios}$$

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{0.36}{220} = 0.16\%$$

La caída de Tensión total es:

$$\text{La caída de Tensión total es} = 7.2\% + 0.16\% = 7.36\%$$

CONCLUSIONES

Inicialmente cuando solo estaba en servicio el alumbrado, la caída de Tensión era de 2.79%, al partir el refrigerador esta aumento considerablemente a 7.36%. La diferencia entre estas dos caídas de Tensión, es el parpadeo que siente el usuario que es de 4.57%. Un cambio superior al 3% es visible, por lo tanto hay efecto Flicker cuando el motor del refrigerador arranca.

ALTERNATIVAS PARA SOLUCIONAR EL CASO 2

Para solucionar este inconveniente, es recomendable aumentar la sección del conductor en el alimentador. Se cambia el conductor a uno de 5.26 mm² y se desarrolla el problema de igual manera que el anterior, con el único cambio de una Resistividad de 3.343 Ohm/Km.

Para el análisis de este problema se consideran 2 casos nuevamente:

- **CASO 1:** Cuando inicialmente solo esta encendido el alumbrado.
- **CASO 2:** Cuando empieza a funcionar el refrigerador.

CASO 1

El Voltaje en el alimentador es de 220 Voltios.

La Corriente que consume el alumbrado esta dada por:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{1,500}{220} = \mathbf{6.8 \text{ Amperios}}$$

Como el refrigerador no se encuentra encendido, la Corriente que circula por el alimentador es la misma que la del alumbrado 6.8 Amperios.

La caída de Tensión en el alimentador es:

$$\Delta V = 2 * R * L * I * \text{Cos}\Phi$$

Para este problema se tienen los siguientes valores:

$$R = 3.343 \text{ Ohm/Km}$$

$$L = 0.08 \text{ Km}$$

$$I = 6.8 \text{ A}$$

$\text{Cos}\Phi = 1$, La carga se considera puramente resistiva

Luego procedemos a calcular la caída de Tensión del alimentador:

$$\Delta V = 2 * 3.343 * 0.08 * 6.8 * 1 = 3.64 \text{ Voltios}$$

$$\frac{\Delta V}{V} = 3.64V / 220V = \mathbf{1.6\%}$$

La caída de Tensión en el circuito de alumbrado es:

$$\Delta V = 2 * 3.343 * 0.005 * 6.8 * 1 = 0.23 \text{ Voltios}$$

$$\frac{\Delta V}{V} = 0.23V / 220V = 0.10\%$$

La caída de Tensión total es = Caída de Tensión en el alimentador + Caída de Tensión en el alumbrado

La caída de Tensión total es = 1.6% + 0.10% = **1.7%**

CASO 2

En este caso hay que tener en cuenta, la Corriente de partida del motor de ¼ de Hp que se encuentra en el refrigerador, que es de 12.8 Amperios.

Corriente del refrigerador = 12.8 Amperios con un ángulo de desfase de -25.8°

La Corriente que circula por el alimentador es la suma vectorial, de la Corriente de partida del motor más la Corriente en el circuito de iluminación.

Corriente que circula por el alimentador = 12.8 + 6.8 = 19.6 Amperios con un ángulo de desfase de -16.9°

La caída de Tensión en el alimentador es:

$$\Delta V = 2 * 3.343 * 0.08 * 19.6 * 0.96 = 10.1 \text{ Voltios}$$

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{10.1}{220} = 4.47\%$$

La caída de Tensión en el circuito de alumbrado, es la misma que en el caso anterior:

$$\Delta V = 2 * 3.343 * 0.005 * 6.8 * 1 = 0.23 \text{ Voltios}$$

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{0.36}{220} = 0.10\%$$

La caída de Tensión total es:

$$\text{La caída de Tensión total es} = 4.6\% + 0.10\% = 4.7\%$$

CONCLUSIONES

Inicialmente cuando solo estaba en servicio el alumbrado, la caída de Tensión era de 1.7%, al partir el refrigerador esta aumento considerablemente a 4.57%. La diferencia entre estas dos caídas de Tensión, es el parpadeo que siente el usuario que es de 2.87%. Un cambio superior al 3% es visible, por lo tanto no hay efecto Flicker cuando el motor del refrigerador arranca.

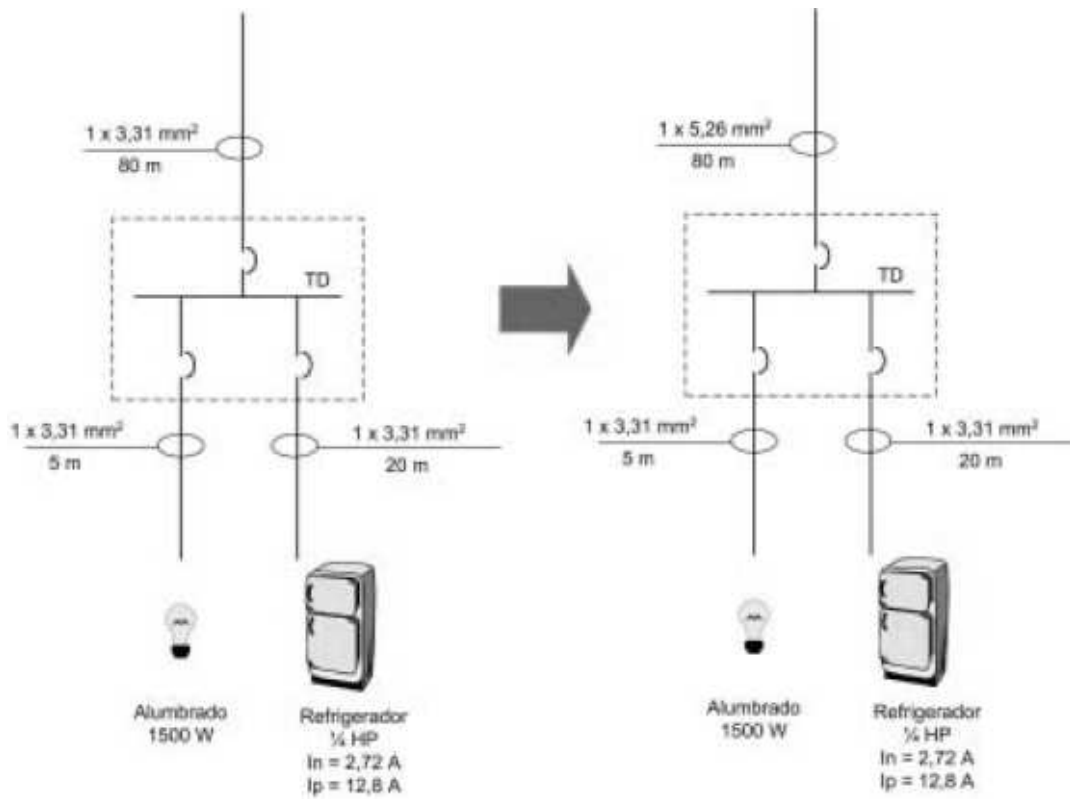
La diferencia de Tensión sentida por el usuario en el circuito de alumbrado es:

$$\frac{\Delta V}{V(\%)} = 4.7\% - 1.7\% = 3\%$$

CONCLUSIONES

Por lo tanto, llegamos a la conclusión que no existe efecto Flicker, porque la variación de Tensión obtenida al haber aumentado el calibre del alimentador de 3.31 a 5.26 mm^2 , no es superior al 3%.

Figura. 11 Conductores sugeridos para evitar el parpadeo en la iluminación



Fuente: Análisis de casos, regulación de Tensión

4.7.2 Método de gráficas y tablas para determinar el Flicker domiciliario

Para este ejemplo, se ilustra la tabla con los calibres de los conductores de acometida (exteriores) y los conductores de la instalación de la carga (interiores), pudiéndose apreciar como varia el Flicker en porcentaje, para determinar si es visible o no.

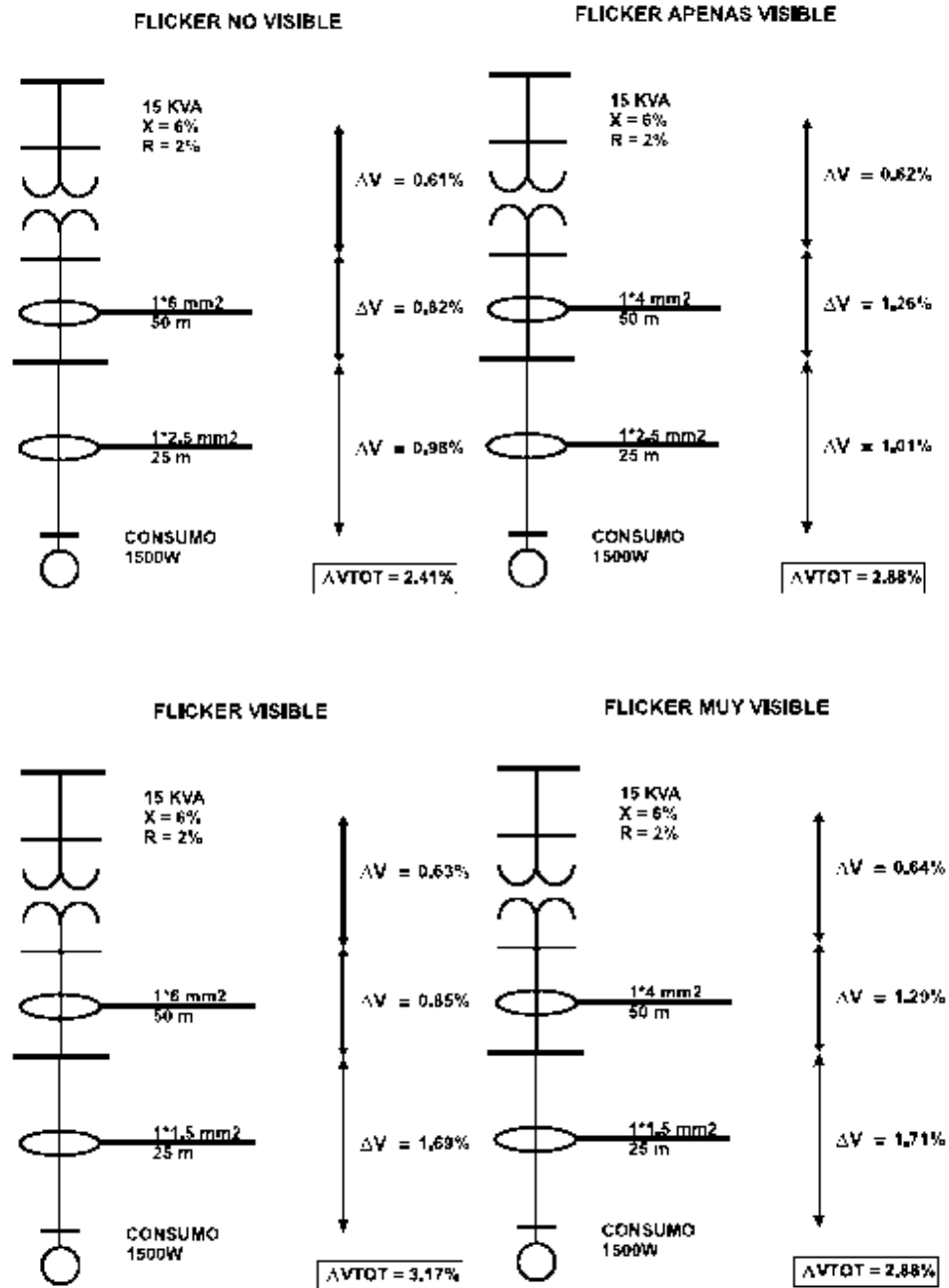
Tabla II. Ejemplos de Flicker intradomiciliario

Flicker Intradomiciliario			
Sección de la línea de acometida	Sección de la instalación interior	Caída de Voltaje	Flicker
6.0mm ²	2.5mm ²	2.41%	No visible
6.0mm ²	1.5mm ²	3.17%	Visible
4.0mm ²	2.5mm ²	2.88%	Apenas visible
6.0mm ²	1.5mm ²	3.64%	Muy visible

Fuente: Calidad de la Energía, PROCOBRE

A continuación se muestran cuatro circuitos de los casos anteriores mostrados en la tabla, donde podemos apreciar las caídas de Tensión en las diferentes partes del circuito; en el Transformador de alimentación, acometida e instalación propia de la carga, que sumadas dan el porcentaje de variación de Tensión que determina que tan severo será el Flicker.

Figura 12. Caídas de Tensión en las diferentes partes de una instalación intradomiciliar

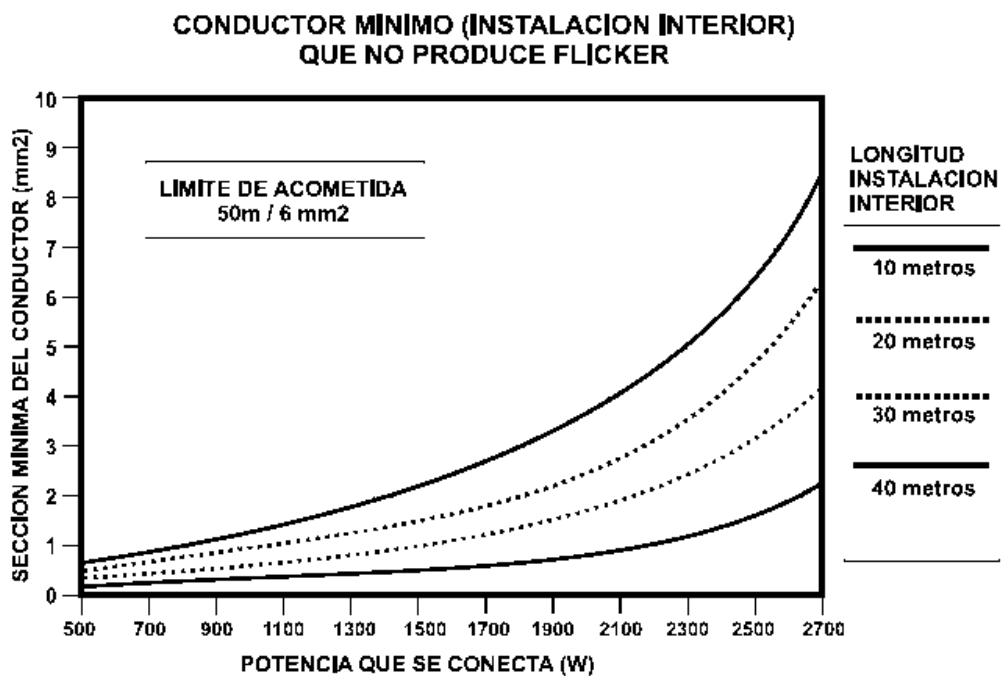


Fuente: Calidad de la Energía, PROCOBRE

TABLAS DE POTENCIA DE CARGA EN (WATTS) VERSUS EL CALIBRE DEL CONDUCTOR DE ACOMETIDA EN (mm²)

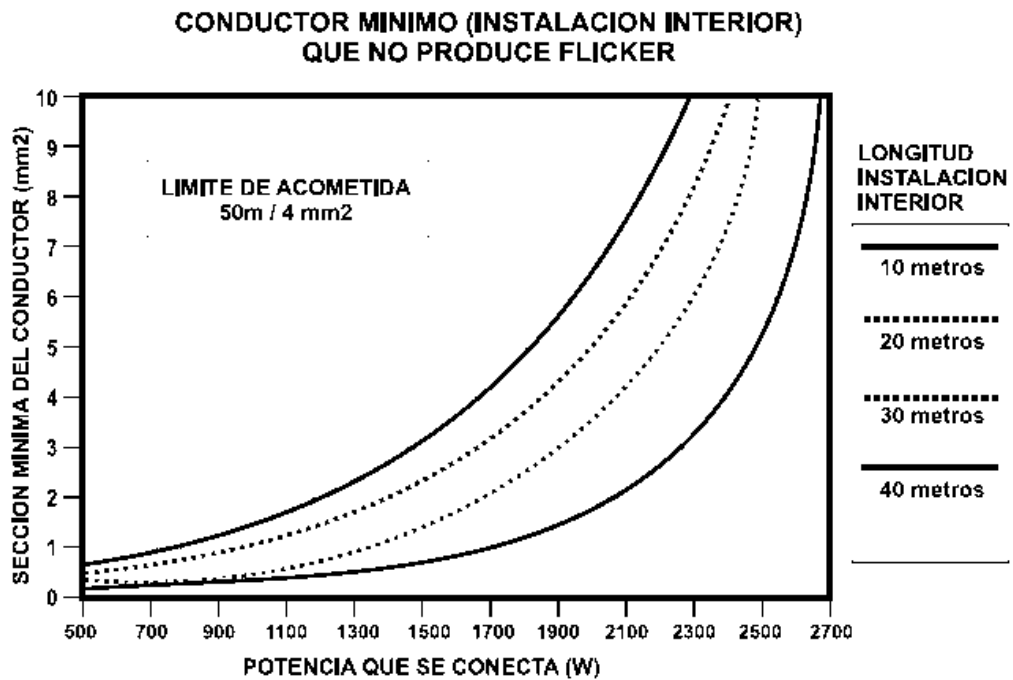
En las gráficas, podemos apreciar el calibre de conductor a utilizar en la instalación interior, tomando en cuenta la Potencia de la carga a instalar; con un límite de acometida de 50 metros, y 6mm² de acometida en la primera tabla y 4 mm² de acometida en la segunda tabla.

Figura 13. Sección mínima del conductor de una instalación domiciliar sin Flicker, con acometida de 6mm²



Fuente: Calidad de la Energía, PROCOBRE

Figura 14. Sección mínima del conductor de una instalación domiciliar sin Flicker, con acometida de 4mm²



Fuente: Calidad de la Energía, PROCOBRE

4.8 Valores recomendados de caída de Tensión para evitar el efecto Flicker

Los valores recomendados de caída de Tensión, es muy importante tenerlos en los valores adecuados y que no presenten peligro en la Calidad de Energía, porque estos problemas son los que deterioran los equipos como luminarias, motores, electrónica de Potencia etc. Reduciendo la vida promedio de los mismos. En la tabla que a continuación se muestra, están incluidos los valores de regulación de Voltajes adecuados y no adecuados, dependiendo del dispositivo eléctrico y el tipo de servicio de alimentación.

Tabla III. Valores recomendados de caída de Tensión

PROBLEMAS QUE AFECTAN UNA MALA REGULACIÓN DE VOLTAJE		
PROBLEMA	MALO	ADECUADO
Transformador subdimensionado	$\Delta V = 6.0\%$	$\Delta V = 4.4\%$
Factor de Potencia	$\Delta V = 4.4\%$	$\Delta V = 2.8\%$
Conductor subdimensionado (monofásico)	$\Delta V = 3.2\%$	$\Delta V = 2.3\%$
Conductor subdimensionado (trifásico)	$\Delta V = 2.9\%$	$\Delta V = 1.5\%$

Fuente: Calidad de la Energía, PROCOBRE

5. EFECTOS TÉCNICO-ECONÓMICOS QUE OCASIONAN LAS VARIACIONES DE VOLTAJE FLICKER EN LA RED ELÉCTRICA

5.1 Aspectos técnicos

Estas fluctuaciones pueden afectar el funcionamiento de equipo sensible, (sin llegar a daños irreparables), como lo son: Sistemas digitales de control, electromedicina, PLC, instrumentación, electrónica de Potencia, anomalías en los sistemas de iluminación, en lámparas incandescentes y de descarga.

Debido a que las fluctuaciones rápidas de Tensión Flicker es acumulativa, se puede presentar cansancio visual dependiendo de la Frecuencia y de la sensibilidad de la persona que lo percibe, puede ocasionar cefaleas, migraña, ser causa de estrés y llegar a ser un riesgo para la salud, particularmente para las personas propensas a la epilepsia debido a que puede ocasionar crisis convulsivas. Los monitores y receptores de televisión tienen cierta sensibilidad a las fluctuaciones rápidas de Tensión. Esta sensibilidad varía según el aparato.

5.2 Aspectos económicos

La falla en un equipo importante, puede ocasionar problemas como poner en riesgo la seguridad del personal de trabajo y dañar técnicamente el equipo en si; Reduciendo así la vida promedio del mismo. Estos problemas ocasionan otro de tipo económico derivado del equipo dañado que hay que reparar, cambiar partes de la máquina, o en el peor de los casos reemplazarlo; también hay que tomar en cuenta que durante el período en el cual se tiene desactivada la máquina, esta no estará efectuando trabajo y por lo tanto no generará producto terminado, ocasionando de esta manera un gran impacto económico si esta fuese una de las más importantes en la línea de producción de una industria.

5.2.1 Costo total de una interrupción

El costo de una interrupción se puede estimar mediante la siguiente ecuación, tomada del (Orange Book), Libro Naranja de la Serie de Colores de la IEEE.

$$\text{Costo total de la interrupción} = E + H + I$$

E = Costo de mano de obra de trabajadores afectados.

H = Desperdicios de producto de materia prima.

I = Costo del arranque.

El valor de E , H e I se calcula mediante las siguientes ecuaciones:

$$E = AD(1.5B + C)$$

$$H = FG$$

$$I = JK(B + C) + LG$$

Donde:

A = Número de empleados afectados

B = Salario base por hora de los empleados afectados.

C = Salario tiempo extra de los empleados afectados.

D = Duración de la interrupción en horas

F = Unidades de desperdicio debido a la interrupción

G = Costo por unidad de desperdicio debido a la interrupción

J = Tiempo de arranque en horas

K = Número de empleados involucrados en el arranque.

L = Unidades de desperdicio en el arranque.

5.3 Suministro Eléctrico de calidad deficiente

Un suministro eléctrico de calidad deficiente afecta el funcionamiento de las cargas como lo son motores de inducción, variadores de Frecuencia, equipo de comunicación, iluminación etc. Generando problemas que Reducen la vida promedio de los equipos, por el deterioro de los materiales aislantes. Todo esto provocado por las fluctuaciones de Tensión en la Red Eléctrica, en donde el problema puede deberse a dos razones: Siendo la primera de ellas un mal servicio de alimentación de Energía Eléctrica por parte de la Empresa suministradora y la segunda es una mala regulación de las cargas perturbadoras por parte del cliente, Industrias o Empresas que recibe el servicio eléctrico.

5.3.1 Mal servicio de alimentación de Energía Eléctrica por parte de la empresa suministradora

Cuando el suministro de Energía Eléctrica por parte de la Empresa Suministradora, es malo, esta debe compensar a la empresa que recibe el servicio eléctrico por el deterioro que sufrirá el equipo por las caídas de Tensión en la Red Eléctrica. Este problema se puede presentar cuando el Transformador de alimentación de Potencia esta subdimensionado (pequeño) o cuando en las líneas de distribución de Energía Eléctrica están contaminadas con fluctuaciones de Voltaje que no se pudieron corregir a la salida de las subestaciones.

5.3.2 Mala regulación de las cargas perturbadoras por parte del Cliente

Cuando una Empresa o Industria posee gran número de cargas variables, estas deben ser reguladas para que no contaminen la Red Eléctrica de fluctuaciones de Voltaje y afecte a los Transformadores de distribución e instalaciones vecinas, en este caso la Empresa Suministradora de Servicio Eléctrico se ve en el derecho de penalizar a los clientes que causen estos disturbios en la Red, causada por un manejo inadecuado de sus cargas perturbadoras. En el 66% de los casos de problemas de fluctuaciones de Tensión en la Red

Eléctrica, ocurre por los clientes que reciben el Servicio de Suministro Eléctrico, los cuales son los causantes de generar las perturbaciones en la Red Eléctrica. Este problema puede deberse también por el crecimiento de la Empresa o Industria cuando compran más equipo para aumentar las líneas de producción, necesitando la planta una Potencia de suministro más grande, entonces si el Transformador de alimentación no se aumenta de capacidad, se generaran fluctuaciones de Tensión que contaminaran la Red Eléctrica.

6. METROLOGÍA DEL FLICKER EN LA RED ELÉCTRICA

6.1 Cómo determinar el punto donde se encuentra el problema de Calidad de Energía

Este problema es muy importante saber ubicarlo, porque a base de esto podremos empezar a trabajar en la solución; si el punto de calidad de Energía deficiente se encuentra Aguas arriba (en el primario del Transformador de alimentación), la Empresa Suministradora del Servicio Eléctrico es la encargada de solucionar el problema y recompensar a los usuarios por el deterioro del equipo. Cuando el punto de calidad de Energía deficiente se encuentra Aguas abajo (En el lado secundario del Transformador de alimentación), el cliente o usuario es el encargado de utilizar metodos de compensación y regulación para controlar sus cargas perturbadoras y así evitar contaminación a la Red Eléctrica. Para ubicar este punto de una manera certera, hay que efectuar las mediciones según las Normas IEC 61000-4-30, la cual brinda respaldo legal a la hora de problemas que puedan suscitarse con las Empresas Suministradoras de Servicio Eléctrico o Vecinos del área.

6.1.1 Detección de puntos de Flicker

Para determinar los puntos de la Red Eléctrica donde hay Flicker, primero hay que ubicar el punto de acoplamiento común, término que se definió en el capítulo anterior, en el cual se hace una medición de las fluctuaciones del Voltaje y se compara con las variaciones de la Corriente. Si la variación de Corriente es pequeña comparada con la fluctuación de Voltaje, el punto de perturbación de Flicker esta ubicado en el lado de alta Tensión del punto de acoplamiento común; por el contrario si la variación de Corriente es muy grande comparada con la fluctuación de Voltaje, se dice que el punto de Flicker esta ubicado en el lado de baja Tensión del punto de acoplamiento común.

6.2 Metodología del Flickermeter

Del grupo de Normas de la IEC, la 61000-4-15 (que sustituye a la IEC 868), establece la metodología (Flickermeter), mediante la cual se calcula el índice de severidad de fluctuaciones rápidas de Tensión (Flicker), de corto plazo Pst, (establecido también en NCSD). En la norma IEC 61000-4-30, se establecen las características de los registradores de Red.

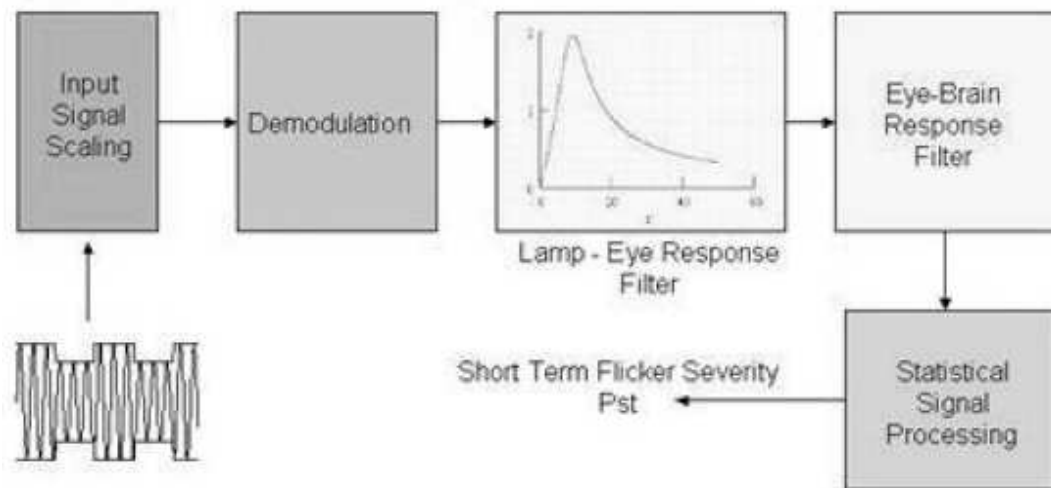
La UIE (Unión Internacional de Electrotecnia) junto con la IEC (Comisión Electrotecnica Internacional), desarrollaron la metodología de medición del Flickermeter, con la intención de indicar el nivel de percepción correcto para cualquier fluctuación de Tensión.

La IEC 61000-4-15 presenta un plan funcional, así como las especificaciones de diseño de un instrumento para la medición de Flicker. La cual busca simular la forma como el ojo humano percibe el Flicker (lámpara-ojo-cerebro), con el objeto de predecir el nivel de irritación, basándose en características conocidas de lámparas incandescentes, el ojo humano y el cerebro. Adicionalmente busca proveer información general, para el diseño de un instrumento de medida de Flicker. A la salida del Flickermeter se obtiene el índice estadístico de severidad de corto plazo Pst.

6.2.1 Partes que componen el Flickermeter

- Adaptador de la Tensión de entrada y circuito de calibración.
- Proceso de demodulación de la onda de Tensión, sobrepuesta a la de 60 Hz.
- Filtros de ponderación.
- Multiplicador cuadrático y filtro integrador de primer orden.
- Clasificador estadístico, el cual transforma la salida del bloque anterior en los índices de severidad de parpadeo de corto plazo Pst y largo plazo Plt.

Figura 15. Diagrama de un medidor de Flicker



Fuente: Grupo de Electrónica de Potencia, Calidad de la Energía Eléctrica

6.2.2 Problemas en la medición a través del Flickermeter

Al realizar pruebas a registradores de diferentes marcas, que cumplieran con la certificación IEC 61000-4-15, se detectó que al inyectar una misma señal con un contenido de fluctuaciones de Tensión, se obtenían valores diferentes de Pst.

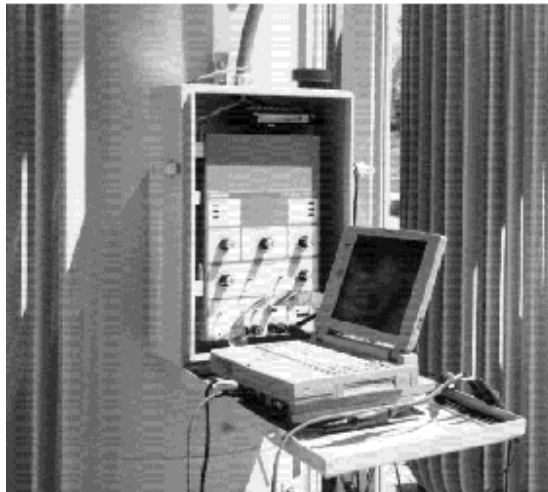
Si se considera la NCSD establece una serie de indicadores con sus respectivos límites para el control de la calidad del producto técnico, el incumplimiento de los mismos ocasionaría, que las empresas Distribuidoras fuesen sancionadas por prestar servicio de mala calidad. Es por esto, que entre los equipos registradores de Red debe existir una uniformidad de las características y resultados que los mismos arrojen; para disminuir la incidencia de errores que pudieran acarrear sanciones a las empresas que presenten el servicio eléctrico.

6.2.3 Posibles causas que originan las diferentes lecturas en los Flickermeter

- Debido a recientes evoluciones de la norma IEC 61000-4-15 la versión con que fueron programados los Flickermeter de cada registrador en la prueba no es la misma.
- La norma no es lo suficientemente explícita para la implementación de esta metodología por parte de los fabricantes sea uniforme.
- Durante las pruebas se pudieron cometer errores de programación.
- Debido a limitaciones de hardware puede ser que los fabricantes no desarrollaran con exactitud la metodología (Flickermeter).

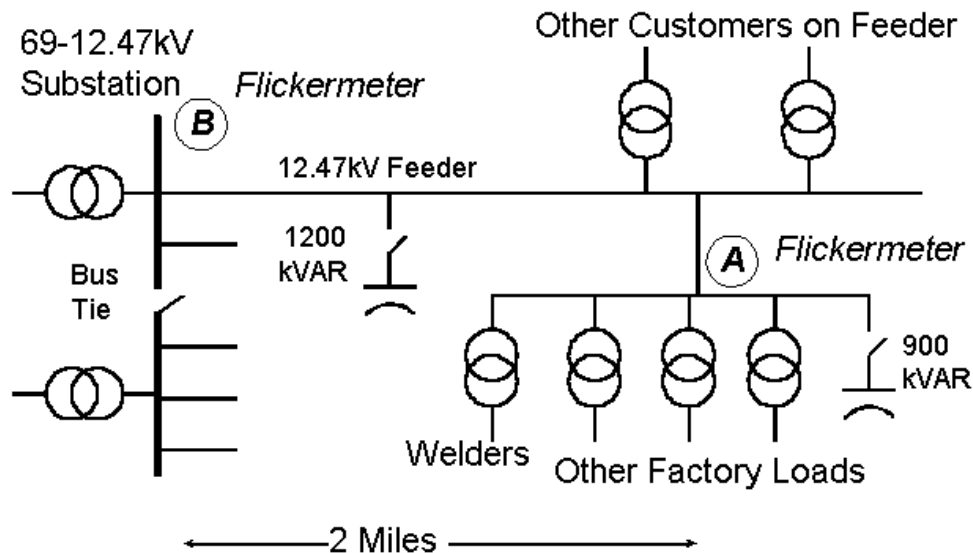
Producto de las pruebas realizadas, se ha recomendado la creación de un comité técnico conformado por el Ente Regulador, Empresas Distribuidoras, SENCAMER, Fabricantes de registradores y Académicos en la materia, con el objetivo de definir las especificaciones mínimas de los registradores de Red para las campañas de fiscalización.

Figura 16. Flickermeter módulo Interfaz



Fuentes: Voltaje and Lamp Flicker Sigues: Should the IEEE

Figura 17. Puntos donde se debe conectar el Flickermeter



Fuente: Voltaje and Lamp Flicker Sigues: Should the IEEE

Datos:

- Feeder = Alimentador
- Bus Tie = Barras de alto Voltaje
- Substation = Subestación Eléctrica
- Other Customers on Feeder = Otros clientes sobre el alimentador
- Welders = Máquinas Soldadoras
- Others Factory Loads = Otras cargas de manufactura

6.3 Analizador de Calidad de Energía Eléctrica Fluke 435

Este instrumento de medición cumple con la norma IEC 61000-4-30 Clase A, el cual integra funciones de registro, medidas configurables por el usuario y una memoria de gran capacidad. La presentación grafica de los parámetros medidos proporciona al usuario resultados instantáneos, de manera que pueda localizar e identificar el origen de las perturbaciones antes de que se produzcan problemas graves. Gracias a prestaciones tales

como los umbrales configurables, los factores de escala y la sincronización con hora GPS.

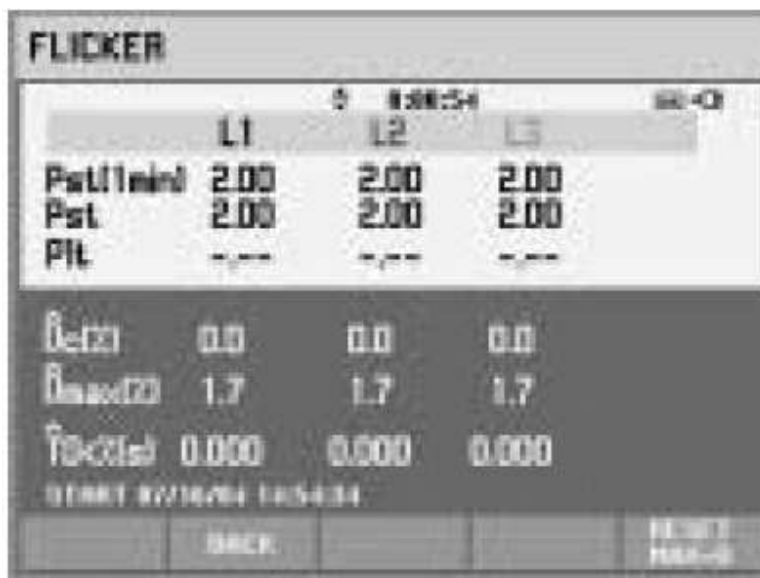
Figura 18. Analizador de Calidad de Energía Eléctrica Fluke 435 Clase A



Analizador de Calidad Eléctrica Fluke 435

Fuente: www.fluke.es

Figura 19. Pantalla del Fluke 430 al analizar las variaciones de Tensión



Fuente: www.fluke.com

6.4 Analizador de Energía Eléctrica Power Pad AEMC 3945-B

La medición principal se toma por medio de Cts y Pts que Reducen los niveles de Corriente y Voltaje respectivamente en el punto de acoplamiento común para que el analizador de Energía Eléctrica pueda tomar el muestreo en tiempo real sin dañar su circuito interno. En el caso práctico el punto de acoplamiento común se encuentra en los cables de alimentación que van al tablero principal de la instalación eléctrica.

Figura 20. Analizador de Calidad de Energía Eléctrica Power Pad AEMC



Fuente: www.Aemc.Com

Este analizador de Energía Eléctrica tiene la capacidad de tomar 256 muestras por cada ciclo, y capturar trascientes tan veloces del orden de 62.5 microsegundos, posee una memoria de 6 MB; en donde se pueden almacenar hasta 12 fotos instantáneas y 40,096 eventos de alarma.

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES

- Mediciones RMS mono, bi y trifásicas
- Formas de onda en color en tiempo real

- Mide Voltaje, Corriente y Potencia en cc
- Mide Voltaje y Corriente pico
- Frecuencia nominal de 40 a 70 Hz
- Potencia Activa, Reactiva y Aparente por fase y totales
- Presentación de Factor de Potencia
- Medición de Flicker pst y plt
- Alarma, golpes y caída de Voltaje
- Registra fecha y características de las perturbaciones
- Función foto instantánea de la pantalla
- Nivel de Voltaje de 480 Voltios fase a neutro y 960 Voltios fase a fase
- 0-1,200 Amperios en AC y de 0-1,400 Amperios en CC
- Temperatura de operación de 0-50°C

APLICACIONES

- Verificación de circuitos de distribución de Energía Eléctrica
- Medición y registro de la calidad de Energía
- Monitoreo de desbalance de fases
- Análisis de Armónicos y Flicker

Figura 21. Manera de conectar los Cts y Pts



Fuente: www.aemc.com

6.5 Analizador de Energía Eléctrica Power Guia 440S

Este sofisticado instrumento de medición de calidad de Energía provee mayores ventajas que el Power Pad AEMC, porque posee comunicación remota utilizando RS-232, ethernet o USB. Tiene la capacidad de tomar 256 muestras, disparo por disturbio, análisis de calidad de Energía y desbalanceo.

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES

4 entradas diferenciales de 1-600 Vrms AC/DC

256 muestras por ciclo

16 Bus ADC

4 entradas con CTs de 1-6,000 Arms

Rango de Frecuencias 10 MHZ, resolución de 45-64 Hz

NORMATIVIDAD

Este aparato trabaja bajo las Normas:

- IEEE 1159
- IEC 61,000 4-30 Clase A
- EN50160

APLICACIONES

- Mide efecto Flicker según Normas IEC 61,000- 4-15
- Potencia Activa, Reactiva y Aparente
- Armónicos
- Demanda, Energía
- Caracterización de eventos RMS
- Transitorios de Frecuencia baja y media

Figura 22. Analizador de Energía Power Guía 440S



Fuente: www.Dranetz-bmi.com

7. NORMAS TÉCNICAS DE FLICKER

7.1 Normas NTCSTS (Normas Técnicas de Calidad del Servicio de Transporte y Sanciones), Comisión Nacional de Energía Eléctrica, Resolución: CNEE-50-99

7.1.1 Título IV Calidad del Producto Técnico (Capítulo IV Flicker en la Tensión)

- **Artículo 28. Índice y Tolerancia para el Flicker en la Tensión:** El índice de Flicker en la Tensión y su Tolerancia, se encuentran establecidos en las Normas Técnicas del Servicio de Distribución, vigentes.
- **Artículo 29. Control para el Flicker en la Tensión:** El control del Flicker en la Tensión es responsabilidad del Transportista, así como también el desarrollo de las acciones necesarias para dar solución al problema. Durante el Período de Control se realizarán mediciones en dos puntos de conexión entre el Transportista y los Participantes, de la siguiente forma: Un Distribuidor y un Gran Usuario (o un Generador). Las mediciones deberán ser realizada de acuerdo con la Norma IEC 868.
- **Artículo 30. Indemnización por Flicker en la Tensión:** El criterio y las fórmulas de aplicación de la Indemnización por Flicker en la Tensión serán iguales a lo establecido en las Normas Técnicas del Servicio de Distribución, vigentes; y será pagada a partir de las mismas fechas.

7.1.2 Título V Incidencia en la Calidad del Producto por los Participantes (Capítulo III Flicker de los Participantes)

- **Artículo 38. Flicker y Tolerancias de los Participantes:** El índice de Flicker de los Participantes y su Tolerancia se encuentran establecidos en las Normas Técnicas del Servicio de Distribución, vigentes.
- **Artículo 39. Control del Flicker:** El control de Flicker de los Participantes será responsabilidad del Transportista. En los casos donde se decida realizar mediciones sin carga o carga mínima, para referencia, deberán ser realizadas durante cinco horas. El control se realizara por medio de mediciones realizadas en el punto de conexión entre el Transportista y otros Participantes. Los puntos serán elegidos por el Transportista. Las mediciones deberán ser efectuadas de acuerdo a la norma IEC 868.
- **Artículo 40. Indemnización por Flicker:** El criterio y las formulas de aplicación por Flicker serán iguales a lo establecido en las Normas Técnicas del Servicio de Distribución, vigentes; y será pagada a partir de las mismas fechas.

7.2 NTSD (Norma Técnica del Servicio de Distribución) Resolución CNEE: No. 09-99

7.2.1 Título IV (Calidad del Producto Suministrado por el Distribuidor), Capítulo V Flicker en la Tensión

- **Artículo 36. Índice de Calidad de Flicker en la Tensión:** El Flicker deberá ser medido por el índice de severidad de corto plazo Pst, definido por la Norma IEC 1000-3-7.
- **Artículo 37. Tolerancia para Flicker en la Tensión:** El índice de tolerancia máxima para el Flicker esta dado por:

$$Pst \leq 1$$

Donde:

Pst: Índice de severidad de Flicker de corto plazo.

Se considera que la Energía Eléctrica es de mala calidad cuando en un lapso de tiempo mayor al 5%, del empleado en las mediciones en el Periodo de Medición, dichas mediciones muestran que el Flicker a excedido el rango de tolerancias establecidas.

- **Artículo 38. Control para el Flicker en la Tensión:** El control se realizara a través de cuatro mediciones mensuales en los bornes de Baja Tensión de Transformadores Media/Baja Tensión. Los puntos deberán ser propuestos por la Comisión, tres meses antes de realizarse la medición, y la Comisión podrá modificar los puntos si lo considera conveniente. Las mediciones deberán ser tomadas con un medidor de Flicker, de acuerdo con la Norma IEC 868.

La medición de Flicker comenzara a partir del inicio de la Etapa de Transición. De los resultados obtenidos durante los dos primeros años de medición, se determinara si es necesaria alguna modificación para evaluar el Flicker en la Tensión.

- **Artículo 39. Indemnización por Flicker en la Tensión:** Los Distribuidores deberán indemnizar a sus Usuarios por aquellos servicios en los que se compruebe que las mediciones de Flicker han excedido la tolerancia establecida en el Artículo 37. La indemnización esta basada en función de las desviaciones por encima de las tolerancias establecida para el índice o indicador de severidad, y la Energía suministrada en esas condiciones.

Se define como distorsión penalizable de Flicker (DPFk) al valor de distorsión por fluctuaciones rápidas de Tensión, encontrado en cada intervalo de medición k, por encima de la tolerancia establecida, y se determina según la siguiente expresión:

$$DPF_k = \text{Max} \left[0, \frac{Pst(k) - Pst}{Pst} \right]$$

Donde:

DPFk: Es la Distorsión Penalizable de Flicker para cada Intervalo de Medición k.

Pst (k): Es el índice de severidad de Flicker de corto plazo, registrado en el intervalo de medición k.

Pst: Es la tolerancia establecida para el índice de severidad de corto plazo.

En el caso anterior, en cada intervalo (k) registrado con Energía suministrada en malas condiciones de calidad (Intervalos con DPFk mayor que cero), se utilizara el siguiente criterio para la valorización de la Energía suministrada en condiciones inadecuadas (Q/Kwh.) para el cálculo de la indemnización:

$$0 \leq DPF_k \leq 1 \quad CENS * (DPFK)^2 [Q / KWh]$$

$$1 < DPF_k \quad CENS [Q / KWh]$$

La indemnización se calcula según la siguiente expresión:

$$\text{Indemnizacion}(Q) = \sum_{k: DPF_k \leq 1} CENS * (DPF_k)^2 * E(k) + \sum_{k: DPF_k > 1} CENS * E(k)$$

La indemnización deberá ser pagada por los Distribuidores a los usuarios afectados por el Flicker, una vez que se haya detectado el disturbio, y hasta que el mismo haya sido resuelto.

- **Artículo 40. Elegibilidad para la Indemnización por Flicker en la Tensión:**
Solamente los Usuarios afectados conectados al punto de medición donde se exceda la tolerancia de Flicker, serán Indemnizados, a excepción de aquellos que sean los que están generando el Flicker y superen las tolerancias establecidas en estas

Normas.

7.2.2 Título V (Incidencia del Usuario en la Calidad del Producto), Capítulo II Flicker Generado por el Usuario

- **Artículo 45 Índice de Flicker Generado por el Usuario:** El índice de Flicker generado por el usuario se determina por el índice de severidad de Flicker de corto plazo (Pst) medido sobre la Impedancia de referencia fijada por la Norma IEC 1000-3-3.

Tabla IV. Artículo 46 Tolerancias para el Flicker generado por el usuario

Carga (SI) Kw.	Pst
Tensión: (≤ 1 Kv)	
$SI \leq 20$	1.00
$20 < SI \leq 30$	1.26
$30 < SI \leq 50$	1.58
$SI > 50$	1.86
Tensión: ($1\text{kv} < V \leq 230\text{kv}$)	
$SI / Scc \leq 0.005$	0.37
$0.005 < SI / Scc \leq 0.02$	0.58
$0.02 < SI / Scc \leq 0.04$	0.74
$Si / Scc > 0.04$	0.80

Fuente: Normas NTSD Artículo 46

Scc: Capacidad de Cortocircuito del sistema en el punto de medición de Flicker (KVA)

Se considera que la Energía Eléctrica es de mala calidad cuando en un lapso de tiempo mayor al 5%, del empleado en las mediciones en el Periodo de Medición,

dichas mediciones muestran que el Flicker a excedido el rango de tolerancias establecidas.

- **Artículo 47. Control para el Flicker generado por el usuario:** El control del Flicker generado por los usuarios será responsabilidad de los Distribuidores, así como también el desarrollo de las acciones necesarias para que se de solución al problema, realizando mediciones en los puntos que considere necesarios.

Las mediciones deberán realizarse usando un medidor de Flicker, según establece la Norma IEC 868. Para cargas de baja Tensión, la medición debe ser hecha sobre una Impedancia de referencia fijada por la Norma IEC 1000-3-3 con las siguientes características:

$$Z_{ph} = 0.24 + j0.15 \ \Omega$$

$$Z_n = 0.16 + j0.10 \ \Omega$$

La Impedancia de referencia de neutro (Z_n), será utilizada solamente por aquellos usuarios cuya alimentación es monofásica.

Para cargas en media Tensión, las mediciones de Flicker deben ser realizadas sobre la Impedancia de la Red o una Impedancia que no cause que la Tensión de estado estacionario caiga más del 3%. Las mediciones sin carga o carga mínima, para referencia, deberán ser tomadas durante 5 horas.

La medición de Flicker comenzara a partir del inicio de la Etapa de Transición. De los resultados obtenidos durante los dos primeros años de medición, se determinara si es necesaria alguna modificación para evaluar el Flicker generado por el Usuario. Podrán utilizarse los mismos puntos donde se mide el Flicker en la Tensión.

- **Artículo 48 indemnización del Flicker generado por el usuario:** En los casos en que los distribuidores verifiquen que algunos de sus Usuarios a excedido la tolerancia de Flicker, establecida en el Artículo 46 de estas Normas, el Usuario

deberá pagar al Distribuidor una indemnización en función de la Distorsión Penalizable individual de Flicker. Se define como Distorsión Penalizable Individual de Flicker (DPIFk) al valor de Distorsión por fluctuaciones rápidas de Tensión detectado en cada intervalo de medición k.

La Distorsión Penalizable Individual de Flicker, en el intervalo de medición k, se define como:

$$DPIF_k = \text{Max} \left[0, \frac{P_{stm}(k) - P_{sti}}{P_{sti}} \right]$$

Donde:

DPIFk: Es la distorsión penalizable individual de Flicker, en el intervalo de medición k.

Pstm (k): Es el índice de severidad de Flicker de corto plazo, registrado en el intervalo de medición k, según la carga del Usuario.

Psti: Es la tolerancia para el índice de severidad de Flicker de corto plazo, según la carga del Usuario.

En el caso anterior en cada intervalo de medición (k) registrado, donde se verifique un valor DPIFk mayor que cero, se utilizara el siguiente criterio para la valorización de la Energía consumida en condiciones inadecuadas (Q/Kwh.) para el cálculo de la indemnización:

$$0 < DPIFk \leq 1 \quad CENS * (DPIFk)^2 Q / kWh$$

$$1 < DPIFk \quad CENS \quad Q / kWh$$

La indemnización se determina como:

$$Indemnizacion(Q) = \sum_{k:DPIF,k \leq 1} CENS * (DPIF_k)^2 * E(k) + \sum_{k:DPIF,k \geq 1} CENS * E(k)$$

7.3 Ensayo basado por la Unión Internacional de Electrotecnia (UIE), según la Norma UNE-EN 61000-4-15

La Unión Internacional de Electrotecnia (UIE), elaboró un criterio de medidor de Flicker, que pretendía estimar el nivel de sensación que experimentaría un observador medio, situado en el punto en que este el medidor. Para su implementación se desarrollo un algoritmo capaz de traducir la fluctuación eléctrica a (sensación equivalente ojo-cerebro). El resultado de la medida se proporciona en unidades de perceptibilidad (p. u.), estableciéndose un umbral de percepción al que se le adjudica el valor 1, de tal forma que todos los niveles de Flicker superiores a 1, se consideran perceptibles y por tanto susceptibles de causar daño.

Se define el $Plt = 1$ como el umbral de Flicker perceptible por el 50% de la población con una onda de 50 Hz, utilizando lámparas de 60 Watts, 240 Voltios con filamento de tungsteno.

7.3.1 Experimento

Se hizo una serie de exámenes, en una habitación iluminada con 3 lámparas de filamento de tungsteno de 60 Watts, el mobiliario de la habitación consistía únicamente en sillas y mesas, para dos personas y para quien realizaba la prueba. Durante el experimento se puso a leer a las personas periódicos colocados horizontalmente sobre la mesa frente al sujeto, la iluminación era de 125 lux, valor típico en la mayoría de las casas del Reino Unido (donde tuvo lugar el experimento). En total se hicieron 80 test a 80 personas con estudios, de ambos sexos y con edades comprendidas entre los 17 y 63 años. Se le sometió a un amplio rango de Flickers, desde el parpadeo continuo representativo de un horno de arco, hasta el parpadeo instantáneo y profundo emulando el transitorio del arranque de un motor. Los sujetos estudiados debían identificar varios niveles, en primer lugar en que momento empezaba a ser perceptible, seguidamente se incrementaba gradualmente el nivel de

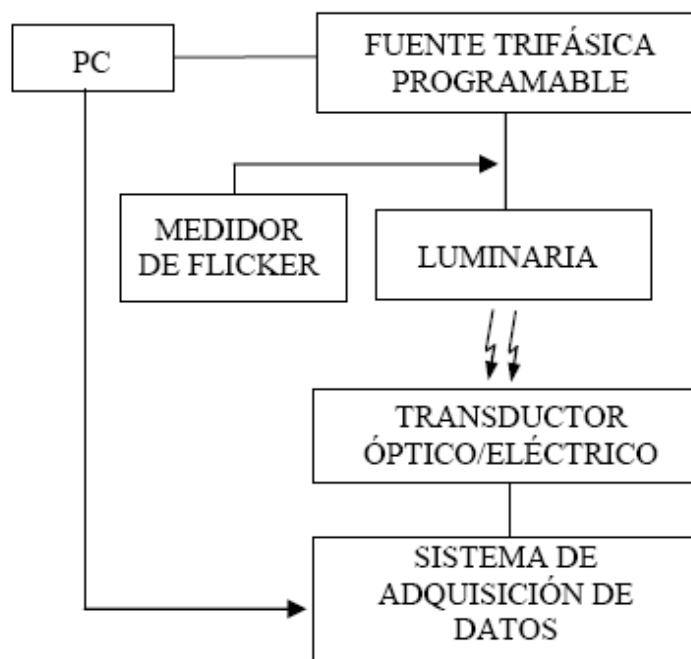
modulación, hasta alcanzar los valores que consideraban que serian molestos si ocurriesen en sus casas por largos períodos. Los resultados de estos test se utilizaron para crear 2 parámetros de cuantificación de nivel de Flicker, que fueron el Pst y el Plt.

7.3.1.1 Plataforma de ensayo que se utilizó

La plataforma de ensayo esta constituida por 3 elementos básicos que son:

- Sistema generador de Flicker + Luminaria.
- Medidor de Flicker según la norma UNE EN 61000-4-15
- Transductor óptico/eléctrico + sistema de adquisición de datos para simular el comportamiento del conjunto ojo-cerebro humano.

Figura 23. Diagrama de bloques del sistema de ensayo



**Fuente: XII Reunión de grupos de investigación en Ingeniería Eléctrica.
Córdoba 2002**

El sistema generador de Flicker, esta formado de los siguientes elementos:

- Fuente trifásica programable HP6834B, que permite generar formas de onda arbitrarias con una Potencia de hasta 1,500 VA por fase o 4,500 VA en el caso de generación monofásica.
- PC realiza el control de la fuente mediante una interfaz GPIB.
- La luminaria es alimentada por la Tensión generada, cuya intensidad luminosa es captada por un transductor óptico/eléctrico, que representa una respuesta en Frecuencia similar a la del ojo humano.

De la Tensión generada se obtienen los parámetros básicos (Pst y Plt), mediante de un medidor de Flicker desarrollado en el departamento.

7.3.1.2 Metodología

La metodología planteada para llevar a cabo los ensayos es la siguiente:

- Definir la forma de onda a generar, en función de la Frecuencia del Flicker y del nivel de modulación.
- Aplicar la Tensión, sobre la luminaria a ensayar.
- Registrar los niveles de Flicker, a corto plazo (Pst) y largo plazo (Plt).
- Registrar la evolución instantánea de la intensidad luminosa, captada por el sensor óptico/eléctrico.
- Obtener la distribución Frecuencial de la señal.

7.3.1.3 Resultados

El sistema y metodología propuestos, se han aplicado a dos luminarias (lámpara incandescente y lámpara fluorescente), alimentadas mediante una Tensión distorsionada, mediante Flicker de tipo almenado. Se ha seleccionado una Frecuencia de 10 Hz, para la

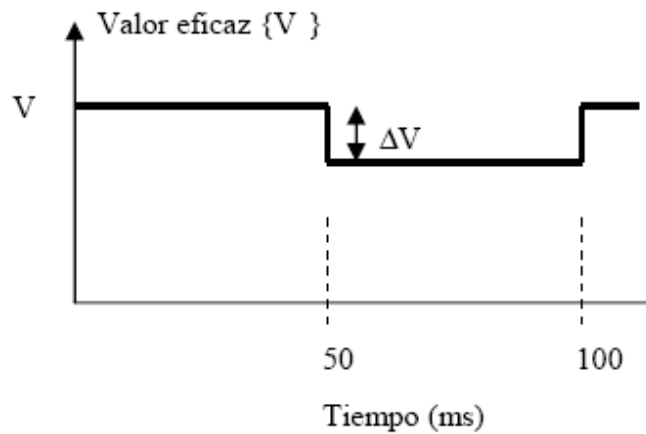
señal moduladora, ya que es en esta Frecuencia en la que existe una mayor sensibilidad. En la tabla se resumen los resultados de los ensayos, que muestra la relación entre la Amplitud de la componente de 10 Hz y la fundamental en función del índice de modulación ΔV_n .

Tabla V. Relación entre la componente de 10 Hz y la componente fundamental en función del índice de modulación

	Incandescente	Fluorescente
ΔV_n	V10hz/V100hz	V10hz/V100hz
0	0.0011	0.0275
1	0.0905	0.0218
2	0.1847	0.0345
3	0.3262	0.0714
4	0.4123	0.0872
5	0.5099	0.1097
6	0.6125	0.1272
7	0.6996	0.1405
8	0.8604	0.1725

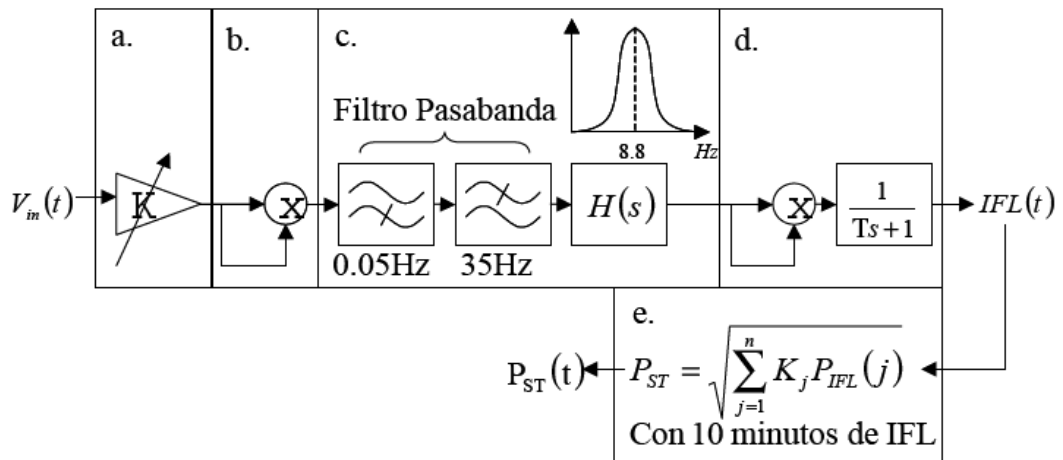
**Fuente: XII Reunión de grupos de investigación en Ingeniería Eléctrica.
Córdoba 2002**

Figura 24. Evolución del valor eficaz de la Tensión en la carga con Flicker Almenado.



Fuente: XII Reunión de grupos de investigación en Ingeniería Eléctrica. Córdoba 2002

Figura 25. Partes principales del medidor de fluctuaciones de Tensión



Fuente: CREG-042 Calidad de la Potencia Eléctrica

- a.** Adaptador de Entrada: Bloque de ganancia usado, para ajustar la magnitud de la señal de entrada.
- b.** Demodulador Cuadrático: Bloque cuya función es que el medidor no dependa de la Frecuencia fundamental de (50 o 60Hz).

- c. Filtro de Ponderación: Limitan el ancho de banda de las perturbaciones muestreadas. Consideran la sensibilidad en relación con las diferentes Frecuencias de la perturbación.
- d. Estimador No Lineal de la Varianza: Modela la sensibilidad cuadrática, en relación con la Amplitud de la perturbación y la retención posterior de cada evento. A la salida de este bloque se obtiene la señal IFL.
- e. Tratamiento Estadístico: Mediante la raíz cuadrada de la suma ponderada (los coeficientes K_j) de percentiles (PIFL (j)), calculados sobre una muestra de 10 minutos de IFL, se calcula el Pst.

7.3.2 Características del equipo de medición, según Normas IEC 61000-4-15

A continuación se enumeran las características que debe cumplir, el equipo de medida de fluctuaciones rápidas de Tensión para verificar los niveles de emisión definidos en la norma. Estas características siguen las recomendaciones dadas por la norma IEC 61000-4-15.

7.3.2.1 Tipo de Equipo

Digital o analógico conforme a las especificaciones de los bloques que los constituyen desde el 1 hasta el 5, según la norma IEC 61000-4-15. Modo de operación continuo.

7.3.2.2 Error máximo permisible

El nivel de tolerancia permisible es del 5%.

7.3.2.3 Rango de medición

El rango de operación para el Pst es de 0 a 4.

7.3.2.4 Características del circuito de entrada de Tensión

- Tensiones nominales (UN): 120 o 230 Voltios (+20% / -30%).
- Nivel de aislamiento de 2kv rms durante un minuto, y 2kv pico para un impulso de 1.2/50 microsegundos.
- Factor de cresta: 1.5 – 1.2 UN.

7.3.2.5 Almacenamiento interno

De al menos 7 días sin realizar descargas intermedias, tomando muestras cada 10 minutos.

7.3.2.6 Salidas

Interfase serie o paralela para computadora, que permita obtener los archivos de la medición en formato ASCII.

7.3.2.7 Condiciones ambientales

- Temperatura de operación: 0 °C a +40 °C.
- Temperatura de almacenamiento: -10 °C a +55 °C.
- Humedad relativa en operación: 45% a 95%.
- Presiones barométricas: 860 mbar a 1080 mbar.

7.3.2.8 Protección de hermeticidad

IP65 según norma IEC 529.

7.3.2.9 Características de los Transductores

Cuando sea necesario el empleo de Transformadores de Tensión o Corriente, estos deberán de tener características acordes con la del instrumento. La precisión de los Transformadores de Tensión (PT's), es independiente de la carga puesta en el secundario y debe ser de 0.5%; mientras que para los Transformadores de Corriente (CT's) es de 0.3%.

7.3.3 Estudio de casos que utilizan la Norma IEC 61,000-4-15 Flickermeter en los Estados Unidos

A continuación se presentan tres casos, donde existe el problema de Flicker y se discuten consideraciones especiales basadas en la Norma IEC del Flickermeter para llegar a la solución del problema.

CASO 1: EL PROBLEMA DE LAS MÁQUINAS SOLDADORAS EN UNA INDUSTRIA DEL ACERO EN INDIANA, ESTADOS UNIDOS

Las variaciones de carga, que generan estas máquinas cuando están operando causa el problema de parpadeo en la iluminación. En muchas ocasiones este problema se produce cuando el Transformador de Alimentación tiene en su secundario muchas máquinas soldadoras que operan a la vez, produciendo una caída de Tensión que se manifiesta en Soldaduras Frías, al estar trabajando las máquinas soldadoras. Un ejemplo muy bueno de este tipo problema con máquinas soldadoras, lo tenemos en una Fabrica de Aceros de Indiana, la cual disfruta de éxito y crecimiento en las líneas de producción. Con los estudios previos a la instalación de las nuevas líneas de producción, se estimo que salía más económico utilizar compensadores de Potencia Reactiva, que Reducir la Impedancia del sistema para que no se produjera efecto Flicker, desgraciadamente los compensadores no respondió correctamente cuando la Frecuencia de la caída de Tensión aumentaba. Para abastecer a la planta con mayor Potencia, se utilizó Energía Eléctrica de las líneas de distribución que alimentaba a clientes residenciales; los cuales eran aproximadamente 1,600

usuarios que compartían el mismo punto de acoplamiento común, Teniéndose problemas de Flicker en 25 casas, de las cuales habían personas propensas a epilepsia y otros usuarios se sintieron aliviados cuando se les informo que el problema no era de su instalación eléctrica, sino del sistema.

Entonces, para resolver este problema de Flicker, se utilizó la Norma IEC Flickermeter, lo cual generó excelentes resultados, teniéndose un valor de Pst de 1 a 1.2 pudiéndose comprobar que cuando el valor de Pst estaba cercano a 1, los clientes empezaron a quejarse comprobándose una vez más el nivel de irritación de $Pst=1$.

CASO 2: VARIACIONES DE CARGA DEBIDAS AL ARRANQUE DE MOTORES Y TORQUE EN UNA PLANTA INDUSTRIAL DEL SUDESTE DE LOS ESTADOS UNIDOS

Para este caso analizaremos un alimentador (subestación) localizado en el Sudeste de los Estados Unidos, el cual tiene una Potencia relativamente pequeña de 35MVA, 12KV en comparación con las cargas que tiene que alimentar que son varios centenares de clientes residenciales y una planta industrial con cuatro circuitos, (2 de 350hp y 2 de 500hp). Debido al subdimensionamiento del Transformador que alimenta estas cargas, se produjo efecto Flicker en las Oficinas de Utilidades Locales y otros usuarios residenciales. Por lo tanto se empezó a estudiar las cargas que estaban en la planta como lo son motores de inducción, para localizar el punto en la Red que estaba causando esta caída de Tensión. Como no se disponía de un Flickermeter de IEC, se utilizo el método de aplicación del Flickermeter UIE que consiste en conectar al sistema bombillas incandescentes de 110 Voltios, 60 Watts, para analizar el parpadeo que tenían con el ritmo de las cargas perturbadoras. Se determino que el parpadeo era igual a un $Pst >1$, lo que comprobaba la razón por la cual los clientes residenciales se habían estado quejando.

CASO 3: VARIACION EN LA RESISTENCIA DE LAS MÁQUINAS SOLDADORAS EN INDIANA, ESTADOS UNIDOS

Un fabricante de tubos para Condensadores de refrigeradores, instalo un soldador que opero a capacidad nominal 24 horas al día. Durante los primeros 13 dias de operar el soldador, 107 clientes residenciales se quejaron de tener parpadeo en la iluminación. Para solucionar este problema, se procedió a estudiar la Red Eléctrica, de manera que el horno siguiera funcionando, se utilizo un Flickermeter como el que se muestra en la figura, el cual es una computadora portátil que incluye la interfaz. El software traduce las variaciones de Voltaje de baja Frecuencia en números que representan el Pst, si este es mayor que uno entonces tenemos problemas de parpadeo en la iluminación, en caso contrario las variaciones de Tensión están en los límites apropiados. Se procedió a plantear soluciones, una de ellas era cambiar el ritmo de trabajo del electrodo, aumentando la velocidad de 60 a 107 revoluciones por minuto, con lo cual se Redujo el parpadeo en la iluminación y se aumento la velocidad de producción de la máquina soldadora.

CASO 4: MEDIDA DEL FLICKER EN UN EDIFICIO

Las cargas cada vez mayores y la conmutación de sistemas, como los controladores del motor de ascensores, provocan efectos de realimentación rápida de Tensión, o si se retira la carga como subida de Tensión. Las bajadas de Tensión o las interrupciones hacen que las fuentes de alimentación conmutadas de los dispositivos electrónicos envíen un comando de reinicialización al microprocesador de dicho dispositivo a través de sus salidas. En general estas variaciones, en uno o más períodos afectan a muchos equipos electrónicos existentes en los sistemas de producción y a los equipos variadores o de control. Si las fluctuaciones de Tensión se producen de forma continuada, con un patrón regular o estocástico, se las conoce como parpadeo de Tensión. El término ingles Flicker hace referencia a la impresión de inestabilidad de la sensación visual, por efecto del parpadeo de Tensión, y es típico en las bombillas de incandescencia. Es importante poder dar una medida objetiva del Flicker, y por eso se define en la Norma IEC 61000-4-15, la severidad de corta duración o

Pst. El Pst es un valor medido durante 10 minutos que caracteriza la probabilidad de que las fluctuaciones de Tensión resulten en un Flicker de luz perceptible.

Un valor de 1 representa un nivel por el que 50% de las personas percibirán el Flicker en una bombilla de 60 Watts. Esta prueba se lleva a cabo para distintas Frecuencias de modulación, siendo el resultado una curva de evaluación. Con una medida de Flicker, este patrón de reconocimiento se replica mediante un algoritmo definido en esta norma. Esto permite convertir las fluctuaciones de Tensión medidas en datos objetivos. La evaluación del Flicker según una Norma es una cuestión y localizarlo es otra. El objetivo es, por supuesto, encontrar la fuente que provoca la interferencia, principalmente una carga variable, como puede ser un equipo automático de soldadura o una fotocopiadora. La localización de un Flicker se puede explicar mediante un ejemplo:

CASO DE ESTUDIO

Los ocupantes de una planta de un edificio se quejan del parpadeo de la luz. Las medidas realizadas anteriormente a la queja daban un valor de $Pst = 0.95$, lo cual entra en los límites permitidos, a pesar que la medida del Pst entra en los valores permitidos, muchos todavía se quejan del parpadeo en un lugar donde simultáneamente también se ha informado de averías frecuentes en equipo informático. Como $Pst < 1$, en principio no se ha llevado a cabo ninguna acción.

El problema se soluciona ahora de la siguiente forma. Las ondas de Tensión y Corriente del analizador Fluke 434 se conectan al cuadro del circuito de alimentación de la planta. Se registran las variaciones de Tensión y Corriente. Si las curvas de tendencia para Corriente y Tensión presentan variaciones en la misma dirección, la fluctuación vendrá del lado de suministro. Se debe llevar a cabo una búsqueda Aguas arriba del punto de medida o se debe examinar si hay un corto en las inmediaciones.

Ahora bien si las curvas de tendencia presentan variaciones en direcciones opuestas, la

fluctuación procederá del lado del equipo. La búsqueda se debe llevar a cabo Aguas abajo del cuadro. La estructura en árbol de la Red de alimentación permite localizar la fuente del problema rápidamente y con precisión.

7.4 Norma técnica del servicio de distribución (D. S.) 327/97 (índices de severidad de parpadeo o Flicker, Artículo 250°)

7.4.1 Objetivo y alcance

Esta norma técnica tiene por objetivo establecer los procedimientos para cuantificar y registrar los índices de severidad de parpadeo de corto plazo (Pst) y de largo plazo (Plt), estableciendo sus valores límites expresados a través de los índices de severidad (Pst y Plt) de la magnitud de parpadeo de Tensión (Flicker), segmentados según los distintos niveles de Tensión y etapas del sistema para determinar la Calidad de Suministro en los siguientes casos:

- Sistemas Eléctricos o Redes Eléctricas
 - Evaluación de la Calidad Global de Suministro, a través de mediciones en dos o más puntos (o nudos) de la Red.
 - Evaluación de la Calidad Global de Suministro, a través de mediciones en dos o más puntos (o nudos) de usuarios.
 - Evaluación de la Calidad de Suministro entregado al usuario en un punto (o nudo) específico de la Red.

- Sistemas Eléctricos o Redes Eléctricas de zonas rurales
 - Evaluación de la Calidad Global de Suministro, a través de mediciones en dos o más puntos (o nudos) de la Red.
 - Evaluación de la Calidad Global de Suministro, a través de mediciones en dos o más puntos (o nudos) de usuarios.
 - Evaluación de la Calidad de Suministro entregado al usuario en un punto (o

nudo) específico de la Red.

- La presente norma técnica será aplicable a las mediciones y registros para determinar la calidad del suministro de todas las instalaciones Eléctricas de los sistemas de Generación, Transporte, Distribución y en las instalaciones Eléctricas pertenecientes al Consumidor Final, en sistemas Eléctricos en que existen consumos sujetos a fijación de precios, excluidos los sistemas Eléctricos cuyo tamaño sea inferior o igual a 1.500 Kw. de capacidad instalada de generación.
- Para efectos de la aplicación de esta norma técnica, en lo pertinente, se aplicará la Norma Técnica “Procedimientos de Mediciones y Registro para Determinar la Calidad de Suministro”, además de las exigencias específicas de la presente norma técnica o las que determine la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, en adelante la Superintendencia.

7.4.2 Aplicación y Sanciones

- Las disposiciones establecidas en esta norma técnica son de carácter obligatorio, pudiendo ser modificadas sólo por otra norma técnica dictada en conformidad al ordenamiento del sector.
- Corresponderá a la Superintendencia la fiscalización e interpretación del cumplimiento de lo establecido en esta norma técnica, conforme a la legalidad vigente, sin perjuicio de las atribuciones que las leyes confieran a otras autoridades. El incumplimiento de lo aquí dispuesto, podrá ser sancionado por la Superintendencia, en conformidad a lo establecido en la normativa vigente.

7.4.3 Terminología

- En el Anexo-1 de esta norma técnica, se incluyen las abreviaturas y definiciones de los términos técnicos utilizados en la presente norma técnica, para efectos de su aplicación y que se entienden parte integrante de la misma.

7.4.4 Mediciones y Registros

- Para efectos de la aplicación de esta norma técnica, se aplicarán los procedimientos establecidos en la Norma Técnica “Procedimiento de Mediciones y Registros para Determinar la Calidad de Suministro” y específicamente en el punto 6, además de las exigencias específicas de la presente norma técnica o las que determine la Superintendencia.
- Para realizar las mediciones se deberá contar con un equipo de medición y registro de Tensiones que cumpla tanto en el hardware como en el software con la norma IEC-868. La clase de precisión de los transductores de medida a utilizar deberá cumplir con las exigencias establecidas por la Superintendencia según corresponda.
- La compactación estadística deberá ser de intervalos de corta duración, es decir se compacta a 10 minutos a partir de los valores compactados a 3 segundos.
- Los transductores de Tensión que se podrán utilizar serán:
 - a) Divisor de Tensión resistivo para Tensiones menores a 1 Kv
 - b) Divisor de Potencial capacitivo para cualquier nivel de Tensión
- Las variables de medición en cada nudo deberán ser las Tensiones fase-fase o fase-neutro, según corresponda, medidos en forma simultánea. A partir de las mediciones

de las tres Tensiones se deberá evaluar las variables calculadas: Pst (10 minutos) y Plt (2 horas).

- A partir de las Tensiones medidas se deberá proceder a determinar la magnitud del índice Pst para cada período de 10 minutos y de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Pst = \sqrt{0.0314P_{0.1} + 0.0525P_1 + 0.0657P_3 + 0.28P_{10} + 0.08P_{50}}$$

Esta expresión tiene implícita la clasificación de la señal de Tensión en una función de distribución acumulada con el objeto de determinar los parámetros $P_{0.1}$, P_1 , P_3 , P_{10} y P_{50} que corresponden a los niveles de la señal de Tensión que están excedidos el 0,1%, 1%, 3%, 10% y 50% del tiempo, respectivamente.

- Una vez completado un intervalo de dos horas midiendo el índice Pst (doce valores del índice Pst) se procede a evaluar el índice Plt (2 horas) de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Plt = \frac{1}{12} * \sqrt{\sum Pst_i^3}$$

De este modo se obtiene el primer valor de Plt. Al completar el primer día de mediciones se dispondrá de 12 valores del índice Plt.

- En casos especiales que la Superintendencia determinará, establecerá que la evaluación de los índices de severidad de Parpadeo o Flicker se realice con el procedimiento siguiente:

1. El índice Pst se evaluará mediante intervalos de un minuto, a través de una ventana deslizante que después de completar los primeros diez minutos, es decir diez valores de Pst (1minuto), se procede a calcular el primer valor de

Pst (10 minutos).

2. Una vez transcurrido el minuto undécimo, se incorporará el valor undécimo de Pst (1 minuto) y simultáneamente se procederá a eliminar el primer valor obtenido de Pst (1 minuto) y se calculará un nuevo o segundo valor de Pst (10 minutos).
 3. En forma sucesiva se desplazará la ventana al valor de Pst duodécimo y se eliminará el segundo valor de Pst (1 minuto) y se calculará un nuevo o tercer valor de Pst (10 minutos) y así sucesivamente hasta completar 2 horas en que se procederá a evaluar el primer valor de Plt.
- Al terminar el período de mediciones y registros, se procederá a determinar en cada uno de los nudos de medición y para cada una de las tres Tensiones, el valor estadístico percentil 95 % para los índices Pst y Plt. Entre los valores estadísticos correspondientes al percentil 95 % de Pst y Plt, de cada fase, se elegirá el valor de mayor magnitud para ser comparado con los respectivos valores límites que se indican a continuación:

A continuación se presentan las ventajas de usar el índice de severidad de corta duración (Pst), propuesto en la Norma IEC-61000-4-15 (2003-02).

- Indicador único para fluctuaciones de Tensión y parpadeo (Flicker). Cubre tanto sobretensiones como subtensiones con el mismo indicador a diferencia de otros indicadores.
- Independencia de la distorsión armónica de Voltaje. Para medir la distorsión armónica se usa el indicador THDV.
- Uso del rango de percepción del ojo humano.
- Comparabilidad para Pst constante, con las curvas para susceptibilidad de equipos propuestas por CBEMA y EPRI, es decir relación directa con la

susceptibilidad de equipo electrónico.

- Metodología automática que no requiere cambios externos, y es capaz de entregar una evaluación de la severidad relativa del parpadeo y de las fluctuaciones de Tensión ocurridas en un intervalo de 10 minutos.
- Independencia de la Frecuencia fundamental (50 o 60 Hz).
- Consideración de la sensibilidad en relación con las diferentes Frecuencias de la perturbación.
- Consideración de la sensibilidad cuadrática en relación con la Amplitud de la perturbación.

Tabla VI. Valores límites de los Pst (10 minutos) y Plt (2 horas)

PARA SISTEMAS O REDES ELÉCTRICAS		
Nivel de Tensión	Pst (10 minutos)	Plt (2 horas)
Menor o igual a 110 Kv	1,0	0,8
Mayor que 110 kV	0,8	0,6

PARA SISTEMAS O REDES ELÉCTRICAS DE ZONAS RURALES		
Nivel de Tensión	Pst (10 minutos)	Plt (2 horas)
Menor o igual a 23 Kv	1,25	1,0

Fuente: Norma Técnica del D. S. 327/97

- Se establece que durante el proceso de medición y registro de las Tensiones, sean éstas fase-fase o fase-neutro, se considerará al sistema o Red Eléctrica operando en condiciones de régimen permanente.
- Ante eventos que produzcan variaciones bruscas de Tensión que distorsionen en forma significativa la medición del índice Pst y Plt (por ejemplo, aquellos

correspondientes a las partidas de grupos de motores de inducción en forma simultánea o de otro tipo de cargas con elevado consumo de reactivos), el intervalo de medición distorsionado deberá excluirse del conjunto de tamaño mínimo de 1008 (número de intervalos de 10 minutos en siete días) y de 84 (número de intervalos de 2 horas en siete días) valores disponibles, respectivamente.

- Cualquiera sea el evento, se deberá demostrar fehacientemente la exclusión de los intervalos de valores para los índices Pst y Plt, mediante presentación y justificación detallada en acápite especial del “Informe Final”, conforme a la norma técnica “Procedimiento de Mediciones y registro de Calidad de Suministro”, entregado por el Organismo de Medición Autorizado (OMA) al cliente o usuario contratante de la medición.
- Para comprobar lo anterior, la Superintendencia podrá ordenar la ejecución de un peritaje estableciendo las bases metodológicas que estime pertinentes, en conformidad con el artículo 3° B de la Ley N° 18.410, modificada por la ley N° 19.613.

7.4.5 Organismos de Medición Autorizados (OMA)

- Los OMA que realicen la medición, registro y cuantificación de los índices Pst y Plt, deberán cumplir con todas las exigencias establecidas en la norma técnica “Procedimiento de Mediciones y Registros para Determinar la Calidad de Suministro” y específicamente en el punto 4, además de las exigencias específicas de la presente norma técnica o las que determine la Superintendencia.

7.4.6 Informes a la autoridad respecto de las mediciones y registros de Calidad de suministro

- Para efectos de la aplicación de esta norma técnica, se aplicarán los procedimientos establecidos en la Norma Técnica “Procedimiento de Mediciones y Registros para Determinar la Calidad de Suministro” y específicamente en el punto 7, además de las exigencias específicas de la presente norma técnica o las que determine la Superintendencia.
- Los valores de las índices Pst y Plt obtenidos durante el período de medición, serán almacenados por el OMA que realizó la medición, en medios magnéticos,
- con el objeto de que puedan ser verificados por la Superintendencia, de acuerdo a las especificaciones y exigencias que esta establezca.

7.4.7 Definiciones

- **Muestreo aleatorio simple**

Corresponde al proceso que se realiza en un determinado período de tiempo, con el objeto de realizar la extracción de una o más muestras pertenecientes a un determinado conjunto o a varios conjuntos, en forma aleatoria o al azar y sin reemplazo una vez extraída la muestra.

- **Compactación estadística**

Un conjunto numeroso de datos registrados en un intervalo de tiempo específico (por ejemplo: 3 segundos) se dirá que está compactado a tres segundos cuando dichos datos son representados por sus valores estadísticos: Media y desviación estándar, correspondientes al intervalo señalado (3 segundos). El intervalo de compactación de 3 segundos corresponde al primer nivel de compactación establecido en las Normas IEC. Un segundo nivel de compactación corresponde al intervalo de 10 minutos, el

cual se obtiene a partir de los valores compactados a 3 segundos.

- **Parpadeo o Flicker**

Corresponde a una fluctuación cíclica (en el rango 0- 30 Hz) de la magnitud del Tensión que origina una sensación de molestia o desagrado en las personas, como resultado del parpadeo en los elementos de iluminación y mal funcionamiento de otros dispositivos Eléctricos conectados a la Red. Se mide a través de dos índices, a saber: índice de severidad de Parpadeo o Flicker de corto plazo (10 minutos), Pst y el índice de severidad de Parpadeo o Flicker de largo plazo (2 horas), Plt.

- **Transductor de medida**

Dispositivo que hace corresponder a una magnitud de entrada, otra de salida según una ley determinada.

- **Red Eléctrica rural**

Red Eléctrica perteneciente a una zona rural.

Zona Rural: Ver disposición transitoria Art. 25 letra g) del D.S. 327/97, vigente mientras no se dicte la norma técnica “Definición de zona rural” a que se refiere el Artículo 247° del D. S. 327/97.

7.5 Mediciones de Flicker, según Normas de Regulación No. CONELEC – 004/01

El distribuidor deberá realizar mensualmente lo siguiente:

1. Un registro en cada uno de los puntos de medición, en un número equivalente al 0.15% de los Transformadores de Distribución, en los bornes de bajo Voltaje no menos de 5.
2. Para la selección de los puntos se consideraran los niveles de Voltaje, el tipo de zona (urbana, rural) y la topología de la Red, a fin de que las mediciones sean

representativas de todo el sistema. Una vez realizada la selección de los puntos, la empresa Distribuidora debe notificar al CONELEC por lo menos 2 meses antes de efectuar las mediciones.

3. Simultáneamente con este registro se deberá medir la Energía entregada a efectos de conocer la que resulta suministrada en malas condiciones de calidad.
4. Para cada mes, el registro en cada punto de medición se efectuara durante un periodo no inferior a 7 días continuos, en intervalos de medición de 10 minutos.

Las mediciones se deben realizar con un medidor de efecto Flicker, para intervalos de 10 minutos y de acuerdo a los procedimientos especificados en la Norma IEC 60868. Con la finalidad de ubicar de una manera más eficiente los medidores de Flicker, se efectuaran mediciones de monitoreo de Flicker, de manera simultanea con las mediciones de Voltaje indicadas anteriormente, por lo que los medidores de Voltaje deberán estar equipados para realizar tales mediciones de monitoreo.

7.6 Ensayo para la medición del Flicker basado en el tipo de fluctuación simulada por la Norma Argentina IRAM 2492-3 del Tipo a

7.6.1 Equipo generador de pulsos

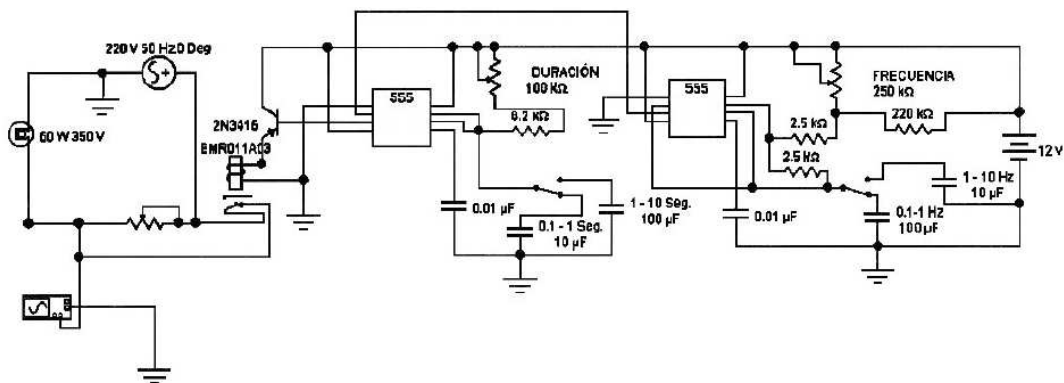
El equipo generador de pulsos consta de las siguientes partes:

- 2 Integrados tipo 555, Uno controla la Frecuencia funcionando como oscilador y el otro controla el tiempo de conexión (Ton) y desconexión (Toff).
- 2 Potenciómetros que regulan 2 circuitos tanque, uno para fijar la Frecuencia deseada y el otro para el Ton y Toff.
- 1 Microrele de 12 Voltios, para lograr una mayor velocidad de respuesta.
- 6 Capacitores de diferentes capacidades.
- 4 Resistencias
- 2 Interruptores, que intercambian dos de los capacitares; para lograr mayor

capacidad en los circuitos tanque.

- 1 Fuente de alimentación de 12 Voltios.

Figura 26. Circuito generador de pulsos



Fuente: Universidad Mar de Plata. Estudio de las Curvas de Perceptibilidad de Flicker.

7.6.2 Circuito simulador de Flicker

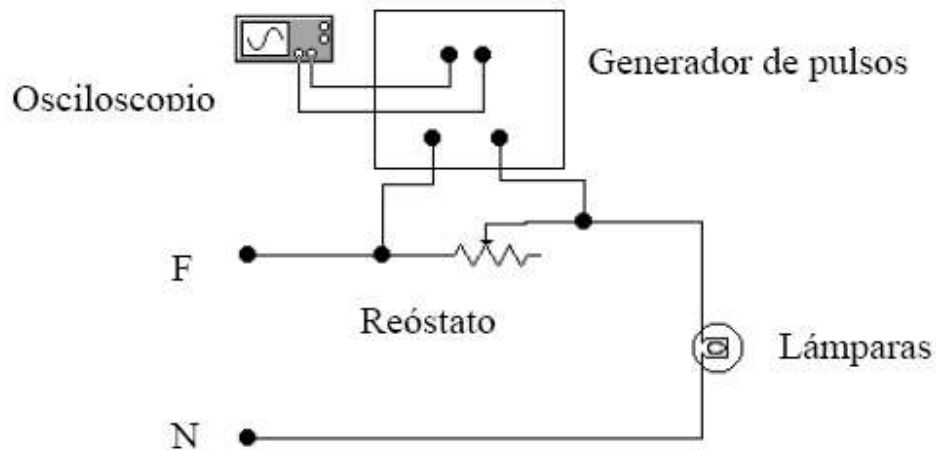
Se simuló el efecto del Flicker produciendo una caída de Tensión de Frecuencia y Amplitud variable, en una resistencia de décadas, conectada en serie con la luminaria de la experimentación. A efectos de controlar la Frecuencia y la forma de onda, se conecto un osciloscopio digital al equipo Generador de Pulsos.

Elementos del Circuito Simulador de Flicker

- Resistencia variable: Marca DANBRIDGE Decade Resistance Box Type DR6/ABCDEF.
- $R_o = 21 \text{ m}\Omega \pm 0.1\% \pm 5\text{m}\Omega$.
- Osciloscopio Digital FLUKE 97.

Se dispuso el generador de pulsos, fuera de la habitación del experimento para evitar molestias o distracciones en la vista de las personas evaluadas.

Figura 27. Circuito simulador de Flicker



Fuente: Universidad Mar de Plata. Estudio de las Curvas de Perceptibilidad de Flicker.

Las condiciones del ensayo fueron las siguientes:

Iluminación con Flicker cero: 260 lux sobre el plano de trabajo.

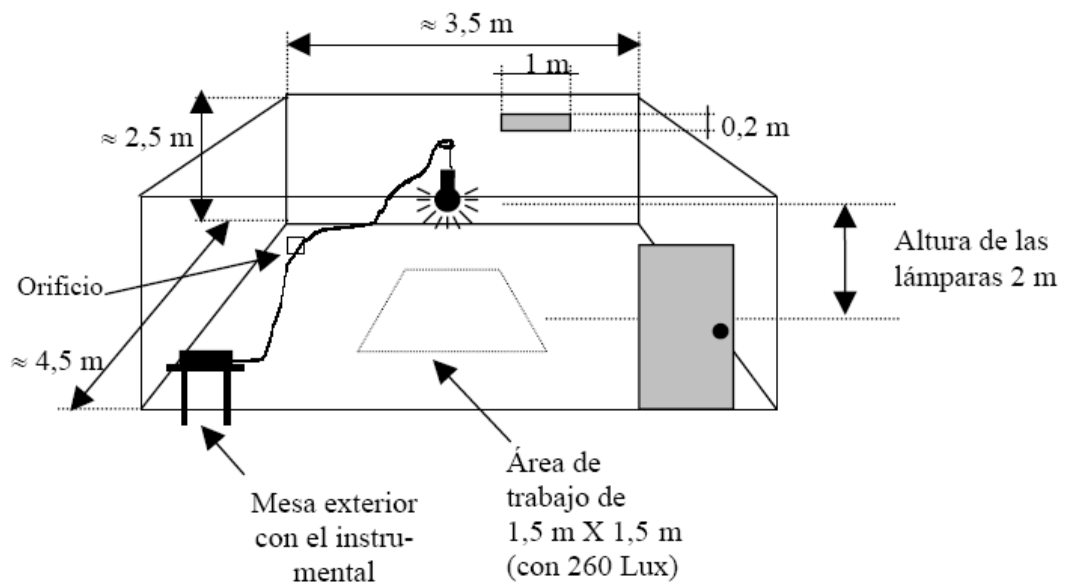
Altura del plano de trabajo: 80 cm del suelo.

Forma de la onda moduladora: Rectangular ($T_{on} = T_{off}$).

Potencia de las lámparas: 3 * 75 Watts incandescentes, 2 * 100 Watts incandescentes, y 4 * 50 Watts dicroicas.

En el primer ensayo las lámparas de 75 Watts, se colocaron a una altura de 2 metros como se muestra en la figura, pero para los ensayos posteriores de lámparas de 100 Watts y dicroicas, fue necesario modificar la altura de montaje, para lograr el nivel de iluminación base adoptado. La influencia de la iluminación externa, en el punto de trabajo era despreciable ya que se la midió en ausencia total de luz artificial y resulto ser de unos 4 lux.

Figura 28. Cuarto de trabajo para el ensayo

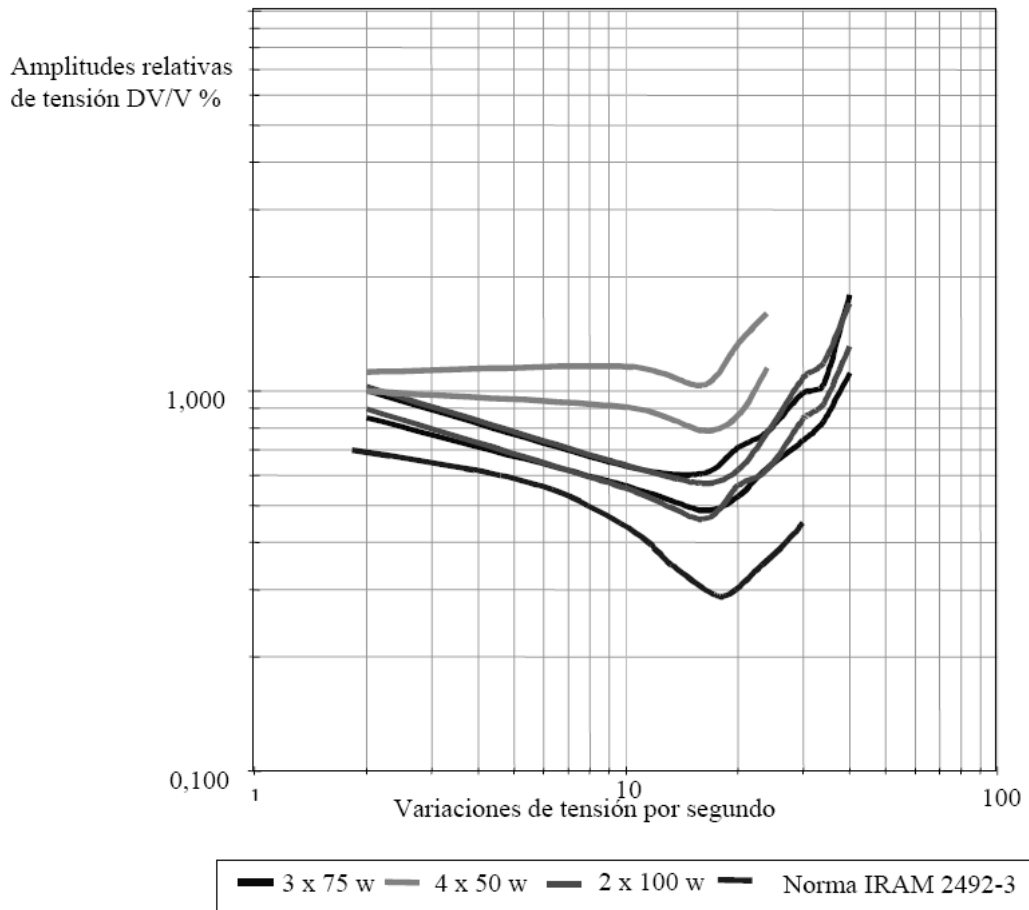


Fuente: Universidad Mar de Plata. Estudio de las Curvas de Perceptibilidad de Flicker.

Las condiciones de iluminación de este ensayo son aptas para: Vestuarios, almacenes, trabajos de oficina con fáciles cometidos visuales, cajas y ventanillas de Bancos, salas de reunión etc. Y en forma particular para Escuelas e Institutos en los cuales esta iluminación es suficiente para: Salas de conferencia, Bibliotecas, salas de música, aulas, cocina, galerías de arte e incluso viviendas en general. Estos datos fueron extraídos de la norma DIN 5035. El tipo de fluctuación simulada en la experiencia, fue la que la Norma IRAM 2492-3 llama tipo a. Esta es una variación de Tensión rectangular y periódica, de Amplitudes iguales. Para el relevamiento de las percepciones por parte de los voluntarios, se adoptaron planillas donde registraban el umbral de percepción.

Si el tipo de iluminación es focalizado (lámpara dicróica) o de distribución uniforme (lámpara incandescente) cambia el nivel de percepción, siendo menor en el caso de iluminación focalizada.

Figura 29. Curvas de perceptibilidad de Flicker



Fuente: Universidad Mar de Plata. Estudio de las Curvas de Perceptibilidad de Flicker.

7.7 Norma (EN50160)

DEFINICIÓN DE FLICKER

PARPADEO FLICKER: Impresión de inestabilidad de la sensación visual debida a un estímulo luminoso en el cual la luminosidad o la distribución espectral fluctúa en el tiempo.

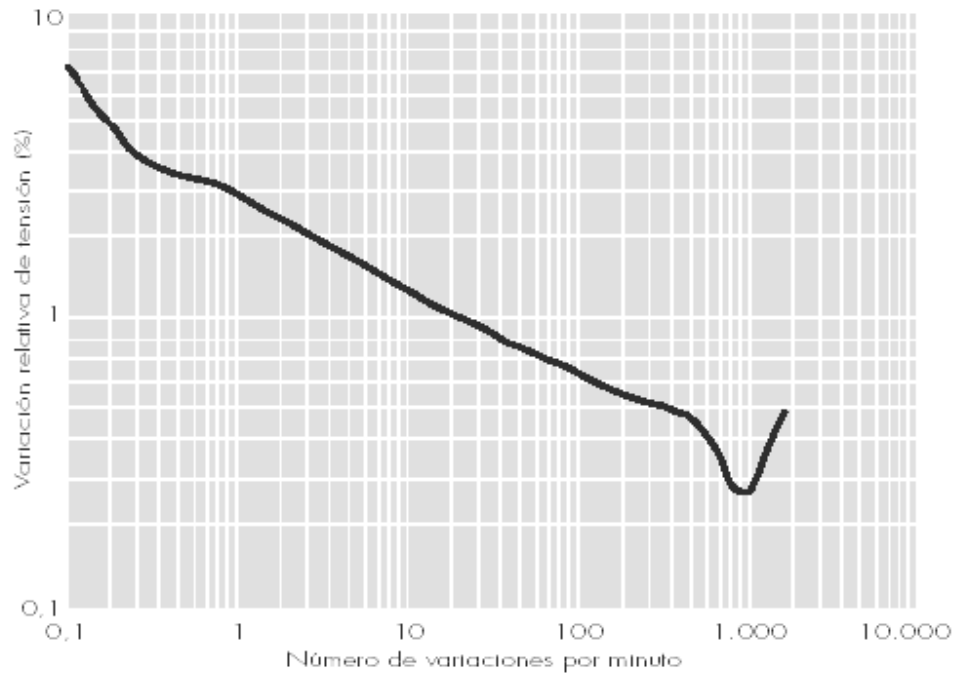
SEVERIDAD DEL PARPADEO: Intensidad de molestia provocada por el parpadeo definida por el método de medida UIE-CEI, del parpadeo y evaluada, según las cantidades siguientes:

- **Severidad de corta duración (Pst):** Medida en un periodo de 10 minutos. Pst = 1, es el umbral de la perceptibilidad.
- **Severidad de larga duración (Plt):** Calculada a partir de una secuencia de 12 valores de Pst en un intervalo de 2 horas según la siguiente fórmula:

$$P_{lt} = \sqrt[n]{\frac{\sum_{i=1}^N P^n * sti}{N}} \quad \text{Donde } N=12 \text{ y } n=3 \text{ para una prueba estándar}$$

El Flicker depende fundamentalmente de la Amplitud, Frecuencia y duración de las perturbaciones que lo originan. Estas oscilan en un intervalo de Frecuencia que va de (0.5 – 30 Hz). La UIE a elaborado un criterio de evaluación de Flicker y un medidor de Flicker para su aplicación que a sido adoptado por la CEI. Este medidor permite conocer el nivel de percepción que experimentaría el usuario que esta observando esta perturbación de Voltaje. El límite de percepción es Pst = 1 (p.u.).

Figura 30. Gráfica de porcentaje de variación de Voltaje versus número de fluctuaciones por minuto



Fuente: Grupo de Electrónica de Potencia, Calidad de la Energía Eléctrica

La gráfica anterior muestra el límite de perceptibilidad ($P_{st} = 1$), percibido por el 50% de las personas sometidas al experimento. Aplicable solamente a fluctuaciones de Tensión de la misma Amplitud y rectangulares. La curva se obtuvo utilizando lámparas de gas con filamento enrollado de 60 Watts.

8. MEDICIONES DE CAMPO DE EFECTO FLICKER EN LA CIUDAD CAPITAL GUATEMALA

8.1 Mediciones en el Centro Comercial Galerías Prima, ubicado en la Calzada Roosevelt, Ciudad de Guatemala

Las mediciones se llevaron a cabo en el punto de acoplamiento común entre el usuario y la Red, donde tenemos un banco trifásico de Transformadores en conexión estrella 120/208 Voltios; con el aparato de medición **POWER GUIA 440S**. Las medidas que a continuación se presentan son exclusivamente de los índices de perceptibilidad Pst y Plt, así como las fluctuaciones de Tensión y Corriente que se presentaron en cada una de las tres fases A, B y C; con fecha 14 de mayo del 2008, en las horas que se indican en las columnas con intervalos de tiempo de 5 minutos entre ellas.

**Tabla VII. Índices de perceptibilidad Pst y Plt en cada una de las fases (A, B y C)
en el Centro Comercial Galerías Prima**

Tiempo	APst	BPst	CPst	APlt	BPlt	CPlt
5/14/08 11:00						
5/14/08 11:05						
5/14/08 11:10	0.23671	0.24234	0.25012	0	0	0
5/14/08 11:15						
5/14/08 11:20	0.23441	0.24626	0.27213	0	0	0
5/14/08 11:25						
5/14/08 11:30	0.13031	0.13422	0.14761	0	0	0
5/14/08 11:35						
5/14/08 11:40	0.13042	0.13053	0.13565	0	0	0
5/14/08 11:45						
5/14/08 11:50	0.10688	0.11999	0.12199	0	0	0
5/14/08 11:55						
5/14/08 12:00	0.29913	0.2701	0.25534	0	0	0
5/14/08 12:05						

5/14/08 12:10	0.21645	0.22708	0.21727	0	0	0
5/14/08 12:15						
5/14/08 12:20	0.22931	0.24011	0.23851	0	0	0
5/14/08 12:25						
5/14/08 12:30	0.26624	0.24845	0.25652	0	0	0
5/14/08 12:35						
5/14/08 12:40	0.14534	0.14386	0.15414	0	0	0
5/14/08 12:45						
5/14/08 12:50	0.14092	0.14752	0.15251	0.21428	0.21218	0.2159
5/14/08 12:55						
5/14/08 13:00	0.10911	0.12374	0.10933	0.20724	0.20554	0.20878
5/14/08 13:05						
5/14/08 13:10	0.26181	0.25022	0.25482	0.21021	0.20649	0.20934
5/14/08 13:15						
5/14/08 13:20	0.24961	0.2298	0.22541	0.21189	0.20465	0.20368
5/14/08 13:25						
5/14/08 13:30	0.23095	0.2291	0.22878	0.21796	0.21083	0.20939
5/14/08 13:35						
5/14/08 13:40	0.15717	0.14286	0.14479	0.21893	0.21127	0.20973
5/14/08 13:45						
5/14/08 13:50	0.12557	0.13405	0.13228	0.21937	0.21169	0.21004
5/14/08 13:55						
5/14/08 14:00	0.29599	0.23984	0.2302	0.21888	0.20795	0.20721
5/14/08 14:05						
5/14/08 14:10	0.22684	0.22159	0.20406	0.21978	0.20742	0.20606
5/14/08 14:15						
5/14/08 14:20	0.14203	0.14196	0.14642	0.21434	0.20008	0.199
5/14/08 14:25						
5/14/08 14:30	0.11842	0.11613	0.12591	0.2034	0.19003	0.18796
5/14/08 14:35						
5/14/08 14:40	0.25519	0.23027	0.22415	0.21212	0.19687	0.19375
5/14/08 14:45						
5/14/08 14:50	0.22757	0.22149	0.22172	0.21752	0.20221	0.19905
5/14/08 14:55						
5/14/08 15:00	0.24787	0.24716	0.2294	0.22541	0.21081	0.20632
5/14/08 15:05						
5/14/08 15:10	0.2396	0.20929	0.19881	0.2231	0.20668	0.20049
5/14/08 15:15						
5/14/08 15:20	0.14367	0.15047	0.15821	0.21584	0.20083	0.19518
5/14/08 15:25						
5/14/08 15:30	0.13847	0.13588	0.13374	0.2099	0.19406	0.18793
5/14/08 15:35						
5/14/08 15:40	0.1299	0.12793	0.12887	0.20885	0.19345	0.18721
5/14/08 15:45						
5/14/08 15:50	0.11351	0.12388	0.1182	0.2085	0.19306	0.18668
5/14/08 15:55						

5/14/08 16:00	0.1285	0.13438	0.12939	0.19203	0.18419	0.17831
5/14/08 16:05						
5/14/08 16:10	0.12271	0.13083	0.12939	0.18433	0.17682	0.17261
5/14/08 16:15						
5/14/08 16:20	0.25805	0.24234	0.28047	0.19536	0.1864	0.1887
5/14/08 16:25						
5/14/08 16:30	0.30404	0.30424	0.30209	0.21298	0.20562	0.20685
5/14/08 16:35						
5/14/08 16:40	0.27102	0.27485	0.26239	0.21496	0.21109	0.21117
5/14/08 16:45						
5/14/08 16:50	0.2041	0.18538	0.21209	0.21298	0.20825	0.21032
5/14/08 16:55						
5/14/08 17:00	0.14625	0.14482	0.1434	0.20528	0.20022	0.20442
5/14/08 17:05						
5/14/08 17:10	0.13419	0.13648	0.13502	0.19752	0.19552	0.20078
5/14/08 17:15						
5/14/08 17:20	0.09094	0.09249	0.09782	0.19595	0.19359	0.19868
5/14/08 17:25						
5/14/08 17:30	0.28856	0.26345	0.28583	0.21033	0.20465	0.21244
5/14/08 17:35						
5/14/08 17:40	0.27451	0.29616	0.28701	0.22136	0.2194	0.22492
5/14/08 17:45						
5/14/08 17:50	0.23901	0.24972	0.2649	0.22806	0.22703	0.23387
5/14/08 17:55						
5/14/08 18:00	0.16752	0.18	0.1759	0.22942	0.22885	0.23552
5/14/08 18:05						
5/14/08 18:10	0.13725	0.09834	0.12386	0.22982	0.22816	0.23538
5/14/08 18:15						
5/14/08 18:20	0.1073	0.11839	0.11069	0.2211	0.22124	0.22451
5/14/08 18:25						
5/14/08 18:30	0.1406	0.15523	0.16926	0.20566	0.20641	0.21122
5/14/08 18:35						
5/14/08 18:40	0.7761	0.6668	0.28461	0.3583	0.3167	0.21428
5/14/08 18:45						
5/14/08 18:50	0.6582	0.27013	0.7852	0.4103	0.3204	0.3669
5/14/08 18:55						
5/14/08 19:00	0.24302	0.25623	0.22377	0.4121	0.324	0.3686
5/14/08 19:05						
5/14/08 19:10	0.23482	0.23369	0.23497	0.4138	0.3267	0.3707
5/14/08 19:15						
5/14/08 19:20	0.21819	0.23236	0.23799	0.4154	0.3298	0.3732
5/14/08 19:25						
5/14/08 19:30	0.15971	0.16906	0.14764	0.4121	0.3263	0.3692
5/14/08 19:35						
5/14/08 19:40	0.13872	0.12132	0.12449	0.4092	0.3198	0.3647
5/14/08 19:45						

5/14/08 19:50	0.13432	0.13043	0.13109	0.4073	0.31617	0.3613
5/14/08 19:55						
5/14/08 20:00	0.10883	0.10672	0.1151	0.4067	0.3149	0.3604
5/14/08 20:05						
5/14/08 20:10	0.26133	0.21793	0.27077	0.4093	0.3175	0.3642
5/14/08 20:15						
5/14/08 20:20	0.3167	0.30038	0.24807	0.4143	0.3244	0.3671
5/14/08 20:25						
5/14/08 20:30	0.17962	0.18206	0.15828	0.4148	0.325	0.3669
5/14/08 20:35						
5/14/08 20:40	0.22827	0.22927	0.22784	0.322	0.21981	0.3646
5/14/08 20:45						
5/14/08 20:50	0.13363	0.12348	0.12369	0.21413	0.20904	0.20232
5/14/08 20:55						
5/14/08 21:00	0.1314	0.13212	0.13829	0.20655	0.19936	0.19634
5/14/08 21:05						
5/14/08 21:10	0.07351	0.07055	0.07332	0.19803	0.19029	0.18683
5/14/08 21:15						
5/14/08 21:20	0.27252	0.26202	0.26087	0.20478	0.19438	0.19016
5/14/08 21:25						
5/14/08 21:30	0.27834	0.26817	0.2665	0.21576	0.20447	0.20154
5/14/08 21:35						
5/14/08 21:40	0.29337	0.25866	0.2682	0.22846	0.2143	0.21278
5/14/08 21:45						
5/14/08 21:50	0.3265	0.29071	0.30244	0.24455	0.22704	0.22735
5/14/08 21:55						
5/14/08 22:00	0.2493	0.18798	0.18366	0.25098	0.22994	0.22982
5/14/08 22:05						
5/14/08 22:10	0.12791	0.09738	0.09661	0.24382	0.22486	0.21938
5/14/08 22:15						
5/14/08 22:20	0.09276	0.08491	0.08552	0.2284	0.20926	0.21059
5/14/08 22:25						
5/14/08 22:30	0.22569	0.27033	0.23358	0.23141	0.21761	0.21595
5/14/08 22:35						
5/14/08 22:40	0.3321	0.29144	0.27859	0.24358	0.22483	0.22163
5/14/08 22:45						
5/14/08 22:50	0.31203	0.343	0.30985	0.25604	0.24425	0.23638
5/14/08 22:55						
5/14/08 23:00	0.3349	0.3571	0.31016	0.27019	0.26292	0.2492
5/14/08 23:05						
5/14/08 23:10	0.18151	0.15769	0.18442	0.27231	0.26433	0.25179
5/14/08 23:15						
5/14/08 23:20	0.11333	0.11294	0.1101	0.26508	0.25758	0.24439
5/14/08 23:25						
5/14/08 23:30	0.07455	0.07484	0.07672	0.25645	0.24945	0.23547
5/14/08 23:35						

5/14/08 23:40	0.17952	0.17724	0.15477	0.24794	0.24408	0.2274
5/14/08 23:45						
5/14/08 23:50	0.3262	0.3431	0.30147	0.24789	0.25125	0.22725
5/14/08 23:55						

Fuente: Comercializadora Eléctrica del Sur

Tabla VIII. Voltajes rms mínimo, promedio y máximo en cada una de las fases (A, B y C), en el Centro Comercial Galerías Prima

Tiempo	AVrmsMáx	AVrmsPro	AVrmsMin	BVrmsMáx	BVrmsPro
5/14/08 11:00					
5/14/08 11:05					
5/14/08 11:10	123.18	122.55	121.65	123.7	122.94
5/14/08 11:15					
5/14/08 11:20	123.11	122.7	121.94	123.54	123.07
5/14/08 11:25					
5/14/08 11:30	122.93	122.63	122.11	123.34	123.05
5/14/08 11:35					
5/14/08 11:40	122.8	122.49	121.97	123.38	123.09
5/14/08 11:45					
5/14/08 11:50	122.93	122.64	122.24	123.37	123.08
5/14/08 11:55					
5/14/08 12:00	123.2	122.65	121.92	123.89	123.14
5/14/08 12:05					
5/14/08 12:10	124.08	123.46	122.8	124.78	124.17
5/14/08 12:15					
5/14/08 12:20	124.1	123.62	122.96	124.83	124.26
5/14/08 12:25					
5/14/08 12:30	124.2	123.61	122.98	124.89	124.27
5/14/08 12:35					
5/14/08 12:40	123.89	123.55	122.87	124.56	124.1
5/14/08 12:45					
5/14/08 12:50	123.69	123.4	122.31	124.41	124.07
5/14/08 12:55					
5/14/08 13:00	123.6	122.95	122.34	124.39	123.6
5/14/08 13:05					

5/14/08 13:10	123.32	122.88	122.06	123.89	123.45
5/14/08 13:15					
5/14/08 13:20	122.87	122.33	121.54	123.38	122.89
5/14/08 13:25					
5/14/08 13:30	122.91	122.22	121.44	122.99	122.61
5/14/08 13:35					
5/14/08 13:40	122.47	122.11	121.05	122.85	122.46
5/14/08 13:45					
5/14/08 13:50	122.28	122.06	121.58	124.13	123.35
5/14/08 13:55					
5/14/08 14:00	122.26	121.82	121.07	123.87	123.35
5/14/08 14:05					
5/14/08 14:10	122.27	121.85	121.19	123.68	123.29
5/14/08 14:15					
5/14/08 14:20	122.81	122.41	121.39	124.01	123.64
5/14/08 14:25					
5/14/08 14:30	122.83	122.5	122.02	123.85	123.57
5/14/08 14:35					
5/14/08 14:40	123.1	122.69	122.05	124.27	123.74
5/14/08 14:45					
5/14/08 14:50	123.12	122.63	121.93	124.22	123.76
5/14/08 14:55					
5/14/08 15:00	122.99	122.5	121.85	124.11	123.67
5/14/08 15:05					
5/14/08 15:10	123.12	122.71	122.12	124.19	123.83
5/14/08 15:15					
5/14/08 15:20	123.02	122.67	122.08	124.05	123.75
5/14/08 15:25					
5/14/08 15:30	123.01	122.69	122.14	124.09	123.78
5/14/08 15:35					
5/14/08 15:40	123.07	122.78	122.11	124.36	123.98
5/14/08 15:45					
5/14/08 15:50	123.43	123.09	122.32	124.46	124.11
5/14/08 15:55					
5/14/08 16:00	123.81	123.39	122.57	124.62	124.26
5/14/08 16:05					
5/14/08 16:10	124.01	123.61	122.09	124.69	124.05
5/14/08 16:15					
5/14/08 16:20	124.04	123.55	122.71	124.36	123.88
5/14/08 16:25					
5/14/08 16:30	123.52	123.09	122.23	124.1	123.63
5/14/08 16:35					
5/14/08 16:40	123.5	123.06	122.32	124.1	123.66
5/14/08 16:45					
5/14/08 16:50	123.75	123.3	122.66	124.35	123.94
5/14/08 16:55					

5/14/08 17:00	124.14	123.45	122.68	124.67	124.15
5/14/08 17:05					
5/14/08 17:10	123.75	123.26	122.72	124.41	123.82
5/14/08 17:15					
5/14/08 17:20	123.81	123.5	123.05	124.23	123.93
5/14/08 17:25					
5/14/08 17:30	123.71	123.21	122.56	124.22	123.68
5/14/08 17:35					
5/14/08 17:40	124.07	123.55	122.53	124.28	123.82
5/14/08 17:45					
5/14/08 17:50	123.97	123.56	122.98	124.14	123.76
5/14/08 17:55					
5/14/08 18:00	124	123.6	123.1	124.38	123.91
5/14/08 18:05					
5/14/08 18:10	124.09	123.01	121.95	124.5	123.43
5/14/08 18:15					
5/14/08 18:20	122.53	122.07	121.38	123.09	122.7
5/14/08 18:25					
5/14/08 18:30	123.8	122.86	121.16	123.54	123.03
5/14/08 18:35					
5/14/08 18:40	123.45	122.64	114.67	123.52	122.97
5/14/08 18:45					
5/14/08 18:50	123.52	123	116.32	123.89	123.36
5/14/08 18:55					
5/14/08 19:00	124.04	123.43	122.86	124.27	123.77
5/14/08 19:05					
5/14/08 19:10	123.92	123.46	122.95	124.48	124.05
5/14/08 19:15					
5/14/08 19:20	123.94	123.49	122.98	124.46	124
5/14/08 19:25					
5/14/08 19:30	123.95	123.52	123	124.46	124
5/14/08 19:35					
5/14/08 19:40	124.03	123.62	123.01	124.48	123.98
5/14/08 19:45					
5/14/08 19:50	123.66	123.31	122.78	124.19	123.91
5/14/08 19:55					
5/14/08 20:00	123.98	123.6	123.09	124.49	124.12
5/14/08 20:05					
5/14/08 20:10	124.98	124.2	123.18	125.2	124.52
5/14/08 20:15					
5/14/08 20:20	125.5	124.76	122.87	125.79	125.18
5/14/08 20:25					
5/14/08 20:30	125.74	125.22	124.59	126.05	125.51
5/14/08 20:35					
5/14/08 20:40	125.52	125.14	124.52	125.81	125.43
5/14/08 20:45					

5/14/08 20:50	125.87	125.48	125.04	126.17	125.71
5/14/08 20:55					
5/14/08 21:00	125.72	124.59	123.9	126.31	124.92
5/14/08 21:05					
5/14/08 21:10	125.14	124.81	124.41	125.39	125.06
5/14/08 21:15					
5/14/08 21:20	125.57	124.76	123.73	125.66	124.95
5/14/08 21:25					
5/14/08 21:30	124.75	124.38	123.79	125.11	124.7
5/14/08 21:35					
5/14/08 21:40	124.83	124.31	123.65	125.12	124.57
5/14/08 21:45					
5/14/08 21:50	124.76	124.27	123.61	125.03	124.55
5/14/08 21:55					
5/14/08 22:00	125.14	124.7	123.8	125.3	124.91
5/14/08 22:05					
5/14/08 22:10	125.12	124.73	124.22	125.37	125
5/14/08 22:15					
5/14/08 22:20	125.56	124.95	124.18	125.75	125.15
5/14/08 22:25					
5/14/08 22:30	125.27	124.88	124.26	125.72	125.18
5/14/08 22:35					
5/14/08 22:40	125.5	124.81	123.42	125.8	125.09
5/14/08 22:45					
5/14/08 22:50	124.99	124.33	123.24	125.25	124.68
5/14/08 22:55					
5/14/08 23:00	125.34	124.9	124.22	125.67	125.15
5/14/08 23:05					
5/14/08 23:10	125.79	125.46	124.95	126.07	125.71
5/14/08 23:15					
5/14/08 23:20	125.94	125.41	124.25	126.34	125.77
5/14/08 23:25					
5/14/08 23:30	124.78	124.53	124.17	124.93	124.71
5/14/08 23:35					
5/14/08 23:40	125.09	124.56	123.75	125.28	124.7
5/14/08 23:45					
5/14/08 23:50	125.4	124.6	122.89	125.6	124.77
5/14/08 23:55					

Tiempo	BVrmsMin	CVrmsMáx	CVrmsPro	CVrmsMin
5/14/08 11:00				
5/14/08 11:05				
5/14/08 11:10	122.06	123.05	122.48	121.65
5/14/08 11:15				
5/14/08 11:20	122.29	123.04	122.54	121.75

5/14/08 11:25				
5/14/08 12:05				
5/14/08 12:10	123.46	124.43	123.62	122.64
5/14/08 12:15				
5/14/08 12:20	123.63	124.53	123.92	123.15
5/14/08 12:25				
5/14/08 12:30	123.61	124.28	123.85	123.09
5/14/08 12:35				
5/14/08 12:40	123.58	124.26	123.78	123.02
5/14/08 12:45				
5/14/08 12:50	122.97	123.87	123.55	122.5
5/14/08 12:55				
5/14/08 13:00	122.99	123.81	123.09	122.51
5/14/08 13:05				
5/14/08 13:10	122.66	123.32	122.87	122.07
5/14/08 13:15				
5/14/08 13:20	122.06	122.79	122.32	121.61
5/14/08 13:25				
5/14/08 13:30	121.9	122.85	122.32	121.46
5/14/08 13:35				
5/14/08 13:40	121.32	122.65	122.19	121.09
5/14/08 13:45				
5/14/08 13:50	121.88	123.72	123.01	121.62
5/14/08 13:55				
5/14/08 14:00	122.79	123.51	123.05	122.47
5/14/08 14:05				
5/14/08 14:10	122.57	123.35	122.94	122.24
5/14/08 14:15				
5/14/08 14:20	122.76	123.28	122.89	122.38
5/14/08 14:25				
5/14/08 14:30	123	123.21	122.88	122.39
5/14/08 14:35				
5/14/08 14:40	123.07	123.56	123.11	122.46
5/14/08 14:45				
5/14/08 14:50	123.18	123.57	123.11	122.54
5/14/08 14:55				
5/14/08 15:00	122.9	123.42	122.99	122.36
5/14/08 15:05				
5/14/08 15:10	123.22	123.53	123.18	122.59
5/14/08 15:15				
5/14/08 15:20	123.22	123.51	123.2	122.56
5/14/08 15:25				
5/14/08 15:30	123.25	123.49	123.15	122.54
5/14/08 15:35				
5/14/08 15:40	123.46	123.73	123.4	122.92
5/14/08 15:45				

5/14/08 15:50	123.44	123.79	123.5	122.71
5/14/08 15:55				
5/14/08 16:00	123.37	124.11	123.68	122.79
5/14/08 16:05				
5/14/08 16:10	122.58	124.2	123.84	122.48
5/14/08 16:15				
5/14/08 16:20	123.13	124.19	123.71	122.85
5/14/08 16:25				
5/14/08 16:30	122.89	123.84	123.39	122.48
5/14/08 16:35				
5/14/08 16:40	122.95	123.85	123.35	122.58
5/14/08 16:45				
5/14/08 16:50	123.31	124.03	123.61	123
5/14/08 16:55				
5/14/08 17:00	123.59	124.26	123.83	123.16
5/14/08 17:05				
5/14/08 17:10	123.16	124.36	123.61	122.87
5/14/08 17:15				
5/14/08 17:20	123.45	124.04	123.77	123.31
5/14/08 17:25				
5/14/08 17:30	122.95	123.93	123.44	122.7
5/14/08 17:35				
5/14/08 17:40	122.83	124.13	123.63	122.59
5/14/08 17:45				
5/14/08 17:50	123.12	123.99	123.6	122.91
5/14/08 17:55				
5/14/08 18:00	123.18	123.99	123.66	122.97
5/14/08 18:05				
5/14/08 18:10	122.58	124.2	122.84	121.82
5/14/08 18:15				
5/14/08 18:20	121.84	122.8	122.22	121.28
5/14/08 18:25				
5/14/08 18:30	122.16	123.57	122.71	121.71
5/14/08 18:35				
5/14/08 18:40	116.3	123.15	122.54	119.55
5/14/08 18:45				
5/14/08 18:50	120.49	123.62	123.11	115.4
5/14/08 18:55				
5/14/08 19:00	123.16	124.03	123.48	122.75
5/14/08 19:05				
5/14/08 19:10	123.26	123.91	123.49	122.99
5/14/08 19:15				
5/14/08 19:20	123.45	124.04	123.55	122.9
5/14/08 19:25				
5/14/08 19:30	123.3	124.3	123.75	123.16
5/14/08 19:35				

5/14/08 19:40	123.52	124.29	123.67	123.03
5/14/08 19:45				
5/14/08 19:50	123.34	123.68	123.32	122.76
5/14/08 19:55				
5/14/08 20:00	123.54	124.2	123.8	123.07
5/14/08 20:05				
5/14/08 20:10	123.63	124.94	124.29	123.29
5/14/08 20:15				
5/14/08 20:20	123.08	125.36	124.71	123.32
5/14/08 20:25				
5/14/08 20:30	124.69	125.57	125.06	124.36
5/14/08 20:35				
5/14/08 20:40	124.73	125.48	125.04	124.25
5/14/08 20:45				
5/14/08 20:50	125.26	125.91	125.47	125.13
5/14/08 20:55				
5/14/08 21:00	124.17	125.73	124.62	123.94
5/14/08 21:05				
5/14/08 21:10	124.73	125.13	124.81	124.46
5/14/08 21:15				
5/14/08 21:20	123.95	125.42	124.76	123.83
5/14/08 21:25				
5/14/08 21:30	124.13	124.93	124.44	123.87
5/14/08 21:35				
5/14/08 21:40	123.89	124.86	124.36	123.64
5/14/08 21:45				
5/14/08 21:50	123.94	124.83	124.34	123.7
5/14/08 21:55				
5/14/08 22:00	124.12	125.19	124.78	123.97
5/14/08 22:05				
5/14/08 22:10	124.59	125.29	124.9	124.49
5/14/08 22:15				
5/14/08 22:20	124.5	125.74	125.07	124.46
5/14/08 22:25				
5/14/08 22:30	124.52	125.72	125.07	124.42
5/14/08 22:35				
5/14/08 22:40	123.66	125.85	125.09	123.69
5/14/08 22:45				
5/14/08 22:50	123.47	125.33	124.6	123.42
5/14/08 22:55				
5/14/08 23:00	124.37	125.83	125.15	124.51
5/14/08 23:05				
5/14/08 23:10	125.25	126.1	125.73	125.16
5/14/08 23:15				
5/14/08 23:20	124.49	126.24	125.68	124.23
5/14/08 23:25				

5/14/08 23:30	124.26	124.63	124.42	123.98
5/14/08 23:35				
5/14/08 23:40	123.8	125.02	124.47	123.57
5/14/08 23:45				
5/14/08 23:50	123.38	125.29	124.51	123.19
5/14/08 23:55				

Fuente: Comercializadora Eléctrica del Sur

Tabla IX. Corrientes rms mínimo, promedio y máximo en cada una de las fases (A, B y C), en el Centro Comercial Galerías Prima

Tiempo	AIrmsMáx	AIrmsPro	AIrmsMin	BIrmsMáx	BIrmsPro
5/14/08 11:00					
5/14/08 11:05					
5/14/08 11:10	1141	1019.2	984.6	1155.9	1033.7
5/14/08 11:15					
5/14/08 11:20	1135.9	1017.2	977.3	1184.3	1037.9
5/14/08 11:25					
5/14/08 11:30	1149.5	1016.5	982.7	1175.3	1039.6
5/14/08 11:35					
5/14/08 11:40	1166.7	1038.4	1002.1	1191.2	1063.7
5/14/08 11:45					
5/14/08 11:50	1134.1	1013.9	979.3	1182.1	1056.6
5/14/08 11:55					
5/14/08 12:00	1149.6	1048.7	989.9	1195.5	1071.9
5/14/08 12:05					
5/14/08 12:10	1194.7	1082.6	1041.6	1185.7	1066
5/14/08 12:15					
5/14/08 12:20	1222.3	1074.3	1009.4	1182.2	1045.2
5/14/08 12:25					
5/14/08 12:30	1170.3	1052.1	992.9	1196.7	1078.3
5/14/08 12:35					
5/14/08 12:40	1210.4	1066.2	1006.8	1207.5	1053.9
5/14/08 12:45					
5/14/08 12:50	1207.5	1064.6	1024.4	1233.2	1075.5
5/14/08 12:55					
5/14/08 13:00	1215.4	1067.4	1029.2	1218.1	1082.1
5/14/08 13:05					
5/14/08 13:10	1157.3	1029.3	964.8	1198.4	1064.2
5/14/08 13:15					
5/14/08 13:20	1159.6	1031.3	988.8	1181.1	1089
5/14/08 13:25					
5/14/08 13:30	1157.5	1026.5	975.6	1207	1068.4

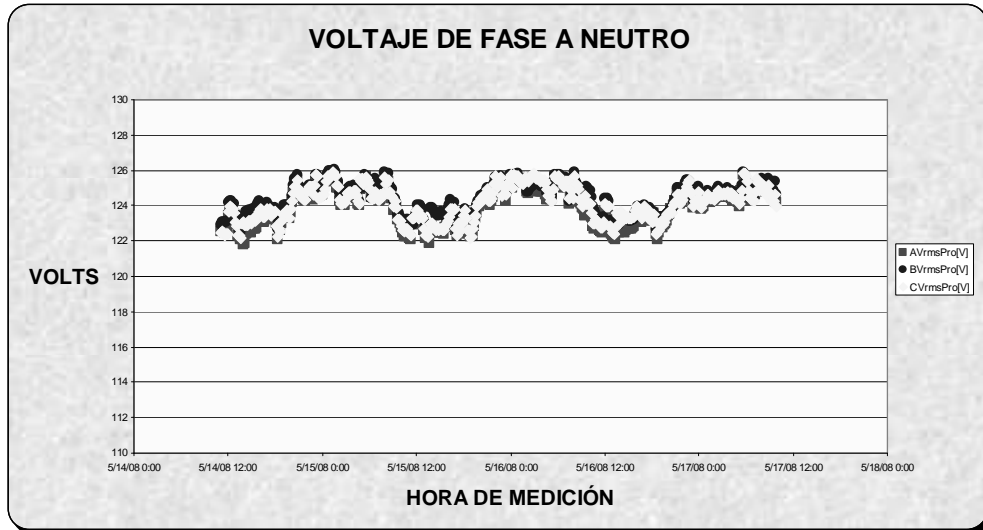
5/14/08 13:35					
5/14/08 13:40	1173.4	1032.1	989.2	1217.6	1073
5/14/08 13:45					
5/14/08 13:50	1178.2	1042.7	994.7	1231.6	1094
5/14/08 13:55					
5/14/08 14:00	1207.2	1089.4	1041.3	1195.5	1065
5/14/08 14:05					
5/14/08 14:10	1209.5	1056.6	1000.5	1223	1078.1
5/14/08 14:15					
5/14/08 14:20	1204.4	1067.3	1021.7	1209.1	1089
5/14/08 14:25					
5/14/08 14:30	1115.7	1017	951.2	1194	1067.8
5/14/08 14:35					
5/14/08 14:40	1115.6	984.6	936.9	1190.3	1036.8
5/14/08 14:45					
5/14/08 14:50	1129.7	991	941.5	1166.3	1012.8
5/14/08 14:55					
5/14/08 15:00	1109.4	995.8	940	1129.6	1010.6
5/14/08 15:05					
5/14/08 15:10	1140.5	1006.2	956.4	1135.9	1017.4
5/14/08 15:15					
5/14/08 15:20	1145.4	1029.9	980.1	1165.1	1044.8
5/14/08 15:25					
5/14/08 15:30	1164	1005.2	954.3	1142.2	1026.6
5/14/08 15:35					
5/14/08 15:40	1203	1066.3	1003.6	1167.9	1038
5/14/08 15:45					
5/14/08 15:50	1203.1	1066.9	1007.6	1136.9	1020.2
5/14/08 15:55					
5/14/08 16:00	1173.1	1041.5	982.9	1159.8	1037.3
5/14/08 16:05					
5/14/08 16:10	1144.3	1020.6	978.4	1159.7	1036
5/14/08 16:15					
5/14/08 16:20	1113.4	1008.2	963.6	1154.8	1033.9
5/14/08 16:25					
5/14/08 16:30	1175.7	1044.6	979.2	1160.1	1030.1
5/14/08 16:35					
5/14/08 16:40	1170.3	1067.7	1019.9	1160.9	1056
5/14/08 16:45					
5/14/08 16:50	1203.1	1077	1024.6	1175.4	1052.1
5/14/08 16:55					
5/14/08 17:00	1174.2	1036.9	999.7	1198.8	1058
5/14/08 17:05					
5/14/08 17:10	1193.1	1078.1	1036.2	1186.7	1045.7
5/14/08 17:15					
5/14/08 17:20	1177.7	1080.4	1038.2	1179.7	1075

5/14/08 17:25					
5/14/08 17:30	1236.1	1084.3	1038.3	1225.7	1078.1
5/14/08 17:35					
5/14/08 17:40	1201.9	1047.4	1000.7	1231.9	1086.4
5/14/08 17:45					
5/14/08 17:50	1178	1066.9	1014.1	1240.9	1117.8
5/14/08 17:55					
5/14/08 18:00	1243	1095.6	1057.1	1287.3	1139.2
5/14/08 18:05					
5/14/08 18:10	1183.4	1098.3	1044.9	1278.1	1175.2
5/14/08 18:15					
5/14/08 18:20	1257.8	1138.9	1083.8	1295	1174
5/14/08 18:25					
5/14/08 18:30	1313.5	1174	1127.9	1378.8	1177.4
5/14/08 18:35					
5/14/08 18:40	1309.9	1179.1	1039.3	1277.5	1182
5/14/08 18:45					
5/14/08 18:50	1317.4	1167.2	1116.6	1300.1	1145.4
5/14/08 18:55					
5/14/08 19:00	1272.5	1159.1	1122.4	1284.3	1141.1
5/14/08 19:05					
5/14/08 19:10	1292.5	1137.9	1078.2	1259.1	1099.4
5/14/08 19:15					
5/14/08 19:20	1207.7	1104.4	1046.8	1254.3	1104.8
5/14/08 19:25					
5/14/08 19:30	1206.2	1098.7	1059.1	1215.4	1109.4
5/14/08 19:35					
5/14/08 19:40	1221.4	1088.9	1024.5	1195	1076.3
5/14/08 19:45					
5/14/08 19:50	1170.1	1060.2	1007.2	1165.8	1033.5
5/14/08 19:55					
5/14/08 20:00	1083.9	963.7	896.7	1048	938.3
5/14/08 20:05					
5/14/08 20:10	992.1	737	610.8	978.9	737.2
5/14/08 20:15					
5/14/08 20:20	688.3	547.5	453.8	662.5	531.3
5/14/08 20:25					
5/14/08 20:30	508.1	450.2	430	512.1	445.7
5/14/08 20:35					
5/14/08 20:40	557.3	420.6	384.9	552.5	408.6
5/14/08 20:45					
5/14/08 20:50	452.3	390.8	379.8	430.6	364.3
5/14/08 20:55					
5/14/08 21:00	513	389.1	376.8	457.9	336.1
5/14/08 21:05					
5/14/08 21:10	442.9	374.9	362.5	397.2	333.7

5/14/08 21:15					
5/14/08 21:20	446	373.2	362	404.1	335.4
5/14/08 21:25					
5/14/08 21:30	442.1	378.4	364.4	379.4	315.46
5/14/08 21:35					
5/14/08 21:40	437.3	377.2	365.6	392.1	329
5/14/08 21:45					
5/14/08 21:50	487.7	377.1	365.1	453.5	323.9
5/14/08 21:55					
5/14/08 22:00	438	365.9	348.3	390	327.2
5/14/08 22:05					
5/14/08 22:10	418.6	362.4	350.9	379.5	313.52
5/14/08 22:15					
5/14/08 22:20	419.8	354.8	342.9	391.7	324.5
5/14/08 22:25					
5/14/08 22:30	423.5	363.1	346.1	379.4	310.08
5/14/08 22:35					
5/14/08 22:40	438.7	376.8	363.5	387.2	320.6
5/14/08 22:45					
5/14/08 22:50	445.6	383.6	370.7	387.1	314.53
5/14/08 22:55					
5/14/08 23:00	432.9	366.9	283.41	382.3	319.8
5/14/08 23:05					
5/14/08 23:10	345	283.07	275.98	311.42	236.71
5/14/08 23:15					
5/14/08 23:20	352.2	286.82	277	310.64	244.79
5/14/08 23:25					
5/14/08 23:30	395.3	278.5	265.47	368.5	230.91
5/14/08 23:35					
5/14/08 23:40	347.8	282.7	268.12	307.6	241.64
5/14/08 23:45					
5/14/08 23:50	347.7	282.18	273.33	311.16	236.9
5/14/08 23:55					

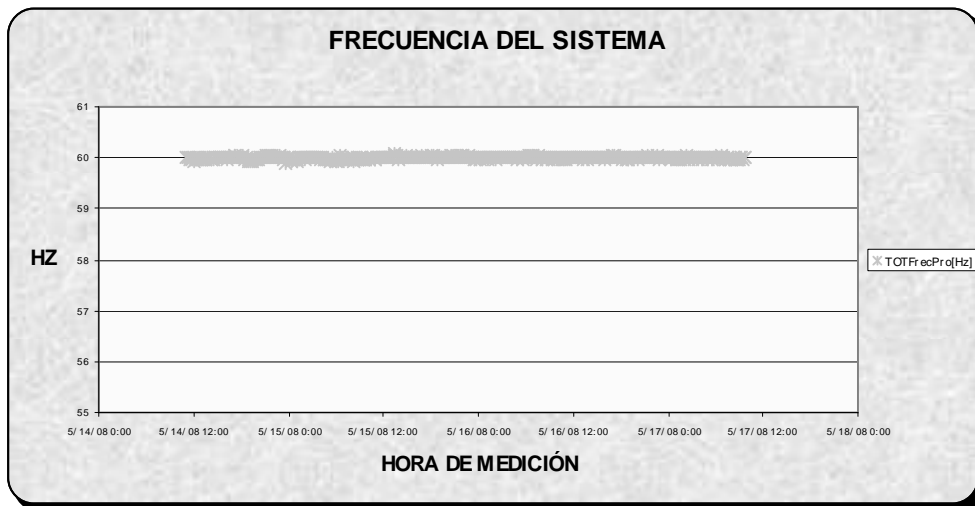
Fuente: Comercializadora Eléctrica del Sur

Figura 31. Voltaje de fase a neutro de las fases (A, B y C) en el Centro Comercial Galerías Prima



Fuente: Comercializadora Eléctrica del Sur

Figura 32. Frecuencia del sistema en el Centro Comercial Galerías Prima



Fuente: Comercializadora Eléctrica del Sur

CONCLUSIONES

El análisis de las mediciones realizadas en el Centro Comercial Galerías Prima, según las Normas IEC 61,000-4-15 demuestran que no hay efecto Flicker porque los índices de severidad de corta duración Pst y de larga duración Plt, están muy alejados de la unidad, razón por la cual estamos muy lejos de tener este problema; teniendo como mínimo valor de Plt cero que se llega a dar en las tres fases (A, B y C); y el máximo valor que llega a tomar es de 0.4154 en la fase A, a las 19:20 horas del 14 de mayo. Con lo que respecta al Pst el mínimo valor que llega a darse es de cero en las tres fases (A, B y C), y el máximo valor que llega a tomar es de 0.3571 en la fase B a las 23:00 horas del 14 de mayo. Por lo tanto esta instalación eléctrica cumple con las Normas IEC 61,000-4-15, IEEE 1159 y EN50160 por tener el aparato de medición POWER GUIA 440S incluidas estas normativas.

8.2 Mediciones de efecto Flicker en la Empresa Recipientes y Empaques de C. A. S. A. Km 30.5 Carretera al Pacífico

Medición realizada en el punto de acoplamiento común, en donde se encuentra un banco trifásico de Transformadores con conexión estrella delta 480 Voltios, con el instrumento de medición **POWER GUIA 440S**, realizadas el 5 de mayo del 2008, en las horas indicadas en las tablas con un intervalo de tiempo de 5 minutos entre cada medición.

Tabla X. Índices de perceptibilidad Pst y Plt en cada una de las fases (A, B y C), de la Empresa Recipientes y Empaques C. A. S. A.

Tiempo	APst	BPst	CPst	APlt	BPlt	CPlt
5-5-08 9:35						
5-5-08 9:40	10.032	5.604	5.546			
5-5-08 9:45						
5-5-08 9:50	0.6828	0.679	0.7045			

5-5-08 9:55						
5-5-08 10:00	0.23325	0.22645	0.24107			
5-5-08 10:05						
5-5-08 10:10	0.26679	0.24887	0.26602			
5-5-08 10:15						
5-5-08 10:20	0.2947	0.29055	0.29895			
5-5-08 10:25						
5-5-08 10:30	0.6421	0.5075	0.7757			
5-5-08 10:35						
5-5-08 10:40	0.322	0.3196	0.3286			
5-5-08 10:45				0.3463	0.30694	0.3889
5-5-08 10:50	0.26742	0.26901	0.26862			
5-5-08 10:55						
5-5-08 11:00	0.27965	0.26638	0.27815			
5-5-08 11:05						
5-5-08 11:10	0.21099	0.2212	0.21611			
5-5-08 11:15						
5-5-08 11:20	0.28592	0.26656	0.28404			
5-5-08 11:25						
5-5-08 11:30	0.27589	0.29703	0.27919			
5-5-08 11:35						
5-5-08 11:40	0.25551	0.23924	0.25632			
5-5-08 11:45				0.28172	0.27167	0.28249
5-5-08 11:50	0.27244	0.26218	0.28006			
5-5-08 11:55						
5-5-08 12:00	0.28717	0.26008	0.28647			
5-5-08 12:05						
5-5-08 12:10	0.3182	0.30964	0.30553			
5-5-08 12:15						
5-5-08 12:20	0.25049	0.2275	0.24003			
5-5-08 12:25						
5-5-08 12:30	0.29658	0.30649	0.29947			
5-5-08 12:35						
5-5-08 12:40	0.24297	0.20911	0.23361			
5-5-08 12:45				0.28239	0.26869	0.28091
5-5-08 12:50	0.26742	0.27899	0.27503			
5-5-08 12:55						
5-5-08 13:00	0.26962	0.25938	0.27018			
5-5-08 13:05						
5-5-08 13:10	0.23325	0.23451	0.24505			
5-5-08 13:15						
5-5-08 13:20	0.27777	0.25237	0.28023			
5-5-08 13:25						
5-5-08 13:30	0.27463	0.26691	0.2856			
5-5-08 13:35						
5-5-08 13:40	0.3295	0.30439	0.327			

5-5-08 13:45				0.5352	0.5306	0.555
5-5-08 13:50	0.274	0.27794	0.283			
5-5-08 13:55						
5-5-08 14:00	0.31068	0.2902	0.31195			
5-5-08 14:05						
5-5-08 14:10	0.19688	0.19773	0.19011			
5-5-08 14:15						
5-5-08 14:20	0.26617	0.24747	0.26013			
5-5-08 14:25						
5-5-08 14:30	0.29501	0.2916	0.29756			
5-5-08 14:35						
5-5-08 14:40	0.2646	0.26831	0.27538			
5-5-08 14:45				0.5131	0.5109	0.5351
5-5-08 14:50	0.30567	0.30281	0.3199			
5-5-08 14:55						
5-5-08 15:00	0.3166	0.2874	0.30831			
5-5-08 15:05						
5-5-08 15:10	0.3295	0.31192	0.3201			
5-5-08 15:15						
5-5-08 15:20	0.25049	0.23206	0.24713			
5-5-08 15:25						
5-5-08 15:30	0.25488	0.24992	0.25926			
5-5-08 15:35						
5-5-08 15:40	0.28247	0.26218	0.27937			
5-5-08 15:45				0.7004	0.6981	0.7299
5-5-08 15:50	0.27902	0.25745	0.27313			
5-5-08 15:55						
5-5-08 16:00	0.2994	0.27479	0.29132			
5-5-08 16:05						
5-5-08 16:10	0.29532	0.27339	0.28058			
5-5-08 16:15						
5-5-08 16:20	0.30159	0.27391	0.29912			
5-5-08 16:25						
5-5-08 16:30	0.25175	0.26848	0.25528			
5-5-08 16:35						
5-5-08 16:40	0.28435	0.26919	0.28907			
5-5-08 16:45				0.6485	0.6469	0.6772
5-5-08 16:50	0.27212	0.26568	0.27885			
5-5-08 16:55						
5-5-08 17:00	0.27212	0.26603	0.28127			
5-5-08 17:05						
5-5-08 17:10	0.4057	0.3983	0.4215			
5-5-08 17:15						
5-5-08 17:20	0.6769	0.6753	0.706			
5-5-08 17:25						
5-5-08 17:30	0.7023	0.7023	0.7312			

5-5-08 17:35						
5-5-08 17:40	0.6847	0.6783	0.7116			
5-5-08 17:45				0.5745	0.5671	0.5942
5-5-08 17:50	0.7098	0.7067	0.7384			
5-5-08 17:55						
5-5-08 18:00	0.6728	0.6645	0.696			
5-5-08 18:05						
5-5-08 18:10	0.7211	0.7258	0.7579			
5-5-08 18:15						
5-5-08 18:20	0.4301	0.4275	0.4476			
5-5-08 18:25						
5-5-08 18:30	0.27087	0.2599	0.27261			
5-5-08 18:35						
5-5-08 18:40	0.23764	0.21227	0.24107			
5-5-08 18:45				0.7361	0.7289	0.7621
5-5-08 18:50	0.537	0.5401	0.5729			
5-5-08 18:55						
5-5-08 19:00	0.3264	0.31157	0.3331			
5-5-08 19:05						
5-5-08 19:10	0.2461	0.255	0.25597			
5-5-08 19:15						
5-5-08 19:20	0.25927	0.24572	0.26082			
5-5-08 19:25						
5-5-08 19:30	0.20378	0.21121	0.21767			
5-5-08 19:35						
5-5-08 19:40	0.6308	0.6268	0.6553			
5-5-08 19:45				0.6044	0.5984	0.6262
5-5-08 19:50	0.7016	0.6974	0.728			
5-5-08 19:55						
5-5-08 20:00	0.6747	0.6681	0.6991			
5-5-08 20:05						
5-5-08 20:10	0.6988	0.693	0.726			
5-5-08 20:15						
5-5-08 20:20	0.6684	0.6653	0.692			
5-5-08 20:25						
5-5-08 20:30	0.6935	0.6886	0.7211			
5-5-08 20:35						
5-5-08 20:40	0.7236	0.7231	0.7565			
5-5-08 20:45				0.6904	0.6834	0.7139
5-5-08 20:50	0.722	0.7275	0.7565			
5-5-08 20:55						
5-5-08 21:00	0.7104	0.7091	0.7501			
5-5-08 21:05						
5-5-08 21:10	0.7229	0.7219	0.7565			
5-5-08 21:15						
5-5-08 21:20	0.7032	0.6977	0.7298			

5-5-08 21:25						
5-5-08 21:30	0.6979	0.6956	0.7227			
5-5-08 21:35						
5-5-08 21:40	0.6988	0.6946	0.7248			
5-5-08 21:45				0.6111	0.6095	0.6322
5-5-08 21:50	0.6947	0.6913	0.7254			
5-5-08 21:55						
5-5-08 22:00	0.6649	0.6627	0.6904			
5-5-08 22:05						
5-5-08 22:10	0.7088	0.7079	0.7353			
5-5-08 22:15						
5-5-08 22:20	0.69	0.6885	0.7166			
5-5-08 22:25						
5-5-08 22:30	0.7192	0.7217	0.7518			
5-5-08 22:35						
5-5-08 22:40	0.7223	0.7238	0.7594			
5-5-08 22:45				0.5229	0.5217	0.5409
5-5-08 22:50	0.6609	0.659	0.6904			
5-5-08 22:55						
5-5-08 23:00	0.6791	0.6766	0.7074			
5-5-08 23:05						
5-5-08 23:10	0.6869	0.6843	0.7133			
5-5-08 23:15						
5-5-08 23:20	0.6985	0.6944	0.7336			
5-5-08 23:25						
5-5-08 23:30	0.6173	0.6149	0.6514			
5-5-08 23:35						
5-5-08 23:40	0.4549	0.4475	0.4698			
5-5-08 23:45				0.5953	0.5909	0.6116
5-5-08 23:50	0.4903	0.4869	0.513			
5-5-08 23:55						

Fuente: Comercializadora Eléctrica del Sur

Tabla XI. Voltajes rms mínimo, promedio y máximo en cada una de las fases (A, B y C), en la Empresa Recipientes y Empaques C. A. S. A.

Tiempo	AVrmsMáx	AVrmsPro	AVrmsMin	BVrmsMáx	BVrmsPro
5-5-08 9:35					
5-5-08 9:40	278.54	261.07	0.14761	279.92	275.86
5-5-08 9:45					
5-5-08 9:50	276.96	275.62	266.91	277.52	275.68

5-5-08 9:55					
5-5-08 10:00	276.35	275.23	271.55	277.03	275.73
5-5-08 10:05					
5-5-08 10:10	276.82	275.48	272.98	276.84	275.44
5-5-08 10:15					
5-5-08 10:20	276.65	275.48	271.65	277.61	275.66
5-5-08 10:25					
5-5-08 10:30	277.2	274.03	263.78	277.16	273.95
5-5-08 10:35					
5-5-08 10:40	273.32	271.64	267.49	273.42	271.78
5-5-08 10:45					
5-5-08 10:50	278.28	274.93	271.61	279.65	274.73
5-5-08 10:55					
5-5-08 11:00	280.96	278.88	272.97	281.38	279.15
5-5-08 11:05					
5-5-08 11:10	279.99	278.9	277.19	281.07	278.86
5-5-08 11:15					
5-5-08 11:20	279.7	278.72	274.53	279.99	278.83
5-5-08 11:25					
5-5-08 11:30	279.63	278.55	274.82	280.57	278.56
5-5-08 11:35					
5-5-08 11:40	279.52	278.6	276.27	280.05	278.74
5-5-08 11:45					
5-5-08 11:50	279.83	278.12	274.38	279.78	278.02
5-5-08 11:55					
5-5-08 12:00	280.08	278.78	275.44	279.76	278.72
5-5-08 12:05					
5-5-08 12:10	281.34	279.89	275.73	282.3	279.77
5-5-08 12:15					
5-5-08 12:20	280.38	279.36	277.26	280.9	279.53
5-5-08 12:25					
5-5-08 12:30	279.98	278.38	272.92	280.2	278.44
5-5-08 12:35					
5-5-08 12:40	279.22	277.99	275.79	279.7	278.06
5-5-08 12:45					
5-5-08 12:50	278.75	277.05	273.52	279.12	277.16
5-5-08 12:55					
5-5-08 13:00	277.65	276.29	272.36	278.27	276.44
5-5-08 13:05					
5-5-08 13:10	276.55	275.01	272.07	277.23	275.01
5-5-08 13:15					
5-5-08 13:20	275.28	274.34	272.28	275.41	274.28
5-5-08 13:25					
5-5-08 13:30	275.25	274.23	272.07	275.76	274.09
5-5-08 13:35					
5-5-08 13:40	275.4	274.26	269.61	275.45	274.15

5-5-08 13:45					
5-5-08 13:50	275.45	274.19	271.45	275.88	273.89
5-5-08 13:55					
5-5-08 14:00	275.26	274.15	268.92	274.86	273.75
5-5-08 14:05					
5-5-08 14:10	275.48	274.21	271.58	275.44	273.97
5-5-08 14:15					
5-5-08 14:20	275.49	274.5	272.06	275.31	274.27
5-5-08 14:25					
5-5-08 14:30	275.82	274.67	270.74	275.56	274.44
5-5-08 14:35					
5-5-08 14:40	276	274.7	272.37	275.68	274.4
5-5-08 14:45					
5-5-08 14:50	275.77	274.53	271.11	275.39	274.23
5-5-08 14:55					
5-5-08 15:00	275.81	274.41	271.98	275.28	274.15
5-5-08 15:05					
5-5-08 15:10	275.73	271.95	268.1	275.51	271.63
5-5-08 15:15					
5-5-08 15:20	275.19	273.25	270.62	275.04	273
5-5-08 15:25					
5-5-08 15:30	274.94	273.18	270.2	274.99	272.91
5-5-08 15:35					
5-5-08 15:40	273.75	272.69	269.99	273.71	272.55
5-5-08 15:45					
5-5-08 15:50	275.64	273.59	270.8	275.28	273.3
5-5-08 15:55					
5-5-08 16:00	275.82	274.27	271.78	275.53	274.08
5-5-08 16:05					
5-5-08 16:10	275.59	274.4	271.82	275.46	274.23
5-5-08 16:15					
5-5-08 16:20	275.82	274.63	271.78	275.88	274.46
5-5-08 16:25					
5-5-08 16:30	275.95	274.76	272.4	277.95	275.17
5-5-08 16:35					
5-5-08 16:40	276.54	275.21	272.77	276.54	275.44
5-5-08 16:45					
5-5-08 16:50	276.91	275.54	272.86	277.4	275.45
5-5-08 16:55					
5-5-08 17:00	276.78	275.49	271.39	276.62	275.59
5-5-08 17:05					
5-5-08 17:10	279.08	276.29	270.99	279.08	276.17
5-5-08 17:15					
5-5-08 17:20	279.62	278.13	271.58	279.59	278.05
5-5-08 17:25					
5-5-08 17:30	279.67	278.28	270.98	279.65	278.26

5-5-08 17:35					
5-5-08 17:40	279.57	278.33	271.31	279.6	278.15
5-5-08 17:45					
5-5-08 17:50	279.61	278.27	271.46	280.32	278.21
5-5-08 17:55					
5-5-08 18:00	279.53	278.51	271.79	279.52	278.33
5-5-08 18:05					
5-5-08 18:10	282.05	279.71	272.33	282.28	279.81
5-5-08 18:15					
5-5-08 18:20	279.23	278.07	272.57	279.64	277.99
5-5-08 18:25					
5-5-08 18:30	278.94	277.79	275.27	279.58	277.85
5-5-08 18:35					
5-5-08 18:40	279.62	278.11	275.34	279.63	278.1
5-5-08 18:45					
5-5-08 18:50	281.47	279.91	273.42	282.2	280.06
5-5-08 18:55					
5-5-08 19:00	281.68	279.72	275.15	281.52	279.7
5-5-08 19:05					
5-5-08 19:10	280.89	279.57	277.12	282.1	279.77
5-5-08 19:15					
5-5-08 19:20	280.69	279.68	276.22	280.74	279.61
5-5-08 19:25					
5-5-08 19:30	281.07	279.77	277.86	282.08	279.9
5-5-08 19:35					
5-5-08 19:40	282.08	280.38	273.29	281.85	280.28
5-5-08 19:45					
5-5-08 19:50	281.93	280.88	273.96	281.85	280.73
5-5-08 19:55					
5-5-08 20:00	281.97	280.83	273.99	281.92	280.71
5-5-08 20:05					
5-5-08 20:10	282.3	281.17	274.62	282.12	281.07
5-5-08 20:15					
5-5-08 20:20	282.96	280.75	273.85	282.87	280.63
5-5-08 20:25					
5-5-08 20:30	280.75	279.13	271.63	280.63	278.98
5-5-08 20:35					
5-5-08 20:40	278.66	277.18	269.81	278.57	277.04
5-5-08 20:45					
5-5-08 20:50	276.69	275.71	269.02	276.68	275.57
5-5-08 20:55					
5-5-08 21:00	276.16	274.89	268.48	275.98	274.62
5-5-08 21:05					
5-5-08 21:10	275.68	274.28	267.82	275.21	274
5-5-08 21:15					
5-5-08 21:20	275.21	273.3	266.6	275.01	273.08

5-5-08 21:25					
5-5-08 21:30	275.9	273.83	266.82	275.58	273.64
5-5-08 21:35					
5-5-08 21:40	275.35	274.12	267.62	275.1	273.97
5-5-08 21:45					
5-5-08 21:50	275.25	273.89	267.29	275.16	273.71
5-5-08 21:55					
5-5-08 22:00	275.25	274.22	267.59	275.17	274.04
5-5-08 22:05					
5-5-08 22:10	275.76	274.38	267.76	275.44	274.2
5-5-08 22:15					
5-5-08 22:20	275.54	274.3	267.93	275.22	274.14
5-5-08 22:25					
5-5-08 22:30	275.29	274.1	267.11	275.12	273.9
5-5-08 22:35					
5-5-08 22:40	277.36	275.28	267.58	277.09	275.06
5-5-08 22:45					
5-5-08 22:50	277.13	276.01	269.64	276.96	275.8
5-5-08 22:55					
5-5-08 23:00	277	275.73	269	276.8	275.55
5-5-08 23:05					
5-5-08 23:10	276.85	275.47	268.94	276.69	275.25
5-5-08 23:15					
5-5-08 23:20	276.58	275.13	268.09	276.39	274.89
5-5-08 23:25					
5-5-08 23:30	276.89	275.21	268.64	276.58	274.99
5-5-08 23:35					
5-5-08 23:40	276.56	275.46	269.99	276.29	275.22
5-5-08 23:45					
5-5-08 23:50	276.76	275.52	269.98	276.54	275.27
5-5-08 23:55					

Tiempo	BVrmsMin	CVrmsMáx	CVrmsPro	CVrmsMin
5-5-08 9:35				
5-5-08 9:40	1.2335	278.63	276.33	0.416
5-5-08 9:45				
5-5-08 9:50	267.37	277.43	275.89	267.06
5-5-08 9:55				
5-5-08 10:00	271.5	276.45	275.24	270.41
5-5-08 10:05				
5-5-08 10:10	273.25	276.81	275.65	272.73
5-5-08 10:15				
5-5-08 10:20	271.68	276.84	275.29	270.74
5-5-08 10:25				
5-5-08 10:30	266.7	276.98	274.1	259.45

5-5-08 10:35				
5-5-08 10:40	267.38	273.28	271.36	267.18
5-5-08 10:45				
5-5-08 10:50	271.12	278.02	274.91	271.32
5-5-08 10:55				
5-5-08 11:00	272.46	280.73	278.69	270.8
5-5-08 11:05				
5-5-08 11:10	276.85	280.02	278.92	276.93
5-5-08 11:15				
5-5-08 11:20	274.36	279.76	278.6	273.82
5-5-08 11:25				
5-5-08 11:30	273.69	279.89	278.54	273.4
5-5-08 11:35				
5-5-08 11:40	276.56	279.35	278.4	276.19
5-5-08 11:45				
5-5-08 11:50	274.18	279.73	278.02	273.65
5-5-08 11:55				
5-5-08 12:00	275.69	280.16	278.71	275.14
5-5-08 12:05				
5-5-08 12:10	274.93	281.35	279.78	274.5
5-5-08 12:15				
5-5-08 12:20	276.93	280.57	279.43	277.3
5-5-08 12:25				
5-5-08 12:30	272.02	280.12	278.45	272.14
5-5-08 12:35				
5-5-08 12:40	275.71	279.13	277.99	275.42
5-5-08 12:45				
5-5-08 12:50	272.87	279.07	277.19	273.21
5-5-08 12:55				
5-5-08 13:00	271.18	277.48	276.32	271.62
5-5-08 13:05				
5-5-08 13:10	272.09	276.63	275.01	271.45
5-5-08 13:15				
5-5-08 13:20	272.16	275.43	274.35	271.68
5-5-08 13:25				
5-5-08 13:30	272.07	275.54	274.33	271.66
5-5-08 13:35				
5-5-08 13:40	269.36	275.15	274.22	269.63
5-5-08 13:45				
5-5-08 13:50	271.4	275.37	274.13	271.17
5-5-08 13:55				
5-5-08 14:00	268.41	275.36	274.22	268.44
5-5-08 14:05				
5-5-08 14:10	271.65	275.51	274.3	271.87
5-5-08 14:15				
5-5-08 14:20	271.87	275.54	274.55	271.95

5-5-08 14:25				
5-5-08 14:30	269.71	276.01	274.78	269.63
5-5-08 14:35				
5-5-08 14:40	271.78	275.91	274.64	272.16
5-5-08 14:45				
5-5-08 14:50	269.7	275.77	274.51	270.61
5-5-08 14:55				
5-5-08 15:00	271.74	275.72	274.37	271.55
5-5-08 15:05				
5-5-08 15:10	268.1	275.68	271.93	268.4
5-5-08 15:15				
5-5-08 15:20	270.34	274.98	273.13	270.04
5-5-08 15:25				
5-5-08 15:30	270.05	274.83	273.09	270
5-5-08 15:35				
5-5-08 15:40	269.82	273.97	272.82	269.97
5-5-08 15:45				
5-5-08 15:50	270.4	275.76	273.65	270.68
5-5-08 15:55				
5-5-08 16:00	271.2	275.73	274.38	271.75
5-5-08 16:05				
5-5-08 16:10	271.75	275.77	274.52	272.14
5-5-08 16:15				
5-5-08 16:20	271.85	275.88	274.74	271.99
5-5-08 16:25				
5-5-08 16:30	273.06	275.92	274.57	272.23
5-5-08 16:35				
5-5-08 16:40	273.11	276.34	275.01	272.24
5-5-08 16:45				
5-5-08 16:50	273.11	276.88	275.41	272.45
5-5-08 16:55				
5-5-08 17:00	271.03	276.57	275.28	270.62
5-5-08 17:05				
5-5-08 17:10	271.23	278.73	276.13	270.57
5-5-08 17:15				
5-5-08 17:20	271.47	279.81	278.07	271.25
5-5-08 17:25				
5-5-08 17:30	271.01	279.89	278.29	271.35
5-5-08 17:35				
5-5-08 17:40	271.21	279.57	278.44	271.56
5-5-08 17:45				
5-5-08 17:50	271.74	279.72	278.23	271.19
5-5-08 17:55				
5-5-08 18:00	271.61	279.85	278.56	271.86
5-5-08 18:05				
5-5-08 18:10	272.06	282.05	279.65	272.41

5-5-08 18:15				
5-5-08 18:20	272.87	279.11	278.02	271.99
5-5-08 18:25				
5-5-08 18:30	275.31	279.1	277.66	275.33
5-5-08 18:35				
5-5-08 18:40	275.79	279.85	278.07	274.97
5-5-08 18:45				
5-5-08 18:50	273.92	281.1	279.79	272.97
5-5-08 18:55				
5-5-08 19:00	275.84	281.77	279.7	274.92
5-5-08 19:05				
5-5-08 19:10	277.16	280.61	279.39	276.82
5-5-08 19:15				
5-5-08 19:20	275.64	280.75	279.65	275.56
5-5-08 19:25				
5-5-08 19:30	277.96	281.05	279.59	277.17
5-5-08 19:35				
5-5-08 19:40	273.5	282.02	280.33	273.25
5-5-08 19:45				
5-5-08 19:50	274.1	282.5	280.93	273.95
5-5-08 19:55				
5-5-08 20:00	273.97	282.29	281.02	273.89
5-5-08 20:05				
5-5-08 20:10	274.71	282.65	281.33	274.75
5-5-08 20:15				
5-5-08 20:20	273.8	283.3	280.99	274.02
5-5-08 20:25				
5-5-08 20:30	271.55	280.97	279.32	271.83
5-5-08 20:35				
5-5-08 20:40	269.7	278.92	277.4	269.61
5-5-08 20:45				
5-5-08 20:50	268.96	276.87	275.84	269.15
5-5-08 20:55				
5-5-08 21:00	268.35	276.23	274.87	268.28
5-5-08 21:05				
5-5-08 21:10	267.68	275.52	274.31	267.88
5-5-08 21:15				
5-5-08 21:20	266.45	275.39	273.33	266.56
5-5-08 21:25				
5-5-08 21:30	266.68	275.9	273.9	266.73
5-5-08 21:35				
5-5-08 21:40	267.64	275.38	274.25	267.72
5-5-08 21:45				
5-5-08 21:50	267.24	275.4	273.96	267.4
5-5-08 21:55				
5-5-08 22:00	267.6	275.48	274.34	267.68

5-5-08 22:05				
5-5-08 22:10	267.71	275.8	274.48	267.78
5-5-08 22:15				
5-5-08 22:20	267.85	275.53	274.38	268.05
5-5-08 22:25				
5-5-08 22:30	266.96	275.36	274.14	267.23
5-5-08 22:35				
5-5-08 22:40	267.38	277.37	275.26	267.12
5-5-08 22:45				
5-5-08 22:50	269.62	277.27	276.06	269.71
5-5-08 22:55				
5-5-08 23:00	268.96	277.23	275.79	269.06
5-5-08 23:05				
5-5-08 23:10	268.82	277	275.61	269.03
5-5-08 23:15				
5-5-08 23:20	268.04	276.8	275.33	268.21
5-5-08 23:25				
5-5-08 23:30	268.45	277.03	275.39	268.7
5-5-08 23:35				
5-5-08 23:40	270.06	276.86	275.64	270.28
5-5-08 23:45				
5-5-08 23:50	269.97	277.02	275.6	270.06
5-5-08 23:55				

Fuente: Comercializadora Eléctrica del Sur

Tabla XII. Corrientes rms mínimo, promedio y máximo en cada una de las fases (A, B y C), en la Empresa Recipientes y Empaques C. A. S. A.

Tiempo	AIrmsMáx	AIrmsPro	AIrmsMin	BIrmsMáx	BIrmsPro
5-5-08 9:35					
5-5-08 9:40	555.8	207.6	131.18	550.1	203.79
5-5-08 9:45					
5-5-08 9:50	587.4	268.38	187.41	615.4	259.75
5-5-08 9:55					
5-5-08 10:00	432.3	282.37	207.64	483.6	272.79
5-5-08 10:05					
5-5-08 10:10	408.7	274.8	186.15	445.3	268.95
5-5-08 10:15					
5-5-08 10:20	461.3	276.05	197.96	461	272.07
5-5-08 10:25					
5-5-08 10:30	375.5	274.18	187.64	363.2	267.28
5-5-08 10:35					

5-5-08 10:40	448.4	272.44	193.08	452.1	268.86
5-5-08 10:45					
5-5-08 10:50	400.5	274.99	199.59	385.5	267.85
5-5-08 10:55					
5-5-08 11:00	415.9	272.9	198.91	496	269.23
5-5-08 11:05					
5-5-08 11:10	357.8	275.21	212.17	360.5	270.67
5-5-08 11:15					
5-5-08 11:20	442.3	276.53	208.6	440.7	270.4
5-5-08 11:25					
5-5-08 11:30	403.6	275.01	207.2	467.8	273.92
5-5-08 11:35					
5-5-08 11:40	394.3	279.47	211.88	386.9	275.43
5-5-08 11:45					
5-5-08 11:50	390.1	271.77	206.48	383.2	269.42
5-5-08 11:55					
5-5-08 12:00	407.1	275.93	204.65	392.1	272.12
5-5-08 12:05					
5-5-08 12:10	421.4	266.33	197.62	432.6	265.11
5-5-08 12:15					
5-5-08 12:20	409.6	271.82	196.91	386.7	268.02
5-5-08 12:25					
5-5-08 12:30	484.3	274.4	201.77	577.7	269.27
5-5-08 12:35					
5-5-08 12:40	378.9	272.4	185.67	377.9	269.29
5-5-08 12:45					
5-5-08 12:50	401.3	276.04	198.49	459.3	271.66
5-5-08 12:55					
5-5-08 13:00	403.5	271.12	188.88	486.9	269.42
5-5-08 13:05					
5-5-08 13:10	400.3	272.5	196.77	389.6	269.71
5-5-08 13:15					
5-5-08 13:20	398.8	276.3	209.33	390.9	272.75
5-5-08 13:25					
5-5-08 13:30	391.4	278.22	195.64	389.5	272.89
5-5-08 13:35					
5-5-08 13:40	467	278.37	197.13	436.9	273.85
5-5-08 13:45					
5-5-08 13:50	400	271.79	192.35	397.4	269.57
5-5-08 13:55					
5-5-08 14:00	513	276.23	183.22	571.2	270.04
5-5-08 14:05					
5-5-08 14:10	398.7	277.26	198.4	375.8	272.73
5-5-08 14:15					
5-5-08 14:20	381.9	273.73	210.69	378.1	271.39
5-5-08 14:25					

5-5-08 14:30	456.8	277.21	193.38	483.4	271.16
5-5-08 14:35					
5-5-08 14:40	403.6	272.74	203.01	396.8	270.3
5-5-08 14:45					
5-5-08 14:50	384.2	274.55	191.35	430.2	269.49
5-5-08 14:55					
5-5-08 15:00	400.5	272.21	191.58	399.3	269.58
5-5-08 15:05					
5-5-08 15:10	390.6	280.85	196.78	386.3	273.4
5-5-08 15:15					
5-5-08 15:20	380.6	274.67	193.18	388.8	271.19
5-5-08 15:25					
5-5-08 15:30	433.8	287.05	202.61	421.9	282.14
5-5-08 15:35					
5-5-08 15:40	457.3	299.79	203.69	437.6	288.7
5-5-08 15:45					
5-5-08 15:50	421	293.7	207.74	416.5	283.45
5-5-08 15:55					
5-5-08 16:00	415.7	288.74	214.31	402.1	277.9
5-5-08 16:05					
5-5-08 16:10	434.7	288.82	212.2	405.1	277.99
5-5-08 16:15					
5-5-08 16:20	408.3	290.07	223.86	406.8	279.79
5-5-08 16:25					
5-5-08 16:30	387.3	282.73	197.45	376.8	279.38
5-5-08 16:35					
5-5-08 16:40	402.9	278.06	183.34	400.2	276.58
5-5-08 16:45					
5-5-08 16:50	424.3	274.88	195.31	438.4	274.38
5-5-08 16:55					
5-5-08 17:00	430	275.55	201.19	474.5	273.7
5-5-08 17:05					
5-5-08 17:10	467.4	262.59	160.28	496	261.8
5-5-08 17:15					
5-5-08 17:20	464.7	210.41	127.97	483.6	211.27
5-5-08 17:25					
5-5-08 17:30	485.6	213.47	142.73	493.1	210.95
5-5-08 17:35					
5-5-08 17:40	475.3	211.21	135.88	495.1	210.91
5-5-08 17:45					
5-5-08 17:50	473.9	217.61	127.66	500.6	218.93
5-5-08 17:55					
5-5-08 18:00	478.5	221.71	150.97	502.2	221.82
5-5-08 18:05					
5-5-08 18:10	476.9	235.92	157.45	502.5	237.38
5-5-08 18:15					

5-5-08 18:20	495.5	263.55	181.59	503.9	265.38
5-5-08 18:25					
5-5-08 18:30	396.2	268.34	180.65	381.7	269.88
5-5-08 18:35					
5-5-08 18:40	378.4	270.79	205.29	391.4	272.39
5-5-08 18:45					
5-5-08 18:50	521.4	265.5	185.24	542.7	268.12
5-5-08 18:55					
5-5-08 19:00	445.4	269.64	196.49	453.6	271.83
5-5-08 19:05					
5-5-08 19:10	364.1	266.79	183.8	374.3	269.53
5-5-08 19:15					
5-5-08 19:20	396.4	268.61	181.62	431	270.05
5-5-08 19:25					
5-5-08 19:30	359.9	263.81	190.25	363.4	267.6
5-5-08 19:35					
5-5-08 19:40	479	237	147.54	509.4	241.5
5-5-08 19:45					
5-5-08 19:50	481.8	218.62	146.74	502.3	221.89
5-5-08 19:55					
5-5-08 20:00	482.6	216.3	146.68	488.2	214.71
5-5-08 20:05					
5-5-08 20:10	489.4	215.53	144.68	499.1	212.47
5-5-08 20:15					
5-5-08 20:20	466	210.94	142.11	479.9	208.85
5-5-08 20:25					
5-5-08 20:30	476.5	208.3	143.7	498.2	206.28
5-5-08 20:35					
5-5-08 20:40	481.4	213.78	147.12	494.3	209.02
5-5-08 20:45					
5-5-08 20:50	456.9	210.77	145.02	480.2	208.45
5-5-08 20:55					
5-5-08 21:00	474	208.6	131.87	498.1	211.58
5-5-08 21:05					
5-5-08 21:10	451.1	210.67	134.7	476	212.05
5-5-08 21:15					
5-5-08 21:20	471.5	203.65	134.68	502.6	207.31
5-5-08 21:25					
5-5-08 21:30	462.6	206.55	135.01	488.2	209.85
5-5-08 21:35					
5-5-08 21:40	450.4	206.17	140.89	482.3	208.54
5-5-08 21:45					
5-5-08 21:50	467.8	204.09	132.59	484.9	208.7
5-5-08 21:55					
5-5-08 22:00	461.1	205.02	139.25	483.9	206.84
5-5-08 22:05					

5-5-08 22:10	477.1	201.46	132.07	489.2	205.29
5-5-08 22:15					
5-5-08 22:20	460.7	203.9	132.6	478.8	208.15
5-5-08 22:25					
5-5-08 22:30	471.8	224.69	158.78	495.3	228.77
5-5-08 22:35					
5-5-08 22:40	496.1	217.99	146.86	534.6	223.81
5-5-08 22:45					
5-5-08 22:50	483.2	217.46	144.73	496.9	219.94
5-5-08 22:55					
5-5-08 23:00	481.6	215.03	144.08	493.6	218.28
5-5-08 23:05					
5-5-08 23:10	465.3	221.93	144.27	487.3	225.85
5-5-08 23:15					
5-5-08 23:20	519.4	249.43	153.06	547.5	252.56
5-5-08 23:25					
5-5-08 23:30	524.6	262.3	168.34	549.6	264.75
5-5-08 23:35					
5-5-08 23:40	508	272.59	190.97	514.4	273.77
5-5-08 23:45					
5-5-08 23:50	466.3	265.69	188.69	473.9	269.62
5-5-08 23:55					

Tiempo	BIrmsMin	CIrmsMáx	CIrmsPro	CIrmsMin
5-5-08 9:35				
5-5-08 9:40	129.78	555.4	204.28	131.77
5-5-08 9:45				
5-5-08 9:50	179.66	573.6	258.52	180.17
5-5-08 9:55				
5-5-08 10:00	198.11	461.9	272	195.87
5-5-08 10:05				
5-5-08 10:10	188.43	404.2	266.37	181.8
5-5-08 10:15				
5-5-08 10:20	194.72	453.6	268.77	188.87
5-5-08 10:25				
5-5-08 10:30	181.12	371.5	264.79	175.16
5-5-08 10:35				
5-5-08 10:40	193.16	441.7	267.19	188.97
5-5-08 10:45				
5-5-08 10:50	195.65	386.3	265.36	190.67
5-5-08 10:55				
5-5-08 11:00	197.36	523.7	266.28	194.48
5-5-08 11:05				
5-5-08 11:10	205.97	354.8	267.19	201.33

5-5-08 11:15				
5-5-08 11:20	204.25	431.7	267.83	198.64
5-5-08 11:25				
5-5-08 11:30	206.95	460.8	270.73	201.4
5-5-08 11:35				
5-5-08 11:40	209.19	392.7	272.75	206.44
5-5-08 11:45				
5-5-08 11:50	203.95	394.2	266.94	197.57
5-5-08 11:55				
5-5-08 12:00	200.04	390.9	268.75	195.57
5-5-08 12:05				
5-5-08 12:10	199.49	433.1	261.45	195.35
5-5-08 12:15				
5-5-08 12:20	193.66	383.5	263.71	189.52
5-5-08 12:25				
5-5-08 12:30	197.41	482.8	265.15	191.7
5-5-08 12:35				
5-5-08 12:40	186.15	377.9	266.13	180.17
5-5-08 12:45				
5-5-08 12:50	192.7	396.4	268.35	187.43
5-5-08 12:55				
5-5-08 13:00	191.52	435	266.44	185.32
5-5-08 13:05				
5-5-08 13:10	197.14	395.4	266.63	193.34
5-5-08 13:15				
5-5-08 13:20	202.52	404.1	271.19	201.56
5-5-08 13:25				
5-5-08 13:30	189.02	377.4	271.01	181.93
5-5-08 13:35				
5-5-08 13:40	191.23	423.3	272.17	188.21
5-5-08 13:45				
5-5-08 13:50	191.45	407.8	268	187.36
5-5-08 13:55				
5-5-08 14:00	181.04	467.5	268.21	177.04
5-5-08 14:05				
5-5-08 14:10	194.13	387.1	271.03	193.52
5-5-08 14:15				
5-5-08 14:20	208.9	394.8	269.76	203.77
5-5-08 14:25				
5-5-08 14:30	185.63	459.2	268.88	184.71
5-5-08 14:35				
5-5-08 14:40	202.78	401.3	268.33	199.92
5-5-08 14:45				
5-5-08 14:50	189.29	373.1	267.15	183.99
5-5-08 14:55				
5-5-08 15:00	186.7	393	267.14	186.03

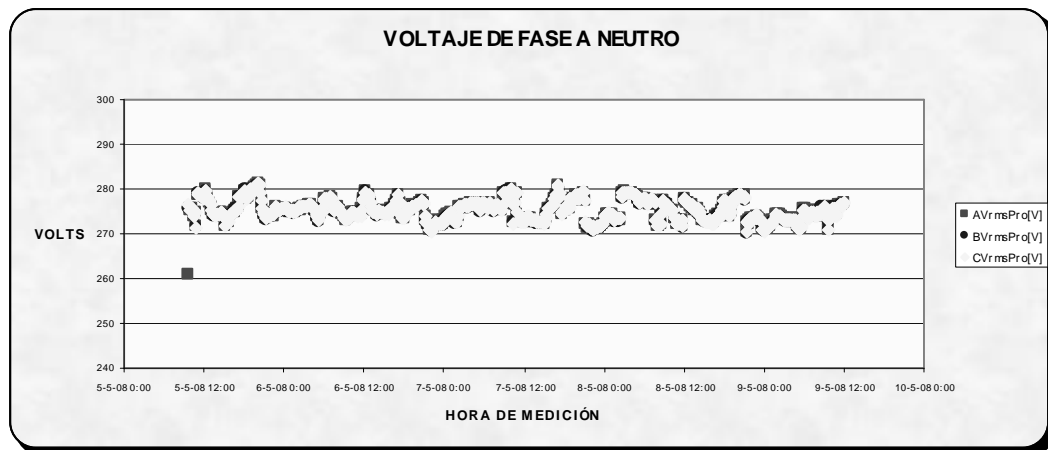
5-5-08 15:05				
5-5-08 15:10	191.15	396.6	271.43	188.53
5-5-08 15:15				
5-5-08 15:20	187.95	396.8	269.79	186.09
5-5-08 15:25				
5-5-08 15:30	198.92	431.5	281.78	198.53
5-5-08 15:35				
5-5-08 15:40	190.6	448.1	289.77	189.97
5-5-08 15:45				
5-5-08 15:50	196.16	420	285.59	198.33
5-5-08 15:55				
5-5-08 16:00	202.01	417.5	279.95	203.58
5-5-08 16:05				
5-5-08 16:10	203.22	416.2	281.14	203.46
5-5-08 16:15				
5-5-08 16:20	218.34	421.8	284.43	220.63
5-5-08 16:25				
5-5-08 16:30	188.41	385	281.5	189.78
5-5-08 16:35				
5-5-08 16:40	184.49	412.9	276.75	185.88
5-5-08 16:45				
5-5-08 16:50	198.67	432.1	273.83	196.42
5-5-08 16:55				
5-5-08 17:00	201.23	419.3	273.04	201.31
5-5-08 17:05				
5-5-08 17:10	168.56	474	261.08	165.48
5-5-08 17:15				
5-5-08 17:20	129.38	463.1	210.3	128.68
5-5-08 17:25				
5-5-08 17:30	139.38	473.5	209.8	138.42
5-5-08 17:35				
5-5-08 17:40	141.3	474.4	210.11	139.95
5-5-08 17:45				
5-5-08 17:50	127.83	475.8	217.37	130.44
5-5-08 17:55				
5-5-08 18:00	149.88	478.5	220.95	144.96
5-5-08 18:05				
5-5-08 18:10	159.6	481.4	235.88	161.43
5-5-08 18:15				
5-5-08 18:20	180.29	494.4	264.4	177.87
5-5-08 18:25				
5-5-08 18:30	185.97	389.8	268.51	186.15
5-5-08 18:35				
5-5-08 18:40	207.21	397.4	269.81	209.73
5-5-08 18:45				
5-5-08 18:50	187.46	520.9	264.49	188.27

5-5-08 18:55				
5-5-08 19:00	195.5	443.5	268.35	196.57
5-5-08 19:05				
5-5-08 19:10	187.2	369.2	266.32	182.31
5-5-08 19:15				
5-5-08 19:20	185.33	402.2	266.53	182.01
5-5-08 19:25				
5-5-08 19:30	192.23	360.6	263.8	190.43
5-5-08 19:35				
5-5-08 19:40	150.43	485.4	237.42	144.89
5-5-08 19:45				
5-5-08 19:50	151.99	480.2	217.64	149.06
5-5-08 19:55				
5-5-08 20:00	150.28	478.3	214.08	145.37
5-5-08 20:05				
5-5-08 20:10	143.72	481.9	212.7	143.25
5-5-08 20:15				
5-5-08 20:20	142.61	458.2	208.36	138.65
5-5-08 20:25				
5-5-08 20:30	141.6	476.9	205.88	140.13
5-5-08 20:35				
5-5-08 20:40	143.04	467.6	208.69	141.13
5-5-08 20:45				
5-5-08 20:50	142.75	458	208.47	143.29
5-5-08 20:55				
5-5-08 21:00	135.49	491.2	207.81	130.33
5-5-08 21:05				
5-5-08 21:10	137.41	464.9	208.28	130.83
5-5-08 21:15				
5-5-08 21:20	138.21	477	203.32	133.69
5-5-08 21:25				
5-5-08 21:30	137.36	467.1	205.42	134.27
5-5-08 21:35				
5-5-08 21:40	140.82	458.8	204.59	134.35
5-5-08 21:45				
5-5-08 21:50	137.54	463.5	204.23	133.14
5-5-08 21:55				
5-5-08 22:00	140.57	461.6	203.1	136.33
5-5-08 22:05				
5-5-08 22:10	133.59	467.9	201.72	131.19
5-5-08 22:15				
5-5-08 22:20	136.08	457.3	203.62	131.38
5-5-08 22:25				
5-5-08 22:30	164.6	472	223.67	160.39
5-5-08 22:35				
5-5-08 22:40	151.12	501.4	219.8	149.93

5-5-08 22:45				
5-5-08 22:50	143.76	477.9	216.41	141.78
5-5-08 22:55				
5-5-08 23:00	145.85	475.8	214.9	142.59
5-5-08 23:05				
5-5-08 23:10	144.36	462.7	222.04	141.28
5-5-08 23:15				
5-5-08 23:20	158.42	525.2	249.45	153.21
5-5-08 23:25				
5-5-08 23:30	171.61	529.2	261.96	167.44
5-5-08 23:35				
5-5-08 23:40	195.14	499.1	270.39	188.69
5-5-08 23:45				
5-5-08 23:50	190.64	470.4	267.01	190.97
5-5-08 23:55				

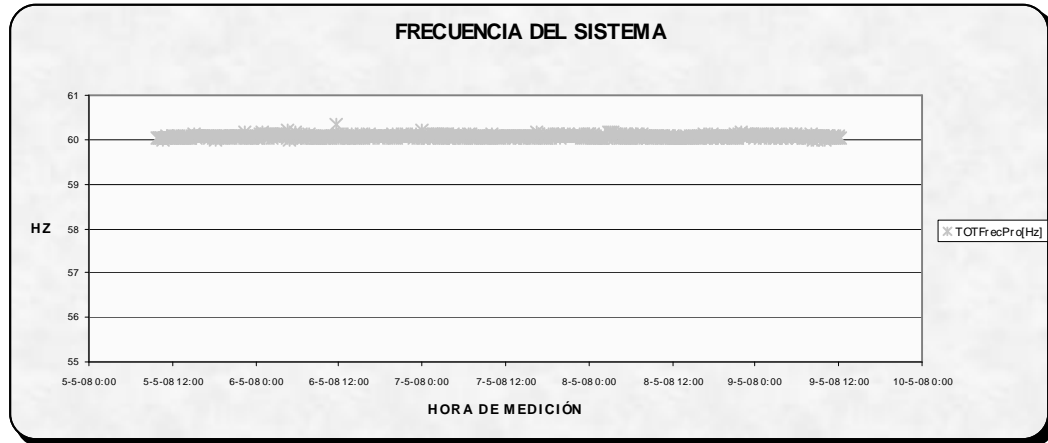
Fuente: Comercializadora Eléctrica del Sur

Figura 33. Voltaje de fase a neutro en las fases (A, B y C) en la Empresa Recipientes y Empaques de C. A. S. A.



Fuente: Comercializadora Eléctrica del Sur

Figura 34. Frecuencia del sistema en la Empresa Recipientes y Empaques de C. A. S. A.



Fuente: Comercializadora Eléctrica del Sur

CONCLUSIONES

El análisis de las mediciones realizadas en la empresa Recipientes y Empaques de C. A. S. A. Según las Normas IEC 61,000-4-15 demuestran que no hay efecto Flicker, porque los índices de severidad de corta duración Pst y de larga duración Plt, son menores que uno; teniendo como mínimo valor de Plt cero que se llega a dar en las tres fases (A, B y C); y el máximo valor que llega a tomar es de 0.7621 en la fase C a las 18:45 horas del 5 de mayo. Con lo que respecta al Pst el mínimo valor que llega a darse es de cero en las tres fases (A, B y C), y el máximo valor que llega a tomar es de 0.7757 en la fase C a las 10:30 horas del 5 de mayo. Por lo tanto, en esta instalación eléctrica no existe efecto Flicker, pero con un poco de sobrecarga que exista en los conductores de alimentación el Flicker puede presentarse porque estamos muy cerca de tener un Pst de 0.8 en el cual la severidad de parpadeo empieza a notarse de manera muy leve. Entonces lo más recomendable para corregir este problema en empresa Recipientes y Empaques de C. A. S. A. es lo siguiente:

- Aumentar la Potencia de Cortocircuito de la Red, es decir disminuir la Impedancia en el punto de acoplamiento común, aumentando el área de los conductores de alimentación, para que la caída de Tensión y pérdidas ohmicas (I^2R), estén los valores mínimos.
- Otra de las alternativas que sugiero para que no se presente el efecto Flicker, es aumentar la capacidad del banco trifásico de alimentación, si la empresa esta en constante crecimiento de carga instalada para no tener un banco (subdimensionado).

Estas mediciones cumplen con las Normas IEC 61,000-4-15, IEEE 1159 y EN50160 por tener el aparato de medición POWER GUIA 440S incluidas estas normativas.

CONCLUSIONES

1. El efecto Flicker se presenta en las instalaciones Eléctricas residenciales, por el arranque inadecuado de bombas de agua, por tenerlas a más de 20 metros de distancia del tablero principal, generando el problema de caída de Tensión que sobrepasa el 5% permisible, refrigeradores, hornos microondas, lavadoras de ropa, planchas, calentadores de agua, estufas Eléctricas, impresoras, computadoras etc.
2. Para corregir el efecto Flicker en las instalaciones Eléctricas residenciales, debemos disminuir la Impedancia del punto de acoplamiento común, esto se logra aumentando la sección de los conductores de acometida para disminuir las Pérdidas por efecto Joule ($I^2 * R$) y tener un ahorro energético. También podemos corregir este problema controlando la caída de Tensión que no sea $>$ al 5% permisible del tablero principal al punto donde se encuentra ubicada la carga.
3. El efecto Flicker se presenta en las instalaciones Eléctricas industriales, debido a lo severo que pueden ser las cargas, como por ejemplo, los hornos de arco, que representan las cargas más severas en el sistema eléctrico; generando rampas en la curva de demanda eléctrica. Uno de los métodos para corregir el problema con los hornos de arco y motores grandes, es controlar el ritmo de trabajo de la carga perturbador, lo cual logramos con un banco de reactores, para los hornos de arco, porque una inductancia se opone a las fluctuaciones de Corriente, obteniendo como resultado una Reducción del ruido inyectado a la onda fundamental de Energía. También podemos corregir el efecto Flicker separando las cargas perturbadoras de las demás cargas con 2 bancos de Transformadores; uno en conexión delta para las cargas trifásicas más severas como los hornos de arco y motores grandes y otro banco con conexión estrella para el circuito de iluminación y cargas monofásicas. De esta manera tendremos aislados los circuitos Eléctricos y evitaremos la contaminación por Flicker y Armónicos. Cuando tenemos motores Eléctricos muy grandes, se debe ser cuidadosos con el arranque, utilizando

métodos para disminuir la Corriente de arranque y hacerlo en cascada en el caso que tengamos varias unidades, para no sobrepasar la ampacidad de nuestros conductores; evitando así las Pérdidas por efecto Joule ($I^2 * R$).

4. Cuando las cargas a conectar representan el 10% de la capacidad en (KVA) del Transformador alimentador, lo más probable es que tengamos problemas por efecto Flicker; por lo tanto, lo más aconsejable es aumentar la capacidad del Transformador, para que este se sobrecargue.
5. Los efectos tecnico-económicos que ocasionan las variaciones de Voltaje Flicker, pueden afectar en Reducir la vida promedio del equipo eléctrico como luminarias, motores o la Activación en falso de PLC y electrónica de Potencia, ocasionando el problema de poner en peligro la integridad física de las personas y paros en los procesos productivos ocasionando pérdidas millonarias para la Empresa.
6. La direccionalidad del Flicker es un término muy importante, que nos sirve para determinar quién es el creador del problema ya sea el Usuario o la Empresa Distribuidora de Electricidad. Uno de los métodos utilizados consiste en medir las variaciones de Voltaje y Corriente en el punto de acoplamiento común. Si las variaciones de Corriente son mayores a las de Voltaje, entonces el Flicker es generado por el Usuario; en caso contrario si las variaciones de Voltaje son mayores a las de Corriente, entonces el problema es generado por la Empresa Distribuidora de Electricidad. Si el Usuario es generador de Flicker, entonces es penalizado por la Empresa Distribuidora de Electricidad de acuerdo a la severidad y duración de la perturbación inyectada al sistema. En caso Contrario el Usuario deberá recibir una indemnización por parte de la Empresa Distribuidora por el daño ocasionado a su equipo eléctrico.
7. Para determinar si existe Flicker, tenemos que utilizar un equipo de calidad de Energía conectado en el punto de acoplamiento común que este certificado según la Norma IEC

61,000-4-15, IEEE 1159 o EN50160; para determinar el comportamiento de las fluctuaciones de Voltaje y en base a esta información, saber cuáles son los (Pst y Plt). Si tenemos un Pst < 0.8 no existe Flicker técnicamente, pero si estamos cerca del límite 0.8, entonces estamos propensos a tener el problema con cualquier sobrecarga o implicación del sistema, por lo tanto lo mejor es tener un Pst que este comprendido en el intervalo de (0 – 0.4).

RECOMENDACIONES

1. Para no tener problemas de Flicker se sugiere tener un $Pst \leq 0.8$, según Normas IEC 61,000-4-15, pero al estar cerca de este valor por ejemplo 0.7757 como el obtenido en Empresa Recipientes y Empaques de C. A. S. A. Técnicamente no existe Flicker, pero con un pequeño crecimiento de carga o ampliación de la instalación, se puede presentar el efecto Flicker. En cambio en el Centro Comercial Galerías Prima, estamos muy lejos de tener efecto Flicker porque los valores de Pst están en un intervalo de (0-0.3571).
2. Si tenemos cargas muy severas en la industria, como hornos de arco; lo más recomendable es regular el ritmo de trabajo de la carga perturbadora con banco de reactores. Otra alternativa es separar el circuito eléctrico del horno, de las de más cargas de iluminación y monofasicas por medio de 2 bancos de Transformadores uno en delta para las cargas severas (trifásicas) y otro banco en estrella para iluminación y cargas (monofasicas).
3. Para las instalaciones residenciales, el problema de efecto Flicker se debe principalmente por el valor bajo de Impedancia que se tiene en el Punto de Acoplamiento Común, razón por la cual se presentan pérdidas ($I^2 * R$) que logramos corregir aumentando la sección de los conductores de acometida.
4. Cuando tenemos una carga a más de 20 metros del tablero principal, lo recomendable es calcular el calibre del conductor tomando en cuenta la distancia y la caída de Tensión que puede presentarse, para que esta sea $< 5\%$.

BIBLIOGRAFÍA

1. A. E. Legarreta, A. Gómez y C. E. Dattellis, “**Detección de Flicker**”, Universidad Tecnología Nacional, Facultad Regional Buenos Aires, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Medrano, Buenos Aires Argentina.
2. Amaya Moran José Luis, “Análisis del Sistema de Control de Compensación de Factor de Potencia para un Sistema de Horno de Arco”, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería, Guayaquil Ecuador, 1,989.
3. Caballeros López Carlos Augusto, “Análisis del Impacto Técnico-Económico de la Implantación de un Sistema de Operación y Supervisión de Red en Tiempo Real para una Empresa de Distribución de Energía Eléctrica”, Trabajo de Graduación, Ingeniería Mecánica-Eléctrica, Universidad de San Carlos de Guatemala, mayo del 2003.
4. CNEE, “**Normas Técnicas de Calidad del Servicio de Transporte y Sanciones**”, Resolución CNEE-50-99, 18 de Noviembre de 1,999.
5. CNEE, “**Normas Técnicas del Servicio de Distribución**”, Resolución CNEE-9-99, 8 de diciembre de 1,998.
6. Comisión de Regulación de Energía y Gas, “**Calidad de la Potencia**”, Documento CREG-042, julio 15 del 2,004.
7. Consejo Nacional de Electricidad, “**Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución**”, Regulación No. 004/01.
8. Diez G, Eguiluz, Ortiz, “**Revisión Crítica del Umbral de Perceptibilidad del Flicker**”, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética, Universidad de Cantabria.
9. Dimenna Claudio, “**Estudio de Las Curvas de Perceptibilidad de Flicker**”, Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ingeniería, Republica de Argentina.
10. FLUKE, “**Medida de la Calidad del Suministro Eléctrico**”, www.fluke.es, Madrid.
11. FLUKE, “**Solución de Problemas en Redes Eléctricas Trifásicas con los Analizadores de Calidad Eléctrica Fluke 430**”, www.fluke.es, Madrid.

12. Ing. León José Gregorio, **“Flicker”**, Universidad Simón Bolívar, Coordinación de Estudios de Post-Grado, Especialización en Instalaciones Eléctricas, Calidad del Servicio Eléctrico, julio del 2,005.
13. Ley General de Electricidad, Decreto Numero 93-96 del Congreso de la Republica, **“Diario de Centroamérica”**, 15 de noviembre de 1,996.
14. NOKIAN CAPACITORS, **“Introducción a los Sistemas de Compensación”**, Finlandia, www.nokiancapacitors.com.
15. PROCOBRE, **“Calidad de Energía”**, México.
16. PROCOBRE, **“Instalaciones Eléctricas Baja Tensión”**, 1ª Edición, Editorial Lahosa S. A., Universidad de Chile 2,003.
17. San José Orellana William Rene, **“Comparación Tecnico Economica Entre Unidades de Combustión Interna, Versus Unidades de Gas de Tipo Aeroderivativas”**, Trabajo de Graduación, Ingeniería Mecánica-Eléctrica, Universidad de San Carlos de Guatemala, Septiembre del 2000.