

TEVIS
674.3
T3126
NET: 3063



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO SEDE LATACUNGA

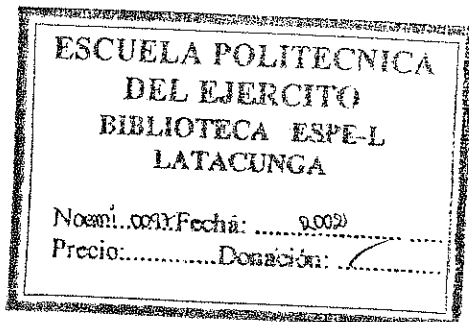
FACULTAD DE INGENIERÍA DE EJECUCIÓN EN ELECTROMECAÁNICA

“PROYECTO DE GRADO”

“ESTUDIO DEL EFECTO FLICKER COMO CALIDAD DE PRODUCTO POR MEDIO DE
UNA METODOLOGÍA FUNCIONAL EN EL ALIMENTADOR # 03 DE LA S/E EL
CALVARIO”

NÉSTOR GERMÁN TENORIO ZURITA

LATACUNGA - ECUADOR



MARZO / 2002

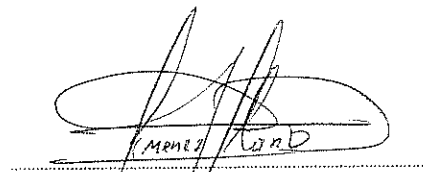
CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto ha desarrollado el Sr. Néstor Germán Tenorio Zurita bajo nuestra dirección.



ING. MIGUEL LUCIO

DIRECTOR



ING. MARIO JIMENEZ

CODIRECTOR

DEDICATORIA

A MIS PADRES

"Quienes con su constante esfuerzo y sacrificio han despertado en mi el anhelo de superación. Gracias a su apoyo incondicional ha sido posible la culminación de esta ansiada meta"

AGRADECIMIENTO

"Mi eterna gratitud para quienes me apoyaron en todo momento, de manera especial al Ing. Miguel Lucio, por ser quién me brindó toda el apoyo necesario para la finalización de tan anhelado proyecto."

Néstor

INDICE

| | |
|-------------------------------|---|
| 1.1. Introducción..... | 1 |
| 1.2. Generalidades..... | 1 |
| 1.3. Antecedentes..... | 1 |
| 1.4. Objetivo..... | 2 |
| 1.5. Alcance del Trabajo..... | 2 |

CAPITULO II: MARCO LEGAL Y REGLAMENTACIÓN DE LA CALIDAD DE PRODUCTO

| | |
|---|----|
| 2.1. Marco Legal..... | 5 |
| 2.2. Leyes de Régimen del Sector Eléctrico..... | 6 |
| Art. 5. Objetivos..... | 7 |
| Art. 13. Funciones y Facultades..... | 7 |
| 2.3. Reglamento de Suministro de Servicio de Electricidad (RSSE)..... | 8 |
| 2.3.1. Disposiciones Generales..... | 8 |
| 2.3.3. Evaluación de la prestación del Servicio..... | 11 |
| 2.3.4. Calidad del Producto..... | 12 |
| 2.4. REGULACION No. CONELEC – 004 / 01..... | 13 |
| 2.4.1. Objetivo..... | 14 |
| 2.4.2. Definiciones..... | 14 |
| 2.4.3. Responsabilidad y Alcance..... | 15 |

| | |
|---|-----------|
| 2.4.4. Organismo Competente | 16 |
| 2.4.5. Aspectos de Calidad..... | 16 |
| 2.4.6. Calidad del Producto..... | 16 |
| 2.4.6.1. Nivel de Voltaje | 16 |
| 2.4.6.2. Índice de Calidad | 16 |
| 2.4.6.3. Perturbaciones..... | 17 |
| 2.4.6.4. Parpadeo (Flicker) | 17 |
| 2.4.6.6. Mediciones..... | 17 |
| 2.4.6.7. Límites | 18 |
| 2.5. Norma Técnica y Términos de Referencia | 19 |

CAPITULO III: PERTURBACIONES

| | |
|--|-----------|
| 3.1. Introducción..... | 21 |
| 3.2. Clasificación de las Perturbaciones de Red | 22 |
| 3.3. NORMA TÉCNICA (60868-0) | 26 |
| 3.3.1. Definición del Efecto Flicker..... | 26 |
| 3.3.2. Flicker _{RMS} | 30 |
| 3.3.3. Índice de Perceptibilidad | 32 |
| 3.3.4. Índice de Severidad de Corta Duración (P _{st}) | 33 |
| 3.3.5. Índice de Severidad de Larga Duración (P _{lt}) | 35 |
| 3.4. Valores Límites Permitidos | 37 |
| 3.5. Agentes del Efecto Flicker | 38 |
| 3.5.1. Incidencia del consumidor en el Flicker | 39 |
| 3.5.1.1. Tolerancias para el Flicker Generado por el Consumidor..... | 39 |
| 3.5.1.2. Control para el Flicker a nivel de consumidor | 41 |
| 3.5.1.3. Control para el Flicker en el Voltaje a nivel de Distribución | 41 |

| | |
|--|----|
| 3.6. Fuentes Generadoras del Efecto Flicker | 42 |
| 3.6.1. Principales Aparatos causales del Flicker | 43 |
| 3.7. Principales Factores a los que afecta la Oscilación de Voltaje (Flicker) | 46 |
| 3.8. Posibles Soluciones para la Disminución del Efecto Flicker | 47 |

CAPITULO IV: DETECTORES DE EFECTO FLICKER

| | |
|---|----|
| 4.1. Equipo de Medición de Efecto Flicker | 56 |
| 4.2. Especificación de Equipo de Medición de Flicker de Acuerdo a la Norma IEC 60868-0 | 56 |
| 4.2.1. Detector de Efecto Flicker | 56 |
| 4.2.1.1. Tipo de Equipo..... | 56 |
| 4.2.1.2. Características del Circuito de Entrada de voltaje | 56 |
| 4.2.1.3. Almacenamiento interno | 57 |
| 4.2.1.4. Salidas..... | 57 |
| 4.2.2. Variables de Medición | 57 |
| 4.2.3. Rangos de Aplicación y funcionamiento | 58 |
| 4.2.3.1. Tests de condiciones climáticas..... | 58 |
| 4.2.3.2. Comprobación para condiciones atmosféricas normales | 58 |
| 4.2.3.3. Tests para cuando el instrumento no funciona y no recibe Energía de suministro. | 58 |
| 4.2.3.4. Test de Calor Seco | 58 |
| 4.2.3.5. Test en Bajas temperaturas | 58 |
| 4.2.3.6. Test con operación del Instrumento. | 59 |
| 4.2.3.7. Test de Calor Seco. | 59 |
| 4.2.3.8. Test de Calor Húmedo. | 59 |

| | |
|---|----|
| 4.2.3.9. Test en Bajas temperaturas..... | 59 |
| 4.2.3.10. Cambio de Test de Temperatura..... | 59 |
| 4.2.4. Periodos de Medición..... | 60 |
| 4.2.4.1. Parámetros Adicionales..... | 60 |
| 4.2.4.2. Intervalos de acumulación de medidas..... | 60 |
| 4.3. EL ANALIZADOR MEMOBOX 300..... | 61 |
| 4.3.1. Principales Características..... | 61 |
| 4.3.2. Posibilidades de Análisis..... | 63 |
| 4.3.3. Aplicación..... | 65 |
| 4.4. EL EQUIPO A _{R5} | 65 |
| 4.4.1. Características esenciales del A _{R5} | 67 |
| 4.4.2. Partes Principales del Aparato..... | 68 |
| 4.4.2.1. Presentación del Display..... | 68 |
| 4.4.2.2. El Teclado y sus funciones..... | 72 |
| 4.4.2.3. Principales entradas y salidas del aparato..... | 73 |
| 4.4.3. Características Técnicas del Detector de Redes A _{R5} | 73 |
| 4.4.3.1. Tensión de Alimentación..... | 73 |
| 4.4.3.2. Medida de Tensión..... | 74 |
| 4.4.3.3. Medida de Intensidad..... | 74 |
| 4.4.3.4. Medida del Flicker..... | 74 |
| 4.4.3.5. Reloj interno..... | 74 |
| 4.4.3.6. Display..... | 74 |
| 4.4.3.7. Salida RS – 232..... | 74 |
| 4.4.3.8. Memoria Interna..... | 74 |
| 4.4.3.9. Clase de precisión..... | 75 |
| 4.5. Características Constructivas..... | 75 |

| | |
|---|----|
| 4.5.1. Características Constructivas de Cartucho Programa | 75 |
| 4.6. Programas y Software | 75 |
| 4.7. Normas Empleadas | 76 |
| 4.8. Normas de Seguridad | 76 |
| 4.9. Conexiones y Puesta en Marcha del Detector A_{R5} | 76 |
| 4.9.1. Para iniciar las mediciones con el instrumento | 77 |
| 4.10. Principales Aplicaciones | 80 |

CAPITULO V: DETERMINACIÓN DE VALORES DE FLICKER EN EL ALIMENTADOR # 03 DE LA S/E EL CALVARIO ELEPCO S.A. E IMPLEMENTACION DE UNA METODOLOGIA FUNCIONAL PARA ANÁLISIS DE FLICKER EN CUALQUIER ALIMENTADOR

| | |
|--|----|
| 5.1. APLICACIÓN | 81 |
| 5.1.1. Definición del caso de estudio | 81 |
| 5.1.2. Valores Limites | 81 |
| 5.2. METODOLOGÍA FUNCIONAL..... | 82 |
| 5.2.1. Puesta en Marcha del Detector | 82 |
| 5.2.2. Recopilación de Datos obtenidos por el Detector A_{R5} | 82 |
| 5.2.3. Estudio de Resultados Obtenidos | 83 |
| 5.2.3. Soluciones Propuestas | 90 |
| 5.2.4. Análisis Estadístico de Error de Flicker Medido "Vs" Flicker Calculado .. | 95 |

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

| | |
|----------------------------|-----|
| 6.1. CONCLUSIONES | 97 |
| 6.1. RECOMENDACIONES | 100 |

BIBLIOGRAFÍA.

ANEXOS

I.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1. INTRODUCCIÓN

El flicker desde hace algunos años se ha establecido en un problema de calidad de energía por haberse incrementado el uso de cargas fluctuantes y no lineales, lo que ha generado el que se busque algún método que tenga la finalidad de evaluar sus efectos en un sistema de potencia en general.

1.2. GENERALIDADES

En forma general se puede decir que el flicker es un cambio perceptible en la luz emitida por las lámparas, producido por una variación repentina en el voltaje de alimentación

Un escenario común del flicker de voltaje es aquel que se presenta cuando una carga considerable es conectada a cierta distancia a lo largo de un alimentador cuya caída de voltaje es relativamente alta.

Si algunos consumidores residenciales están eléctricamente cercanos a cargas considerables de rápida variación, y tanto los consumidores así como también estas cargas son servidas a través de un alimentador débil, los usuarios pueden experimentar un flicker indeseable, el mismo que cuando sobrepasa el umbral de perceptibilidad humana, puede llegar a ser irritante y los cambios repentinos de voltaje que lo producen pueden provocar fallas en equipos sensibles pudiendo ser: bloqueo de computadoras, inestabilidad en la imagen de televisores etc.

1.3. ANTECEDENTES

Debido a que en la gran mayoría de los sistemas de distribución de energía de las empresas eléctricas tienen un elevado índice de oscilación de tensión se ha

realizado por medio de los organismos pertinentes ciertos estudios para conocer y luego atenuar este fenómeno.

Han definido en la actualidad el efecto flicker en un problema de calidad de energía, siendo este fenómeno causado por una serie de factores los mismos que han ido incrementado daños y perjudicando a las industrias, consumidores en general.

Por esta razón todas las empresas de energía eléctrica deben tener un control de estos parámetros, sustentado en términos legales por el nuevo Reglamento de Suministro de Servicio de Electricidad.

1.4. OBJETIVO

Definir teóricamente el efecto mediante la formulación de expresiones basadas en los procesos experimentales; así como determinarlo prácticamente mediante el equipo detector que tiene sus fundamentos basados en las normas internacionales que lo convalidan.

1.5. ALCANCE DEL TRABAJO

Para alcanzar los objetivos y las metas propuestas en este trabajo se ha visto conveniente dividir en los siguientes Capítulos:

Capitulo I: Introducción y Objetivos.

Se da a conocer en la introducción y en las generalidades una definición del Flicker en forma rápida para que el lector tenga una idea principal del tema de Estudio, además el objetivo y alcance de trabajo.

Capitulo II: Marco Legal Reglamentación de la Calidad de Producto.

Se analiza cuales son las Leyes, Reglamentos y Regulaciones expuestas por el CONELEC para reglamentar el tratamiento del Flicker en una señal de voltaje.

Capitulo III: Perturbaciones.

En este capitulo define las principales perturbaciones en una red de alimentación, continuando con la especificación de la Norma Técnica IEC 60868-0 donde se determina cuales son los Índices de Severidad, además se define el Efecto Flicker por medio de una forma de onda presentando valores del Flicker en porcentaje, luego se determina todos los limites y tolerancias que el flicker puede introducir en una señal; finalmente se encuentra cuales son los parámetros a los que afecta la oscilación de voltaje (Flicker) hasta dar con ciertas alternativas para minimizar sus efectos.

Capitulo IV: Detector de Efecto Flicker.

Se detalla los equipos más comunes de medición del Flicker además se da a conocer los principales principios de funcionamiento, complementando con las especificaciones de las condiciones que determina la Norma IEC 60868-0 respecto al Detector del Flicker

Capitulo V: Determinación de valores de Flicker en el alimentador # 03 de la S/E EL CALVARIO e implementación de una Metodología Funcional para el análisis del Flicker en cualquier alimentador.

En esta parte del trabajo se proporciona una relación de la parte teórica determinada en el Capitulo III, con la practica establecida en la Metodología Funcional que se pretende implantar para poder analizar los Flickers en cualquier alimentador y consumidor, finalizando con la acción correctiva.

Capitulo VI: Conclusiones y Recomendaciones.

Del estudio efectuado se resumen consideraciones a tomarse en cuenta para futuros estudios similares, y se avalida los problemas encontrados en el alimentador de ELEPCO S.A.

II.- MARCO LEGAL Y REGLAMENTACIÓN DE LA CALIDAD DE PRODUCTO

2.1. MARCO LEGAL

El Marco Legal y la Reglamentación de la Calidad de Energía deben actuar en conjunto con la parte Técnica, para poder evaluar completamente los causales y los principales factores que ocasiona el desmejoramiento en la Calidad de Energía

Debido a que una Red de alimentación puede entregar la Energía Eléctrica con deficiencia en la Calidad a causa de ciertos factores, como: Perturbaciones, los mismos que serán profundizados en el capítulo III, y por otros agentes de tal fenómeno, los organismos pertinentes tales como el CONELEC han dictado ciertas Leyes, Reglamentos y Regulaciones que controlan la entrega de energía en optimas condiciones y con alta Calidad.

A continuación un histórico de la implementación de las Leyes.

La ley de Régimen del Sector Eléctrico publicada en el Registro Oficial No 43 de 10 de Octubre de 1996, en El artículo 5 se señala como objetivos fundamentales de la Política Nacional en materia de electrificación proporcionar al País un servicio Eléctrico de alta calidad y confiabilidad que garantice el desarrollo económico y social, asegurando la confiabilidad.

Mediante Decreto Ejecutivo Nº 592, publicado en el Registro Oficial Nº 134 del 23 de Febrero de 1999, se expidió el Reglamento de Suministro de Servicio de Electricidad (RSSE), en el mismo el artículo 9, establece que los distribuidores adecuaran progresivamente sus instalaciones, organización, estructura y procedimientos técnicos comerciales, a fin que puedan llegar a los niveles de calidad exigidos por la Ley.

En la segunda disposición transitoria del RSSE se indica que con anterioridad al inicio de las etapas de adecuación, el CONELEC determinará los Términos de Referencia y la modalidad de ejecución de un estudio que deben realizar los Distribuidores con la finalidad de conocer la situación actual de la Calidad de su Producto.

La LRSE creó El Consejo Nacional de Electricidad CONELEC, como persona jurídica de derecho público, con patrimonio propio, autonomía administrativa, económica, financiera y operativa. Comenzó a organizarse a partir del 20 de noviembre de 1997, una vez promulgado el Reglamento General Sustitutivo de la LRSE. El CONELEC se constituye como un ente regulador, normativo y controlador, a través del cual el Estado puede delegar las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, a empresas concesionarias y es quien norma la Calidad del Producto.

2.2. LEYES DE RÉGIMEN DEL SECTOR ELÉCTRICO

En el presente capítulo se anotarán aquellos artículos de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico que tienen que ver con la Calidad de Energía, adicionalmente los reglamentos que en conjunto hacen que la ley funcione⁽¹⁾.

Estas son las Siguietes:

- Ley de Régimen del Sector Eléctrico. (LRSE).
- Reglamento de Suministro de Servicio de Electricidad. (RSSE).
- Regulación No. CONELEC – 004 / 01.

El 10 de octubre de 1996, en el Suplemento del Registro Oficial No. 43 se publicó la Ley de Régimen del Sector Eléctrico (LRSE), la cual sustituye a la Ley Básica de Electrificación. Vigente hasta esa fecha. Mediante esta Ley y sus reformas del:

⁽¹⁾ CONELEC; Consejo Nacional de Electricidad, publicada la LRSE el 10 de Octubre de 1996

2 de enero, 19 de febrero y 30 de septiembre de 1998, 13 de marzo y 18 de agosto de 2000, se establece, los siguientes aspectos relevantes:

Art. 5. Objetivos

- a) Proporcionar al país un servicio eléctrico de alta calidad y confiabilidad que garantice su desarrollo económico y social;
- b) Promover la competitividad de los mercados de producción de electricidad y las inversiones de riesgo del sector privado para asegurar el suministro a largo plazo;
- c) Proteger los derechos de los consumidores y garantizar la aplicación de tarifas preferenciales para los sectores de escasos recursos económicos;

Art. 13. Funciones y Facultades

A través de El CONELEC la Ley de Régimen se establece:

- a) Regular el sector eléctrico y velar por el cumplimiento de las disposiciones legales, reglamentarias y demás normas técnicas de electrificación del país de acuerdo con la política energética nacional;
- b) Preparar y proponer para su aprobación y expedición por parte del Presidente de la República el Reglamento General y los reglamentos especiales que se requieran para la aplicación de esta Ley;
- c) Dictar regulaciones a las cuales deberán ajustarse los generadores, transmisor, distribuidores, el CENACE y clientes del sector eléctrico. Tales regulaciones se darán en materia de seguridad, protección del medio ambiente, normas y procedimientos técnicos de medición y facturación de los consumos, de control y uso de medidores, de interrupción y reconexión

de los suministros, de acceso a inmuebles de terceros, de riesgo de falla y de calidad de los servicios prestados; y las demás normas que determinen la Ley y los reglamentos. A estos efectos las sociedades y personas sujetas a su control, están obligadas a proporcionar al CONELEC, la información técnica y financiera que le sea requerida;

2.3. REGLAMENTO DE SUMINISTRO DE SERVICIO DE ELECTRICIDAD (RSSE)⁽²⁾

En base al Artículo No 5 de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico el CONELEC emite el Reglamento de Suministro de Servicio de Electricidad el mismo que dicta ciertas condiciones que se debe seguir para asegurar la **Calidad de Energía** en la Transmisión y Distribución de Electricidad, cuyos aspectos relacionados con el presente tema son :

2.3.1. Disposiciones Generales

Art.1. Objetivo y alcance.- El Reglamento contiene las normas generales que deben observarse para la prestación del servicio eléctrico de distribución y comercialización; y, regula las relaciones entre el Distribuidor y el Consumidor, tanto en los aspectos técnicos como en los comerciales.

Las disposiciones del presente Reglamento serán complementadas con regulaciones aprobadas por el CONELEC y por instructivos y procedimientos dictados por los Distribuidores de conformidad con este Reglamento, para facilitar su aplicación.

Art.2. Jerarquía del Reglamento.- Las normas del Reglamento prevalecerán sobre cualquier otra disposición de igual o inferior jerarquía, relacionadas con la materia de que trata este instrumento.

⁽²⁾ CONELEC; Expide el RSSE, el 23 de Febrero de 1999.

Art.3. Definiciones.- Para los efectos de este Reglamento, las definiciones contenidas en el artículo final, son parte del mismo. El significado atribuido prevalecerá sobre cualquier otro de igual o inferior jerarquía.

Aquellos términos que no se encuentren definidos en forma expresa en cualquier disposición del presente Reglamento, tendrán el significado establecido en el artículo 3 del Reglamento General de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico.

Art.4. Sujetos regulados.- El presente Reglamento regulará la relación entre los siguientes sujetos:

- a) El CONELEC, en representación del Estado Ecuatoriano, como entidad de regulación y control;
- b) Los Distribuidores, encargados de la prestación del servicio eléctrico; y,
- c) Los Consumidores, receptores del servicio eléctrico.

Art. 5. Defensa del Consumidor.- El Distribuidor, en la prestación del Servicio, observará y cumplirá las disposiciones que emanan de la Constitución y la Ley de Defensa del Consumidor en todo lo que sea aplicable. El Consumidor podrá reclamar ante el Distribuidor y en caso de inconformidad ante el CONELEC, la violación de sus derechos establecidos en la referida Ley, para lo cual deberá presentar los documentos que justifiquen su reclamo, sin perjuicio del ejercicio de las acciones que la Ley establezca para el caso de la indemnización por daños y perjuicios, que pudiesen ser ocasionados por la calidad deficiente del servicio prestado por el Distribuidor.

En caso de que el Distribuidor no cumpla con los niveles de calidad establecidos en las regulaciones pertinentes, estará obligado a resarcir todos los daños, previa verificación que efectuará el Distribuidor, de acuerdo a

procedimientos que deberán ser aprobados por el CONELEC. El término dentro del cual el Distribuidor deberá realizar tal verificación será el de cinco días, contado a partir de la fecha de recepción del reclamo. La resolución que sobre estos reclamos tenga que dictar el Distribuidor, se la hará en el término de quince días, contados a partir de la fecha en que se realizó la verificación. En caso de que el Distribuidor no emita la resolución en el término indicado, su silencio se considerará que el reclamo presentado por el Consumidor ha sido aceptado.

Art. 6. Regulación y Control.- El cumplimiento por parte del Distribuidor y del Consumidor de las disposiciones establecidas en la Ley, el Reglamento General, el presente Reglamento y las disposiciones complementarias constantes en las Regulaciones, será controlado por el CONELEC.

2.3.2. Obligaciones del Distribuidor y del Consumidor

Art. 7. Obligaciones del Distribuidor.- El Distribuidor está obligado a cumplir con las disposiciones que establece la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, su Reglamento General, el Reglamento de Concesiones, Permisos y Licencias para la Prestación del Servicio de Energía Eléctrica, este Reglamento, las Regulaciones dictadas por el CONELEC y las obligaciones establecidas en el Contrato de Concesión. El Distribuidor asume la responsabilidad de prestar el servicio a los Consumidores ubicados en su zona de concesión de acuerdo a estas normas y de mantener el suministro de energía y la atención al consumidor, dentro de los límites de calidad previstos.

El Distribuidor será responsable por la prestación de los servicios de alumbrado público de avenidas, calles, caminos públicos y plazas, de conformidad con los niveles de iluminación que se establecerán en las regulaciones que dicte el CONELEC.

El Distribuidor publicará, en el diario de mayor circulación local, por lo menos una vez al año y pondrá a disposición de los Consumidores que lo soliciten, un Instructivo de Servicio que contendrá un resumen de las disposiciones establecidas en este Reglamento, las Tarifas y en general los procedimientos para la relación entre Distribuidores y Consumidores.

Art. 8. Obligaciones del Consumidor.- El Consumidor cumplirá con las obligaciones que se establezcan en el contrato de suministro de energía suscrito con el Distribuidor y las disposiciones establecidas en la Ley, su Reglamento General, este Reglamento y más normas relacionadas con el servicio.

El Consumidor permitirá al Distribuidor, el libre acceso a su inmueble para realizar las inspecciones técnicas necesarias, hasta el punto de entrega, así como para las lecturas del equipo de medición.

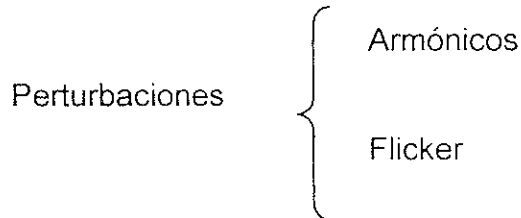
2.3.3. Evaluación de la prestación del Servicio

Art. 9. Evaluación del servicio.- Los Distribuidores deberán proporcionar el servicio con los niveles de calidad acordes con lo exigido en la Ley, su Reglamento General, este Reglamento y las Regulaciones pertinentes, para lo cual adecuarán progresivamente sus instalaciones, organización, estructura y procedimientos técnicos y comerciales.

La evaluación de la prestación del servicio se efectuará considerando los siguientes aspectos:

a) **Calidad del producto:**

Nivel de Voltaje.



El CONELEC emitirá las Regulaciones que incluyan la modalidad, procedimientos de evaluación e índices de calidad sobre los aspectos mencionados.

ASPECTOS TECNICOS

2.3.4. Calidad del Producto

Art. 10. Nivel de Voltaje.- El CONELEC evaluará las variaciones de voltaje existentes en las redes del Distribuidor. El Distribuidor deberá efectuar pruebas mensuales de voltaje (V) en los puntos de entrega del 0,01% de los Consumidores de su sistema, por un período mínimo de siete días continuos.

El Distribuidor efectuará pruebas de voltaje por pedido del CONELEC o a solicitud de los Consumidores. Si como resultado de una solicitud escrita de los Consumidores, se verifica que los valores de voltaje están fuera de los límites permitidos, el Distribuidor podrá obtener del CONELEC un plazo definido para subsanar el desvío de los límites. Cumplido dicho plazo y si esto no se hubiere dado, será penalizado por el CONELEC.

Las variaciones de voltaje admitidas en los puntos de entrega de electricidad a los Consumidores, respecto al voltaje nominal serán establecidas en las Regulaciones pertinentes.

Art. 11. Perturbaciones.- Las perturbaciones que se controlarán son las oscilaciones rápidas de voltaje (flicker), las distorsiones armónicas y cualquier otro parámetro que la experiencia demuestre que afecta la calidad del servicio.

El Distribuidor por su propia iniciativa, por reclamo de los Consumidores o exigencia del CONELEC, efectuará las mediciones y estudios necesarios para determinar el origen y las magnitudes de las perturbaciones.

Los procedimientos y metodología de medición y los límites permitidos para las perturbaciones, serán regulados por el CONELEC.

El Distribuidor podrá suspender el Servicio a los Consumidores cuyas instalaciones produzcan perturbaciones en el sistema de distribución que excedan los límites permitidos, hasta que se eliminen las causas de tales perturbaciones.

2.4. REGULACION No. CONELEC – 004 / 01

CALIDAD DEL SERVICIO ELECTRICO DE DISTRIBUCION EL DIRECTORIO DEL CONSEJO NACIONAL DE ELECTRICIDAD

EL CONELEC En ejercicio de las facultades otorgadas por el literal e) del artículo 13 de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, expide esta Regulación sobre la Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución, cuyos aspectos más importantes son la definición de Términos y procedimientos, siendo los útiles para el presente trabajo lo siguiente⁽³⁾ :

⁽³⁾ CONELEC; En ejercicio de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, expidió la Regulación No.- 004 / 01.

2.4.1. Objetivo

El objetivo de la presente Regulación es establecer los niveles de calidad de la prestación del servicio eléctrico de distribución y los procedimientos de evaluación a ser observados por parte de las Empresas Distribuidoras.

2.4.2. Definiciones

Armónicas: Son ondas sinusoidales de frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de 60 Hz.

Barras de salida: Corresponde a las barras de Alto Voltaje en las subestaciones de elevación y a las barras de Bajo Voltaje de subestaciones de reducción.

Centro de transformación: Constituye el conjunto de elementos de transformación, protección y seccionamiento utilizados para la distribución de energía eléctrica.

Fluctuaciones de Voltaje (o Variaciones de): Son perturbaciones en las cuales el valor eficaz del voltaje de suministro cambia con respecto al valor nominal.

Frecuencia de las interrupciones: Es el número de veces, en un periodo determinado, que se interrumpe el suministro a un Consumidor.

Interrupción: Es el corte parcial o total del suministro de electricidad a los Consumidores del área de concesión del Distribuidor.

Niveles de voltaje: Se refiere a los niveles de alto voltaje (AV), medio voltaje (MV) y bajo voltaje (BV) definidos en el Reglamento de Suministro del Servicio.

Periodo de medición: A efectos del control de la Calidad del Producto, se entenderá al lapso en el que se efectuarán las mediciones de Nivel de Voltaje, Perturbaciones y Factor de Potencia, mismo que será de siete (7) días continuos.

Perturbación rápida de voltaje (flicker): Es aquel fenómeno en el cual el voltaje cambia en una amplitud moderada, generalmente menos del 10% del voltaje nominal, pero que pueden repetirse varias veces por segundo. Este fenómeno conocido como efecto "Flicker" (parpadeo) causa una fluctuación en la luminosidad de las lámparas a una frecuencia detectable por el ojo humano.

Voltaje Armónico: Es un voltaje sinusoidal de frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de 60 Hz del voltaje de suministro.

Voltaje nominal (Vn): Es el valor del voltaje utilizado para identificar el voltaje de referencia de una red eléctrica.

Voltaje de suministro (Vs): Es el valor del voltaje del servicio que el Distribuidor suministra en el punto de entrega al Consumidor en un instante dado.

Todos aquellos términos que no se encuentran definidos en forma expresa en esta Regulación, tendrán el mismo significado que los establecidos en los demás Reglamentos y Regulaciones vigentes.

2.4.3. Responsabilidad y Alcance

Las Empresas Distribuidoras tienen la responsabilidad de prestar el servicio eléctrico a los Consumidores ubicados en su zona de Concesión, dentro de los niveles de calidad establecidos, en virtud de lo que señala la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, los Reglamentos aplicables, el Contrato de Concesión y las Regulaciones correspondientes.

2.4.4. Organismo Competente

El cumplimiento de los niveles de Calidad de Servicio será supervisado y controlado por el Consejo Nacional de Electricidad CONELEC, a través de los índices que se establecen en la presente Regulación.

2.4.5. Aspectos de Calidad

El Suministro de Servicio se medirá considerando:

2.4.6. CALIDAD DEL PRODUCTO

Los aspectos de calidad del producto técnico que se controlarán a través del nivel de voltaje, las perturbaciones y el factor de potencia, siendo el Distribuidor responsable de efectuar las mediciones correspondientes, el procesamiento de los datos levantados, la determinación de las compensaciones que pudieran corresponder a los consumidores afectados y su pago a los mismos.

2.4.6.1. Nivel de Voltaje

El nivel de voltaje se establece en función de la siguiente expresión.

2.4.6.2. Índice de Calidad

$$\Delta V_k (\%) = \frac{V_k - V_n}{V_n} * 100$$

Donde:

ΔV_k : variación de voltaje, en el punto de medición, en el intervalo k de 10 minutos.

V_k : voltaje eficaz (rms) medido en cada intervalo de medición k de 10 minutos.

V_n : voltaje nominal en el punto de medición.

2.4.6.3. Perturbaciones

Dentro de este concepto de la Regulación, se encuentra el Flicker cuyo Análisis es objeto de este trabajo.

2.4.6.4. Parpadeo (Flicker)

2.4.6.5. Índice de Calidad

Para efectos de la evaluación de la calidad, en cuanto al flicker, se considerará el Índice de Severidad por Flicker de Corta Duración (P_{st}), en intervalos de medición de 10 minutos, definido de acuerdo a las normas IEC; mismo que es determinado mediante la siguiente expresión:

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

Donde:

P_{st} : Índice de severidad de flicker de corta duración.

$P_{0.1}, P_1, P_3, P_{10}, P_{50}$: Niveles de efecto "flicker" que se sobrepasan durante el 0.1%, 1%, 3%, 10%, 50% del tiempo total del periodo de observación.

2.4.6.6. Mediciones

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 considerarán 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 efectuará durante un período 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 efectuarán mediciones de monitoreo de flicker, de manera simultánea con las mediciones de voltaje indicadas anteriormente; por lo que los medidores de voltaje deberán estar equipados para realizar tales mediciones de monitoreo.

2.4.6.7. Límites

El índice de severidad del Flicker P_{st} en el punto de medición respectivo, no debe superar la unidad. Se considera el límite $P_{st} = 1$ como el tope de irritabilidad asociado a la fluctuación máxima de luminancia que puede soportar sin molestia el ojo humano en una muestra específica de población.

Se considerará que el suministro de electricidad no cumple con el límite admisible arriba señalado, en cada punto de medición, si las perturbaciones se encuentran fuera del rango de tolerancia establecido en este numeral, por un tiempo superior al 5 % del período de medición de 7 días continuos.

2.5. NORMA TÉCNICA Y TÉRMINOS DE REFERENCIA

- El Distribuidor debe solicitar un estudio de diagnóstico del Efecto Flicker.
- Para realizar el estudio se establece la Norma Técnica la cual es correspondiente al Flicker, menciona⁽⁴⁾ :

Las mediciones que debe realizar el Distribuidor serán :

El Distribuidor deberá realizar lo siguiente:

- 1.- Un registro en cada uno de los puntos de medición provenientes de una selección de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 2.1

Numero de puntos de medición de parpadeo.

| CONSUMIDORES EN BAJO VOLTAJE POR DISTRIBUIDOR | NUMERO DE PUNTOS DE MEDICION | |
|--|---------------------------------|--------------------------------------|
| | Trafos de Distribución | Trafos de potencial de las S/E |
| Mayor a 300000 | 60 | 8 |
| Mayor a 150000 y menor o igual a 300000 | 30 | 5 |
| Mayor a 100000 y menor o igual a 150000 | 24 | 4 |
| Mayor a 50000 y menor o igual a 100000 | 16 | 4 |
| Menor o igual a 50000 | 12 | 3 |

Fuente : Términos de Referencia dado por el CONELEC.

- 2.- Para la selección de los puntos se consideran 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.

⁽⁴⁾ CONELEC; Términos de Referencia, dado por el Consejo Nacional de Electricidad.

3.- El registro se efectuará cada mes 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, la cual se mencionara en él capítulo III.

III.- PERTURBACIONES

3.1. INTRODUCCIÓN

La red de alimentación ideal debería comportarse como una fuente de tensión con una salida senoidal y tensión constante en todos los puntos de suministro. Sin embargo la señal se encuentra distorsionada por diversos motivos; siendo la causa principal las propias cargas, por su propia forma de funcionar durante arranques y paradas, por la conmutación de corrientes importantes entre diversos circuitos, ocasionando todo ello caídas de tensión en las impedancias del sistema.

Otras veces las causas son externas, siendo las más comunes las perturbaciones atmosféricas y las elevaciones de potencial de tierra; siendo efectos que salen del alcance de este trabajo.

Algunos tipos de distorsión en la red ocasionan pérdidas innecesarias con el consiguiente empeoramiento del rendimiento de las instalaciones. Otros tipos de perturbaciones ocasionan problemas denominados de "Compatibilidad Electromagnética", estos son problemas de mal funcionamiento o accionamientos erráticos de algunos equipos cuando se alimentan de una red muy perturbada.

Estos problemas, a pesar de no ser cuantificables en términos de rendimientos ocasionan pérdidas importantes de eficacia en los sistemas de producción por averías o paros intempestivos.

El término "Compatibilidad Electromagnética", abreviadamente EMC, se asocia normalmente a perturbaciones de alta frecuencia en circuitos electrónicos, pero incluye también todo tipo de perturbaciones generadas por la red de alimentación.

Es muy importante tener en cuenta que el primer paso para resolver un problema generado por perturbaciones es hacer un correcto diagnóstico del problema. Es habitual que aparezcan diversos tipos de perturbaciones juntos y sus efectos mezclados, lo cual hace que a veces se atribuyan varios efectos a determinado

tipo de perturbación sin haber estudiado suficientemente el caso. Un mal diagnóstico lleva consigo las medidas correctoras que se apliquen tampoco serán acertadas. Para realizar dicho diagnóstico de forma correcta es importante conocer los posibles problemas producidos por los diversos tipos de perturbaciones, pero resulta fundamental disponer de instrumentos de medida que ayuden a detectar y a cuantificar el fenómeno, tal es el caso del analizador de redes, que para el presente trabajo se ha conseguido el equipo AR5, siendo este producido por la compañía CIRCUTOR de España y cuya especificación se determinará completamente en el capítulo IV.

Debe recalcar que las perturbaciones que se tratarán según se establece en el Capítulo V, serán únicamente las variaciones de voltaje detectadas por el fenómeno Flicker (Parpadeo de Luz).

3.2. CLASIFICACIÓN DE LAS PERTURBACIONES DE RED

Los principales parámetros de la red que puedan verse alterados por algún tipo de perturbación son (según se define en la norma EN –50.160) las siguientes:

- Frecuencia.
- Amplitud.
- Forma de Onda.
- Simetría del sistema Trifásico.

Todos ellos pueden afectarse de forma transitoria, es decir, sin ninguna cadencia de repetición, o de forma periódica. Por otro lado la duración puede ser de fracciones de ciclo o de varios ciclos o incluso periodos de varios segundos o minutos. En virtud de esta variedad de posibilidades las perturbaciones reciben distintos nombres que se definirán a continuación. En la figura 3.1 se adjunta un resumen de los principales tipos de perturbaciones, de los cuales nos referiremos únicamente a las perturbaciones de amplitud que se presentan con una duración mayor a 1 ciclo; siendo estas de carácter periódico y en donde aparecen las

fluctuaciones y el flicker actuando en un rango de frecuencias desde 0.5 hasta 30 Hz⁽⁵⁾.

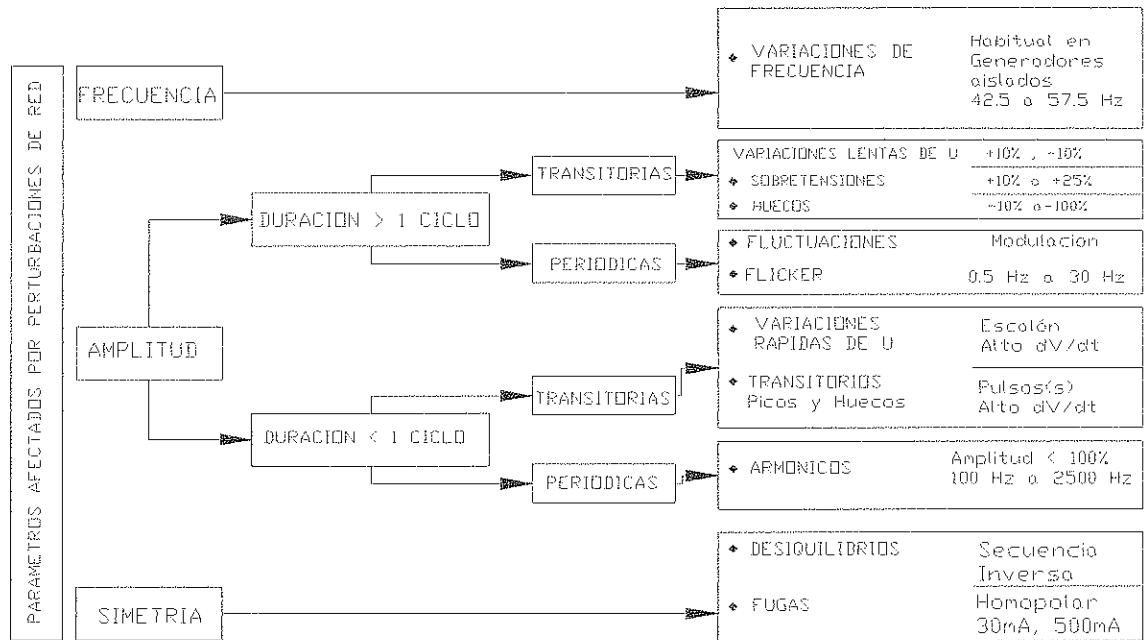


Figura 3.1 Perturbaciones más Frecuentes en la Red.

A continuación las siguientes definiciones que se mencionaran en el desarrollo de este capítulo, y permitirán conocer los distintos tipos de perturbaciones que pueden presentarse en una red de Distribución :

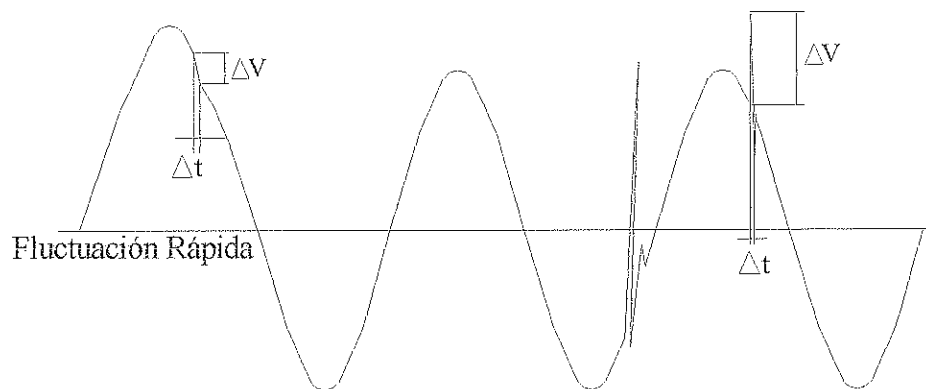
Perturbación Conducida.- Fenómeno electromagnético propagado a través de las líneas de distribución.

Variaciones de Frecuencia.- Alteración de la frecuencia de la red generalmente medida en promedios de 10 segundos.

Variaciones de tensión (lentas) .- Aumento o disminución del valor eficaz debido a las fluctuaciones de carga. Suelen medirse en promedios de 10 segundos. En general, en distribución se exige mantener la tensión dentro de un $\pm 10\%$ durante el 95 % del tiempo.

⁽⁵⁾ Manual de Calidad y Uso Racional de Energía, Perturbaciones en la Red. Pag .74.

Variaciones Rápidas de Tensión .- Cambio de valor eficaz, manteniéndose durante un tiempo indefinido y sin ninguna cadencia conocida de repetición. Se trata de escalones provocados habitualmente por la intersección de cargas cuyas consecuencias más perniciosas suelen depender de la rapidez del cambio de la tensión, que llamaremos dV/dt (concepto ilustrado en la figura 3.2). Este tipo de perturbaciones puede encuadrarse mejor dentro de los fenómenos EMI y las consecuencias suelen ser los fallos intempestivos de la electrónica de control.



PARAMETRO IMPORTANTE : Pendiente = $\frac{\Delta t}{\Delta V} = \frac{dt}{dV}$ Picos y huecos transitorios

Figura 3.2 Ejemplos de variación rápida de Tensión y transitorios

Transitorios (Picos y huecos).- Perturbaciones, generalmente picos con oscilación, causadas por conexión-desconexión de cargas inductivas o capacitivas o por descargas atmosféricas. Este tipo de perturbaciones, a veces denominadas "parásitos" o más técnicamente denominado "EMI" (Electromagnetic Interferences) solo se puede ponderar por medio de osciloscopios o registradores que permitan ver la forma de onda .

Su correcta cuantificación debe hacerse midiendo su espectro de amplitudes entre 10 KHz y 30 MHz con analizadores de espectro dedicados. No obstante la cuantificación del dV/dt resulta también interesante.

Huecos .- Son disminuciones del valor eficaz, comprendidos entre 90 % y el 1% que pueden durar desde medio ciclo hasta 1 minuto.

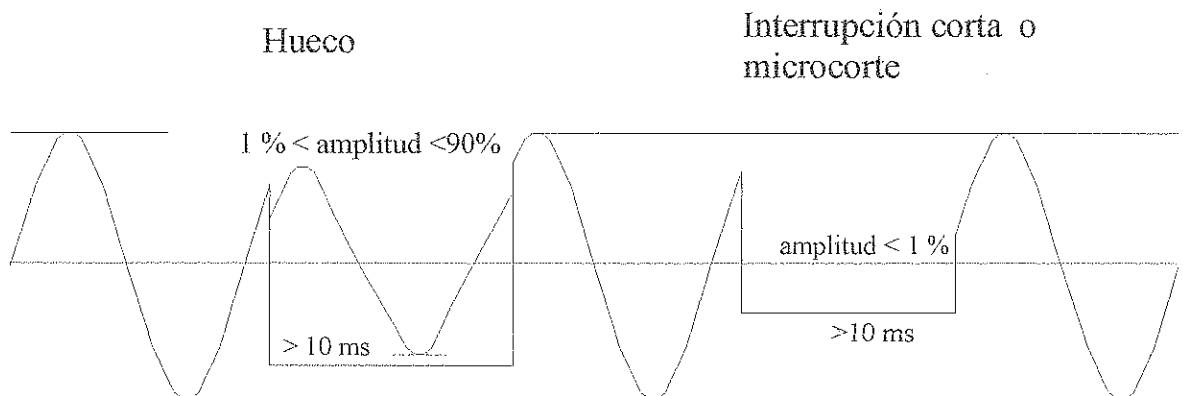


Figura 3.3 Huecos o interrupciones cortas (micro cortes)

Interrupción corta .- Son bajadas de tensión hasta un valor inferior al 1% de la tensión nominal y con duración entre medio ciclo y 1 minuto.

Fluctuaciones de Tensión.- Cambios del valor eficaz (envolvente de la amplitud) que se repiten de forma periódica.

Micro corte .- Se lo aplica como sinónimo de interrupción corta con duración de algunos milisegundos. Este tipo de perturbaciones aparece típicamente en los disparos de protecciones con reenganche automático.

Armónicos .- Variaciones de amplitud periódicas con frecuencias múltiplos de la fundamental de 50 o 60 Hz.

Ínter-armónicos .- Variaciones de amplitud periódicas con frecuencias no múltiplos de la fundamental.

De los tipos de perturbaciones de voltaje antes mencionados este trabajo se ha encargado solo de las Fluctuaciones de Voltaje.

3.3. NORMA TÉCNICA (60868-0)

Al ser un tema totalmente nuevo en el Ecuador, el CONELEC, ente regulador a nivel Nacional ha escogido la Norma IEC 60868-0, estandarizada a nivel europeo para el tratamiento y medición del Efecto Flicker.

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

En base de esta norma, a nivel local, se establecieron los límites admitidos para variaciones de voltaje, tiempos de monitoreo, metodología de cálculo y aparatos de medida, razón por la cual en el presente capítulo se tratará los aspectos principales de dicha Norma⁽⁶⁾.

3.3.1. Definición del Efecto Flicker

Se puede decir que físicamente el efecto flicker es la variación de luz o de luminosidad a consecuencia de las fluctuaciones o variaciones de tensión. La unidad de medida se llama "Índice de Perceptibilidad" P, esta basada en un modelo biológico de la perceptibilidad del ojo humano ante las fluctuaciones de luz de un bulbo estándar de incandescencia de 60W. El método se basa en una medida de las fluctuaciones de tensión según se ilustra en la figura 3.4. Y con el siguiente procedimiento se indicará como se define el Efecto Flicker⁽⁷⁾.

⁽⁶⁾ **NORMA TÉCNICA IEC 60868-0**; Flickermeter Part o. Evaluación de la Severidad del Flicker, (CEI 868-0; 1991) Pag 1. Avalizada en el Ecuador por el INEN.

⁽⁷⁾ **POWER ENGINEERY (IEEE)**; Modulation del Flicker , V. Skendzic, M.B. Marz, M.T. Bishop – Cooper Kewanee Power System. Pag 3, 4.

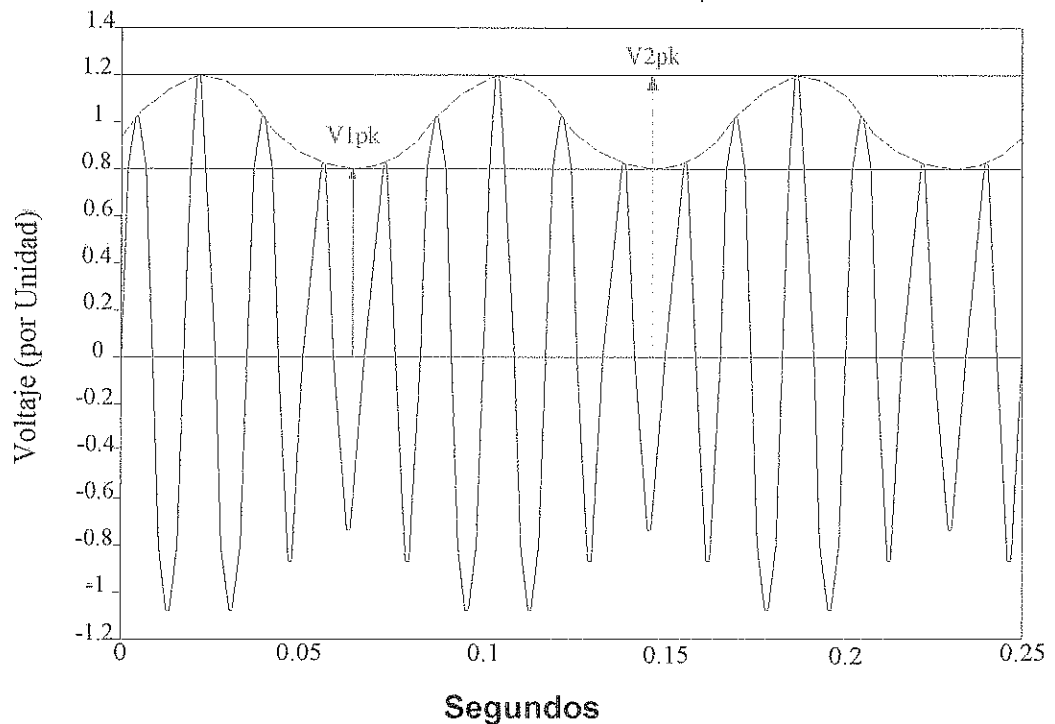


Figura 3.4 Grafico de una sola Frecuencia la Envoltente

El grafico de la figura 3.4 indica en el eje horizontal el tiempo de duración de la señal de voltaje, la misma que esta representada en un cuarto de segundo , debido a esto se encuentra hasta los 0.25 segundos y en el eje vertical se indica el voltaje de la señal expresada por unidad. La figura mencionada representa el voltaje de un sistema distorsionado por algunas variaciones de amplitud cuyos valores picos tienen una cadencia que puede representarse mediante una onda envoltente de frecuencia igual a 12 Hz, siendo en la figura3.4 representada por líneas entrecortadas.

Con estos valores se calcula el valor eficaz medio, definido por la ecuación 3-1 siguiente:

$$V_{\text{RMS - PROMEDIO}} = \frac{\frac{V_{2pk}}{\sqrt{2}}}{2} + \frac{\frac{V_{1pk}}{\sqrt{2}}}{2} = \frac{V_{2pk} + V_{1pk}}{2\sqrt{2}} = \frac{1.2 + 0.8}{2\sqrt{2}} = 0.707 \quad (3-1)$$

Se define como :

Voltaje de Modulación dV :

$$V_{\text{modulación-RMS}} = \frac{V_{2pk} - V_{1pk}}{2\sqrt{2}} = \frac{1.2 - 0.8}{2\sqrt{2}} = 0.1414 \quad (3-2)$$

Con estos valores se define el valor de la Magnitud del Flicker de Voltaje, tal como se indica a continuación :

$$\text{Magnitud del flicker del voltaje} = \frac{V_{2pk} - V_{1pk}}{V_{2pk} + V_{1pk}} = \frac{1.2 - 0.8}{1.2 + 0.8} = 0.20 \quad (3-3)$$

Según el gráfico se ha establecido las ecuaciones (3-1) y (3-2), y se ha podido relacionarlas en la siguiente demostración para encontrar la ecuación (3-4) la cual indica como se halla la magnitud del flicker en porcentaje.

$$\frac{dV}{V_{\text{RMS-PROMEDIO}}} = \frac{\frac{V_{2p}}{2\sqrt{2}} - \frac{V_{1p}}{2\sqrt{2}}}{\frac{V_{2p}}{\sqrt{2}} + \frac{V_{1p}}{\sqrt{2}}} = \frac{\frac{V_{2p} - V_{1p}}{2\sqrt{2}}}{\frac{V_{2p} + V_{1p}}{2\sqrt{2}}} = \frac{V_{2p} - V_{1p}}{V_{2p} + V_{1p}} \times 100$$

$$\text{Porcentaje del Flicker en el Voltaje} = \frac{dV}{V} = \frac{V_{2pk} - V_{1pk}}{V_{2pk} + V_{1pk}} \times 100 \% \quad (3-4)$$

$$= \frac{1.2 - 0.8}{1.2 + 0.8} \times 100 = 20 \%$$

En el caso anterior se ha tenido una onda de modulación única de 12 Hz obteniéndose un Flicker del 20 %.

Según la Norma IEC 60868-0 las variaciones de voltaje que pueden ser percibidas por el parpadeo de la luz, son aquellas que tienen una envolvente de 0.5 a 25 Hz.

Por otro lado la onda de modulación puede ser una combinación de ondas de varias frecuencias en el rango antes mencionado, en este caso se realiza el calculo antes indicado para cada frecuencia que entra en la modulación, así:

$$F_{0.5} = \frac{d_{V,0.5}}{V_{0.5}} = \frac{V_{2\rho 0.5} - V_{1\rho 0.5}}{V_{2\rho 0.5} + V_{1\rho 0.5}} * 100$$

Este calculo en $F_{0.5}$ representa la magnitud del flicker cuando se modula la onda de voltaje con una frecuencia de 0.5 Hz, luego

$$F_1 = \frac{d_{V,1}}{V_1} = \frac{V_{2\rho 1} - V_{1\rho 1}}{V_{2\rho 1} + V_{1\rho 1}} * 100$$

La expresión de F_1 representa la magnitud del flicker cuando se modula la onda de voltaje con otra onda de frecuencia 1 Hz.

Este mismo procedimiento se repite para todas y cada una de las ondas de modulación hasta llegar ha encontrar la magnitud del flicker cuando la modulación es de 25 Hz, es decir :

$$F_{25} = \frac{d_{V,25}}{V_{25}} = \frac{V_{2\rho 25} - V_{1\rho 25}}{V_{2\rho 25} + V_{1\rho 25}} * 100$$

Una vez ya encontrados los valores desde $F_{0.5}$ hasta F_{25} se los reemplaza en la ecuación (3-5) para encontrar el RMS FLICKER MEDIO .

$$RMS_{FLICKER\ MEDIO} = \sqrt{(F_{0.5})^2 + (F_1)^2 + \dots + (F_{25})^2} \quad (3-5)$$

3.3.2. Flicker RMS

Se define como la media del flicker ponderado debido a cada una de las frecuencias, representado por la formula (3-6).

El valor medio se lo obtiene extrayendo la raíz de la suma de los cuadrados de la magnitud del Flicker para cada una de las frecuencias de modulación dividiendo para él numero de frecuencias , formula (3-6)⁽⁸⁾

$$\text{RMS}_{\text{FLICKER PONDERADO}} = \sqrt{\frac{F_{0.5}^2}{F_T} + \frac{F_1^2}{F_T} \dots + \frac{F_{25}^2}{F_T}} \quad (3-6)$$

$$\text{Donde : } \frac{F_n}{F_T} = \text{Flicker Ponderado}$$

F_T = Numero de Frecuencias de modulación.

Que exponiéndole en forma general se tienen la siguiente expresión :

$$\text{RMS}_{\text{FLICKER}} = \sqrt{\sum_1^N \text{FLICKER}_{\text{Ponderado}}(n)^2} = \sqrt{\sum_1^N \left[\frac{\% \frac{dV_n}{V}}{F T_n} \right]^2} =$$

Donde F_T es él numero de frecuencias de modulación que son perceptibles al ojo humano, según la Norma 60868 estando en rango de 0.5 Hz a 25 Hz y siendo finalmente en total 26 frecuencias perceptibles. (En el caso de la IEEE determina rangos de 6 a 10 Hz entonces el $F_T = 5$).

⁽⁸⁾ POWER ENGINERY (IEEE); Modulation del Flicker, V. Skendzic, M.B. Marz, M.T. Bishop – Cooper Kewanee Power System.Pág.5.

Por esta razón si determinaríamos el flicker ponderado con el espectro dado por la Norma IEC 60868-0 de 0.5 a 25 Hz, tendríamos un $F_T = 26$, y la ecuación (3-6) indicaría :

$$RMS_{\text{FLICKER PONDERADO}} = \sqrt{\frac{\left(\frac{d_{1,0.5}}{V_{0.5}}\right)^2 + \left(\frac{d_{1,1}}{V_1}\right)^2 + \left(\frac{d_{1,2}}{V_2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{d_{1,25}}{V_{25}}\right)^2}{26}}$$

En forma general :

$$RMS_{\text{FLICKER}} = \sqrt{\sum_{n=0.5}^{25} \frac{d_{1,n}^2}{V_n^2}} \quad \text{Ecuación (3-6-1)}$$

Continuando con la norma indicada, el monitoreo debe efectuarse con periodos de integración de 10 minutos, adquiriendo datos cada segundo, y en cada uno de ellos se deberá aplicar la formula (3-6-1).

Una vez determinado el RMS_{FLICKER} del primer segundo, y que se llama $RMS_{F1''}$, y así se debe calcular para el segundo obteniendo el $RMS_{F2''}$, hasta los seiscientos Segundos $RMS_{F600''}$.

Correspondiente al primer periodo de integración, obteniéndose un promedio de los 600 valores calculados mediante las expresiones :

$$RMS_{1'} = \frac{RMS_{1''} + RMS_{2''} + \dots + RMS_{600''}}{60} \quad (3-7)$$

El mismo procedimiento para cada segundo en el segundo minuto :

$$RMS_{2'} = \frac{RMS_{1''} + RMS_{2''} + \dots + RMS_{600''}}{60}$$

Y así sucesivamente para obtener :

$$RMS_{3'} = \frac{RMS_{1'} + RMS_{2'} + \dots + RMS_{60'}}{60}$$

$$RMS_{4'} = \frac{RMS_{1'} + RMS_{2'} + \dots + RMS_{60'}}{60}$$

*

*

$$RMS_{10'} = \frac{RMS_{1'} + RMS_{2'} + \dots + RMS_{60'}}{60}$$

Con los valores anteriores se obtiene un promedio de los RMS en los 10 minutos, así :

$$RMS_{10T'} = \frac{RMS_{1'} + RMS_{2'} + \dots + RMS_{10'}}{10} \quad (3-8)$$

(Siendo este un valor que es entregado por los modernos equipos analizadores).

3.3.3. Índice de Perceptibilidad

Denominado como flicker instantáneo P, indica un nivel de percepción no lineal del conjunto ojo-cerebro, el mismo que esta basado en un modelo biológico de percepción del ojo humano ante las fluctuaciones de luz de un bulbo estándar de incandescencia de 60W, que se mencionó anteriormente y que se le llama precisamente, perceptibilidad; siendo calculado a partir del $RMS_{FLICKER}$

$$\text{Perceptibilidad} = (RMS_{FLICKER})^2 \quad (3-9)$$

Para análisis del efecto Flicker se calcula con la ecuación (3-9) de Perceptibilidad en cada segundo de 10' minuto según la Norma IEC60868-0.

Por lo tanto se tendría como en la siguiente muestra :

$$P_{1''} = (\text{RMS}_{1''})^2 \quad \text{en el primer segundo}$$

$$P_{2''} = (\text{RMS}_{2''})^2 \quad \text{en el 2''segundo}$$

.

.

.

$$P_{300''} = (\text{RMS}_{300''})^2 \quad \text{en el 300}^{\text{avo}} \text{ segundo}$$

.

.

.

$$P_{600''} = (\text{RMS}_{600''})^2 \quad \text{en 600}^{\text{avo}} \text{ segundo}$$

Los valores encontrados se utilizarán en el cálculo del índice de corta duración, (ecuación(3-10)), tal como se indicará en el numeral siguiente.

3.3.4. Índice de Severidad de Corta Duración (P_{st})

El Índice de Severidad de Corta Duración, se le designa como (P_{st}), y se lo define como una unidad de medida para la Evaluación de Severidad del Flicker en un tiempo establecido de 10' minutos según la Norma IEC 60868. Y esta dada por la siguiente ecuación experimental⁽⁹⁾:

$$P_{st} = \sqrt{0.0314 P_{0.1} + 0.0525 P_1 + 0.0657 P_3 + 0.28 P_{10} + 0.08 P_{50}} \quad (3-10)$$

Donde los valores de $P_{0.1}$, P_1 , P_3 , P_{10} , P_{50} , se los denomina como Percentiles de Perceptibilidad Máxima los cuales representan la sensación instantánea del flicker en unidades de Perceptibilidad. Son valores que indican cual es la

⁽⁹⁾ NORMA TÉCNICA IEC 60868-0; Flickermeter Functional and design Specifications Pag.15

máxima Perceptibilidad alcanzada durante 0.1 % , 1 % , 3 % , 10 % y 50 % del tiempo programado, distribuido de la siguiente forma :

$P_{0.1}$ = el valor máximo de la Perceptibilidad durante el 0.1 % del tiempo programado; es decir a los 0.6" primeros segundos en caso de asumirse 10' de integración.

P_1 = el valor máximo de la Perceptibilidad durante el 1 % del tiempo programado; es decir a los 6" primeros segundos.

P_3 = el valor máximo de la Perceptibilidad durante el 3 % del tiempo programado; es decir a los 18" primeros segundos.

P_{10} = el valor máximo de la Perceptibilidad durante el 10 % del tiempo programado; es decir a los 60" primeros segundos.

P_{50} = el valor máximo de la Perceptibilidad durante el 50 % del tiempo programado; es decir a los 600" primeros segundos.

Para comprender mejor el significado de los Percentiles $P_{0.1}$, P_1 , P_3 , P_{10} , P_{50} . se toma en cuenta los valores de la tabla adjunta 3.1, que recoge los valores de P para una muestra de 300" segundos y que para el primer segundo se tiene una Perceptibilidad de 1"; el P_1 será el valor máximo a los 6 primeros segundos pero el valor mayor se ha determinado a los 2" segundos, por consiguiente se debe tomar el valor de 1.5 para P_1 , P_3 será el valor máximo en los 18" primeros segundos, pero el 2 a los 15" segundos se tomara para P_3 , P_{10} y P_{50} .

Tabla 3.1 . Valores de Perceptibilidad en ciertos tiempos

| Tiempo Programado en Segundos | 1" | 2" | 3" | 4" | 5" | 6" | 7" | * | * | 15" | * | 18" | * | * | 60" | * | * | 300" |
|-------------------------------------|----|-----|-----|-----|------|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| Valores posibles de Perceptibilidad | 1 | 1.5 | 0.8 | 0.9 | 0.88 | 1.0 | 0.3 | 0.25 | 0.15 | 2 | 0.3 | 0.5 | 0.6 | 0.4 | 1.8 | 0.1 | 1.7 | 0.8 |

Fuente : Posibles valores de Perceptibilidad en cualquier toma de datos .

Después de haber obtenido todos los datos para los Percentiles se aplican los mismos a la ecuación (3-10), determinando la severidad del flicker de corta duración.

$$P_{st} = \sqrt{0.0314 P_{0.1} + 0.0525 P_1 + 0.0657 P_3 + 0.28 P_{10} + 0.08 P_{50}} \quad (3-10)$$

3.3.5. Índice de Severidad de Larga Duración (P_{lt})

En la práctica cuando la perturbación es producida por varias cargas que funcionan de manera aleatoria o cuando las fuentes del Flicker tienen ciclos de trabajo largos y variables, entonces es necesario realizar otro análisis más minucioso con el Índice de Severidad de Larga Duración⁽¹⁰⁾.

Para periodos largos generalmente 2 horas según la Norma IEC 60868 se usa un promediado de tercer orden de los P_{st} (12 valores), obteniendo el parámetro P_{lt} , definido por la ecuación (3-11).

ECUACIÓN GENERAL DEL INDICE DE LARGA DURACIÓN:

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^N P_{Sti}^3}{N}} \quad (3-11)$$

Donde :

P_{st} = Son los valores calculados de Índices de Corta Duración de algún tiempo establecido.

N = Numero de periodos de integración durante el tiempo que establece las normativas en el correspondiente análisis.

Por lo tanto la anterior ecuación queda :

¹⁰ NORMA TÉCNICA IEC 60868-0; Flickermeter Functional and design Specifications, Pag 16.

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^{12} P_{Sti}^3}{12}} \quad (3-11)$$

Para determinar el P_{lt} se debe considerar la ecuación del P_{st} porque estos valores determinados son los que se introducen en la ecuación (3-11) para el cálculo del Índice de larga duración.

Se debe calcular con la ecuación del P_{st} durante 2 horas con una toma de datos de 10' minutos, y dando como resultado un $P_{st} 1'$ de los primeros minutos hasta el $P_{st} 12'$ de los 10 últimos minutos durante las 2 horas.

A continuación se indica como se determina con valores supuestos los $P_{st} 1'$ hasta $P_{st} 12'$ de 2 horas.

En el siguiente ejemplo se indica como:

$P_{st} 1' = 0.3$ de los primeros 10' minutos

·
·
·

$P_{st} 12' = 0.6$ de los últimos 10' minutos durante las 2 horas.

Al final se recopila todos los datos calculados por la ecuación (3-10) y al fin se puede determinar el P_{lt} por medio de la ecuación (3-12)

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\frac{(P_{st1'})^3 + (P_{st2'})^3 + \dots + (P_{st12'})^3}{12}} \quad (3-12)$$

3.4. VALORES LÍMITES PERMITIDOS

Los límites se han establecido por referente de las normativas internacionales por medio de las investigaciones, que las mismas entidades han efectuado y que por ser gran importancia se los indica a continuación :

El índice de severidad del Flicker P_{st} en el punto de medición respectivo, no debe superar la unidad. Se considera el límite $P_{st} = 1$ como el tope de irritabilidad asociado a la fluctuación máxima de luminancia que puede soportar sin molestia el ojo humano en una muestra específica de población, y $P_{tt} = 0.7$ durante el 99% del periodo controlado⁽¹¹⁾.

La verdad que respecto al tema Flicker y sus límites hay una gran confusión y se han cometido errores de normalización importantes . En primera instancia porque el alumbrado de incandescencia no es precisamente el más abundante y además porque en muchos países a la hora de establecer límites, se ha confundido el Umbral de Perceptibilidad $P_{st} = 1$, con el límite de tolerancia y algunos comités de reglamentación han fijado el valor de la unidad como límite para redes de industriales, haciendo muy difícil el cumplimiento en el caso de determinadas líneas de baja potencia de cortocircuito.

En el caso de la norma 61000-3-3 se puede aplicar en Norteamérica en donde los límites no se emplean actualmente por los fabricantes de equipo, sin embargo los niveles existentes de las fluctuaciones debido al global de todas las cargas perturbadoras de la red deberían ser considerados.

En cambio la referencia de la IEC dice que no es directamente aplicable a los sistemas de 60 Hz donde el voltaje del circuito secundario es típicamente de 120V.

⁽¹¹⁾ CONELEC; Reglamento de Suministro de Electricidad 004 / 01, Capítulo II, Pág.6.

La referencia de la IEC indica que se han efectuado algunas pruebas que proporcionan una base para usar el medidor del Flicker IEC para las aplicaciones del sistema de 120 Voltios.

Los resultados de estas pruebas han indicado que un nivel aceptable para los sistemas norteamericanos debe estar en el intervalo de 1.2 a 1.35 en lugar de 1 como lo indican las normas analizadas anteriormente.

Este incremento en los límites es debido básicamente a la menor sensibilidad de las lámparas de 120 V a las fluctuaciones de voltaje que las lámparas de 230 V, por lo tanto las lámparas de 120V exhibirán una menor cantidad de flicker y por consiguiente el valor de P_{st} deberá ser mayor 1.

Siendo la parte más importante el detector de Flicker a continuación se indica ciertos límites y condiciones que debe cumplir el medidor de Flicker para cuantificar dicho efecto :

Si el medidor de Flicker se adapta al voltaje de 120 V, es decir que tenga una respuesta normalizada y además se modifica la característica de frecuencia del medidor, se deberá aplicar el mismo límite establecido en las normas, esto es $P_{st} = 1$, de esta forma entonces , este límite se podrá aplicar sin importar el nivel de voltaje del sistema de distribución de baja tensión.

La evaluación que se debe emplear para el análisis del efecto Flicker deberá seguir un procedimiento el cual está establecido en la Regulación No-004/01 estipulada por el CONELEC, tal como se mencionó anteriormente en el Capítulo II.

3.5. AGENTES DEL EFECTO FLICKER

Debido al constante crecimiento de la humanidad y por ende el gran aumento de sus necesidades para poder vivir más cómodamente, paulatinamente han aparecido aparatos como: máquinas, electrodomésticos, etc., y han dado como

respuesta la generación de cargas fluctuantes de diferente tipo, y finalmente introduciendo Flicker en las señales de alimentación.

Dentro de las cargas generadoras del Efecto Flicker, tenemos: resistivas, inductivas, capacitivas y ciertas cargas combinadas entre resistivas con inductivas, capacitivas.

Otra de las causas para el apareamiento del Flicker, es el mal funcionamiento de las cargas durante el arranque y paradas, por la conmutación de corrientes importantes entre diversos circuitos.

Por lo tanto en el desarrollo de este capítulo se especificará más claramente las principales cargas que más influencia han tenido en la producción del Flicker.

3.5.1. Incidencia del consumidor en el Flicker

El Consumidor se ha tornado como una fuente del Flicker, pero la principal incidencia como ya mencionamos anteriormente por parte del consumidor es el constante incremento de cargas fluctuantes, y la permanente conmutación de cargas en forma desordenada.

En los siguientes ítems se explicará ciertas condiciones que se deben establecer para el Flicker producido por el consumidor.

3.5.1.1. Tolerancias para el Flicker Generado por el Consumidor

El índice a controlar será el de corto plazo (P_{st}) medido sobre la impedancia de referencia fijada por la Norma IEC 61000-3-3.

La Tolerancia dependerá de la carga del Consumidor y su relación con la potencia de cortocircuito en el punto de medición.

Tabla 3.2. Valores limites entre la Carga del Consumidor y Potencia de Cortocircuito.

| Carga (SL) Kw. | Pst |
|--|------|
| Voltaje: (≤ 1 kV) | |
| $SL \leq 20$ | 1.00 |
| $20 < SL \leq 30$ | 1.26 |
| $30 < SL \leq 50$ | 1.58 |
| $SL > 50$ | 1.86 |
| Voltaje: ($1\text{kV} < V \leq 230$ kV) | |
| $SL / S_{cc} \leq 0.005$ | 0.37 |
| $0.005 < SL / S_{cc} \leq 0.02$ | 0.58 |
| $0.02 < SL / S_{cc} \leq 0.04$ | 0.74 |
| $SL / S_{cc} > 0.04$ | 0.80 |

Fuente : Propuesta de Regulación dada por el CONELEC.

Donde:

S_{cc} = Capacidad de corto circuito del sistema en el punto de medición del Flicker [kVA]

S_L = Potencia contratada por el consumidor expresada en kVA.

Para la conversión de la potencia en kW que contrata el consumidor a una potencia expresada en KVA, se debe utilizar un factor de potencia igual a 0,92.

Se considerará incumplimiento por parte del consumidor cuando en un lapso de tiempo mayor al cinco por ciento, del empleado en las mediciones en el Período de Medición, dichas lecturas reportan que el Flicker ha excedido el rango de tolerancias establecidas.

Las tolerancias para el Flicker causado por el consumidor dependerá de la carga del usuario para el nivel de bajo voltaje (< 600 V) y de su relación con la potencia de cortocircuito en el punto de medición para medio y alto voltaje (≥ 600 V).

3.5.1.2. Control para el Flicker a nivel de consumidor

La acción del consumidor genera varias causas para que se produzca el Efecto Flicker, por lo tanto a continuación se especifica ciertos parámetros que se debe considerar para el control del Flicker en el sistema.

El control del Flicker generado por los consumidores será responsabilidad del Distribuidor, así como también el desarrollo de las acciones necesarias para dar solución al problema.

Las mediciones deberán realizarse usando un medidor de efecto de parpadeo, por un período no inferior a 7 días y en intervalos de 10 minutos, según establece la norma IEC 60868. Para cargas de baja Voltaje, la medición debe ser hecha sobre una impedancia de referencia fijada por la Norma IEC61000-3-3 con las siguientes características:

$Z_{ph} = 0.24 + j0.15$ ohms (Valor que presenta un usuario entre fase - fase)

$Z_n = 0.16 + j0.10$ ohms (Valor que presenta un usuario entre fase - neutro)

La impedancia de referencia de neutro (Z_n) será utilizada solamente para aquellos consumidores cuya alimentación es monofásica.

Para cargas en voltaje medio, las mediciones de efecto de parpadeo deben ser realizadas sobre la impedancia de la red o sobre una impedancia que no cause que el voltaje de estado estacionario caiga más del 3%.

3.5.1.3. Control para el Flicker en el Voltaje a nivel de Distribución

El voltaje es uno de los parámetros que debe mantenerse constante y sin ninguna alteración idealmente en la alimentación al consumidor, pero debido a la acción que el mismo produce y por dificultad de transmisión y distribución aparecen ciertos daños y alteraciones, siendo una de estas el Efecto Flicker. A continuación se especificara como se debe controlar el voltaje .

El control se realizará a través de una medición mensual por cada 100.000 Consumidores realizadas en bornes de bajo voltaje de los transformadores medio / bajo voltaje, las que no podrán ser inferiores a 2, de acuerdo con la Norma IEC 60868.

Los puntos deberán ser propuestos para aprobación del CONELEC, tres meses antes de realizarse la medición.

La medición de Flicker comenzará a partir del inicio de la Etapa 1, tal como se indica en la regulación dada por el CONELEC, (explicada claramente en el Capítulo II).

De los resultados obtenidos durante los primeros dos años de medición, se determinará si es necesario modificar el número de puntos de control.

3.6. FUENTES GENERADORAS DEL EFECTO FLICKER

Las Fuentes generadoras del Flicker se establecen con relación a donde se efectuó el análisis sea este en la industria y donde se pueda identificar el tipo de carga que este ocasionando el efecto. O cuando una carga considerable es conectada a cierta distancia a lo largo de un alimentador cuya caída de voltaje es relativamente alta, se produce con facilidad el Efecto Flicker.

Cualquier carga que produce un cambio repentino del valor eficaz de alimentación puede ser considerada una posible fuente de flicker, por lo tanto el flicker a nivel de circuitos primarios puede ser producido por cargas intermitentes como hornos de arco, soldaduras eléctricas equipos de rayos X; siendo estas cargas bien detalladas posteriormente en este mismo capítulo. Además el arranque de grandes motores también es una de las fuentes generadoras más comunes del flicker de voltaje.

La conmutación de ciertas cargas por medio de la conexión y desconexión de líneas con grandes corrientes de carga puede producir también el parpadeo a más de sobrevoltaje transitorios a causa de una descarga atmosférica.

En la práctica la operación de estos equipos eléctricos que provoca las oscilaciones de voltaje pueden a su vez causar perturbaciones en el funcionamiento de las instalaciones de los consumidores ligados a una misma red de distribución, como es el caso de receptores de televisión u otros tipos de equipamientos electrónicos.

Por lo general los reclamos que se hacen a las Empresas de Servicio Eléctrico son, por los constantes parpadeos en las lámparas de iluminación residenciales, por lo tanto es evidente que cuando se presente una oscilación de voltaje gran parte de consumidores sean los afectados.

3.6.1. Principales Aparatos causales del Flicker

Dentro de los principales causales del Flicker en una señal de voltaje se ha escogido las cargas más influyentes. Pero se debe considerar que la gran cantidad de cargas son externas y se podría analizar cada una detalladamente y cual es su efecto, pero a continuación se ha limitado las más básicas y de gran aplicación.

Dentro de la gama de los aparatos que generan el Flicker, en la actualidad el más importante es el horno de arco eléctrico.

Existen tres tipos de Hornos Eléctricos; siendo de resistencia, inducción, y arco, denominado este ultimo como más problemático por producir oscilaciones de voltaje.

El funcionamiento de un horno de arco tiene dos periodos: el periodo de fundición y el periodo de refinamiento. Durante el periodo de fundición los

pedazos de fragmento del metal se unen casi completamente a los electrodos, en forma de puente, aproximadamente a un cortocircuito en el lado secundario del transformador del horno. Consecuentemente, el periodo de fundición esta caracterizado por fluctuaciones violentas de corriente a bajo factor de potencia monofásico.

Cuando el periodo de refinamiento es alcanzado el acero ha sido fundido hacia un deposito y las longitudes de arco pueden ser mantenidas uniformemente por los reguladores automáticos del electrodo, de modo que los arcos estables se puedan mantener en todos los tres electrodos.

El periodo de refinamiento es, por consiguiente caracterizado por una carga trifásica estable de alto factor de potencia. Por lo tanto el interés de la empresa de servicio de electricidad esta concentrado en el periodo de fundición de la operación del horno de arco cuando las variaciones grandes de carga causan fluctuaciones de voltaje y por ende el flicker de lámpara resultante.

Otros de los principales causantes del Flicker es la Soldadura Eléctrica. Debido a sus características y su uso ampliamente difundido, esta es la clase del equipo de mucha importancia en la influencia en las fluctuaciones de voltaje los cuales dan como resultado el Efecto Flicker en los sistemas de suministro de energía.

En la mayoría las soldaduras tienen un tiempo de encendido más pequeño que el tiempo de apagado, y consecuentemente la energía total consumida es pequeña comparada con la demanda instantánea. Ventajosamente las soldaduras son maquinas que se encuentran en su mayoría en las industrias, donde otros procesos requieren gran cantidad de potencia, y donde las instalaciones de alimentación de energía son suficientemente fuertes, por lo tanto ningún problema de flicker es experimentado.

En casos aislados, pero no menos importantes, la soldadura puede ser la mayor carga en el área y serios problemas de flicker pueden ser encontrados en los sistemas de distribución adecuados para las cargas ordinarias.

Prácticamente todas las máquinas soldadoras en servicio son monofásicas y actualmente se encuentran también trifásicas, siendo la más común la soldadura por resistencia.

La caída de voltaje repentina y frecuente de la máquina soldadura puede causar un parpadeo muy notable de iluminación. En las soldaduras por resistencia eléctricas, la corriente se aplica a través de los electrodos a las partes soldadas que comúnmente son láminas delgadas de acero o aluminio. La suelta se temporiza con exactitud para llevar el metal justo a la temperatura soldante y las piezas se fusionan en punto pequeño.

Otro gran inconveniente que tiene la industria y en todo sector es el Arranque de los Motores, siendo otro de los causales para que se genere el Flicker en las líneas de alimentación de las empresas de servicio de electricidad.

Usualmente la alimentación a grandes motores desde las líneas de subtransmisión o alimentadores primarios no es un problema porque tales motores están localizados frecuentemente en una zona industrial donde las líneas de alimentación son inherentemente fuertes, pocos usuarios residenciales son servidos también desde estas líneas, donde los límites permitidos de caída de voltaje son más altos.

Pero se presenta problemas cuando existe un número de motores que tienen las especificaciones nominales altas para las instalaciones de energía eléctrica.

Existen problemas semejantes cuando un proceso industrial involucra un único motor grande con un número de motores auxiliares más pequeños o cuando la

planta industrial esta operando solamente con un suministro parcial, debido al mantenimiento falla del sistema de alimentación.

Cuando los motores más grandes o tal vez el grupo de motores que deba ser arrancado simultáneamente en las plantas industriales debería ser analizado para evitar el molesto Efecto Flicker.

3.7. PRINCIPALES FACTORES A LOS QUE AFECTA LA OSCILACIÓN DE VOLTAJE (FLICKER)

Por ser el Flicker consecuencia de las fluctuaciones de tensión, se manifiesta básicamente en forma de fluctuaciones de intensidad luminosa o parpadeo de luminosidad; el cual esta presente en el sistema de alimentación y apareciendo de una forma clara para incluso poder observarlo físicamente.

Por esta razón el flicker afecta en los niveles de medio y alto voltaje generando la irritación en los ojos de los consumidores de bajo voltaje.

El umbral de irritabilidad es el parámetro más importante que se debe disminuir al máximo para que los consumidores no sientan ciertas reacciones que les pueda afectar y producir algún trastorno en la parte física del mismo; de acuerdo a las pruebas efectuadas a las personas cuando están expuestas por mucho tiempo a estas variaciones de luminancia indican actitudes de cansancio, agotamiento y a largo plazo ciertos daños en la visión y un desequilibrio en la parte nerviosa en casos extremos.

El principal efecto de una perturbación de baja frecuencia como el Flicker y Armónicos, es la generación de mayor cantidad de perdidas en el sistema de distribución, causando calentamiento en los cables y transformadores y haciendo que el sistema de distribución se torne insuficiente.

3.8. POSIBLES SOLUCIONES PARA LA DISMINUCIÓN DEL EFECTO FLICKER

Por lo general las cargas se han presentado en forma fluctuante creando de tal forma condiciones de Flicker en uno o más de los siguientes lugares :

- * Distribución secundaria.
- * Líneas Primarias.
- * Barras de distribución de una subestación.
- * Estaciones generadoras.

Cualquier Flicker en la barra de distribución del voltaje de la estación generadora puede aparecer prácticamente en todos los puntos abastecidos por esta estación.

Similarmenete si una barra de distribución de la subestación parpadea se verán afectadas todas las cargas radiales de esas subestación. El flicker de la línea primaria afecta a todos los clientes remotos de la fuente del flicker, y en menor extensión, a algunos clientes más cercanos de la fuente de suministro.

Usualmente, el flicker del circuito secundario esta restringido a una área inmediatamente adyacente a la fuente de las perturbaciones.

Una gran variedad de equipo corrector y procedimientos pueden ser usadas para minimizar el flicker. Algunos de los más comunes son:

- * Grupos Motor – Generador.
- * Convertidores de Fase.
- * Condensadores sincrónicos.
- * Capacitores en Serie.
- * Transformadores elevadores de Voltaje.
- * Dispositivos de Arranque del Motor.
- * Cambios en el Sistema.
- * Cambios en los métodos de operación de la carga.

- * Compensadores de Var Adaptivo.

Grupo Motor – Generador

Prácticamente es probable que entre los artefactos de servicio y el sistema de potencia, un grupo motor-generador proporciona la máxima reducción posible del Flicker , debido a que este es efectivo para minimizar tres de las más indeseables características de la carga, detalladas de la siguiente manera :

- 1).- La utilización de una sola Fase.
- 2) .- El bajo Factor de Potencia.
- 3) .- Aplicación Repentina de la Carga.

Ya que el único vínculo entre el motor y el generador es el eje, las perturbaciones son debidas a la carga monofásica y al bajo factor de potencia. La reactancia del motor de impulsión, en conjunto con el efecto volante del motor y del generador, retrasan la transferencia de un cambio en la carga al sistema de potencia. Por lo tanto, se disminuye el régimen al cual el voltaje cae y el ojo posiblemente percibe menos el Flicker.

El grupo motor-generador tiene la desventaja de que posiblemente sea la solución más costosa, mas pesada, y menos eficiente, y ocupa mayor espacio que cualquiera de los varios dispositivos correctivos que puedan ser usados. Pero el conjunto motor-generador tiene la ventaja de estar conformado completamente por equipo estándar, y es por lo tanto, un aparato confiable y muy conocido. El tipo del motor puede ser asincrónico de inducción jaula de ardilla; siendo este provisto de un volante y un regulador de deslizamiento. La finalidad del generador debe ser apropiada para el abastecimiento de las cargas monofásicas o polifásicas.

Equilibrio de Fases

En las plantas industriales, un gran porcentaje de las causas potenciales del Flicker son los aparatos monofásicos. Por lo tanto, es de interés el estudio de los equilibradores de fase.

El problema planteado por un suministro monofásico a partir de una red trifásica implica un desequilibrio en la red, cuya solución no puede ser nunca completamente satisfactoria. En efecto, la alimentación en trifásica supone siempre en el primario una entrada de potencia instantánea constante, mientras que el suministro monofásico entraña en el secundario una salida de potencia instantánea pulsatoria; es decir, esencialmente variable en cada instante. Por consiguiente, y para resolver ese problema lo más satisfactoriamente posible deben repartirse los receptores monofásicos entre las tres fases, evitando que el desequilibrio se acentúe por algún efecto de sobreexcitación debido a que a la existencia de fuerzas magnetomotrices no compensadas.

Condensadores Sincrónicos

La caída momentánea de voltaje en un sistema de potencia, como resultado de una aplicación repentina de la carga, es igual al producto vectorial de la corriente y la impedancia del sistema, dando una consideración apropiada a las posiciones vectoriales.

En consecuencia una manera de reducir el flicker es disminuyendo la impedancia del sistema. Frecuentemente, la impedancia del sistema es predominante inductiva y el flicker es causado por la corriente de bajo factor de potencia, así que la mayoría de la caída del voltaje es debida a la componente reactiva de la impedancia del sistema.

Desde el punto de vista de los flicker el empleo de condensadores sincrónicos es factible, aunque no resulta ser tan económico en la practica.

Capacitores en Serie

En las líneas de transmisión o distribución son aplicables tanto los capacitores en serie como en derivación. Los capacitores en derivación son generalmente mejor entendidos y sus efectos ser pronosticados con exactitud. Esto no sucede con los capacitores en serie. De acuerdo a las investigaciones en la actualidad han permitido conocer nuevas aplicaciones de los condensadores serie tendientes a mejorar las condiciones en las líneas de transición y distribución.

Un capacitor en un circuito serie introduce una reactancia capacitiva negativa. La corriente en esta reactancia negativa produce una caída de voltaje con una corriente de 90° . Esta caída es opuesta a la reactancia inductiva. Entonces un capacitor en serie a frecuencia nominal, compensa la caída de voltaje o parte de ella, de principio a fin de la reactancia inductiva del alimentador.

La característica peculiar de un condensador en serie es el de compensar la reactancia inductiva de una línea eléctrica, lo hace extremadamente valorable en dos aplicaciones:

- A nivel de distribución, en ciertos circuitos radiales para reducir la caída de voltaje y las rápidas oscilaciones de voltaje causantes del flicker de lámpara.
- A nivel de transmisión y subtransmisión, para aumentar la transferencia de potencia de líneas eléctricas.

Los condensadores en serie, son particularmente útiles en los circuitos radiales de distribución cuando se requiere contrarrestar el efecto flicker, producido como consecuencia de los cambios bruscos de carga, siendo el caso de arranques de motores.

En principio, los capacitores en serie son efectivos en la reducción del flicker, ocasionado por prácticamente todos los tipos de carga fluctuantes.

Sin embargo, su efecto esta solamente más allá de su punto de instalación, por lo tanto, los capacitores en serie no corrigen al sistema completo.

Los capacitores en serie son por consiguiente principalmente económicos donde la carga productora del flicker es una gran parte del total, ocho o más. Por esto , la duplicación del numero de caídas no es usualmente un problema.

Cambios en el Sistema de Abastecimiento

En todos los casos de flicker causados por la utilización del equipo, prácticamente hay relación directa entre la cantidad de flicker y el tamaño del sistema de suministro de energía.

Por ejemplo si se asume que una soldadura causa el 3 % del flicker de voltaje en una subestación residencial, donde solamente 1% es aceptable, triplicando el tamaño del conductor de alimentación a la subestación debería reducir el flicker al nivel requerido, y esto debería construir una forma de eliminar el flicker. Si como consecuencia de esto se multiplica por tres él numero de líneas y bancos de transformadores esta seria probablemente la más costosa de todas posibles medidas correctivas, usualmente se pueden realizar cambios en el sistema más económicos.

El objetivo de cambios en el sistema de abastecimiento, es reducir la impedancia entre los generadores y el punto de conexión con otros consumidores.

Esto puede ser logrado, ya sea reforzando el sistema mediante la conexión de transformadores o de alimentadores adicionales, o remoción del punto de acoplamiento común entre la carga fluctuante y otros consumidores. A un nivel de falla más alto, a menudo a un nivel de voltaje mayor.

La impedancia del abastecimiento puede ser reducida mediante la conexión de los capacitores en serie. A pesar que la inductancia del abastecimiento puede ser

compensada completamente de esta manera, las fluctuaciones de voltaje, cuando son causadas por los hornos de arco, solo se reducen a casi la mitad de su amplitud no compensada. Esto se debe a que la reactancia del sistema no es cero para los cambios transitorios de la corriente, desbalanceada y la resistencia del abastecimiento.

El flicker severo en sistemas de potencia es un fenómeno relativamente raro. Esto puede explicarse porque los estudios del flicker son también poco comunes. Sin embargo en los casos donde el flicker plantea una dificultad técnica, las empresas del servicio de la electricidad son agobiadas con las quejas de los consumidores.

Las soluciones a los problemas de flicker pueden ser muy costosas para las empresas. La solución puede incluir la instalación de una subestación más cercana al sitio de la carga. Sin embargo podría ser difícil la justificación de la construcción de una subestación basada en las rentas que generaría dicha instalación. Otras soluciones el suministrar al consumidor de la carga variable a través de un alimentador separado, esta también es una costosa solución.

Dispositivos en el Arranque de los Motores

A causa de la necesidad de más eficiencia en el uso de energía en la industria, grandes motores de inducción están siendo usados más frecuentemente por cargas como la minería y empresas de manejo combustibles. Pero desafortunadamente algunas cargas no están estratégicamente localizadas con respecto a las fuentes eléctricas y por lo tanto pueden causar excesivo flicker de voltaje.

En la mayor parte de las zonas, sean residenciales o industriales, los motores pequeños de inducción de jaula de ardilla, hasta de unos cuantos caballos se pueden poner en marcha directamente desde la línea con una caída de voltaje que es de poca importancia en la fuente de voltaje, y con un retardo pequeño o sin retardo para acelerarse a su velocidad nominal. Igualmente, los motores

grandes de inducción de jaula de ardilla, hasta de varios miles de caballos se pueden arrancar conectándolos directamente a la línea sin daños ni cambios indeseados de voltaje, siempre que las tomas de la fuente tengan una capacidad lo bastante alta.

El arranque a voltaje nominal de grandes motores de inducción puede causar serios problemas de flicker de voltaje en un sistema de potencia. El uso de motores de alta potencia en áreas rurales; como estaciones de bombeo usualmente representa la condición del peor caos en lo que se refiere al flicker de voltaje y por lo tanto es un problema para la empresa del servicio eléctrico así como para los usuarios.

Un escenario común del flicker de voltaje es cuando una carga considerable es rápidamente variable y es conectada a cierta distancia a lo largo de un alimentador cuya caída de voltaje es relativamente alta. Si la carga cíclica es accionada por motores eléctricos experimentando múltiples operaciones de arranques y paradas, el voltaje en el sitio de la carga y más allá de él, experimenta probablemente el flicker de voltaje. Ejemplos de tales cargas son aserraderos, bombas y hornos de arco.

Operación de un sistema de arranque con capacitor

Un sistema de arranque con capacitor, reduce las corrientes de arranque del motor vistas por el sistema de potencia por cancelación de una gran porción de corriente reactiva tomada por el motor durante la aceleración. Reduciendo la corriente tomada del sistema, se reduce la magnitud de la caída de voltaje en el sistema.

Para reducir efectivamente el problema del flicker, un sistema de conmutación y control debe ser provisto para energizar los capacitores en el sistema en el instante en que el motor es arrancado y apagarlos una vez que el motor haya alcanzado la velocidad nominal. Un capacitor que es acoplado al sistema todo el

tiempo cambiara los niveles de voltaje de régimen permanente del sistema de potencia, pero no alterara la magnitud de la caída de voltaje que ocurre cuando el motor es arrancado.

De esta manera, una instalación de un sistema de arranque con capacitor requiere tres cosas :

- Un adecuado dimensionamiento del banco de capacitores.
- Un sistema de control para dirigir los contactores de cierre siempre que el motor trate de arrancar.
- Un dispositivo de conmutación de cierre rápido.

Compensador de VAR Adaptivo (AVC)

El AVC fue inicialmente desarrollado como un controlador de paso de potencia, pero más tarde fue evolucionado en un dispositivo que tiene gran variedad de aplicaciones importantes introduciendo nuevos modos de operación y estrategias de control.

Posteriormente muchas modificaciones han sido desarrolladas para mejorar la funcionalidad del AVC y para atender los requerimientos específicos en el sitio de su instalación.

El AVC es capaz de operar en un número de modos, incluyendo, la corrección del factor de potencia, compensación de var estática mantenimiento del nivel de voltaje y el control del flicker que es tema de este estudio.

La característica del AVC es el compensar la demanda de potencia reactiva de cargas cíclicamente variables sin la introducción de ningún transitorio o armónico en el sistema de potencia . La cantidad de potencia reactiva suministrada por el AVC al sistema es determinada en una base ciclo-por-ciclo de modo que se pueda adaptar a las rápidas variaciones de la carga.

Un diagrama funcional simplificado de una fase del AVC esta especificado en la figura 3.6. Todas las fases son idénticas y están conectadas en Y con el neutro puesto a tierra.

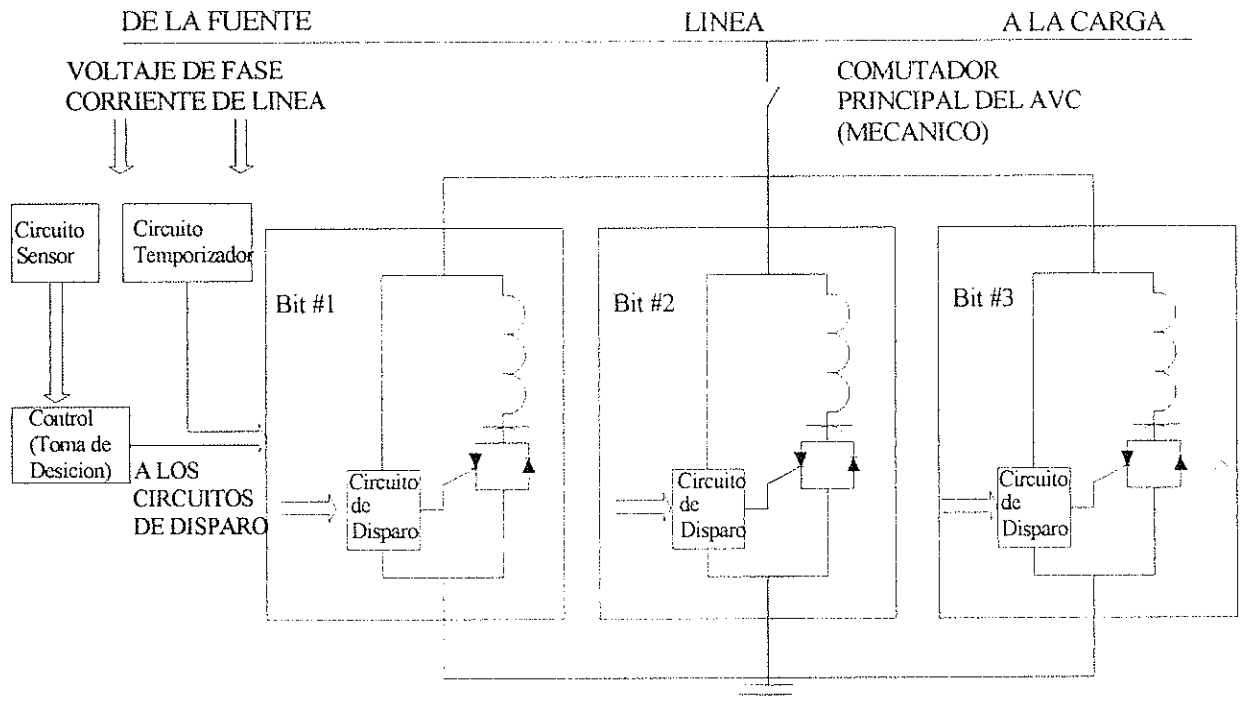


Figura 3.6 - Estructura Básica del AVC (por Fase)

IV.- DETECTORES DE EFECTO FLICKER

4.1. EQUIPOS DE MEDICIÓN DE EFECTO FLICKER

Por ser difícil y extenso encontrar el valor del Flicker en porcentaje, sin la ayuda de algún detector y que por medio de las Normas limitarlo y controlarlo para que no resulte un parámetro que genere ciertos daños.

Debido al constante avance tecnológico en el área Electrónica de Potencia y de la Instrumentación, se ha efectuado varios estudios, los cuales han encontrado componentes electrónicos que han reemplazado el análisis simple de una señal de voltaje entregada por un medidor simple de voltaje, por el análisis completo de un detector de grandes capacidades y evidentemente resultando fácil detectar al Efecto Flicker.

Por lo general los Detectores de Flicker no vienen solo para el análisis de Flicker; sino que adicionalmente vienen para medir otros parámetros.

4.2. ESPECIFICACIÓN DE EQUIPO DE MEDICIÓN DE FLICKER DE ACUERDO A LA NORMA IEC 60868-0

4.2.1 .- Detector de Efecto Flicker .-

Se enumera a continuación las características que debe cumplir el equipo de medida del Flicker para verificar los Niveles de Referencia.

4.2.1.1. Tipo de equipo

Digital o Analógico conforme.

Modo de operación continuo.

4.2.1.2. Características del circuito de entrada de voltaje

Tensiones nominales (VN) : $110 / \sqrt{3}$ o 120 V (+20% / -30%).

Nivel de aislamiento de 2 kV rms durante un minuto, y 2 kV pico para un impulso de 1,2/50 microsegundos.

Factor de cresta: 1,5 - 2 VN.

El transformador de entrada no debe introducir una atenuación significativa al tipo de medición a realizar.

4.2.1.3. Almacenamiento interno

De al menos 7 días sin realizar descargas intermedias.

4.2.1.4. Salidas

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

4.2.2. Variables de Medición

Se miden fluctuaciones del valor eficaz del voltaje de una fase (tanto para instalaciones trifásicas como monofásicas). El voltaje siempre se mide entre fase y neutro.

Fluctuaciones rápidas de voltaje (Flicker)

Fluctuación del voltaje en frecuencias desde 0.5 Hz a 25 Hz.

Máxima sensibilidad en 8 Hz = f_0 frecuencia de sensibilidad del ojo humano

Umbral de detección $\Delta V / V : 0,2\%$ en f_0 (8 Hz)

Exactitud en la determinación de $\Delta V / V : 0,1\%$

Indicación de $\Delta V / V$ a fondo de escala : 0,2%

Forma de indicación: Valor medio de un mínimo de 10 mediciones en el período de 10 minutos

4.2.3. Rangos de Aplicación y funcionamiento

4.2.3.1. Tests de condiciones climáticas

Los procedimientos para el Tests climático esta definido por una publicación 68 de la IEC, denominado Comprobación de procedimientos de Protección Básico, expresado Según Norma IEC-60868 de la siguiente forma :

4.2.3.2. Comprobación para condiciones atmosféricas normales

Temperatura : 15°C a 35°C.
Humedad Relativa : 45 % a 75 %.
Presión : 860 mbar a 1060 mbar.

Máximo gradiente de temperatura en el test :1°C / min. Promediado no más de 5 min.

4.2.3.3. Tests para cuando el instrumento no funciona y no recibe Energía de suministro

Al final de cada test, la operación del instrumento debe ser chequeada bajo condiciones ambientales.

4.2.3.4. Test de Calor Seco

Temperatura : 55 ± 3°C
Duración : 24 h.

4.2.3.5. Test en Bajas temperaturas

Temperatura : -10 ± 3°C.
Duración : 24 h.

4.2.3.6. Test con operación del Instrumento

Para todos los Tests listados a continuación, la operación correcta del instrumento debe ser chequeado por mínimo de 5 puntos de lo especificado.

El máximo retraso entre el calor húmedo y el test de bajas temperaturas no deben ser excedidos a 2 h.

4.2.3.7. Test de Calor Seco

Temperatura : $40 \pm 3^{\circ}\text{C}$

Duración : 16 h.

4.2.3.8. Test de Calor Húmedo

Temperatura : $40 \pm 3^{\circ}\text{C}$.

Duración : 24 h.

Sostener bajo las condiciones de temperatura, traerá una humedad relativa a 93_{-3}^{+2} .

4.2.3.9. Test en Bajas temperaturas

Temperatura : $0 \pm 3^{\circ}\text{C}$

Duración : 16 h.

4.2.3.10. Cambio de Test de Temperatura.

Temperatura inicial : $40 \pm 3^{\circ}\text{C}$.

Temperatura Final : $0 \pm 3^{\circ}\text{C}$.

Se permanece a temperatura inicial por 3 horas, antes al cambio de test de temperatura.

4.2.4. Periodos de Medición

La exactitud del sistema de medición será la definida por la Clase 0,5 según norma IEC.

4.2.4.1. Parámetros Adicionales

Para determinar las ubicaciones de los equipos a utilizar en la verificación de los Niveles de Referencia se efectuarán los siguientes ensayos :

ENSAYOS

Los diferentes modelos de equipos de medición y registro a utilizar deberán contar con protocolos de ensayos de tipo realizados por laboratorios aceptados por el CONELEC.

Los ensayos exigidos serán:

- Ensayos de aislamiento.
- Rigidez dieléctrica
- Frecuencia industrial
- Impulso
- Compatibilidad electromagnética
- Interferencias del ruido de alta frecuencia.
- Ensayos climáticos.
- Ensayos mecánicos.

4.2.4.2. Intervalos de acumulación de medidas

El Intervalo de medida de corta duración: en el cual se obtiene el índice de severidad de Flicker en 10 minutos.

El Intervalo de medida de larga duración: en el cual se obtiene el índice de severidad de Flicker en 2 horas. Se determina a partir de 12 medidas consecutivas de 10 minutos.

Cuando sea necesario el empleo de transformadores de voltaje o de corriente, estos tendrán características acordes con la del instrumento.

Previo a la instalación de los equipos por primera vez, se realizarán sobre cada uno de ellos los ensayos de contraste y funcionamiento que indique el fabricante y/o el CONELEC, los cuales deberán repetirse anualmente, o a solicitud del CONELEC.

Deberá notificarse al CONELEC fehacientemente con 5 (cinco) días de anticipación el lugar, fecha y hora de realización de estos ensayos a fin de asistir a los mismos.

Después de haber explicado los parámetros que se deben considerar para cualquier detector a continuación se detallará el siguiente detector:

4.3. EL ANALIZADOR MEMOBOX 300

Es un Analizador de Redes para el monitoreo de la calidad de Tensión, investigación de perturbaciones y optimización de Redes en Baja y Media Tensión.

4.3.1. Principales Características

Montado en un gabinete IP 65 de reducidas dimensiones y peso, sus sensores flexibles de corriente sin partes ferrosas y totalmente aislados aseguran la correcta medición de potencias sin estar influenciadas por el óxido.

Su bajo costo permite su uso en forma extendida aún en sectores que se tenga:

- Tensión : monofásica y trifásica
- Tensión + Potencia: monofásica y trifásica (incluye corriente)

Optimización de Redes

Medición de corriente con sensor flexible LEM ~ FLEX 15 - 150- 1500A

Análisis de perfil de carga

Análisis para conectar un nuevo consumidor

Ajustar un banco de condensador

El programa CODAM 300 (PC, Windows 95/98/NT) es el programa de aplicación para programar y leer los datos medidos por el MEMOBOX 300. Los valores también son disponibles en formato ASCII.

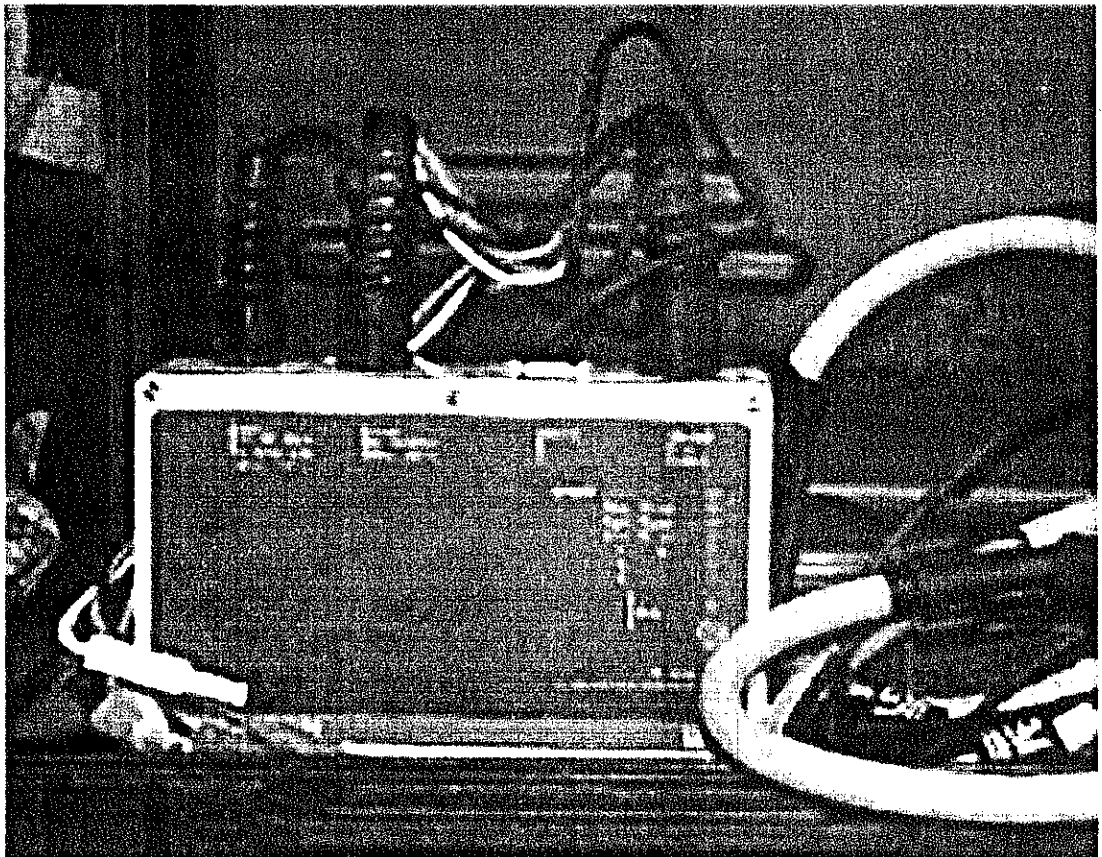


Figura # 4.1 Aparato de medición de redes eléctricas

Tabla 4.1 . Cuadro de Posibilidades de Análisis del Detector MEMOBOX 300

| Parámetros disponibles | | |
|---|---------|--------------------|
| Parámetros medidos | Voltaje | Voltaje + Potencia |
| Voltaje (promedio - máx. y min.) | . | . |
| Corriente L1, L2, L3 (promedio - máx.) | | . |
| Corriente L1, L2, L3 hasta 3000 A | | . |
| Corriente neutral (promedio - máx. y min.) | | . |
| Interrupciones | . | . |
| Evento (Dips, swells) | . | . |
| Potencia (P, P , Q, S, promedio - máx. y min.) Factor de potencia PF | | . |
| Potencia trifásica (P, P , Q, S, promedio - máx. y min.) Factor de potencia PF | | . |
| Energía | | . |
| Flicker (Pst, Plt) (IEC 61000-4-15 y IEC61868-0) | . | . |
| THD Tensión (IEC 61000-4-7) | . | . |
| THD Corriente (IEC 61000-4-7) | | . |
| Frecuencia | . | . |

Fuente: Presentación de Detectores en el Internet.

4.3.2. Posibilidades de Análisis

4.3.2.1. Funciones de medición

Capacidad de memoria: 3000 x intervalos, p.e.j.30 días con intervalo 15 min.

Cantidad de eventos: 1000

Configuración memoria: lineal /circular

4.3.2.2. Variaciones de Tensión

Precisión: Clase 0,1

Valor de medición promedio: RMS integrado durante el intervalo a través de filtro con tiempo respuesta de 45 s.

Valor Máx. por intervalo: Valor RMS no mayor al 95% del tiempo.

Valor Min. por intervalo: Valor RMS mayor al 5% del tiempo.

4.3.2.3. Caídas e Incrementos (Eventos) como también Interrupciones.

Valor límite: programable, límite inferior: 0 - 95% UN límite superior: 105 - 120%
N programable en CODAM 300.

Valor medido: valor RMS 0.5 Ciclo Corriente:

Valor medido: Valor promedio: valor RMS integrado durante el intervalo.

Valor máx. por intervalo: Valor RMS durante 95% del periodo monitoreado.

4.3.2.4. Flicker

Valor medido: Severidad Flicker (Índice de Severidad de Larga Duración Plt e Índice de Severidad de Corta Duración Pst) acorde a IEC 61000-4-15 (Antiguamente IEC 60868-0).

4.3.2.5. Frecuencia (Opción)

Valor medido: 10 min. valor promedio

Rango: 40 ... 70 Hz

Resolución: 0.1 Hz

4.3.2.6. Otras Posibilidades de Análisis

Según IEC 61000-4-7, Clase B

Función Potencia trifásica

Potencias P, Q, S

Potencia activa P: acorde a norma IEC 61036, Clase 2

Potencia reactiva Q: acorde a norma IEC 61268, Clase 2

Valor medido: valor RMS integrada sobre el intervalo

Valor Máx. per intervalo: valor RMS sobre 1s o 1min

Valor Min per intervalo: valor RMS sobre 1s o 1min

4.3.3. Aplicación

4.3.3.1. Medición potencia

Análisis y registro de perfiles de carga

Investigación de desequilibrio en carga

Análisis y registro del Factor de Potencia

4.3.3.2. Investigación de Perturbaciones

Monitoreo de Caídas Tensión e Interrupciones

Análisis de Flicker

THD de tensión y corriente

Las especificaciones de los aparatos de medida son presentados de acuerdo a la empresa fabricante, y dependientemente de la complejidad del aparato.

Para mejor entendimiento en este mismo capítulo se explicará ciertas características esenciales del detector de redes A_{R5} ; el mismo que ha sido empleado en el estudio del Fenómeno Flicker.

4.4. EL EQUIPO A_{R5}

El Detector de Redes denominado como A_{R5} , ha sido creado por la empresa **CIRCUTOR, S.A.** (con el Cod 775 355), evolucionado con varias posibilidades de análisis en una red de alimentación; siendo presentado en la grafica siguiente:

Posteriormente se indicara ciertas características y partes importantes que conforman el detector de medición de Flicker AR5. ⁽¹²⁾

AR.5



Figura # 4.1 DETECTOR DE REDES AR5

⁽¹²⁾ Manual de Manejo y de Operación del Detector de Redes AR.5 Vision. Flicker

4.4.1. Características esenciales del A_{R5}

El funcionamiento del analizador de redes A_{R5} en conjunto con el programa "Analizador de Flicker" permite visualizar y registrar tanto valores de tensión, corriente, potencia y especialmente valores de Flicker, $RMS_{FLICKER}$, P_{st} .

Para el registro de datos el analizador utiliza una memoria lineal. Esto hace que una vez la memoria se encuentre llena el equipo ya no registra nuevos datos .

El A_{R5} tiene una memoria interna destinada para almacenar los distintos programas con los que se desea utilizar en el analizador.

El detector dispone de un sistema de ahorro de energía que permite aumentar la autonomía del analizador. Si no se toca ninguna tecla durante 5 minutos, el display se apaga. El equipo sigue almacenando medidas, pero sin visualización por pantalla.

El display se colocará automáticamente en funcionamiento en el momento en que se pulse cualquier tecla.

El analizador de serie A_{R5} es un instrumento de medida programable que mide, calcula, registra en memoria los principales parámetros eléctricos en redes industriales.

Medida .- Mediante tres entradas de tensión c.a. y tres entradas de intensidad c.a. (a través de pinzas amperimétricas.../ 2 V c.a.), que permiten analizar simultáneamente, tensión e intensidad, siempre de las tres fases, además de la frecuencia, de una determinada red.

Calculo.- Por medio de un procesador interno que obtiene el resto de parámetros eléctricos: el factor de potencia, potencia activa, potencia reactiva

inductiva y capacitiva de las tres fases, así como las energías activa y reactiva (inductiva y capacitiva).

Registro.- De los resultados en memoria interna (256 K o 1 Mb según modelo), para su posterior volcado a un ordenador PC. En dicha memoria guarda periódicamente los datos medidos y calculados, con definición entre 1 s y 4 h, programable.

4.4.2. Partes Principales del Aparato

4.4.2.1. Presentación del Display

El detector presenta un display de cristal liquido de 160 x 160 pixeles, en donde se puede visualizar los valores instantáneos, máximos y mínimos.

Se puede ver en la Figura # 4.2 en la parte superior izquierda se puede ver el tipo de datos que se está visualizando en ese momento.

| AR5 FLICKER | | | | |
|-------------|-----|----------|-----|-----|
| INST | L1 | L2 | L3 | III |
| Vp-n | 220 | 221 | 223 | 221 |
| A | | | | |
| KW | | | | |
| Kvar1- | | | | |
| KvarC | | | | |
| P.F. | | | | |
| Hz | | | | |
| KVA | | | | |
| KWh | | 0.000 | | |
| KvarhL | | 0.000 | | |
| KvarhC | | 0.000 | | |
| 25/1/01 | | 17:31:29 | | |

Figura # 4.2 Pantalla de valores Instantáneos.

La pantalla de valores instantáneos es la que aparece siempre que se enciende el detector AR5.

En esta primera pantalla podemos ver como mide ciertos parámetros, los mismos que se explicarán a continuación :

Tensión : (Vp-n) Presenta el valor eficaz instantáneo medido en cada fase (L1, L2, L3) y el valor promedio de los valores instantáneos de las tres fases (III).

Corriente : (A) Visualiza el valor eficaz instantáneo medido en cada fase (L1, L2 y L3) y el valor promedio de los valores instantáneos de las tres fases.

Potencia Activa : (KW) A partir de los datos instantáneos de tensión e intensidad se calcula la potencia activa. Visualiza el valor instantáneo de la potencia activa de cada fase y la potencia activa total instantánea trifásica.

Potencia Reactiva Inductiva : (Kvar1) Por medio de los datos instantáneos de tensión y corriente se calcula la potencia reactiva, por lo tanto la pantalla nos entrega potencia inductiva de cada fase y la potencia inductiva trifásica total.

Potencia Reactiva Capacitiva : (Kvar1) El aparato nos indica el valor de potencia Reactiva capacitiva de cada fase y la potencia reactiva capacitiva total instantánea trifásica.

Factor de Potencia : (P. F.) El display nos da valores de factor de potencia de cada fase y el valor promedio trifásico.

Frecuencia : (Hz) El detector mide valores instantáneos de frecuencia.

Potencia Aparente : (KVA) Cuantifica el medidor la potencia total instantánea trifásica, suma de las tres fases.

Energías : (KWh, KvarhL, KvarhC) En esta penúltima parte de la pantalla se presenta contadores de energía: activa, reactiva inductiva y reactiva capacitiva.

Fecha y Hora : (time / date) Esta parte de la pantalla nos indica la hora y la fecha en la que se está realizando cierta evaluación. **CLOCK** : reloj.

En la siguiente muestra de la figura # 4.3, se observa que en la parte superior izquierda el tipo de variable que se está visualizando sea **INST**, instantáneos, **MAX**, máximos, o **MIN**, mínimos.

Los valores máximos o mínimos que se observan corresponden a los valores máximos y mínimos obtenidos de las medidas instantáneas.

En el lugar de las energías, se visualizan los contadores de Energía negativa.

| AR5 FLICKER | | | | |
|-------------|----|----------|----|-----|
| MAX | L1 | L2 | L3 | III |
| Vp-n | 2 | 2 | 2 | 2 |
| A | 2 | 2 | 2 | 2 |
| KW | 0 | 1 | 3 | 1 |
| Kvar1- | | | | |
| KvarC | | | | |
| P.F. | | | | |
| Hz | | | | |
| KVA | | | | |
| KWh | | -0.000 | | |
| KvarhL | | -0.000 | | |
| KvarhC | | -0.000 | | |
| 25/1/01 | | 17:31:29 | | |

Figura 4.3 Pantalla de Valores Máximos.

El detector nos entrega otra pantalla para análisis del Flicker y todas los factores que intervienen en mencionado efecto, la figura # 4.4 representa la muestra de una toma de datos por parte del medidor de redes AR5.

| AR5 FLICKER | | | |
|------------------|-----|----------|-----|
| MAX | L1 | L2 | L3 |
| Vp-n | 220 | 221 | 223 |
| WA | | | |
| P | | | |
| P _{st} | | | |
| Vp-n | | | |
| P _{0.1} | | | |
| P ₁ | | | |
| P ₃ | | | |
| P ₁₀ | | | |
| P ₅₀ | | | |
| 25/1/01 | | 17:31:29 | |

Figura # 4.4 Pantalla de Flicker.

Tensión Fase Neutro (Vp-n) : Se puede ver el valor de la tensión instantánea de la red.

Flicker RMS (WA) : Valor del flicker RMS que se define como la media del valor de flicker ponderado debido a cada una de las frecuencias.

Flicker Instantáneo (P) : Indica un nivel de percepción no lineal del conjunto ojo cerebro (Perceptibilidad) y se calcula a partir del RMS FLICKER.

P_{st} : De los valores obtenidos de Perceptibilidad y al final de cada periodo obtenemos la severidad P_{st} que nos dará una medida del flicker en periodos cortos.

P_{0.1},P₁,P₃,P₁₀,P₅₀ : Son coeficientes que indican cual es la Perceptibilidad máxima alcanzada durante el 0.1 % ,1 % ,3 % ,10 % ,50 % del tiempo programado.

Todos estos parámetros mencionados se encuentran claramente explicados en el Capítulo III.

Lo Visualizado en esta pantalla son todos los factores que necesitan ser analizados para cuantificar completamente el Efecto Flicker.

Por ser necesaria la observación de las formas de onda y ciertas distorsiones en la misma por algún efecto, se tiene una pantalla donde se puede ver claramente las formas de onda de tensión y corriente de las tres fases (L1, L2 , L3) simultáneamente.

4.4.2.2. El Teclado y sus funciones

El detector AR5 dispone de un teclado de membrana, con 9 teclas para la programación y control de las distintas opciones del aparato.

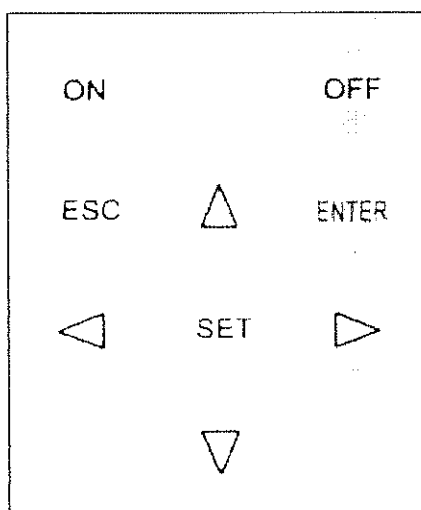


Figura # 4.5 Teclado.

Las opciones del teclado son :

ON .- pone en marcha el equipo.

OFF .- sirve para apagar el equipo.

(◀ ▶) (▼▲) .- permiten seleccionar las opciones .

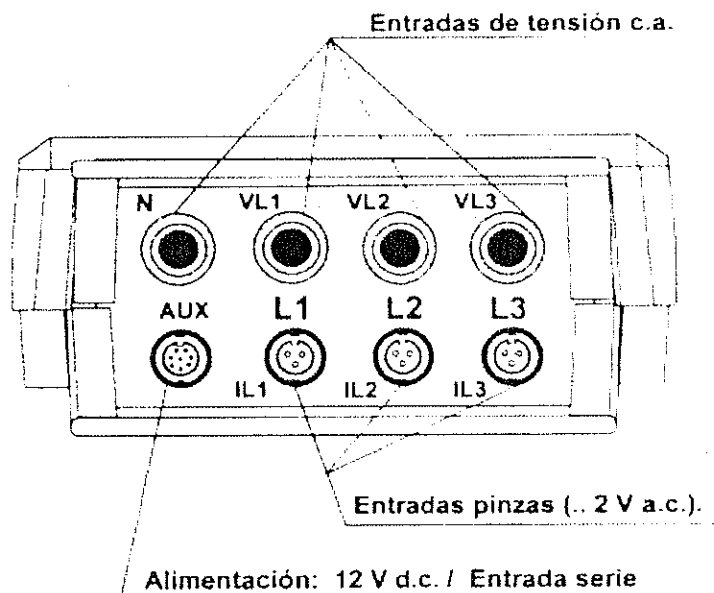
SET.- para entrar en la programación.

ENTER .- para validar una opción de programación o para ir a programar algunos parámetros de las pantallas de visualización.

ESC .- selecciona distintas pantallas de visualización o para salir de la programación .

Sin embargo, la mayoría de las teclas tienen doble función. El propio instrumento es el que se encarga de interpretar en cada caso el significado de la orden.

4.4.2.3. Principales entradas y salidas del aparato



4.4.3. Características Técnicas del Detector de Redes AR5

4.4.3.1. Tensión de Alimentación

A través del alimentador externo: 230 V c.a. (+ 10% : - 15 %)

Frecuencia : 50...60 Hz.

Consumo: 8 VA.

Temp. de Trabajo : 0 / 50°C.

Circuito de Medida: TRIFÁSICO, ARON.

4.4.3.2. Medida de Tensión

Rango de Medida: 20 a 866 V c.a (entre fases).

20 a 500 V c.a (fase – neutro).

Cambio de escala: automático.

Otras tensiones: A través de transformadores de tensión.

Frecuencia : 45 a 65 Hz.

4.4.3.3. Medida de Intensidad

Rango de Medida: según Pinza.

Relaciones de transformación de tensión e intensidad: programable.

Unidades de medida: cambio de escala automático.

4.4.3.4. Medida del Flicker

Basado en la Norma: IEC 60868-0

Frecuencia del Flicker: 0.5 a 25 Hz.

Periodo del P_{st} : 5 min. a 30 min.

4.4.3.5. Reloj interno

Con batería , fecha, y hora.

4.4.3.6. Display

LCD; 160x 160 pixeles.

4.4.3.7. Salida RS – 232

Salida serie.

4.4.3.8. Memoria Interna

De 256 Kb o 1 Mb según modelo.

4.4.3.9. Clase de precisión

En corriente y tensión: 0.5 % \pm 2 digit

En potencia activa y reactiva : 1% \pm 2 digit.

Precisiones dadas en función de las especificaciones dadas por la Norma IEC 60868-0 indicadas anteriormente en este mismo capítulo.

4.5. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

Montaje : Caja Portátil.

Dimensiones : 220 x 60 x 130 mm.

Terminales : Bornes de entrada y de salida.

Teclado / Display : En panel Frontal.

Peso : 0.8 Kg.

4.5.1. Características Constructivas de Cartucho Programa

Montaje : plástico antichoque.

Dimensiones : 64 x 19 x 40 mm.

Terminales : Bornes de entrada / salida.

4.6. PROGRAMAS Y SOFTWARE

Programa de actualización energía.

Programa de armónicos.

Programa de Flicker.

Programa calidad de Red.

Programa verificador de contador.

Programa Fast Check.

Software AR5 vision.

Software Cir – Tariff.

4.7. NORMAS EMPLEADAS

EN 60664 EN 61036 EN 61036 IEC 60868-0

4.8. NORMAS DE SEGURIDAD

Se debe considerar las normas de instalación que se describen en el manual del Detector A_{R5} (INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA, FORMAS DE INSTALACIÓN Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS del equipo.

Con el equipo conectado, los bornes pueden ser peligrosos al tacto y la apertura de cubiertas o eliminación de elementos puede dar acceso a partes peligrosas al tacto. Este equipo ha sido diseñado conforme a la Norma CEI – 348.

4.9. CONEXIONES Y PUESTA EN MARCHA DEL DETECTOR A_{R5} .

Antes de conectar el aparato se debe comprobar los siguientes puntos :

Tensión de alimentación : a través de alimentador interno.

Entrada de red 230 V c.a. \pm 15 % salida al A_{R5} 12 V dc.

Frecuencia : 45.....65 Hz.

Tensión máxima en el circuito de medida de tensión :

500 V c.a. fase - neutro.

866 V c.a. entre fases.

La corriente máxima utilizada : según la pinza utilizada.

NOTA : se aconseja para mayor precisión medir en la parte más alta de la escala.

Emplear siempre cables de toma de tensión que viene con el aparato.

Consumo del equipo de: 8 VA.

Condiciones de trabajo:

- Temperatura de funcionamiento: 0° a 50° C.
- Humedad de funcionamiento : 25 % a 75 % HR.

Seguridad : diseñado para categoría II de instalaciones según EN 61010.

4.9.1. Para iniciar las mediciones con el instrumento

Conectar la alimentación del aparato mediante el alimentador 230 V c.a. / 12 V d.c., Cod. 7 71 351, utilizando los cables suministrados. Es importante conectar la toma de tierra para evitar interferencias sobre el aparato.

Colocar las pinzas de tensión en cada una de las fases de la red que se quiere medir, y el neutro sí esta disponible en la instalación.

Respetar las formas de conexión indicadas en las figuras # 4.6 y 4.7, para obtener las lecturas de potencias , F.P., y las energías de forma correcta.

A. ESQUEMA DE CONEXIÓN TRIFÁSICO PARA DETECTOR AR5

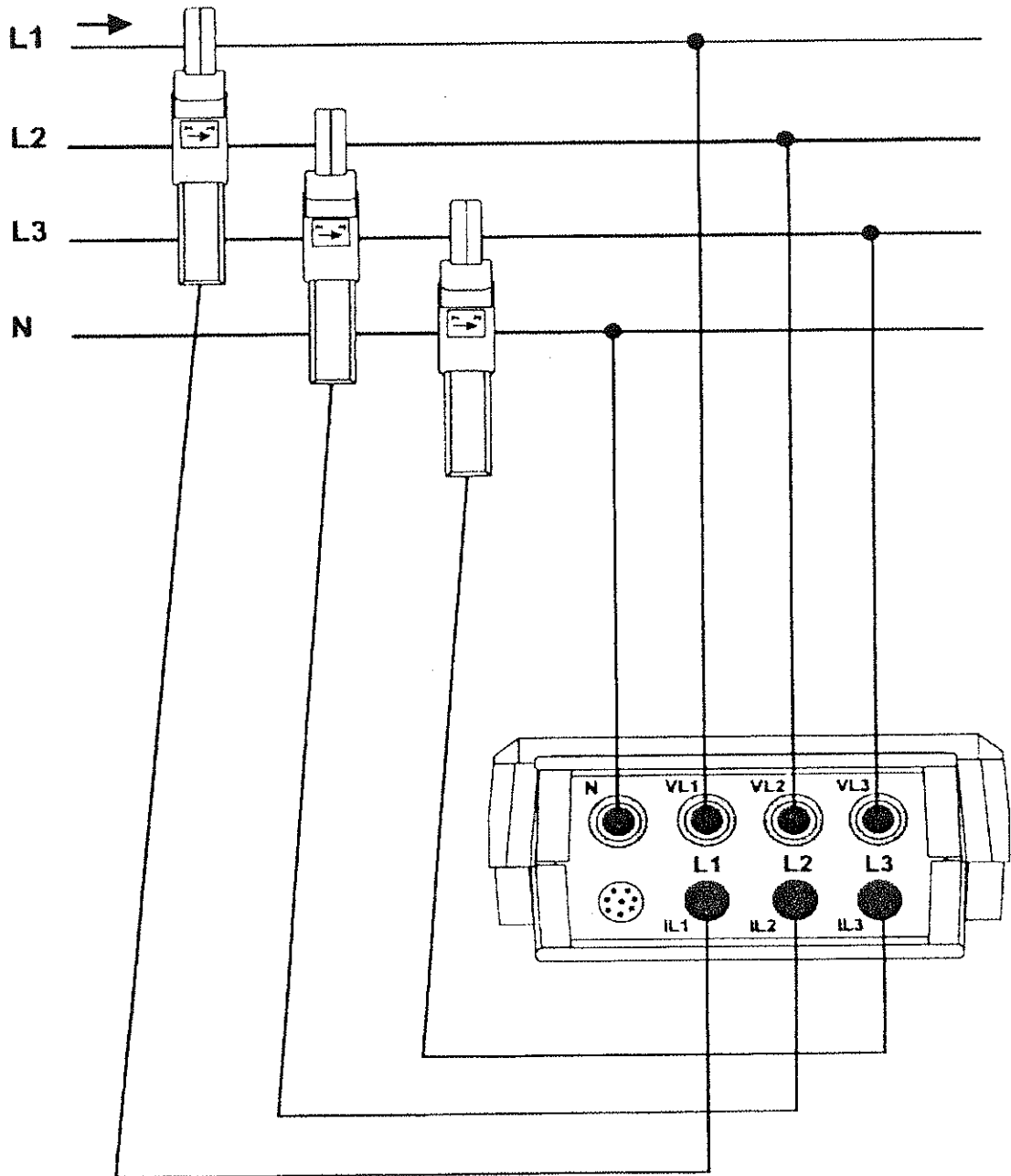


Figura # 4.6

B. ESQUEMA CONEXIÓN ARON, PARA DETECTOR AR5

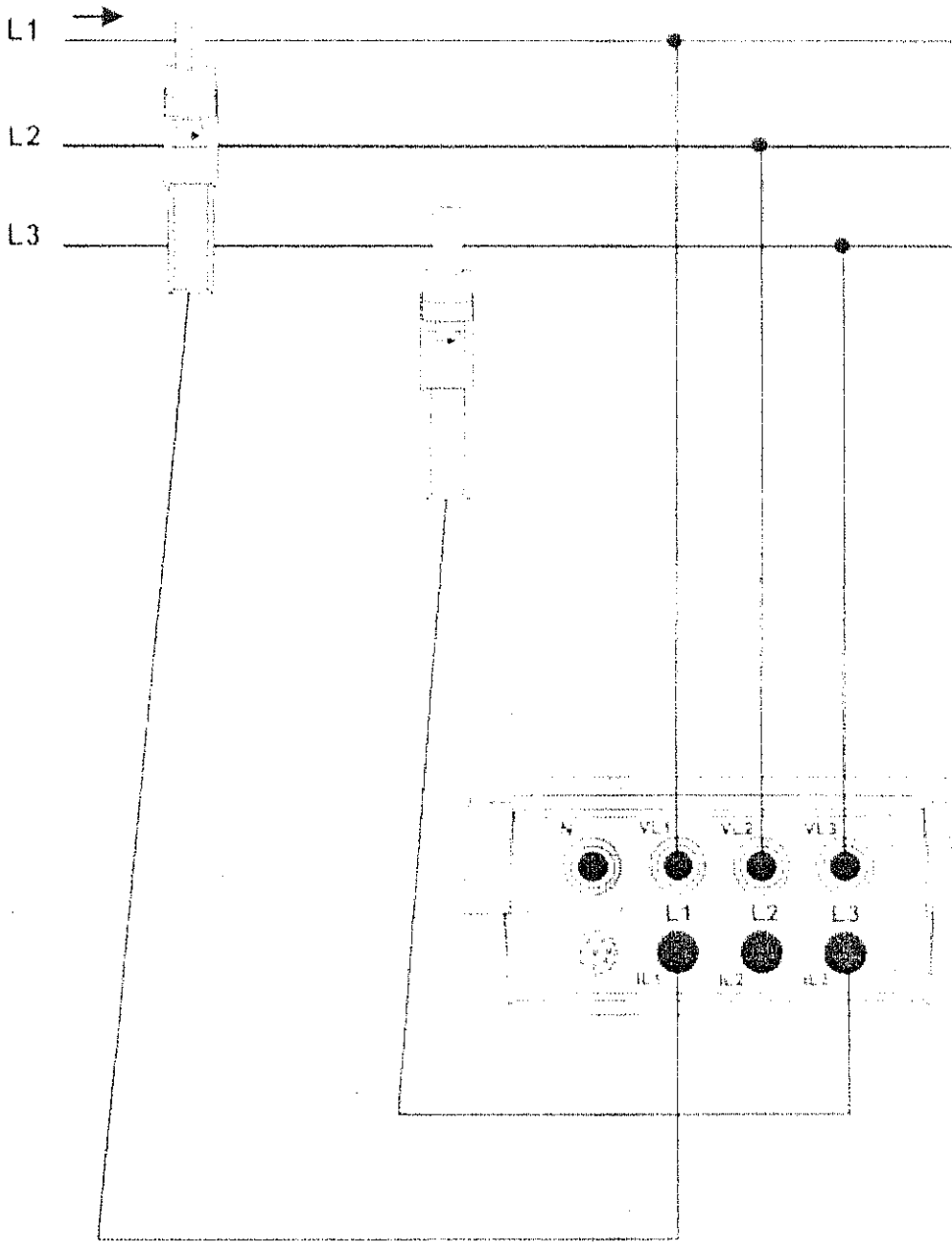


Figura # 4.7

B. ESQUEMA CONEXIÓN ARON, PARA DETECTOR AR5

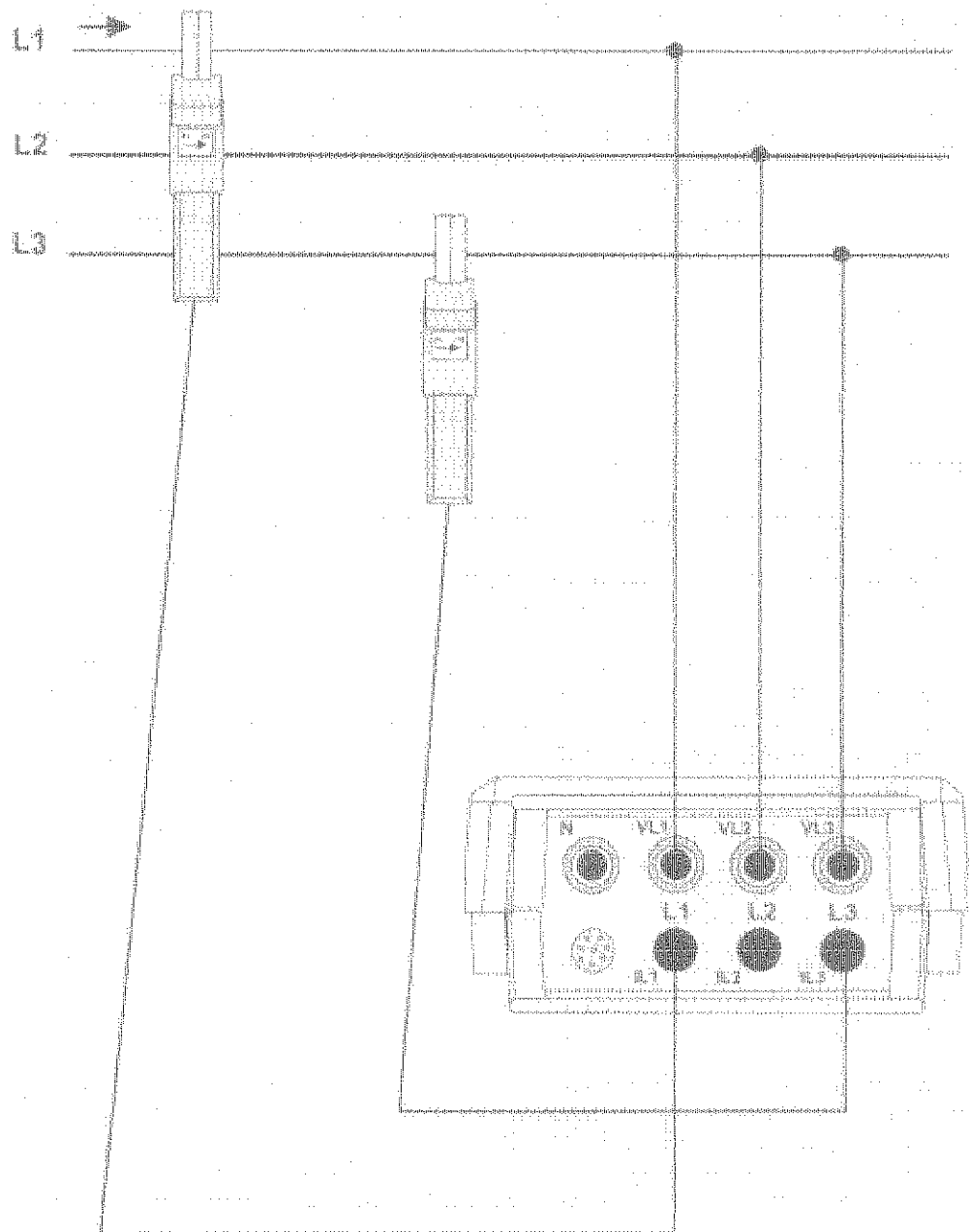


Figura # 4.7

4.10. PRINCIPALES APLICACIONES

Dentro de las principales aplicaciones, el Analizador de Redes A_{R5} tiene la capacidad de detectar muchos factores que se deben controlar dentro de la Calidad de Energía, a continuación se explicarán ciertas posibilidades de aplicación de dicho aparato:

- Análisis de Flicker.
- Análisis de Armónicos.
- Determinación de Factor de Potencia.
- Monitoreo de Caídas Tensión e Interrupciones.

La aplicación del aparato de Medición de Redes puede ser empleado en diferentes sectores, como: Industrias, Empresas Suministradoras de Energía Eléctrica (Alimentadores etc.), y empresas que tengan aparatos, máquinas que requieran la alimentación sin ningún tipo de efecto perjudicial como el flicker, armónicos, etc.

V.- DETERMINACIÓN DE VALORES DE FLICKER EN EL ALIMENTADOR #03 (S/E EL CALVARIO) ELEPCO S.A. E IMPLEMENTACIÓN DE UNA METODOLOGÍA FUNCIONAL PARA ANÁLISIS DE FLICKER EN CUALQUIER ALIMENTADOR

5.1. APLICACIÓN :

5.1.1. Definición del caso de estudio

En función de los reportes del personal y mantenimiento de ELEPCO S.A., se ha escogido el alimentador mencionado por considerar que su índice de falla esta ligeramente sobre los limites permitidos con 4 fallas por mes.

Tomando en cuenta los estudios de flujo de carga efectuados por personal del Área Técnica, se ha estimado un punto de análisis, en donde la regulación de tensión se ha establecido sobre el 5 % permitido, y por ciertas quejas presentadas por parte de los usuarios del sector, y este es:

- El Alimentador # 03 de la S/E EL CALVARIO.

El alimentador # 03 abastece a toda la parte central de la ciudad de Latacunga. por medio de las redes subterráneas.(Ver Anexo 1.1)

En la ciudad de LATACUNGA se ha podido identificar la presencia de consumidores de tipo Residencial Comercial, y Entidades de Servicio Publico y privado, las cuales necesitan una Calidad de Energía en optimas condiciones.

5.1.2. Valores Limites

Tal como se indica en el Capitulo II y III. El índice de severidad de Corta Duración P_{st} en el punto de medición respectivo, no debe superar la unidad.

5.2. METODOLOGÍA FUNCIONAL

Se ha seguido los siguientes pasos :

5.2.1. Puesta en Marcha del Detector

Inicialmente utilizando los esquemas de Conexión indicados en la figura # 4.6 y 4.7 del Capítulo IV; se instala el equipo A_{R5} en los tableros de control de la S/E EL CALVARIO, a nivel de alta tensión, tal como se indica más claramente en el (Anexo 1.2), donde se muestra como está ubicado en la práctica el detector en el punto mencionado.

5.2.2. Recopilación de Datos obtenidos por el Detector A_{R5}

La recopilación de datos se ha realizado en un intervalo de 7 días, desde el 12 de Febrero hasta el 19 de Febrero del 2002 con una integración de 10 minutos, según la Norma IEC 60868-0, tal como se indica en el Capítulo IV.

El Software del detector de redes A_{R5} , tiene la capacidad de exportar la información grabada durante los días de análisis a cualquier otro programa, y de esta forma facilita la interpretación, cuantificación de datos. (Ver Anexos 1.3), donde se muestra la acumulación de datos total de la S/E EL CALVARIO.

En el Anexo respectivo se indica las columnas en las que se puede ver el Flicker Medido (P_{st})/Fase, y adicionalmente en la misma tabla consta el P_{st} calculado, la cual esta generada por la ecuación (3-10), del Índice de Severidad de Corta Duración, con la finalidad de establecer validez del aparato, observándose ciertas diferencias que se encuentra en el capítulo de conclusiones.

La Tabla 5.1, presenta esquemáticamente la respuesta de datos que da el detector en la evaluación del P_{st} .

Tabla 5.1.- Formato de Tabla para Reporte de datos de Flicker de A_{R5} en Cualquier punto de análisis.

| Fecha De inicio hasta finalización | Tiempo Cada 10 minutos | Periodo 600 minutos | Tensión Por cada fase | Pst Medido Por cada Fase | Percentiles determinados 0.1, 1, 10, 50 | Pst Calculado Por cada Fase |
|------------------------------------|------------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|---|-----------------------------|
| | | | | | | |

Fuente : Efecto de Exportación de Datos de A_{R5} a Excel.

5.2.3. Estudio de Resultados Obtenidos

Una vez obtenidos los valores de Flicker en la recopilación de datos se debe comparar dichos valores con los límites y de esta manera determinar ciertas causas que generen perturbaciones a la red de alimentación, análisis que se efectuara en el punto de monitoreo así :

S/E EL CALVARIO:

En la ciudad de Latacunga la ubicación del analizador de redes A_{R5} permaneció durante todo los días de análisis en el alimentador # 03, tal como se menciono anteriormente, ver (Anexo 1.2).

La Tabla 5.2. recoge los valores más críticos en la fecha e instante de ocurrencia, se puede observar que la Fase 1, Fase 2, y Fase 3 desde las

14:25:00 del 13 de febrero hasta las 15:30:00 del mismo día se presentan valores de P_{st} de 4.8, 3.1, 1.2 y 4.7, 2.5, 0.4, respectivamente, pero logrando estabilizarse a las 14:35:00, y el resto del día manteniendo los índices de carácter estable.

El 14 de Febrero el Flicker se mantiene con porcentajes bajos en el orden de, 0.1, 0.2, y máximo 0.4. Seguidamente el 15 de febrero a las 05:55:00 se presenta un Flicker en cada fase de 4.8, 4.5, 5, y luego a las 06:05:00 se mantiene entre 0.4, 0.1, 0.2. Posteriormente a las 07:05:00 el Flicker aparece con valores entre 6.9, 5.7, y 0.5, en cada fase. Después de algunos minutos el P_{st} alcanza los valores más elevados de todo el análisis, siendo presentados a continuación en los siguientes intervalos de tiempo:

07:20:00, con Flicker en cada fase de 6.9, 5.7, 0.5.respectivamente.

09:25:00, con Flicker en cada fase de 3.4, 4, 5.6. respectivamente.

09:35:00, con Flicker en cada fase de 2.4, 1.2, 2. respectivamente.

13:35:00, con Flicker en cada fase de 0.4, 0.9, 3.1. respectivamente.

14:15:00: con Flicker en cada fase de 0.7, 1.2, 0.8. respectivamente.

Siendo valores que ocasionan grandes disturbios en el sector, pero ventajosamente logrando estabilizarse el mismo día con índices de bajo valor, como : 0,5 ,0.7, 0,4. Y finalizando el día de una forma estable, de igual manera el 16, 17, 18, 19, presentando Flickers en el orden de 0.4, 0.2, 0.1. Adicionalmente se presenta los gráficos 5.1, 5.2 y 5.3 en donde se entrega valores porcentuales sobre limites permitidos.

Según el reporte de datos críticos de Flicker (Gráfica 5.1) se puede apreciar que aparecen algunos valores entre las horas pico, por el permanente incremento de cargas de forma desordenada por parte de los consumidores de esta zona.

Los valores de Flicker determinados en todo el proceso de acumulación de datos han establecido que la severidad de corta duración en este sector de la Ciudad

se presenta con valores aceptables, sin embargo es prudente la disminución del Flicker por algún método expuesto en el Capítulo III, considerando que más adelante en este mismo capítulo se establecerá alguna solución.

El factor que más ha estado perturbando a este sector, es principalmente el umbral de Irritabilidad con espectros de frecuencias elevados, afectando directamente a los ojos y al estado de ánimo, (tal como se menciona en el capítulo III en Factores a los que afecta el Flicker).

Por la gran cantidad de iluminación de incandescencia en la población del Centro Histórico, se podría experimentar con mayor intensidad, por ser la principal iluminación que percibe tal fenómeno.

Determinación del Porcentaje de Variación en Función del Número de Muestras sobre el límite

Los valores tomados durante los 7 días de monitoreo son 1009 y con la finalidad de calificar la Calidad del Producto se establece que :

El número total de muestras sobre los límites no deben sobre pasar el 5 %.

Por lo cual se procede el cálculo del mismo :

Datos:

- Número total de Muestras = 1009
- Número de muestras sobre el 1 % = 11

Porcentaje sobre límite = (Número de muestras sobre el 1 % / Número total de Muestras) x100%

Porcentaje sobre el Límite = $11 / 1009 = 0,0109$

Porcentaje sobre el Límite = $(0,0109) \times 100 = 1,090 \%$

En la tabla 5.2 se presenta a continuación se puede ver la presencia de valores de Flicker Medido y de Flicker Calculado, y para establecer el resultado del Flicker en todos estos datos se ha incrementado una columna de Estado del P_{st}.

Tabla 5.2.- Valores Críticos Medidos del P_{st} (S/E EL CALVARIO)

| Fecha | Tiempo | Flicker Medido | | | Flicker Calculado | | | Limite Permitido | ESTADO Pst |
|------------|----------|----------------|----------|----------|-------------------|---------|---------|------------------|------------------|
| | | (Pst)/F1 | (Pst)/F2 | (Pst)/F3 | Pst/ F1 | Pst/ F2 | Pst/ F3 | | |
| 12/02/2002 | 17:15:00 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,143 | 0,241 | 0,143 | 1 | Correcto |
| 13/02/2002 | 05:40:00 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,241 | 0,241 | 0,143 | 1 | Correcto |
| 13/02/2002 | 14:25:00 | 4,8 | 3,1 | 1,2 | 4,839 | 3,102 | 1,224 | 1 | Sobre el Limite |
| 13/02/2002 | 14:30:00 | 4,7 | 2,5 | 0,4 | 4,694 | 2,523 | 0,371 | 1 | Sobre el Limite. |
| 13/02/2002 | 14:35:00 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,241 | 0,241 | 0,241 | 1 | Correcto |
| 13/02/2002 | 17:05:00 | 1,4 | 0,8 | 1,2 | 1,378 | 0,849 | 1,236 | 1 | Sobre el Limite |
| 13/02/2002 | 19:00:00 | 0,8 | 0,7 | 0,8 | 0,793 | 0,650 | 0,793 | 1 | Correcto |
| 13/02/2002 | 23:30:00 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,143 | 0,143 | 0,241 | 1 | Correcto |
| 14/02/2002 | 05:15:00 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,241 | 0,241 | 0,143 | 1 | Correcto |
| 14/02/2002 | 05:25:00 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,143 | 0,241 | 0,143 | 1 | Correcto |
| 14/02/2002 | 16:20:00 | 0,2 | 0,4 | 0,2 | 0,241 | 0,371 | 0,241 | 1 | Correcto |
| 15/02/2002 | 05:55:00 | 4,8 | 4,5 | 5 | 4,839 | 4,549 | 4,984 | 1 | Sobre el Limite |
| 15/02/2002 | 06:05:00 | 0,4 | 0,1 | 0,2 | 0,371 | 0,143 | 0,241 | 1 | Correcto |
| 15/02/2002 | 06:10:00 | 0,4 | 0,1 | 0,4 | 0,371 | 0,143 | 0,371 | 1 | Correcto |
| 15/02/2002 | 07:05:00 | 6,9 | 5,7 | 5,1 | 6,866 | 5,708 | 5,129 | 1 | Sobre el Limite |
| 15/02/2002 | 07:10:00 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,509 | 0,509 | 0,509 | 1 | Correcto |
| 15/02/2002 | 07:15:00 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,538 | 0,509 | 0,538 | 1 | Correcto |
| 15/02/2002 | 07:20:00 | 9,1 | 2,1 | 13,2 | 9,056 | 2,134 | 13,245 | 1 | Sobre el Limite |
| 15/02/2002 | 07:40:00 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,241 | 0,143 | 0,143 | 1 | Correcto |
| 15/02/2002 | 07:55:00 | 0,4 | 0,2 | 0,2 | 0,371 | 0,241 | 0,241 | 1 | Correcto |
| 15/02/2002 | 08:00:00 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,143 | 0,143 | 0,143 | 1 | Correcto |
| 15/02/2002 | 09:25:00 | 3,4 | 4 | 5,6 | 3,391 | 3,970 | 5,563 | 1 | Sobre el Limite |
| 15/02/2002 | 09:30:00 | 0,7 | 0,5 | 0,5 | 0,650 | 0,509 | 0,509 | 1 | Correcto |
| 15/02/2002 | 09:35:00 | 2,4 | 1,2 | 2 | 2,398 | 1,236 | 1,969 | 1 | Sobre el Limite |
| 15/02/2002 | 13:35:00 | 0,4 | 0,9 | 3,1 | 0,371 | 0,936 | 3,102 | 1 | Sobre el Limite |
| 15/02/2002 | 13:45:00 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,241 | 0,143 | 0,143 | 1 | Correcto |
| 15/02/2002 | 14:00:00 | 0,5 | 0,4 | 0,2 | 0,509 | 0,371 | 0,241 | 1 | Correcto |
| 15/02/2002 | 14:15:00 | 0,7 | 1,2 | 0,8 | 0,650 | 1,224 | 0,793 | 1 | Sobre el Limite |
| 15/02/2002 | 18:10:00 | 0,1 | 0,4 | 0,5 | 0,143 | 0,371 | 0,509 | 1 | Correcto |
| 15/02/2002 | 23:55:00 | 0,5 | 0,2 | 0,2 | 0,509 | 0,241 | 0,241 | 1 | Correcto |
| 16/02/2002 | 05:25:00 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,241 | 0,241 | 0,143 | 1 | Correcto |
| 16/02/2002 | 13:55:00 | 0,1 | 0,5 | 0,1 | 0,143 | 0,509 | 0,143 | 1 | Correcto |
| 16/02/2002 | 23:35:00 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,143 | 0,241 | 0,241 | 1 | Correcto |
| 17/02/2002 | 05:30:00 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,241 | 0,241 | 0,143 | 1 | Correcto |
| 17/02/2002 | 14:10:00 | 0,4 | 0,1 | 0,1 | 0,371 | 0,143 | 0,143 | 1 | Correcto |
| 17/02/2002 | 15:15:00 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,143 | 0,143 | 0,241 | 1 | Correcto |
| 18/02/2002 | 05:20:00 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,241 | 0,143 | 0,143 | 1 | Correcto |
| 19/02/2002 | 07:50:00 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,143 | 0,143 | 0,241 | 1 | Correcto |

Fuente : Resumen de la Exportación de datos del Detector AR5.

5.2.3. Soluciones Propuestas

Los valores recopilados durante los 7 días en el análisis no rebasan el 5%, por consiguiente no se ha establecido soluciones a los valores de Flicker elevado en cada sector, por ser de carácter puntual, sin embargo, para casos en que el (%) sea mayor al permitido, se propone las soluciones en el Capítulo III, en donde se detalla las posibilidades de corrección en el sector de distribución de energía.

Debido a que el reporte de datos entregados por el detector de Redes A_{RS} afirma que el porcentaje de variación de la oscilación de voltaje esta dentro del rango aceptable, se podría decir que este problema esta solucionado, y no requiere acciones correctivas, pero en este mismo reporte de datos se observa un desorden de Flicker en las 3 fases, por lo que se asume que existe un desequilibrio de carga; siendo uno de los factores que hace que el Flicker aparezca en la señal de alimentación, con algunos picos indeseables y con esto logrando que los usuarios experimenten dicho efecto y por ende generando permanentes quejas por parte de los mismos.

Por facilidad de interpretación y para poder dar una pronta solución al problema mencionado anteriormente, se ha elegido dos valores de Flicker de orden elevado de los 7 días de registro.

Según la tabla 5.3, y (Según Gráficas 5.1,5.2,5.3) se puede ver que el Flicker aparece de forma distinta en cada fase, es así como el 13 de febrero a las 14:30:00 se tiene en la fase1= 4,7, en la fase2= 2,5 y en la fase3= 0,4. Por lo tanto se puede decir que la relación de Flicker de la fase1 con la fase2 esta entre el 50% de desequilibrio pero entre la fase1 y la fase3 se tiene un desbalance bastante alto, en el orden del 400% y es lo que Influye principalmente en el parpadeo.

Finalmente el 15 de febrero a las 07:20:00,(Según las Gráficas 5.1,5.2,5.3) el monitoreo indica que la fase1= 9,1 , fase2= 2,1 y la fase3= 13,2. Por lo tanto se

puede determinar que en este intervalo de tiempo los valores de Flicker tienen más variación entre la fase2 y la fase3.

Tabla 5.3. Valores con desequilibrio de Fase.

| Fecha | Tiempo | Flicker | | |
|------------|----------|----------|----------|----------|
| | | (Pst)/F1 | (Pst)/F2 | (Pst)/F3 |
| 13/02/2002 | 14:30:00 | 4,7 | 2,5 | 0,4 |
| 15/02/2002 | 07:20:00 | 9,1 | 2,1 | 13,2 |

Idealmente el Flicker debería aparecer con un porcentaje similar en cada fase, como tope máximo el $P_{st}=1$, en cada fase, según la Norma IEC 60868-0.

El flicker en sistemas de potencia es relativamente complejo. Esto explica porque los estudios del flicker son también poco comunes. Pero en este sector de la ciudad no se ha presentado el flicker como una dificultad técnica; sin embargo de eso la empresa eléctrica si ha sido agobiada con ciertas quejas por parte de los consumidores, pero más estrictamente las protestas se rigen al Umbral de Irritabilidad, por emplear la iluminación durante casi todo el día y por consiguiente los usuarios experimentan más claramente la salida o entrada de alguna carga al sistema, reflejada directamente en los bulbos de incandescencia.

A continuación se hace un resumen en el cual se pretende seleccionar una solución adecuada para minimizar al máximo el Flicker, tomando en consideración la eficiencia, economía y espacio.

Equilibrio de Fases

La mayoría de consumidores del Centro de Latacunga poseen aparatos monofásicos; siendo los principales productores del Flicker. Por esta razón se debe considerar, según este estudio que la mejor posibilidad para la disminución del Efecto Flicker está en el empleo del método de equilibrio de fases, por ser la posibilidad más económica y eficiente, y principalmente por resultar una solución adecuada, práctica y que podría ser una acción correctiva por parte del personal

de la empresa de suministro de electricidad, el momento mismo cuando se este efectuando la alimentación a algún usuario.

Por consiguiente se propone que las cargas que se incrementen posteriormente sean distribuidas uniformemente para cada fase; es decir que una fase en relación a otra tenga el mismo valor en función al consumo de carga.

Para resolver este problema lo más satisfactoriamente posible deben repartirse los receptores monofásicos entre las tres fases, evitando que el desequilibrio aparezca permanentemente.

El problema planteado por un suministro monofásico a partir de una red trifásica implica un desequilibrio en la red, cuya solución en algunos casos no puede ser completamente satisfactoria, por ejemplo si este método se lo emplearía en alimentadores en donde el incremento de carga ya no existe; es decir en un alimentador antiguo saturado en consumo, siendo una circunstancia que generaría una imposibilidad en el control de equilibrio de carga, y presentándose como una solución inadecuada.

Pero en relación a otras soluciones por las condiciones bastante estables que presenta este alimentador se puede decir que es la solución más idónea, por la elevada eficiencia que podría brindar en la corrección del Flicker en la señal de alimentación.

Una de los principales ventajas es que prácticamente todos los usuarios suministrados de este alimentador fueron readecuados y todo el cableado tanto de alta como de baja es nuevo dando como resultado perdidas tolerables, haciendo de que alguna forma las cargas actúen de mejor forma a la que antes de que se efectúe dicho cambio de redes.

Según informes del personal encargado del control y dimensionamiento de los alimentadores de la S/E EL CALVARIO, se ha podido establecer que el

alimentador # 03 (Ver Anexo 1.1) ha sido correctamente sobredimensionado en el diseño original, para futuras proyecciones, en función del crecimiento de población, y principalmente por ser las redes subterráneas en todo el sector del Centro Histórico de la ciudad de Latacunga, es por esta razón que no se encuentra valores de Flicker de tipo oscilatorio.

Grupos Motor – Generador

El empleo de este método resulta inadecuado por ser una solución costosa, pesada, y menos eficiente, y ocupa mayor espacio que cualquiera de los varios dispositivos correctivos que puedan ser usados.

La ventaja de este método es que logra reducir tres de las más indeseables características de la carga, detalladas de la siguiente manera :

- La utilización de una sola Fase.
- El bajo Factor de Potencia.
- Aplicación Repentina de la Carga.

Pero este método no se podría recomendar en el alimentador por ser los usuarios de carácter residencial comercial y debido a que los mismos no poseen máquinas o aparatos a los que se los pueda aplicar dicha solución. Y por ser una solución netamente par el sector industrial.

Condensadores Sincrónicos

Esta posibilidad de disminución del Flicker aparece como una opción no económica, y principalmente su aplicación esta más centrada al sector industrial.

Este método se encarga de reducir el flicker disminuyendo la impedancia del sistema. Tomando en cuenta que la mayoría de impedancias son de carácter

inductivo e intervienen directamente en el comportamiento del flicker, por ser la corriente de bajo factor de potencia la que más influye en este problema.

Capacitores en Serie

Debido a que los condensadores en serie son recomendables en circuitos radiales de distribución cuando se requiere contrarrestar el efecto flicker, producido como consecuencia de los cambios bruscos de carga, siendo el caso de arranques de motores, por lo tanto este método resultaría muy costoso y un sobre dimensionamiento que no se requiere para este sector de la ciudad.

Pero los condensadores en serie no son tan eficientes debido a que su efecto esta solamente más allá de su punto de instalación, y no logran corregir al sistema por completo.

Cambios en el Sistema de Abastecimiento

Es la más costosa pero la más eficiente porque si emplea dicha solución se puede eliminar al Flicker en un porcentaje total, debido a que si por lo menos se cambia de alimentador se podría experimentar el Flicker en limites permitidos, y mucho más si implementa alguna nueva subestación. Todo esto esta en función del presupuesto, rentabilidad que pueda generar dicha inversión.

El objetivo de cambios en el sistema de abastecimiento, es reducir la impedancia entre los generadores y el punto de conexión con otros consumidores. Esto puede ser logrado, ya sea reforzando el sistema mediante la conexión de trasformadores o de alimentadores adicionales.

Dispositivos en el Arranque de los Motores

Este método es específicamente a nivel operativo; es decir cuando en una empresa disponga de motores de elevadas potencias, y que introduzca grandes

corrientes en el sector, pero este análisis está centrado a nivel de alta tensión, y no a nivel de usuarios.

Pero desafortunadamente algunas cargas no están estratégicamente localizadas con respecto a las fuentes eléctricas y por lo tanto pueden causar excesivo flicker de voltaje.

Compensador de VAR Adaptivo (AVC)

El compensador de VAR Adaptivo AVC es de estado sólido el cual resulta de un costo elevado si se quisiera implementarlo en alimentador estudiado por no requerir controlar tan finamente como en otros sectores, es decir este método sería recomendable en donde el Flicker sea completamente intolerable.

El AVC compensa la demanda de potencia reactiva de cargas cíclicamente variables sin la introducción de ningún transitorio o armónico en el sistema de potencia .

La principal característica del AVC es el de operar en un número de modos, incluyendo, la corrección del factor de potencia, compensación de var estática mantenimiento del nivel de voltaje para una vez controlados estos factores finalizar con el control del flicker.

5.2.4. Análisis Estadístico de Error de Flicker Medido “Vs” Flicker Calculado

Con la finalidad de validar el equipo utilizado, se ha elaborado esta comparación que relaciona los valores obtenidos en el aparato y las que se pueda obtener calculándose en base de los percentiles, por lo que se puede ver en el Anexo 1.3 como se halla calculado el error del flicker medido en porcentaje, por cada fase y luego se ha efectuado un promedio de las tres fases para establecer un

promedio final de toda la adquisición de datos que se logro recuperar en el detector AR5.

Se ha utilizado la formula para la determinación de un error estadístico :

$$E = \left| \frac{V_{Calculado} - V_{Medido}}{V_{Medido}} \right| * 100$$

$V_{Calculado}$ = Valor de Flicker P_{st} calculado.

V_{Medido} = Valor de Flicker P_{st} medido por detector AR5.

Con ello se presenta los resultados finales de comparación en los Anexos 1.3, donde se puede apreciar un error promedio que no sobrepasa ni el 10% de error que constituye una precisión aceptable del aparato y finalizando con una convalidación de todo lo antes mencionado en todo el estudio efectuado.

VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- El estudio realizado ha logrado relacionar claramente el marco legal con la parte técnica para poder evaluar los factores que ocasionan que el Flicker mantenga valores intolerables y por consiguiente desmejore la Calidad del Producto.
- La presencia del consumidor genera constantes desequilibrios de carga produciendo perturbaciones de diferente tipo en una red de voltaje. Debido a que las oscilaciones de voltaje (Flicker) generan dificultad en el momento de cuantificarlas. Por este motivo la presencia de detectores es inevitable en el diagnóstico.
- El Flicker se lo define de una forma visual en un bulbo incandescente de 60 W, adicionalmente se ha complementado esta definición con el análisis de una forma de onda con una sola frecuencia la envolvente, la misma que genera un valor máximo y un mínimo, permitiendo en conjunto con el voltaje de modulación determinar el valor del Flicker en porcentaje.
- La onda de modulación de voltaje puede estar combinada por varias envolventes en un rango de 0.5 a 25 Hz, siendo frecuencias visibles al ojo humano; es decir que si una lámpara se mantiene en este espectro es posible que una persona concentrada en esta variación pueda observar fácilmente el Flicker.
- Para la evaluación del Flicker se ha considerado apropiado el Índice de Severidad de Corta Duración, con una expresión, denominada P_{st} . Este modelo matemático presenta solo valores experimentales, descubiertos por pruebas, ensayos.

- Para la realización de este trabajo se ha visto conveniente el empleo del Detector de Redes A_{R5} , el mismo que presenta una polifuncionalidad, logrando detectar el Flicker en el tiempo establecido. El analizador da una facilidad en la adquisición de datos, con la exportación de los valores a cualquier otro programa que se requiera para un completo estudio.
- De la metodología se ha excluido el análisis de larga duración por no tener en los puntos de análisis fuentes de Flicker de ciclos largos de trabajo, a excepción de ciertos picos que se generaron en el transcurso de los días, pero solo de forma instantánea.
- Según el reporte de datos analizados en el centro de Latacunga, se indica que se ha producido valores de Flicker máximo entre las horas pico, por efecto del constante incremento de cargas por parte de los consumidores, a pesar de no existir cargas como en el sector industrial.
- Los resultados obtenidos por la Metodología realizada, dan una clara opción de análisis para cualquier tipo de alimentador o sector residencial donde se requiera determinar índices de calidad de energía, siempre y cuando todo este basado en función de las Normas Internacionales y de manera particular la Norma IEC 60868-0; consecuentemente si se sigue todo este proceso se puede decir que el CONELEC como ente regulador de los lineamientos eléctricos del Ecuador aprobará este estudio en todo su contexto.
- Los porcentajes encontrados oscilan bajo el 5 % y con un valor tolerable de 1,096 % en la ciudad de Latacunga, por lo tanto no se requiere de correctivos técnicos en las redes de distribución, pero si un constante control para disminuir al máximo el Efecto Flicker.
- Se puede determinar claramente que el principal fenómeno que más afectado para que se produzcan indeseables picos de Flicker en el sector

central de Latacunga ha sido el constante incremento de cargas de forma desordenada para cada fase, dando como respuesta variaciones de iluminación hacia los consumidores, provocándoles cansancio y molestia en la visión.

- Por ser un sector de la ciudad en donde se desarrolla las ciertas dependencias públicas y privadas, se puede decir que el fenómeno encontrado en la iluminación no hubiese sido tan notorio en el supuesto caso en que los consumidores no emplearan la iluminación mucho tiempo como en este sector.

6.1. RECOMENDACIONES

- Por ser una realidad el control de calidad de energía en las empresas eléctricas del Ecuador, se debe realizar conferencias, por parte de las empresas Eléctricas del Sector o directamente por el CONELEC, en donde se pueda brindar información de cuales son las variables que se deben mantener para recibir una señal de alimentación en optimas condiciones.
- Por estar en constante evolución leyes, reglamentos y regulaciones se debe efectuar cada cierto tiempo una actualización para ofrecer un correcto control del Flicker donde se requiera.
- Según este estudio uno de los principales productores del Flicker es el consumidor. Por ejemplo si una industria esta efectuando su montaje inicial, es preferible que la empresa de suministro de energía, realice un correcto dimensionamiento de entrega de señal, y de esta forma no se produzca en la zona una constante introducción de Flicker y Armónicos.
- Es menester continuar con estudios más profundos de los factores de calidad nombrados en este proceso para dar mayores facilidades a las industrias, sectores residenciales en la acción misma del control del Flicker y principalmente a los estudiantes de ingeniería ofreciéndolo como una herramientas para que se pueda enfrentarse a cualquier tipo de problema referente al Efecto Flicker.
- Dentro de los métodos de reducción de Flicker no es recomendado uno de manera especial; si no que depende de la complejidad del consumidor, del presupuesto que se disponga para implementar dicho método y de manera particular del diseño que se pretenda dar en función de espacio, eficiencia y comodidad.

- Por consecuencia de ciertos valores elevados en la acumulación de datos por el detector A_{R5} , en la zona central de Latacunga. Se puede decir que no hay muchas posibilidades de emplear algún método para la reducción de Flicker; debido a que los usuarios son de carácter comercial residencial y resulta difícil tomar alguna decisión en cierto método específico, tal como en el sector Industrial. Pero se recomienda emplear el método de balanceo de carga para que cada fase se encuentre con un equilibrio y de esta manera poder reducir el Flicker al máximo.
- La Metodología ha encontrado valores reales los cuales han arrojado resultados que se han podido establecer una comparación en relación de los lineamientos estándares dados por las normas correspondientes, mencionadas en todo este proyecto realizado; por lo que finalmente se puede decir que la solución que se ha seleccionado está más en relación a la parte operativa del personal encargado, entonces resulta prudente que a los mismos se los informe de tal resolución y se pueda hacerse un realidad el empleo de este método.
- Como este es un tema bastante complejo de determinarlo se recomendaría que se realice estudios más completos en conjunto con este proyecto y de esta forma que se pueda cuantificar todos los parámetros que exige el CONELEC para una calidad de energía en buenas condiciones.
- Debido a la competitividad y avance tecnológico el Ingeniero en Ejecución en Electromecánica, debe conocer cuales son los principales componentes y factores que se deben mantener en la Calidad de Producto en el suministro de electricidad.

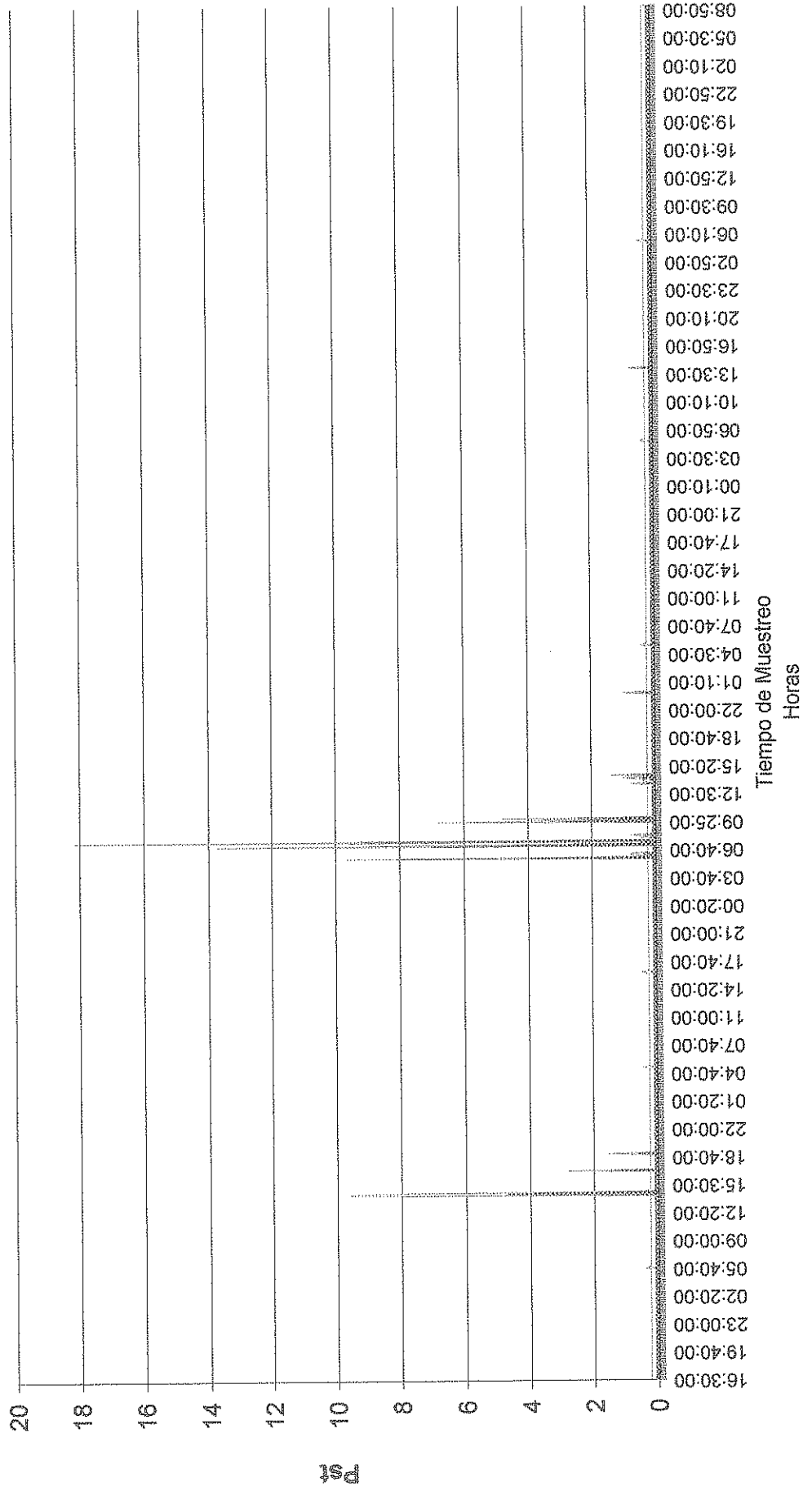
BLOGRAFIA

- (1) **CONELEC**; Consejo Nacional de Electricidad, publica la LRSE el 10 de Octubre de 1996.
- (2) **CONELEC**; Expide el RSSE, el 23 de Febrero de 1999.
- (3) **CONELEC**; En ejercicio de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, expidió la Regulación No.- 004 / 01.
- (4) **CONELEC**; Términos de Referencia, dado por el Consejo Nacional de Electricidad. www.conelec.gov.ec
- (5) **Manual de Calidad y Uso Racional de Energía**, Perturbaciones en la Red. Pag .74. <http://iec.ch>
- (6) **NORMA TÉCNICA IEC 60868-0**; Flickermeter Part o. Evaluación de la Severidad del Flicker,(CEI 868-0; 1991) Pag 1. Avalizada en el Ecuador por el INEN. y para actualización de normas <http://aenor.com>
- (7) **POWER ENGINERY (IEEE)** ; Modulation del Flicker , V. Skendzic, M.B. Marz, M.T. Bishop – Cooper Kewanee Power System. Pag 3 ,4.
- (8) **POWER ENGINERY (IEEE)** ; Modulation del Flicker , V. Skendzic, M.B. Marz, M.T. Bishop – Cooper Kewanee Power System.Pag.5.
- (9) **NORMA TÉCNICA IEC 60868-0**; Flickermeter Functional and design Specifications Pag.15.
- (10) **NORMA TÉCNICA IEC 60868-0**; Flickermeter Functional and design Specifications, Pag 16.
- (11) **CONELEC**; Reglamento de Suministro de Electricidad 004 / 01, Capitulo II, Pag.6.
- (12) **Manual de Manejo y de Operación** ; del Detector de Redes AR.5 Vision. Flicker. E-mail: ar5@circutor.es

ANEXOS

ANEXO 1.3 ALIMENTADOR N°3 SUBESTACION EL CALVARIO.

Comparación de Valores Medidos vs. Valores Calculados
de Flicker Ps/Fase1 S/E EL CALVARIO

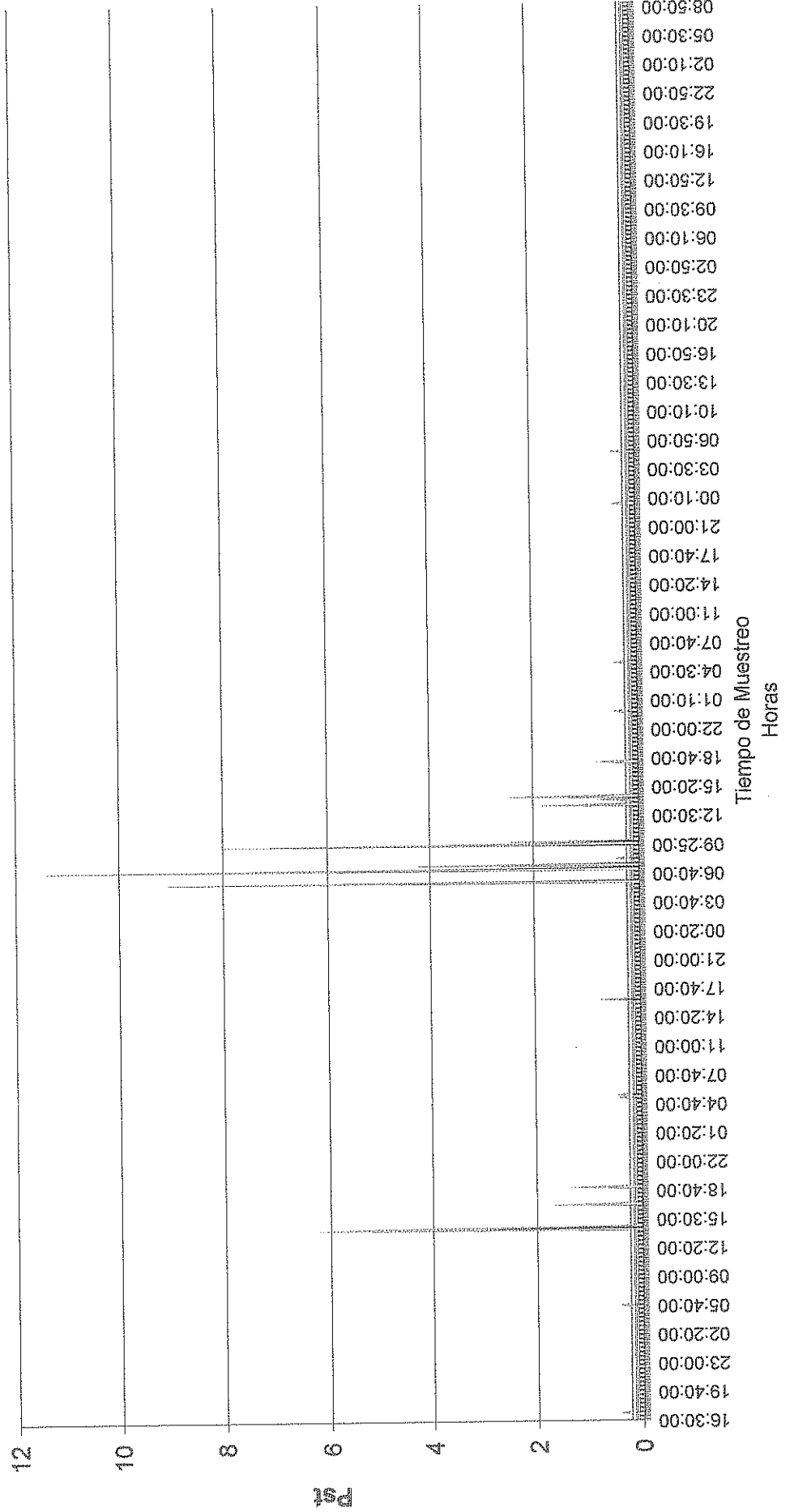


■ Ps/F1Medido

□ Ps/F1Calculado

ANEXO 1.3 ALIMENTADOR N°3 SUBSTACION EL CALVARIO.

Comparación de Valores Medidos vs. Valores Calculados
de Ficker Pst/ Fase 2 S/E EL CALVARIO

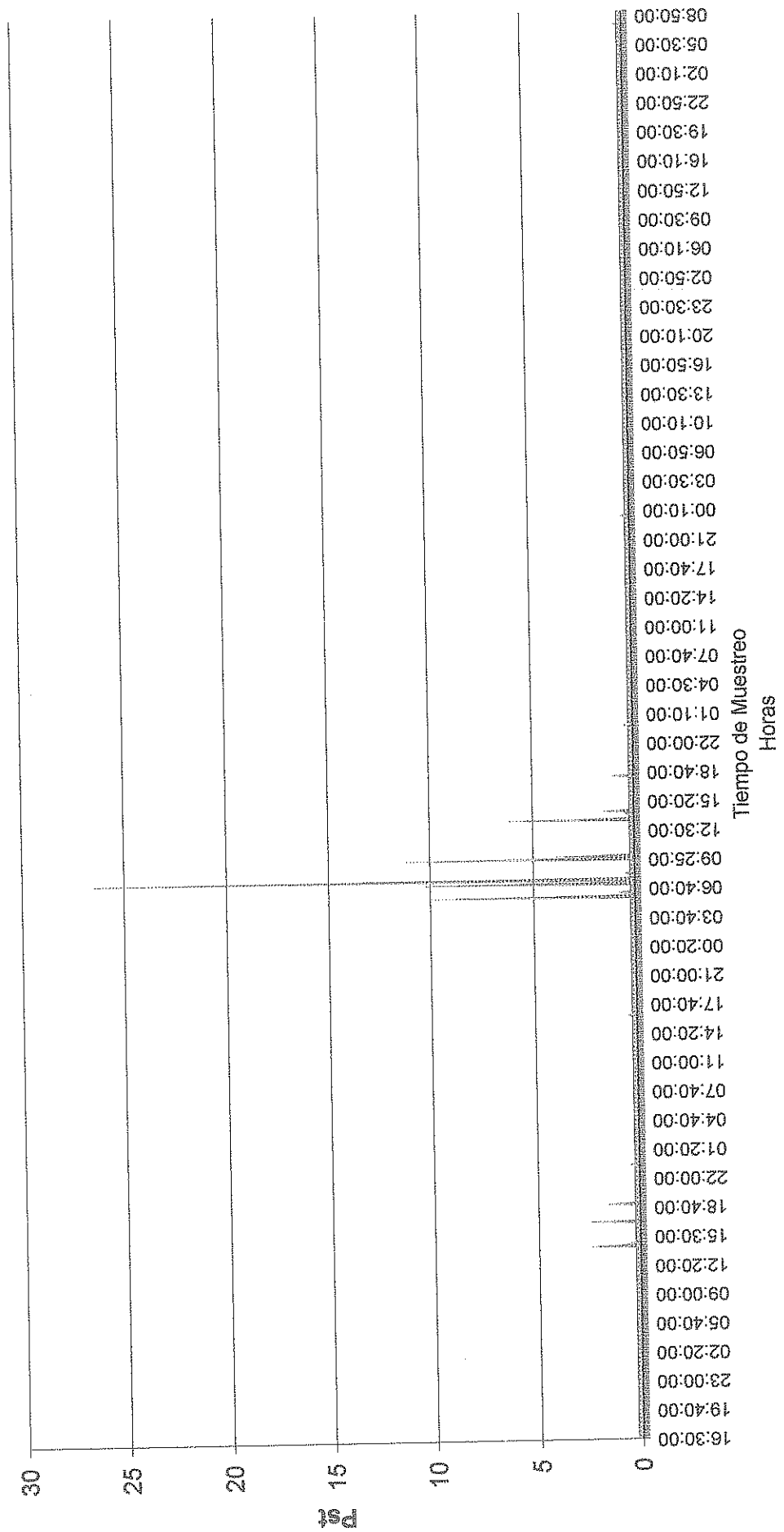


■ Pst/F2 Medido

--- Pst/F2 Calculado

ANEXO 1.3 ALIMENTADOR N°3 SUBSTACION EL CALVARIO.

Comparación de Valores Medidos vs. Valores Calculados
de Flicker Pst/Fase 3 S/E EL CALVARIO



▨ Pst/F3 Calculado

▨ Pst/F3 Medido

ANEXO 1.3.ALIMENTADOR No 3 SUBESTACION EL CALVARIO

| Fecha | Tiempo | Flicker Medido | | | PERCENTILES | | | | | | | | | | | | | | | Flicker Calculado | | | Porcentaje de Error | | | |
|------------|----------|----------------|--------|--------|-------------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------------|--------|--------|---------------------|--------|--------|----------------|
| | | Pst/F1 | Pst/F2 | Pst/F3 | P0.1/F1 | P0.1/F2 | P0.1/F3 | P1/F1 | P1/F2 | P1/F3 | P3/F1 | P3/F2 | P3/F3 | P10/F1 | P10/F2 | P10/F3 | P50/F1 | P50/F2 | P50/F3 | Pst/F1 | Pst/F2 | Pst/F3 | Fase1 | Fase2 | Fase3 | Error Promedio |
| 19/02/2002 | 08:50:00 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,143 | 0,143 | 0,143 | 42,773 | 42,773 | 42,773 | |
| 19/02/2002 | 09:00:00 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,143 | 0,143 | 0,143 | 42,773 | 42,773 | 42,773 | |
| 19/02/2002 | 09:10:00 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,143 | 0,143 | 0,143 | 42,773 | 42,773 | 42,773 | |
| 19/02/2002 | 09:20:00 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,143 | 0,143 | 0,143 | 42,773 | 42,773 | 42,773 | |

ERROR PROMEDIO TOTAL %

9,32%

ANEXO 1.4

Glosario de Términos

Los términos incluidos en el texto del Reglamento y que señalan a continuación tendrán los siguientes significados:

CENACE: Centro Nacional de Control de Energía

CONELEC: Consejo Nacional de Electricidad.

Consumidor: Persona natural o jurídica, que acredite dominio sobre una instalación que recibe el Servicio eléctrico debidamente autorizado por el Distribuidor, dentro del área de la Concesión. Incluye al Consumidor Final y al Gran Consumidor.

Distribuidor: Empresa eléctrica titular de una concesión que asume, dentro de su área de concesión, la obligación de prestar el Servicio público de suministro de electricidad a los Consumidores.

Reglamento General: Es el Reglamento Sustitutivo del Reglamento General de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, expedido mediante Decreto Ejecutivo 754 publicado en el Suplemento del Registro Oficial 182 del 28 de octubre de 1997 y sus reformas expedidas mediante Decreto Ejecutivo 820 publicado en el segundo Suplemento del Registro Oficial 191 del 11 de noviembre de 1997 y mediante Decreto Ejecutivo 889 publicado en el Registro Oficial 202 del 26 de noviembre de 1997.

Regulaciones: Son las normativas que emita el CONELEC con el objeto de hacer aplicables las disposiciones que se señalan en algunos de los artículos del presente Reglamento.

ANEXO 1.4

Voltaje : Es el valor de voltaje eficaz que registra un equipo de medición analógico o digital y que corresponde a la raíz cuadrada de la media de los cuadrados de los valores instantáneos.

Índices de Calidad: Factores que ayudan a determinar la Calidad de Energía, siendo el caso del Flicker (P_{st}) y P_{lt} .

Umbral de irritabilidad del Flicker. Fluctuación máxima de luminancia que puede ser soportada sin molestia por una muestra específica de población.

Trafos: Abreviatura de transformador a nivel Europeo y otros países.

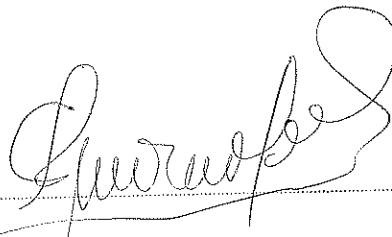
Perturbaciones: Denominadas como variaciones de voltaje que pueden afectar de forma transitoria o de forma periódica.

Flicker RMS : Se define como la media del flicker ponderado debido a cada una de las frecuencias.

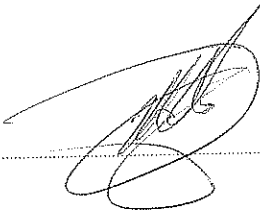
Perceptibilidad: Se define como flicker instantáneo P, indica un nivel de percepción no lineal del conjunto ojo – cerebro,

Percentiles: Son valores que indican cual es la máxima Perceptibilidad alcanzada durante 0.1 % , 1 % , 3 % , 10 % y 50 % del tiempo programado.

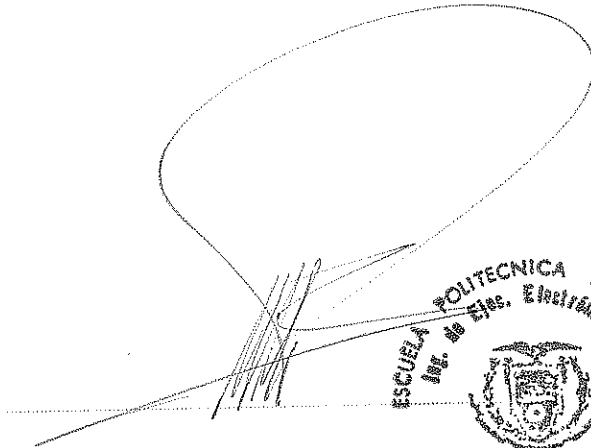
P_{st} y P_{lt} : Índices de corta y larga duración; siendo determinados en función de un la acumulación de datos en un cierto intervalo de tiempo, de acuerdo a ciertas normativas internacionales.



NESTOR G. TENORIO Z.



ING. VICENTE HALL
DECANO



DR. MARIO LOZADA
SECRETARIO ACADEMICO



