

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**“ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL SERVICIO ELECTRICO MEDIANTE UN  
PROGRAMA COMPUTACIONAL”**

**INFORME DE SUFICIENCIA**  
**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO MECANICO - ELECTRICISTA**  
**POR ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS**

**ROBERT GERARDO CASTRO SALGUERO**

**PROMOCION 1990 – I**

**LIMA – PERU**

**2002**

## **DEDICATORIA**

El presente informe de ingeniería lo dedico primordialmente a mi madre, que con su apoyo permanente me impulso siempre a no renunciar nunca a mis sueños y aspiraciones, también debo hacer extensivo mi agradecimiento a mis hermanos, sobrinos, y amigos que cumplieron en brindarme su apoyo moral e intelectual, en las distintas etapas de mi desarrollo profesional.

Un agradecimiento al Ing. Reynaldo Villanueva Ure, asesor de este trabajo por su apoyo profesional en la culminación del presente Informe.

Un especial agradecimiento a mi alma mater, la Universidad Nacional de Ingeniería y a mi Facultad de Ingeniería Mecánica que con la mística de estudio reconocida por todos, me entregaron las herramientas del conocimiento, necesarias para mi desenvolvimiento profesional.

## **TABLA DE CONTENIDOS**

<b>PROLOGO</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	3
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Objetivos.....	5
1.3 Alcances del trabajo.....	5
<b>CAPITULO II</b>	
<b>CONCEPTOS FUNDAMENTALES</b> .....	6
2.1 Aspectos Generales.....	6
2.2 Carga Crítica, Carga Sensible y Ruido.....	8
2.3 Clasificación de los disturbios en el Sistema Eléctrico.....	8
2.4 Características de los Disturbios.....	10
2.4.1 Impulso.....	10
2.4.2 Hendidura.....	10
2.4.3 Distorsión en el voltaje.....	11
2.4.4 Sag.....	16
2.4.5 Undervoltage.....	16
2.4.6 Swell.....	16
2.4.7 Sobrevoltaje.....	17
2.4.8 Interrupción.....	17

2.4.9 Parpadeo.....	17
2.4.10 Variaciones de Frecuencia.....	17
2.5 Monitoreo de la Calidad de la Energía.....	18
2.6 Equipos de Medición de la Calidad de la Energía.....	19
2.7 Acondicionadores de Calidad de Energía Eléctrica.....	19

### **CAPITULO III**

<b>NORMA TÉCNICA DE CALIDAD.....</b>	<b>20</b>
3.1 Generalidades.....	20
3.2 Calidad del Producto.....	20
3.2.1 Tensión.....	22
3.2.2 Frecuencia.....	26
3.2.3 Perturbaciones.....	31
3.3 Calidad del Suministro.....	37
3.3.1 Interrupciones.....	27
3.4 Calidad del Servicio Comercial.....	41
3.5 Calidad del Alumbrado.....	43
3.5.1 Deficiencias del Alumbrado.....	43
3.6 Estado Actual de la Aplicación de la Norma.....	46
3.6.1 Alcance de la NTCSE.....	46
3.6.2 Calidad del Producto.....	47
3.6.3 Calidad del Suministro.....	48
3.6.4 Calidad Comercial.....	48

## **CAPITULO IV**

<b>IMPLEMENTACIÓN COMPUTACIONAL Y RESULTADOS.....</b>	<b>50</b>
4.1 Alcances del Programa.....	50
4.2 Características del Programa desarrollado.....	50
4.3 Programas y Resultados.....	51
4.3.1 Análisis de Armónicos.....	51
4.3.2 Calculo de Indicadores de Armónicos y Compensaciones.....	53
4.3.3 Análisis de Flicker.....	60
4.3.4 Análisis de Variaciones de Tensión.....	64
4.3.5 Cálculo de Variaciones Sostenidas de Frecuencia.....	70
4.3.6 Variaciones Súbitas de Frecuencia.....	75
4.3.7 Integral de Variaciones Diarias de Frecuencia.....	80

## **CAPITULO V**

<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DE EQUIPOS DE MEDICIÓN.....</b>	<b>85</b>
5.1 Equipamiento para el control de calidad de Producto.....	85
5.2 Requisitos mínimos.....	85
5.2.1 Para el control de la Tensión.....	88
5.2.2 Para el control de la frecuencia.....	88
5.2.3 Para el control del Flicker.....	88
5.2.4 Para el control de las tensiones Armónicas.....	88
5.3 Procedimientos de Aprobación de Especificaciones Técnicas.....	89
5.4 Especificaciones técnicas y costo de un equipo comercial.....	90

5.4.1 Alternativa 1.....	90
5.4.2 Alternativa 2.....	92
5.4.3 Comparación de Alternativas.....	94
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>95</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>98</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>99</b>
<b>APENDICE.....</b>	<b>100</b>

## **PROLOGO**

El presente Informe de Ingeniería tiene por objetivo la determinar los índices de calidad del servicio eléctrico, según las normas técnicas vigentes, mediante un programa computacional.

En el Capítulo I, realizaremos una breve introducción de los aspectos básicos relacionados a la calidad del servicio eléctrico.

En el Capítulo II, trataremos los aspectos generales de los problemas de calidad de la energía eléctrica y definiremos conceptos tales como variaciones de voltaje, desbalance, distorsiones de onda, fluctuaciones de voltaje y las variaciones de frecuencia.

En el Capítulo III, veremos el enfoque planteado en el país por las Normas Técnicas de Calidad, teniendo en cuenta los antecedentes, los tipos de problema considerados y también la aplicabilidad de estas normas a nuestra realidad.

En el Capítulo IV, realizaremos la Implementación de un programa computacional destinado al cálculo de los indicadores de calidad establecidos por las normas técnicas, igualmente el cálculo de las

compensaciones y luego se procederá a analizar los resultados obtenidos por el programa.

En el Capítulo V, se enfoca el aspecto de los equipos de monitoreo de la calidad, tanto las especificaciones técnicas y la evaluación económica.



# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

La calidad de energía es un término utilizado para referirse al estándar de calidad que debe tener el suministro de corriente alterna en las instalaciones eléctricas, en términos de: Tensión o Voltaje constante, Forma de Onda sinusoidal, y Frecuencia constante.

Las desviaciones respecto a los estándares de calidad ocasionan problemas en los equipos eléctricos. Actualmente en el Perú se cuenta con la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE) aprobada en octubre de 1997, y las modificaciones realizadas hasta el año 1991, en la que se establecen las disposiciones que fijan los estándares mínimos de calidad que garanticen a los usuarios un suministro eléctrico continuo, adecuado, confiable y oportuno. La norma también establece que los usuarios finales de la energía eléctrica están obligados a cumplir ciertos requerimientos mínimos que aseguren un buen empleo de la energía eléctrica y que no ocasionen perturbaciones en las redes eléctricas.

La causa de estas perturbaciones se debe principalmente al auge de la electrónica de potencia que en los últimos años han permitido un uso más eficiente de la energía eléctrica y aumentos considerables en la productividad de los procesos industriales pero, por otra parte, han provocado una situación problemática, a veces grave, donde las corrientes armónicas generadas por los propios equipos electrónicos distorsionan la corriente sinusoidal original y perturban la operación de estos mismo equipos, provocando además calentamiento excesivo y pérdidas de energía en máquinas eléctricas, conductores y demás equipos del sistema eléctrico. El problema no solo puede sufrirlo el propio usuario propietario de equipos generadores de armónicos, sino que a través de las líneas de distribución y de transmisión puede propagarlo a otros usuarios de la red eléctrica.

Aproximadamente el 50% de la energía pasa por equipos electrónicos (computadoras, variadores de frecuencia, UPS, balastos electrónicos) que utilizan un dispositivo de electrónica de potencia (diodos, transistores, tiristores) que convierten la corriente alterna en directa y trabajan en un modo de interrupción (switching), que funciona a manera de pulsaciones que no tienen forma de onda de voltaje sinusoidal.

Al resultar corrientes no sinusoidales se produce la distorsión armónica y consumos no lineales.

La mala calidad de la energía puede ocasionar:

- Generación de corrientes armónicas

- Fugas de corriente en la red de tierra
- Variaciones de voltaje
- etc.

## **1.2 Objetivo**

El objetivo principal del presente trabajo es calcular los índices de calidad del servicio eléctrico, según las normas técnicas vigentes, mediante un programa computacional.

## **1.3 Alcances del Trabajo**

Se pretende dar:

- Aspectos básicos de la calidad de la energía eléctrica
- Aspectos de las normas técnicas de calidad
- Implementar un programa computacional para el cálculo de indicadores de calidad y análisis de los resultados
- Especificaciones técnicas y evaluación económica de los equipos de monitoreo.

## CAPITULO II

### CONCEPTOS FUNDAMENTALES

#### 2.1 Aspectos Generales

La calidad de energía puede tener diferentes definiciones dependiendo del marco de referencia. Por ejemplo, el suministrador lo enfoca desde el punto de vista de la confiabilidad. Un fabricante de equipos lo define como aquellas características del suministro eléctrico que permiten al equipo trabajar adecuadamente y esto puede cambiar de un fabricante a otro. Sin embargo, como la calidad de energía eléctrica está actualmente orientada al usuario, usaremos la siguiente definición:

“Problemas de la energía eléctrica manifestado en variaciones de voltaje, corriente o frecuencia que resulte en falla o mal funcionamiento del equipo del usuario”.

Actualmente también se perciben problemas de calidad de energía debido al mal funcionamiento del hardware, software o sistemas de control. Los componentes electrónicos se pueden degradar debido a repetidos voltajes transitorios y eventualmente fallar debido a eventos de relativa baja magnitud. Esto es, a veces es difícil asociar una falla con una causa

especifica, el software de control puede no haber anticipado una particular ocurrencia.

En respuesta a éste creciente interés por el tema, las empresas suministradoras están desarrollando programas que pueden ayudar a los usuarios al respecto. La filosofía de estos programas van del reactivo, donde el suministrador responde a la queja del cliente, al proactivo, donde la empresa está involucrada en la educación del cliente y promueve servicios que pueden ayudar a desarrollar soluciones.

La economía involucrada en la solución del problema de calidad también debe ser incluida en el análisis. No siempre es económico eliminar las variaciones del suministro, en muchos casos, la óptima solución puede requerir fabricar un dispositivo del equipo que sea menos sensible a las fluctuaciones.

Existen estándares para voltaje y otros criterios técnicos que pueden ser medidos, pero la última medida de la calidad es la performance y productividad del equipos del cliente.

A continuación se presentan algunas definiciones e ilustraciones relacionadas con la calidad del suministro eléctrico y se describen algunos de los problemas causados por los disturbios.

## 2.2 Carga Crítica, Carga Sensible Y Ruido

**Carga crítica**, es aquella que al dejar de funcionar o al funcionar inapropiadamente pone en peligro la seguridad del personal y/o ocasiona grandes perjuicios económicos. Por ejemplo, un paro no programado en un molino de laminación es muy costoso, mientras que la pérdida de un centro de información en banco o el mal funcionamiento de los sistemas de diagnóstico en un hospital pueden ser catastróficos.

**Carga sensible**, es aquella que requiere de un suministro de alta calidad, esto es libre de disturbios. El equipo electrónico es más susceptible a los disturbios que el equipo electromecánico tradicional.

**Ruido**, Es una señal eléctrica indeseable que produce efectos adversos en los circuitos de control.

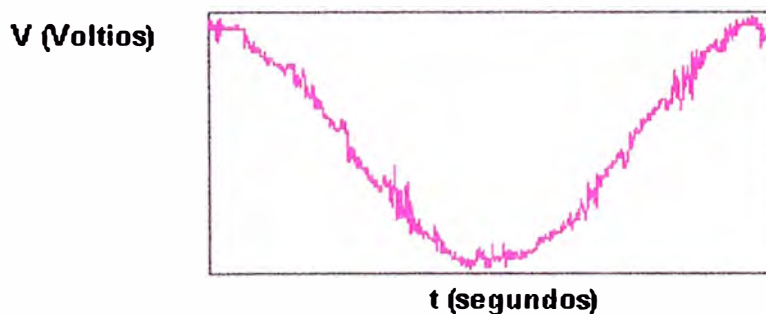


Figura 2.1

Voltaje con Ruido

## 2.3 Clasificación de los Disturbios en el Sistema Eléctrico

La Cuadro 2.1, muestra la clasificación de fenómenos electromagnéticos usados, propuesto por la IEEE:

Cuadro 2.1

Categorías y caracterización de fenómenos electromagnéticos en sistemas de potencia

<b>Categorías</b>	<b>Contenido Típico Espectral</b>	<b>Duración Típica</b>	<b>Magnitud Típica del Voltaje</b>
1.0 Transitorios			
1.1 Impulsos			
1.1.1 Nanosegundos	5 ns de elevación	<5 ns	
1.1.2 Microsegundos	1 us elevación	50 ns – 1 ms	
1.1.3 Milisegundos	0.1 ms elevación	> 1 ms	
1.2 Oscilatorios			
1.2.1 Baja Frecuencia	<5 kHz	0.3-50 ms	0-4 pu
1.2.2 Frecuencia Media	5-500 kHz	20 us	0-8 pu
1.2.3 Alta Frecuencia	0.5 – 5 MHz	5 us	0-4 pu
2.0 Variaciones de Corta duración			
2.1 Instantáneas			
2.1.1 Sag		0.5-30 ciclos	0.1-0.9 pu
2.1.2 Swell		0.5-30 ciclos	1.1-1.8 pu
2.2 Momentáneas			
2.2.1 Interrupción		0.5 ciclos-3 seg	<0.1 pu
2.2.2 Sag		30 ciclos-3 seg	0.1-0.9 pu
2.2.3 Swell		30 ciclos-3 seg	1.1-1.4 pu
2.3 Temporal			
2.3.1 Interrupción		3 seg-1min	<0.1 pu
2.3.2 Sag		3 seg-1min	0.1-0.9 pu
2.3.3 Swell		3 seg-1min	1.1-1.2 pu
3.0 Variaciones de Larga dura.			
3.1 Interrupción sostenida		>1 min	0.0 pu
3.2 Bajo voltaje		>1 min	0.8-0.9 pu
3.3 Sobrevoltaje		>1 min	1.1-1.2 pu
4.0 Desbalance de Voltaje		Estado Estable	0.5-2 %
5.0 Distorsión Forma de onda			
5.1 Componente directa		Estado Estable	0-0.1 %
5.2 Contenido armónico	0-100 th H	Estado Estable	0-20 %
5.3 Interarmónicas	0-6 kHz	Estado Estable	0-2 %
5.4 Muecas en el voltaje		Estado Estable	
5.5 Ruido	Banda Amplia	Estado Estable	0-1 %
6.0 Fluctuaciones de Voltaje	< 25 Hz	Intermitente	0.1-7 %
7.0 Variaciones de frecuencia		<10 seg	

Fuente : IEEE

## 2.4 Características De Los Disturbios

### 2.4.1 Impulso

Transient Voltaje Surge, es un disturbio en el voltaje de alimentación que dura menos de medio ciclo y que inicialmente tiene la misma polaridad que el voltaje normal, de tal manera que el disturbio se suma a la forma de onda nominal (es un transitorio). Los transitorios son ocasionados por maniobras con interruptores y por cargas atmosféricas.

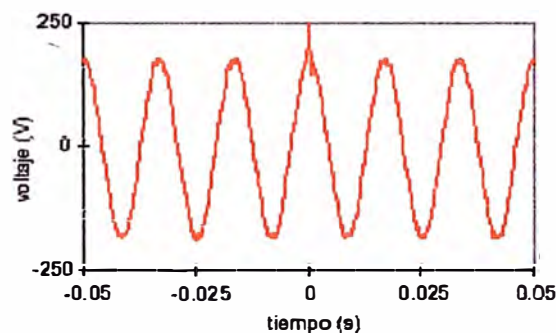


Fig. 2.1

Impulso de Voltaje

### 2.4.2 Hendidura

Notch, es un disturbio en el voltaje de alimentación que dura menos de medio ciclo y que, inicialmente, tiene polaridad opuesta al voltaje normal, de tal manera que el disturbio se resta a la forma de onda nominal (transitorio). Las muescas o “notches” son ocasionadas por cortes entre fases debido a la conmutación de los SCRs. Cuando un SCR se debe encender y el de otra fase se debe apagar hay un corto tiempo en el cual los dos conducen y se ocasiona el corto entre fases. La siguiente figura muestra el voltaje de fase a tierra en terminales de un UPS.



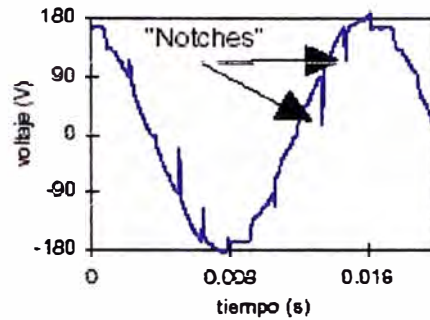


Fig. 2.3

### Hendiduras

#### 2.4.3 Distorsión en el voltaje

El equipo electrónico moderno demanda la corriente en forma discontinua; este tipo de cargas son no lineales o no senoidales. La caída que esta corriente produce en el sistema de alimentación puede ocasionar que el voltaje se distorsione, como se muestra en la siguiente figura. La mayoría de equipos toleran una distorsión de hasta el 5 %.

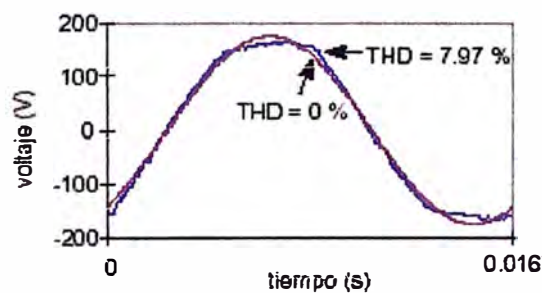


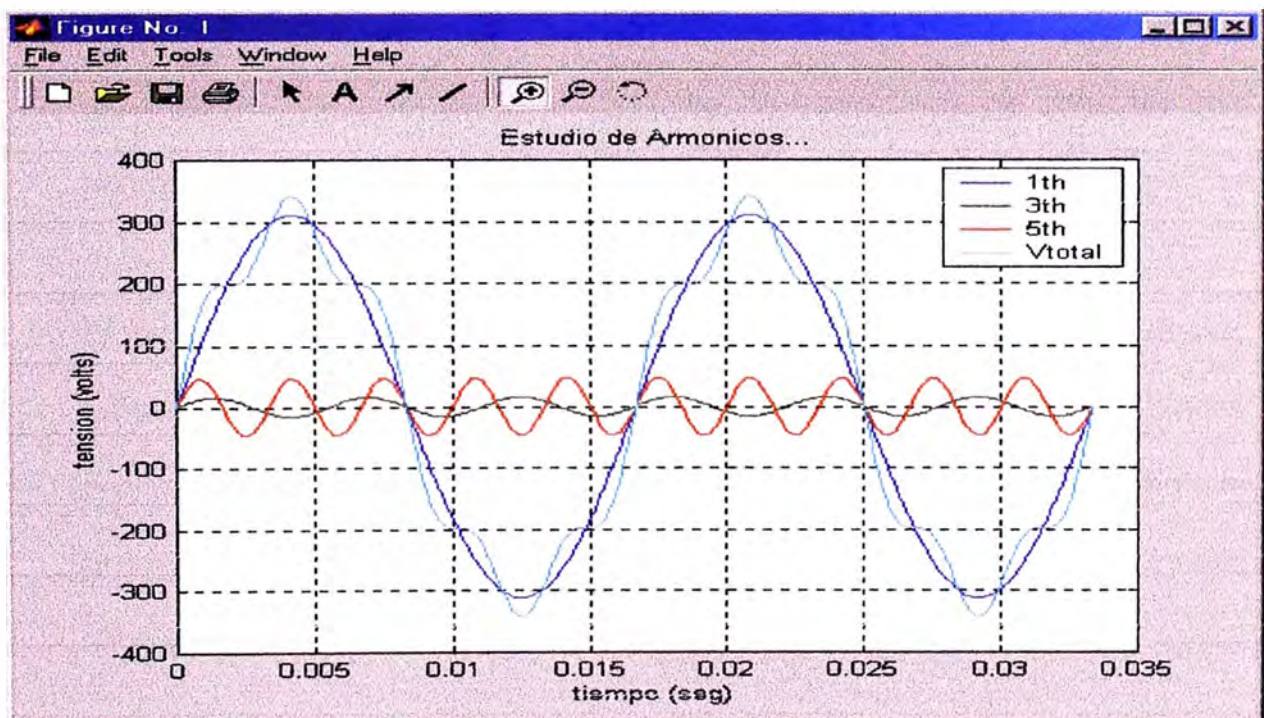
Fig. 2.4

### Distorsión de Onda de Voltaje

El principal tipo de distorsión son los armónicos. Los armónicos son corrientes o voltajes senoidales que tienen frecuencias que son múltiplos

enteros de la frecuencia a la cual el sistema está diseñado para operar. Las ondas distorsionadas pueden ser descompuestas en una suma de la frecuencia fundamental y de las armónicas. La distorsión se origina por las características no lineales de los dispositivos y cargas conectados al sistema.

El nivel de distorsión armónica queda descrito por el completo espectro de armónicos con ángulos de fase y magnitudes de cada componente armónico individual. Es común usar una simple cantidad, el THD (Total Harmonic Distortion), como una media del valor efectivo de distorsión armónico.



**Fig. 2.5**

**Onda con Armónicos de tercer y quinto orden**

## **Origen del Problema de Armónicos**

La distorsión de tensión y corriente en un Sistema Eléctrico de Potencia se debe a los siguientes factores:

- Aumento en la utilización de equipos de electrónica de potencia, los cuales tienen características de tensión y corriente no sinusoidales, comportándose como verdaderas fuentes que inyectan corrientes armónicas al sistema. Entre estos aparatos se encuentran los rectificadores, inversores, convertidores de frecuencia, compensadores estáticos de reactivos y cicloconvertidores.
- Así como también hornos de arco debido a sus características especiales para fundir metales y otros dispositivos de electrónica de potencia que tienen un comportamiento no lineal.
- El incremento en la aplicación de los bancos de condensadores, ya sea para corregir factor de potencia o regulación de tensión, los cuales pueden estar ubicados próximos a fuentes generadoras de armónicas propiciando la condición de resonancia, la cual puede magnificar el nivel de armónicas.
- También debemos considerar los contaminantes de pequeña potencia, tales como: computadoras, impresoras, cargadores de baterías, televisores, etc.

## Consecuencias de los armónicos

Entre los problemas más frecuentes tenemos:

- Problemas de funcionamiento en dispositivos electrónicos de regulación, tanto de potencia como de control.
- Mal funcionamiento de los dispositivos electrónicos de protección y medición.
- Interferencia en sistemas de telecomunicación y telemando.
- Sobrecalentamiento de los equipos eléctricos (motores, transformadores, generadores, etc.) y el cableado de potencia, con la consecuente disminución de energía en forma de calor.
- Falla de capacitores de potencia
- Efectos de resonancia que amplifican los problemas mencionados anteriormente y pueden provocar incidentes eléctricos, mal funcionamiento y fallos destructivos de equipos de potencia.
- La magnitud de costos originados por la operación de sistemas y equipos eléctricos con tensiones y corrientes distorsionadas, puede percibirse considerando lo siguiente:
  - Una elevación de sólo 10°C de la temperatura máxima del aislante de un conductor reduce a la mitad su vida útil.
  - Un aumento de 10% de la tensión máxima del dieléctrico de un condensador reduce a la mitad su vida.

- Algunos estudios realizados conducen a factores de 20% y 30% de reducción de vida útil de condensadores y 10% a 20% de transformadores y reactores.

### **Solución de problemas de armónicos**

Las medidas que se vienen aplicando con éxito para minimizar o resolver este tipo de problemas, son básicamente de tres tipos:

- Medidas que tiendan a bloquear el paso de las corrientes armónicas hacia equipos especialmente sensibles, quedando estos protegidos de la influencia de los mismos, aunque éstas corrientes armónicas sigan circulando por el resto de la red.
- Medidas que tiendan a bloquear y/o absorber las corrientes armónicas, confinándolas a circular por zonas limitadas de la red, preferentemente circunscritas a los focos emisores de las mismas.
- Medidas tendientes a sobredimensionar, recurriendo incluso hasta a diseños especiales, los equipos y conductores sometidos al flujo de corrientes armónicas, con efecto de minimizar los efectos nocivos provocados por los mismos.

### 2.4.4 Sag

Reducción en el valor efectivo del voltaje de alimentación con duración de medio ciclo a 3600 ciclos (de 8 1/3 ms a 60 s).

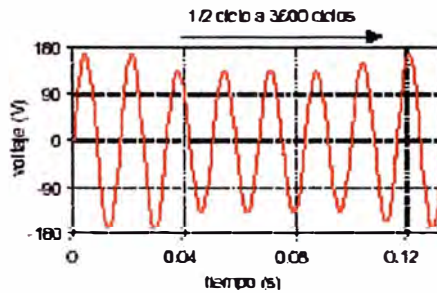


Fig. 2.6

Sag

### 2.4.5 Undervoltage

Reducción en el valor efectivo de alimentación con duración de más de un minuto. El *Undervoltaje* difiere de *Sag* solo en que dura más.

### 2.4.6 Swell

Aumento en el valor efectivo del voltaje de alimentación con duración de medio ciclo a unos 600 ciclos (de 8 1/3 ms a 10 s).

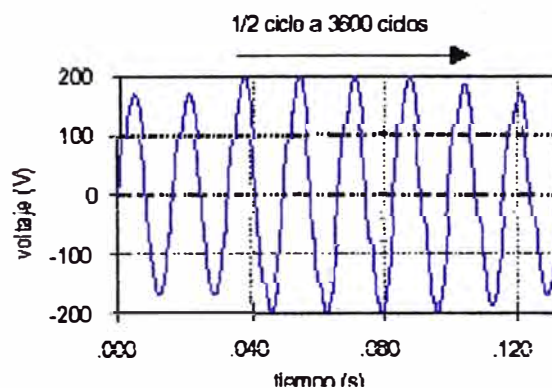


Fig. 2.7

Swell

### **2.4.7 Sobrevoltage**

Overvoltage, aumento en el valor efectivo del voltaje de alimentación con duración de más de diez segundos. El "**Overvoltage**" difiere en el "**swell**" sólo en que dura más.

### **2.4.8 interrupción**

Pérdida total de voltaje durante un período de tiempo

### **2.4.9 Parpadeo**

Flicker, es una variación de voltaje con amplitud suficiente para que se aprecie en las fuentes luminosas, creando una sensación fuertemente desagradable para los usuarios. En algunos casos se aprecia el parpadeo en los monitores.

### **2.4.10 Variaciones de Frecuencia**

Las variaciones de frecuencia son definidas como la desviación de la frecuencia fundamental del sistema con respecto a su valor nominal.

La frecuencia del sistema está directamente relacionado a la velocidad de rotación de los generadores que alimentan el sistema. Se da una leve variación de la frecuencia en el balance dinámico entre cambios de carga y generación. El tamaño del desplazamiento de la frecuencia depende de las características y la respuesta del sistema de control de la generación a cambios de carga.

Las variaciones de frecuencia que escapan de los límites aceptados para la normal operación en estado estable del sistema pueden ser causadas por fallas del sistema de transmisión, desconexión de grandes cargas o salida de operación de grandes fuentes de generación.

## **2.5 Monitoreo de la Calidad de la Energía**

El estudio de la calidad de energía eléctrica a menudo requiere monitoreo para identificar el problema exacto y entonces verificar las soluciones que son implementadas.

En algunos casos, problemas de calidad de energía pueden ser resueltos sin extensos monitoreos formulando las preguntas precisas al usuario para conocer los problemas que experimentan.

El requerimiento de monitoreo depende del problema particular que está siendo experimentado. Se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Elección de la ubicación del monitoreo
- Llevar un registro de los disturbios
- Conexiones del monitor de disturbios
- Establecimiento de límites de monitoreo
- Magnitudes a medir
- Interpretación de resultados de las mediciones
- Encontrar la fuente de un disturbio



## **2.6 Equipos de medición de la calidad de la energía**

Podemos considerar:

- Probadores de puesta a tierra y cableado.
- Multímetros
- Osciloscopios
- Analizadores de disturbios
- Analizadores de armónicos
- Medidores de Flicker
- etc

## **2.7 Acondicionadores de calidad de energía eléctrica**

Son equipos destinados a reducir el efecto de la energía de mala calidad.

Aquí se indican algunos de los acondicionadores más utilizados

- Supresores "surge suppressers"
- Filtros de Radio frecuencia
- Filtros de Armónicas
- Transformadores de Aislamiento
- Transformadores de Aislamiento con cambiadores de "tap"
- transformadores ferorresonantes
- UPSs

## **CAPITULO III**

### **NORMA TECNICA DE CALIDAD**

#### **3.1 Generalidades**

El Ministerio de Energía y Minas, con el objetivo de establecer los niveles mínimos de calidad de los servicios eléctricos aprobó la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (Dec. Sup. 020-97-EM) publicado en el diario El Peruano el 12 de Octubre de 1997. La citada norma tuvo algunas modificaciones posteriores hasta el año 2001 y es aplicable a los servicios relacionado con la generación, transmisión y distribución de la electricidad.

Así mismo, se establecen las obligaciones de las entidades involucradas directa o indirectamente en la prestación y uso de este servicio en lo que se refiere al control de la calidad.

Los indicadores de calidad evaluados de acuerdo a la norma, miden exclusivamente la calidad del producto, suministro, servicio comercial y alumbrado publico que entrega un suministrador a sus clientes.

La adecuación de las entidades involucradas en la prestación de este servicio, se programó en tres (03) etapas consecutivas en las que las

compensaciones y/o multas por incumplimiento se incrementan gradualmente.

La Calidad del servicio comprende:

- Calidad del Producto
- Calidad del Suministro
- Calidad del Servicio Comercial
- Calidad del Alumbrado Público

### **3.2 Calidad del Producto**

La calidad del producto suministrado al cliente se evalúa por las transgresiones de las tolerancias en los niveles de tensión, frecuencia y perturbaciones en los puntos de entrega. Se lleva a cabo en períodos mensuales, denominados períodos de control. Se realizan mediciones independientes de cada parámetro de la calidad del producto. El lapso mínimo de medición de un parámetro es de siete (07) días calendario continuos, con excepción de la frecuencia cuya medición es permanente durante el período de control. A estos períodos se les denominan períodos de medición. En cada período de medición los valores instantáneos de los parámetros de la calidad del producto son medidos y promediados por intervalos de quince (15) minutos para la tensión y frecuencia, y (10) diez minutos para las perturbaciones. Estos períodos se denominan "Intervalos de Medición". En el caso de las variaciones instantáneas de frecuencia "los intervalos de medición" son de un (01) minuto.

Si en un intervalo de medición se comprueba que el indicador de un determinado parámetro está fuera de los rangos tolerables, entonces la energía o potencia entregada durante ese intervalo se considera de mala calidad. En consecuencia, para el cálculo de compensaciones se registran los valores medidos de los parámetros de control y se mide o evalúa la energía entregada en cada intervalo de medición separadamente. Las compensaciones se calculan en función de la potencia contratada o energía entregada al cliente por su suministrador en condiciones de mala calidad.

Cuando se detecten deficiencias en la Calidad del Producto, en una etapa, y estas persistan en una posterior, las compensaciones se calculan en función a las compensaciones unitarias y potencias contratadas ó cantidades de energía suministradas en condiciones de mala calidad correspondientes a cada etapa. Las compensaciones se aplican separadamente para diferentes parámetros de control de la calidad sobre el mismo producto entregado, si este fuera el caso; y se siguen aplicando mensualmente hasta que se haya subsanado la falta y a través de un nuevo período de medición, se haya comprobado que la calidad del producto satisface los estándares fijados por la Norma.

### **3.2.1 Tensión**

#### **a) Indicador de Calidad**

El indicador para evaluar la tensión de entrega, en un intervalo de medición (k) de 15 minutos de duración, es la diferencia entre la media de los valores

eficaces (rms) instantáneos medidos en el punto de entrega ( $V_k$ ) y el valor de la tensión nominal ( $V_n$ ) del mismo punto. Este indicador está expresado como un porcentaje de la tensión nominal del punto.

$$\Delta V_k = \left( \frac{V_k - V_n}{V_n} \right) 100\% \quad (3.1)$$

### **b) Tolerancias**

Las tolerancias admitidas sobre las tensiones nominales de los puntos de entrega de energía, en todas la etapas y en todos los niveles de tensión, es de hasta el  $\pm 5.0\%$  de las tensiones nominales de tales puntos. Tratándose de redes secundarias en servicios calificados como urbano-rurales y/o rurales, dichas tolerancias son de hasta el  $\pm 7.5\%$ .

Se considera que la energía eléctrica es de mala calidad, si la tensión se encuentra fuera del rango de tolerancias establecidas, por un tiempo superior al (5%) del periodo de medición.

### **c) Compensación por mala calidad de tensión.-**

Los suministradores deben compensar a sus clientes por aquellos suministros en los que se haya comprobado que la calidad del producto no satisface los estándares fijados en la Norma.

Las compensaciones se calculan por el período de medición, en función a la energía entregada en condiciones de mala calidad en ese período, a través de las fórmulas que aparecen a continuación:

$$\text{Compensaciones por Variaciones de Tensión} = \sum_p a A_p E(p) \quad (3.2)$$

Donde :

$p$  : Es un Intervalo de Medición en el que se violan las tolerancias en los niveles de tensión.

$a$  : Es la compensación unitaria por violación de tensiones

Primera Etapa:  $a=0.00$

Segunda Etapa:  $a=0.01$  US \$/kWh

Tercera Etapa:  $a=0.05$  US \$/kWh

$A_p$  : Es un factor de proporcionalidad que está definido en función de la magnitud del indicador  $\Delta V_p(\%)$ , medido en el intervalo  $p$ , de acuerdo al

Cuadro 3.1:

**Cuadro 3.1****Variaciones de Tensión**

Indicador $\Delta V_p(\%)$	Todo Servicio $A_p$	Red Sec. Rural* $A_p$
$5.0 <  \Delta V_p(\%)  \leq 7.5$	1	NA
$7.5 <  \Delta V_p(\%) $	$2 + ( \Delta V_p(\%)  - 7.5)$	NA
$7.5 <  \Delta V_p(\%)  \leq 10.0$	NA	1
$10.0 <  \Delta V_p(\%) $	NA	$2 + ( \Delta V_p(\%)  - 10)$

Fuente : Norma Técnica de Calidad del Servicio Eléctrico

Modificado por D.S. N° 040-2001-EM

- Se refiere a las redes secundarias (Baja Tensión) en los servicios calificados como Urbano-Rurales y Rurales.
- $A_p$ , se calcula con dos (2) decimales de aproximación
- NA : No Aplicable
- $E(p)$ .- Es la energía en kWh, suministrada durante el intervalo de medición p.

### 3.2.2 Frecuencia

#### a) Indicador de Calidad

El indicador principal para evaluar la frecuencia de entrega, en un intervalo de medición (k) de quince (15) minutos de duración, es la Diferencia ( $\Delta f_k$ ) entre la Media ( $f_k$ ) de los valores instantáneos de la Frecuencia, medidos en un puntos cualquiera de la red de corriente alterna no aislado del punto de entrega en cuestión, y el valor de la frecuencia nominal ( $f_N$ ) del sistema. Este indicador, denominado Variaciones Sostenidas de Frecuencia, está expresado como un porcentaje de la Frecuencia Nominal del Sistema:

$$\Delta f_k (\%) = \frac{f_k - f_N}{f_N} 100\% \quad (3.3)$$

Adicionalmente, se controlan las Variaciones Súbitas de Frecuencia (VSF) por intervalos de un minuto; y la integral de Variaciones Diarias de Frecuencia (IVDF). Ambos indicadores se definen en función de la Frecuencia Instantánea  $f(t)$  de la siguiente manera:

$$VSF = \sqrt{\left[ (1/1 \text{ min}) \int_0^{1 \text{ minuto}} f^2(t) dt \right] - f_N}; \text{ (expresada en Hz)} \quad (3.4)$$

$$IVDF = \Gamma + \int_0^{24 \text{ horas}} [f(t) - f_N] dt; \text{ (expresada en ciclos)} \quad (3.5)$$

Donde:

$\Gamma$ .- Es la suma algebraica de los valores de la integral que aparece como segundo término en el miembro derecho de la fórmula (3.5), para cada uno de los días del año calendario, anteriores al día en que se evalúa la IVDF.



**b) Tolerancias**

Las tolerancias admitidas para variaciones sobre la frecuencia nominal, en todo nivel de tensión, son:

Variaciones Sostenidas ( $\Delta f_k$ (%))	$\pm 0.6$ %
Variaciones Súbitas (VSF')	$\pm 1.0$ Hz
Variaciones Diarias (IVDF')	$\pm 600$ ciclos

Se considera que la energía eléctrica es de mala calidad, en caso:

- i) Si las Variaciones Sostenidas de Frecuencia se encuentran fuera del rango de tolerancias por un tiempo acumulado superior al tres por ciento (3 %) del Período de Medición;
- ii) Si en un Período de Medición se produce más de una Variación Súbita excediendo las tolerancias; o
- iii) Si en un Período de Medición se producen violaciones a los límites establecidos para la Integral de Variaciones Diarias de frecuencia.

**c) Compensaciones por mala calidad de la frecuencia**

Los suministradores deben compensar a sus clientes por aquellos suministros en los que se haya comprobado que la calidad del producto no satisface los estándares indicados anteriormente.

Las compensaciones por Variaciones Sostenidas de Frecuencia, por Variaciones Súbitas de Frecuencia y por Variaciones Diarias de Frecuencia

se evalúan para el Período de Medición, a través de las fórmulas que aparecen a continuación, las mismas que están expresadas en función a la potencia contratada, o energía entregada en condiciones de mala calidad.

$$\mathbf{i) \text{ Compensaciones por Variaciones Sostenidas} = \sum_q b B_q E(q) \quad (3.6)$$

Donde:

**q**.- Es un intervalo de medición de quince (15) minutos de duración en el que se violan las tolerancias en los niveles de frecuencia.

**b**.- Es la compensación unitaria por violación de frecuencias:

Primera Etapa :  $b=0.00$

Segunda Etapa :  $b=0.01 \text{ US \$/kWh}$

Tercera Etapa:  $b=0.05 \text{ US \$/kWh}$

**B<sub>q</sub>**.- Es un factor de proporcionalidad definido en función de la magnitud del indicador

$\Delta f_q(\%)$ , medido en el intervalo q, de acuerdo al Cuadro 3.2.

**Cuadro 3.2**

**Variaciones de Frecuencia**

$\Delta f_q(\%)$	<b>B<sub>q</sub></b>
$0.6 <  \Delta f_q(\%)  \leq 1.0$	1
$1.0 <  \Delta f_q(\%) $	$2 + ( \Delta f_q(\%)  - 1) / 0.1$

Fuente : Norma Técnica de Calidad del Servicio Electrico

Modificado por D.S. N° 040-2001-EM

**B<sub>q</sub>**, se calcula con dos (02) decimales de aproximación.

**E(q)**.- Es la energía en kWh suministrada durante el intervalo de medición q.

$$\text{ii) Compensaciones por Variaciones Súbitas} = b' B_m P_m \quad (3.7)$$

Donde:

**b'**.- Es la compensación unitaria por variaciones súbitas de frecuencia:

Primera Etapa :  $b' = 0.00$

Segunda Etapa :  $b' = 0.01 \text{ US \$/kW}$

Tercera Etapa :  $b' = 0.05 \text{ US \$/kW}$

**B<sub>m</sub>**.- Es un factor de proporcionalidad que está definido en función del Número de Variaciones Súbitas de Frecuencia (**N<sub>VSF</sub>**) que transgreden las tolerancias durante el Período de Medición, de acuerdo al Cuadro 3.3:

**Cuadro 3.3**

Variaciones Súbitas de Frecuencia

<b>N<sub>VSF</sub></b>	<b>B<sub>m</sub></b>
$1 < N_{VSF} \leq 3$	1
$3 < N_{VSF}$	$2 + (N_{VSF} - 3)$

Fuente : Norma Técnica de Calidad del Servicio Eléctrico

Modificado por D.S. N° 040-2001-EM

Una Variación Súbita de Frecuencia está definida como la violación de las tolerancias en un intervalo de medición de un minuto.

**P<sub>m</sub>**.- Es la máxima potencia entre las registradas, expresada en kW, tomadas por intervalos de 15 minutos, dentro de los cuales se producen variaciones súbitas transgrediendo las tolerancias. Si por estas condiciones no es posible tener dichos registros, se tomará el correspondiente al intervalo inmediato anterior a la falla.

$$\text{iii) Compensaciones por Variaciones Diarias} = \sum_{d \in \text{mes}} b'' B_d P_d \quad (3.8)$$

Donde:

**d**.- Es un día del mes en consideración en el que se violan las tolerancias.

**b''**.- Es la compensación unitaria por variaciones diarias de frecuencia:

Primera Etapa	:	b''=0.00
Segunda Etapa	:	b''=0.01 US \$/kW
Tercera Etapa	:	b''=0.05 US \$/kW

**B<sub>d</sub>**.- Es un factor de proporcionalidad que está definido en función de Magnitud de la Integral de Variaciones Diarias de Frecuencia (**M<sub>VDF</sub>**) evaluada para el día **d**, de acuerdo al Cuadro 3.4:

### Cuadro 3.4

#### Variaciones Diarias de Frecuencia

$M_{VDF}$ (ciclos)	$B_d$
$600 <  M_{VDF}  \leq 900$	1
$900 <  M_{VDF} $	$3 + ( M_{VDF}  - 900) / 100$

Fuente : Norma Técnica de Calidad del Servicio Eléctrico

Modificado por D.S. N° 040-2001

**Pd.**- Es la potencia máxima suministrada durante el día **d**, expresada en kW.

### 3.2.3 Perturbaciones

La autoridad propicia el control de todo tipo de perturbaciones. Inicialmente, sin embargo, sólo se controla el Flicker y las Tensiones Armónicas.

El Flicker y las Armónicas se miden en el voltaje de Puntos de Acoplamiento Común (PAC) del sistema, de puntos indicados explícitamente en la Norma o de otros que especifique la autoridad en su oportunidad.

#### a) Indicadores de Calidad

Se consideran los siguientes indicadores de calidad:

- i) Para FLICKER: el índice de severidad por Flicker de corta duración ( $P_{st}$ ) definido de acuerdo a la norma IEC.
- ii) Para ARMONICAS : Las tensiones Armónicas Individuales ( $V_i$ ) y el Factor de Distorsión Total por Armónicas (THD).

Estos indicadores ( $P_{st}$ ,  $V_i$ , THD) se evalúan separadamente para cada Intervalo de Medición de diez (10) minutos durante el período de Medición de perturbaciones, que como mínimo será de siete (7) días calendario continuos.

## **b) Tolerancias**

### **i) Flicker**

El índice de Severidad por Flicker ( $P_{st}$ ) no debe superar la unidad ( $P_{st} \leq 1$ ) en muy alta, alta, media ni baja tensión. Se considera el límite:  $P_{st}'=1$  como el umbral de irritabilidad asociado a la fluctuación máxima de luminancia que pueda ser soportada sin molestia por una muestra específica de población.

### **ii) Tensiones Armónicas**

Los valores eficaces (RMS) de las tensiones armónicas individuales ( $V_i$ ) y los THD, expresado como porcentaje de la tensión nominal del punto de medición respectivo, no debe superar los valores límite ( $V_i$  y THD') indicados en el Cuadro 3.5. Para efectos de esta Norma, se consideran las armónicas comprendidas entre las dos ( $2^\circ$ ) y la cuarenta ( $40^\circ$ ), ambas inclusive.

**Cuadro 3.5****Tolerancia de la Distorsión Armónica**

ORDEN (n) DE LA ARMÓNICA o THD	TOLERANCIA  V'i  o  THD'  (% con respecto a la tensión nominal del punto de Medición)	
	Alta y Muy Alta Tensión	Media y Baja Tensión
(Armónicas Impares no múltiplos de 3)		
5	2.0	6.0
7	2.0	5.0
11	1.5	3.5
13	1.5	3.0
17	1.0	2.0
19	1.0	1.5
23	0.7	1.5
25	0.7	1.5
mayores de 25	$0.1+2.5/n$	$0.2+12.5/n$
(Armónicas impares múltiplos de 3)		
3	1.5	5.0
9	1.0	1.5
15	0.3	0.3
21	0.2	0.2
mayores de 21	0.2	0.2
(pares)		
2	1.5	2.0
4	1.0	1.0
6	0.5	0.5
8	0.2	0.5
10	0.2	0.5
12	0.2	0.2
mayores de 12	0.2	0.5
THD	3	8

Fuente : Norma Técnica de Calidad del Servicio Eléctrico

Modificado por D.S. N° 009-1999-EM

El factor de Distorsión Total de Armónicas (THD) está definido como:

$$THD = \left( \sqrt{\sum_{i=2...40} \left( \frac{V_i^2}{V_N^2} \right)} \right) 100\% \quad (3.9)$$

Donde:

$V_i$ .- Es el Valor Eficaz (RMS) de la tensión armónica "i" (para  $i=2...40$ )

$V_N$ .- Es la tensión nominal del punto de medición expresada en Voltios.

Se considera que la energía eléctrica es de mala calidad, si los indicadores de las perturbaciones medidas se encuentran fuera del rango de tolerancias establecidas, por un tiempo superior al 5% del Período de Medición. Cada tipo de perturbación se considera por separado.

### **c) Compensación por exceso de perturbaciones**

Los suministradores deben compensar a sus clientes por aquellos suministros en los que se haya comprobado que la calidad de producto no satisface los estándares especificados por la norma. Aquellos clientes que excedan las tolerancias de emisión de perturbaciones establecidas para ellos individualmente, no son compensados por aquellos parámetros de la calidad a cuyo deterioro han contribuido durante el período de control respectivo.

Las compensaciones que se pagan a los Clientes alimentados desde el punto de medición donde se verifica la mala calidad, se calculan para el



período de medición, a través de las fórmulas que aparecen a continuación, las mismas que están expresadas en función a la energía entregada en condiciones de mala calidad:

$$\mathbf{i) \text{ Compensación por Flicker} = \sum_r c C_r E(r)} \quad (3.10)$$

Donde :

r.- Es un intervalo de medición en el que se violan las tolerancias de Flicker

c.- Es la compensación unitaria por Flicker:

Primera Etapa :  $c = 0.00$

Segunda Etapa :  $c = 0.10 \text{ US\$/kWh}$

Tercera Etapa :  $c = 1.10 \text{ US\$/kWh}$

Cr.- Es un factor de proporcionalidad que está definido en función de la magnitud de la Distorsión Penalizable por Flicker DPF(r) calculado para el intervalo de medición "r" como:

$$\text{DPF}(r) = P_{st}(r) - P_{st}'$$

$$\text{Si : } \text{DPF}(r) \geq 1 ; C_r = 1$$

$$\text{Si : } \text{DPF}(r) < 1 ; C_r = \text{DPF}(r) \cdot \text{DPF}(r)$$

**E(r).**- Es la energía en kWh suministrada durante el intervalo de medición "r".

$$\text{ii) Compensaciones por Armónicas} = \sum_s d D_s E(s) \quad (3.11)$$

Donde :

**s.-** Es un intervalo de medición en el que se violan las tolerancias por armónicas

**d.-** Es la compensación unitaria por armónicas:

Primera Etapa : d = 0.00

Segunda Etapa : d = 0.10 US\$/kWh

Tercera Etapa : d = 1.10 US\$/kWh

**Ds.-** Es un factor de proporcionalidad que está definido e función de la magnitud de la Distorsión Penalizable por Armónicas DPA(s) calculado para el intervalo de medición (s) como:

$$DPA(s) = (THD(s) - THD') / THD' + (1/3) \sum_{i=2...40i} \left( \frac{(V_i(s) - V'_i)}{V'_i} \right) \quad (3.12)$$

(Solo se consideran los términos positivos de ésta expresión).

Si :  $DPA(s) \geq 1$  ;  $D_s = 1$

Si :  $DPA(s) < 1$  ;  $D_s = DPA(s) \cdot DPA(s)$

**E(s).**- Es la energía en kWh suministrada durante el intervalo de medición

“s”.

### **3.3 Calidad del Suministro**

#### **3.3.1 Interrupciones**

La calidad del suministro se expresa en función de la continuidad del servicio eléctrico a los clientes, es decir, de acuerdo a las interrupciones del servicio.

Para evaluar la calidad de suministro, se toman en cuenta indicadores que miden el número de interrupciones del servicio eléctrico, la duración de las mismas y la energía no suministrada a consecuencia de ellas. El período de control de interrupciones es de seis (6) meses calendario de duración.

Se considera como interrupción a toda falta de suministro eléctrico en un punto de entrega. Las interrupciones pueden ser causadas, entre otras razones, por salidas de equipos de las instalaciones del suministrador u otras instalaciones que los alimentan, y que se producen por mantenimiento, por maniobras, por ampliaciones, etc., o aleatoriamente por mal funcionamiento o fallas; lo que incluye, consecuentemente, aquellas que hayan sido programadas oportunamente. Para efectos de la Norma, no se consideran las interrupciones totales de suministro cuya duración es menor de tres (3) minutos ni las relacionadas con casos de fuerza mayor debidamente comprobados y calificados como tales por la autoridad.

#### **a) Indicadores de la Calidad del Suministro**

La calidad de suministro se evalúa utilizando los siguientes dos (2) indicadores que se calculan para períodos de Control de un semestre.

**i) Número Total de interrupciones por Cliente por Semestre**

Es el número total de interrupciones en el suministro de cada cliente durante un período de control de un semestre:

**N = Número de Interrupciones;  
(Expresada en Interrupciones/Semestre).**

El número de interrupciones programadas por expansión o reforzamiento de redes que deben incluirse en el cálculo de este indicador, se ponderan por un factor de (50%).

**ii) Duración Total Ponderada de Interrupciones por Cliente (D)**

Es la sumatoria de las duraciones individuales ponderadas de todas las interrupciones en el suministro eléctrico al Cliente durante un Período de Control de un semestre:

$$D = \sum (K_i d_i) \quad (\text{Expresada en horas}) \quad (3.13)$$

Donde:

$d_i$  : Es la duración Individual de la interrupción  $i$ .

$K_i$  : Son factores de ponderación de la duración de las interrupciones por tipo:

Interrupciones programadas por expansión o reforzamiento :  $K_i=0.25$

Interrupciones programadas por mantenimiento:  $K_i=0.50$

Otras

 $K_i=1.00$ **b) Tolerancias**

Las tolerancias en los indicadores de Calidad de suministro para clientes conectados e distinto nivel de tensión son:

**i) Número de Interrupciones por cliente (N')**

Clientes de Muy Alta y Alta Tensión	:	02 Interrupciones/Semestre
Clientes en Media Tensión	:	04 Interrupciones/Semestre
Clientes en Baja Tensión	:	06 Interrupciones/Semestre

**ii) Duración Total Ponderada de Interrupciones por Cliente (D')**

Clientes en Muy Alta y Alta Tensión	:	04 horas/semestre
Clientes en Media Tensión	:	07 horas/semestre
Clientes en Baja Tensión	:	10 horas/semestre

**c) Compensaciones por mala calidad del Suministro**

Los suministradores deben compensar a sus clientes por aquellos suministros en los que se haya comprobado que la calidad del servicio no satisface los estándares fijados anteriormente.

Las compensaciones se calculan semestralmente en función de la Energía Teóricamente no suministrada (ENS), el Número de interrupciones por

cliente por semestre (N) y la duración total acumulada de interrupciones (D), de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$\text{Compensación por Interrupciones} = e \cdot E \cdot \text{ENS} \quad (3.14)$$

Donde:

e.- Es la compensación unitaria por incumplimiento con la calidad de Suministro, cuyos valores son:

Primera Etapa :  $e=0.00$

Segunda Etapa :  $e=0.05$  US \$/kWh

Tercera Etapa :  $e=0.35$  US \$/kWh

E.- Es el factor que toma en consideración, la magnitud de los indicadores de calidad de suministro y está definido de la siguiente manera:

$$E=[1+(N-N')/N'+(D-D')/D'] \quad (3.15)$$

Las cantidades sin apóstrofe representan los indicadores de calidad, mientras que las que llevan apóstrofe representan los límites de tolerancia para los indicadores respectivos. El segundo y/o tercer término del miembro derecho de esta expresión serán considerados para evaluar las compensaciones, solamente si sus valores individuales son positivos. Si tanto N y D están dentro de las tolerancias, el factor E no se evalúa y asume el valor cero.

**ENS.-** Es la Energía Teóricamente No Suministrada a un cliente determinado y se calcula de la siguiente manera:

$$\mathbf{ENS=ERS/(NHS-\Sigma d_i).D; (Expresada en kWh) \quad (3.16)}$$

Donde:

**ERS** : Es la energía registrada en el semestre

**NHS** : Es el número de horas semestre

$\Sigma d_i$ : Es la duración total real de las interrupciones ocurridas en el semestre.

### **3.4 Calidad del Servicio Comercial**

La calidad del servicio comercial se evalúa sobre tres (3) sub-aspectos, los mismos que sólo son de aplicación en las actividades de distribución de la energía eléctrica:

#### **a) Trato al Cliente**

El suministro debe brindar al Cliente un trato razonable, satisfactorio y sin demoras prolongadas o excesivas a sus solicitudes y reclamos. Los indicadores de calidad corresponde a Plazos máximos fijados al suministrador para el cumplimiento de sus obligaciones. Comprende los siguientes aspectos.

- Solicitud de nuevos suministros o ampliación de potencia contratada
- Reconexiones

- Reclamos por errores de medición/facturación
- Otro

#### **b) Medios a disposición del Cliente**

La finalidad de estos medios es garantizar que el suministrador brinde al cliente una atención satisfactoria y le proporcione toda la información necesaria, de una manera clara, sobre todos los tramites que el cliente puede realizar ante el Suministrador y la Autoridad, así como los derechos y obligaciones del cliente y suministrador.

Los indicadores de calidad, son los requerimientos mínimos exigidos en este aspecto al suministrador. Comprende los siguientes aspectos.

- Facturas
- Registro de reclamos
- Centros de atención telefónica/fax

#### **c) Precisión de medida de la energía facturada**

La energía facturada para un suministro, no debe incluir errores de medida que excedan los límites de precisión establecidos por norma para los instrumentos de medida de tales suministros.

El indicador de calidad sobre el que se evalúa la calidad del servicio comercial, en este aspecto, es el porcentaje de suministros en los que se



haya verificado errores de medida superiores a los límites de precisión establecidos por norma para los instrumentos de medida de tales suministros, considerando una muestra semestral de inspección propuesta mensualmente por el suministrador y aprobada por la autoridad.

Se considera que la precisión de medida de la energía facturada por un suministrador es aceptable, si el porcentaje de suministros de la muestra en los que se hayan verificado errores de medida superiores a los límites de precisión establecidos por norma para los instrumentos de medida de tales suministros, es inferior al cinco por ciento (5 %).

Las transgresiones de la tolerancia establecida o incumplimiento de la norma se sancionan por cada período de control de la Calidad del Servicio Comercial, con multas cuyos importes se establecen en base a la Escala de Sanciones y Multas vigente.

### **3.5 Calidad del Alumbrado**

#### **3.5.1 Deficiencias del alumbrado**

##### **a) Indicador de Calidad**

El indicador principal para evaluar la Calidad del Alumbrado Público es la longitud de aquellos tramos de las vías públicas que no cumplen con los niveles de iluminación especificados en la Norma Técnica DGE-016-T-2/1996 o la que la sustituya. Este indicador denominado Longitud Porcentual de Vías de Alumbrado Deficiente I(%), está expresado como un porcentaje

de la Longitud Total de las Vías con alumbrado (L) cuyo responsable es el suministrador, y está definido como:

$$I(\%) = (I/L).100\% \text{ (Expresado en \%)} \quad (3.17)$$

Donde:

I : Es la sumatoria de la longitud real de todos los tramos de las vías públicas con Alumbrado Deficiente. En la evaluación de éste parámetros se deberán tomar en cuenta los correspondientes tipos de revestimiento de calzadas y factores de uniformidad.

#### **b) Tolerancias**

Las tolerancias admitidas para la Longitud Porcentual de Vías con Alumbrado Deficiente, I(%), es del diez por ciento (10%).

#### **c) Compensaciones**

Los Suministradores deben compensar a sus Clientes por aquellos servicios de alumbrado Público en los que se haya comprobado que la calidad no satisface los estándares fijados por la Norma.

Las compensaciones se calculan en función de la energía facturada al Cliente por concepto de Alumbrado Público, durante el período de control a través de la fórmulas que aparecen a continuación:

$$\text{Compensación por Alumbrado Público Deficiente} = g \cdot G \cdot \text{EAP} \quad (3.18)$$

**g** : Es la compensación unitaria por Alumbrado Público deficiente:

$$g = 0.01 \text{ US \$/kWh}$$

**G** : Es un factor de proporcionalidad que está definido en función de la magnitud del indicador  $I(\%)$ , de acuerdo al cuadro 3.6:

CUADRO 3.6

INDICADOR DE ALUMBRADO PUBLICO

Indicador $I(\%)$	G
$10.0 <  I(\%)  \leq 12.5$	1
$12.5 <  I(\%)  \leq 15.0$	2
$15.0 <  I(\%)  \leq 17.5$	3
$17.5 <  I(\%)  \leq 20.0$	4
$20.0 <  I(\%)  \leq 25.0$	5
$ I(\%)  > 25$	6

Fuente : Norma Técnica de Calidad del Servicio Eléctrico

Modificado por D.S. N° 040-2001-EM

**EAP** : Es la energía o el equivalente en energía expresado en kWh, que el cliente paga por concepto de Alumbrado Público, en promedio, en un mes del semestre en el que se verifican las deficiencias.

### 3.6 Estado Actual de la Aplicación de la Norma

#### 3.6.1 Alcance de la NTCSE

Según las estadísticas publicadas por OSINERG en su página WEB, la norma sólo se aplica a ciudades importantes del país en un 82%.

Cuadro 3.7

#### Suministros sujetos a NTCSE

Aplicación de NTCSE	Número de Suministros	Porcentaje (%)
No Aplica	610,819	18%
Si Aplica	2'792,872	82%
Total Suministros	3'403,691	100

Fuente : OSINERG al primer semestre del 2001

#### 3.6.2 Calidad del Producto

Considera sólo indicadores de tensión. Durante el primer semestre del año 2,001, el número de mediciones registradas es ligeramente superior al requerido por la NTCSE y el porcentaje de mediciones fallidas es del orden del 9 %.

Cuadro 3.8

## Mediciones de Mala Calidad

Mediciones	Validas	Mala Calidad	% Mala Calidad
Año 2000	17,606	5,408	31%
Prim.Sem. 2001	7,966	2,125	27%

Fuente : OSINERG

La tendencia de la mala calidad es decreciente con respecto al año 2,000.

Cuadro 3.9

## Compensaciones

Compensaciones	US \$
Promedio Semestral 2,000	64,519
Primer Semestre 2,001	95,516

Fuente : OSINERG

La empresa con mayor compensación al primer semestre del 2,001 es EDELNOR con 23,028 US\$. La tendencia de estas compensaciones es creciente debido a que las empresas tienen un conjunto de mediciones donde está pendiente levantar la mala calidad. Cabe precisar que de acuerdo a norma, las empresas están obligadas a compensar

mensualmente hasta que no se levante la mala calidad detectada en una determinada medición.

### 3.6.3 Calidad del Suministro

Comprende Interrupciones, durante el primer semestre del 2001, el 30% del total de suministros que entran a la NTCSE sufrieron una mala calidad del suministro y las compensaciones ascienden a 434,412 US\$ siendo HIDRANDINA la de mayor compensación con 192,219 US\$.

### 3.6.4 Calidad Comercial

Comprende Precisión de medida y reclamos.

Cuadro 3.10

#### Precisión de Medida

Período	Fuera de Tolerancia	% Favor del Usuario
Año 2,000	1246	80 %
Primer Semestre 2001	541	64 %

Fuente : OSINERG

De los contrastes donde se detecto una mala calidad se observo que en su mayoría es a favor del cliente.

Cuadro 3.11

## Reclamos

Periodo	Total Suministros	Reclamos	%
Prom. Sem. 2000	3'307,849	67,146	2
1er Sem. 2001	3'395,223	54,797	1.6

Fuente : OSINERG

Este bajo porcentaje de suministros que reclaman, más que un indicador de satisfacción con el servicio es un indicador de poca disposición del usuario para reclamar quizás debido al poco conocimiento de sus derechos.

## **CAPITULO IV**

### **IMPLEMENTACIÓN COMPUTACIONAL Y RESULTADOS**

#### **4.1 Alcances del Programa**

Considerando las fórmulas dadas por las Normas Técnicas de Calidad del Servicio Eléctrico, se ha procedido a la elaboración de programas de cálculo. Se evalúa los indicadores de calidad y el monto de las compensaciones correspondientes, cuando se tiene energía de mala calidad según las tolerancias establecidas.

#### **4.2 Características del Programa Desarrollado**

Para la implementación computacional se ha empleado MATLAB, en su version 5.3, de la empresa MATHWORKS, Inc. una potente herramienta de programación para científicos e ingenieros. El MATLAB puede considerarse como un lenguaje de programación como FORTRAN o C, presenta las siguientes características:

- La programación es mucho más sencilla
- Hay continuidad entre valores enteros, reales y complejos
- La amplitud del intervalo y la exactitud de los números son mayores
- Cuenta con una biblioteca amplia
- Abundantes herramientas gráficas



- Capacidad de vincularse con lenguajes de programación tradicionales
- Transportabilidad de los programas MATLAB

MATLAB es una abreviatura de MATrix LABoratory.

Además dispone de librerías adicionales (TOOLBOXES) para extender sus funciones básicas tales como: Procesamiento de Señales, Sistemas de Control, Matemática Simbólica, Sistemas de Potencia, Simulación de Sistemas Dinámicos, etc.

### 4.3 Programas y Resultados

A continuación se presentan los listados de los programas desarrollados en MATLAB, para el cálculo de los indicadores de calidad de acuerdo a las normas nacionales. También se incluye el cálculo de las compensaciones correspondientes.

#### 4.3.1 Análisis de Armónicos

El siguiente programa simula una onda sinusoidal distorsionada, considerando solamente hasta el armónico de tercer orden.

<b>Programa : Prueba1.m</b>
-----------------------------

```
% Estudio de Armonicos - Hasta el 3th
clear all
k2=input('Magnitud de 2do armonico p.u. (0.05) :');
k3=input('Magnitud de 3er armonico p.u. (0.15) :');
f=60;
T=1/f;
Vn=220;
Vm=Vn*sqrt(2);
```

```

t=linspace(0,2*T,300);
n=1;
V1=Vm*sin(2*pi*f*n*t);
n=2;
V2=k2*Vm*sin(2*pi*f*n*t);
n=3;
V3=k3*Vm*sin(2*pi*f*n*t);
V=V1+V2+V3;
plot(t,V1,t,V2,t,V3,t,V)
legend('1th','2th','3th','Vtotal')
grid
zoom on
xlabel('tiempo (seg) ')
ylabel('tension (volts)')
title('Estudio de Armonic...')

```

## Resultados

Ejecucion del Programa:

Se debe escribir el nombre del programa y presionar <enter>:

>>prueba1

Magnitud de 2do armonico p.u. (0.05) :0.05

Magnitud de 3er armonico p.u. (0.15) :0.15

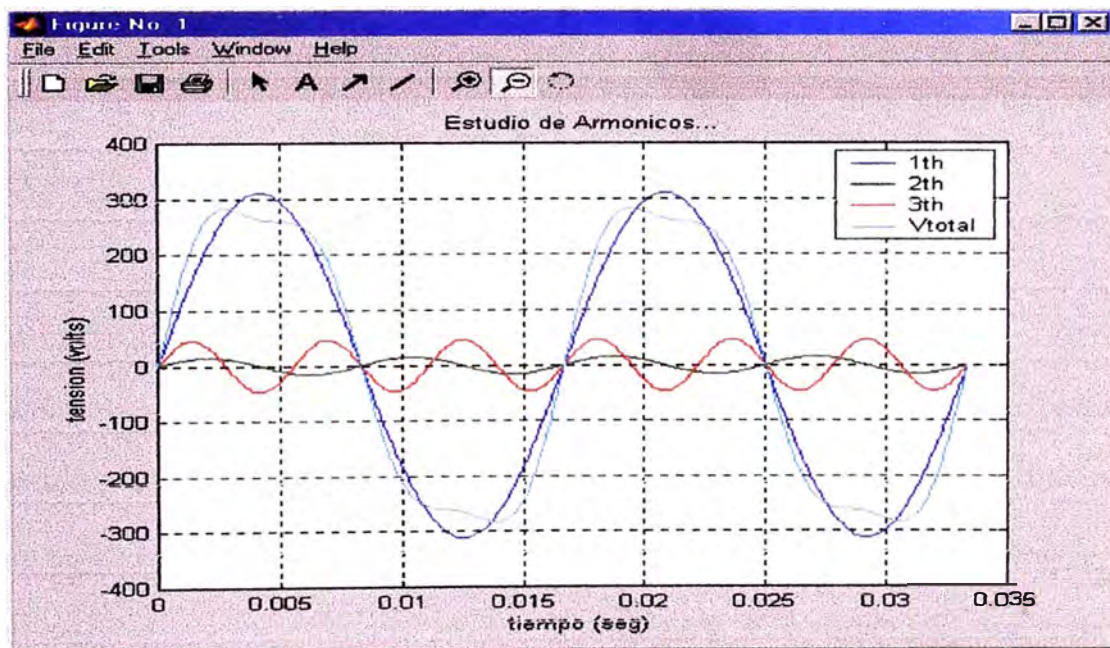


Fig. 4.1

Armónicos hasta tercer orden

>>prueba1

Magnitud de 2do armonico p.u. (0.05) :0.20

Magnitud de 3er armonico p.u. (0.15) :0.20

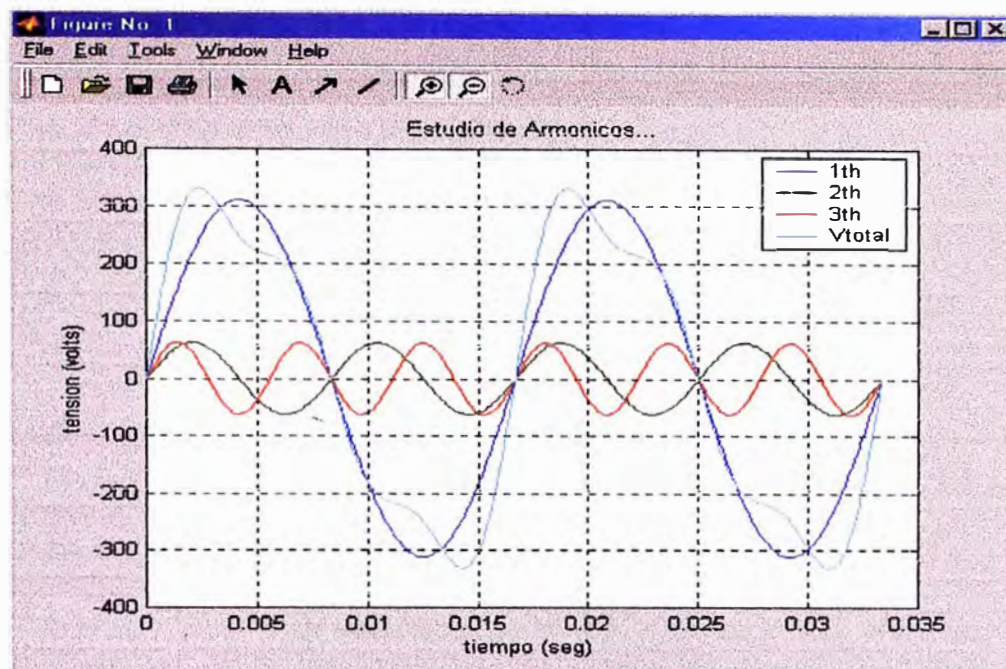


Fig. 4.2

Armónicos hasta tercer orden (otros datos)

Se observa que no se requieren de muchos armónicos para tener una onda distorsionada de manera apreciable.

#### 4.3.2 Cálculo de Indicadores de Armónicos y compensaciones

El siguiente programa simula una onda senoidal distorsionada, hasta el armónico de orden 50 y calcula las compensaciones a que se dan lugar cuando de exceden las tolerancias establecidas por la norma. Se aplican las fórmulas 3.9, 3.11 y 3.12. El programa requiere como datos la magnitud de cada uno de los armónicos, y muestra que armónicos exceden el rango permitido por la norma y evalúan la compensación correspondiente, y

muestra un gráfico donde se aprecia las onda de voltaje distorsionada y sus correspondientes armónicas.

### prueba2.m

```
% Estudio de Armonicos - Hasta el 50 Th
% Segun NTCSE
% Incluye calculo de compensaciones por
% Armonicos que salen del rango de Tolerancia
clear all
clf
f=60;
T=1/f;
Vn=input('Ingrese Voltaje Nominal :')
Vm=Vn*sqrt(2);
t=linspace(0,2*T,1000);
% Fraccion de los armonicos con respecto al Nominal
r=[1.00 0.10 0.01 0.00 0.01 0.00 0.01 0.00 0.01 0.02 ...
    0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 ...
    0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 ...
    0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 ...
    0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00];
hold on
Vt=zeros(1,length(t));
for n=1:50
    Vk=r(n)*Vm*sin(2*pi*f*n*t);
    plot(t,Vk)
    Vt=Vt+Vk;
end
plot(t,Vt,'r')
hold off
grid
xlabel('tiempo (seg) ')
ylabel('tension (volts)')
title('Estudio de Armonicos...')
zoom on
THD=sqrt(sum(r(2:50).^2))*100
disp('Nivel de Tension')
disp('1. Alta o Muy Alta Tension')
disp('2. Media o Baja Tension')
nv=input('seleccion 1 o 2 ==>')
if(nv==1)
    if (THD>3)
        disp('Excede THD permitido')
        dpa1=abs(THD-3)/3;
```

```

else
    disp('No Excede THD permitido')
    dpa1=0;
end
else
    if (THD>8)
        disp('Excede THD permitido')
        dpa1=abs(THD-8)/8;
    else
        disp('No Excede THD permitido')
        dpa1=0;
    end
end
% Tolerancias para Alta y Muy Alta Tension
rp1=[100 1.5 1.5 1.0 2.0 0.5 2 0.2 1.0 0.2 ...
    1.5 0.2 1.5 0.0 0.3 0.0 1.0 0.0 1.0 0.0 ...
    0.2 0.0 0.7 0.0 0.7 zeros(1,25)];

for i=1:50
    if rem(i,2)==0 & i>12
        rp1(i)=0.2;
    end
    if rem(i,2)==1 & i>25 & rem(i,3)~=0
        rp1(i)=0.1+2.5/i;
    end
    if rem(i,2)==1 & i>21 & rem(i,3)==0
        rp1(i)=0.2;
    end
end
% [[1:50]' rp1]
% Tolerancias para Media y Baja Tension
rp2=[100 2.0 5.0 1.0 6.0 0.5 5 0.5 1.5 0.5 ...
    3.5 0.2 3.0 0.0 0.3 0.0 2.0 0.0 1.5 0.0 ...
    0.2 0.0 1.5 0.0 1.5 zeros(1,25)];

for i=1:50
    if rem(i,2)==0 & i>12
        rp2(i)=0.2;
    end
    if rem(i,2)==1 & i>25 & rem(i,3)~=0
        rp2(i)=0.2+12.5/i;
    end
    if rem(i,2)==1 & i>21 & rem(i,3)==0
        rp2(i)=0.2;
    end
end
% [[1:50]' rp2']

```

```

disp('Tension Armonica i-esima')
disp('orden Permissible Medido')
if(nv==1)
    rr=rp1;
else
    rr=rp2;
end
disp([[2:50]' rr(2:50)' 100*r(2:50)'])
disp('Armonicas que exceden la tolerancia...')
acu=[];
for i=2:50
    if 100*r(i)>rr(i)
        acu=[acu;i];
    end
end
disp(acu)
if (length(acu)~=0)
    dpa2=1/3*sum(abs(100*r([acu])-rr([acu]))./rr([acu]));
else
    dpa2=0;
end
dpa=dpa1+dpa2;
disp('Distorsion Penalizable por Armonicas')
disp(dpa)
if dpa>=1
    Ds=1;
else
    Ds=dpa*dpa;
end
disp('Factor de proporcionalidad')
disp(Ds)
Es=input('Ingrese Energia Suministrada en el Intervalo (kWh):')
netapa=input('Etapa de Aplicacion <1><2><3>:')
if (netapa==1)
    d=0;
end
if (netapa==2)
    d=0.10;
end
if (netapa==3)
    d=1.10;
end
disp('Compensacion Unitaria por Armónicas ($/kWh):')
disp(d)
disp('Compensacion por Armónicas ...')
disp('Periodo de Medición de 10 minutos ...')
disp('$')

```

```
comp=d*Ds*Es;
disp(comp)
```

## Resultados

Ejecución del programa:  
>>prueba2

Ingrese Voltaje Nominal :220

V<sub>n</sub> =

220

THD =

10.3923

Nivel de Tension

1. Alta o Muy Alta Tension

2. Media o Baja Tension

seleccion 1 o 2 ==>2

nv =

2

Excede THD permitido

Tension Armonica i-esima

orden	Permisible	Medido
2.0000	2.0000	10.0000
3.0000	5.0000	1.0000
4.0000	1.0000	0
5.0000	6.0000	1.0000
6.0000	0.5000	0
7.0000	5.0000	1.0000
8.0000	0.5000	0
9.0000	1.5000	1.0000
10.0000	0.5000	2.0000
11.0000	3.5000	0
12.0000	0.2000	0
13.0000	3.0000	0
14.0000	0.2000	0
15.0000	0.3000	0
16.0000	0.2000	0
17.0000	2.0000	0

18.0000	0.2000	0
19.0000	1.5000	0
20.0000	0.2000	0
21.0000	0.2000	0
22.0000	0.2000	0
23.0000	1.5000	0
24.0000	0.2000	0
25.0000	1.5000	0
26.0000	0.2000	0
27.0000	0.2000	0
28.0000	0.2000	0
29.0000	0.6310	0
30.0000	0.2000	0
31.0000	0.6032	0
32.0000	0.2000	0
33.0000	0.2000	0
34.0000	0.2000	0
35.0000	0.5571	0
36.0000	0.2000	0
37.0000	0.5378	0
38.0000	0.2000	0
39.0000	0.2000	0
40.0000	0.2000	0
41.0000	0.5049	0
42.0000	0.2000	0
43.0000	0.4907	0
44.0000	0.2000	0
45.0000	0.2000	0
46.0000	0.2000	0
47.0000	0.4660	0
48.0000	0.2000	0
49.0000	0.4551	0
50.0000	0.2000	0

Armonicass que exceden la tolerancia...

2

10

Distorsion Penalizable por Armonicass

2.6324

Factor de proporcionalidad

1

Ingrese Energia Suministrada en el Intervalo (kWh):10

Es = 10



Etapa de Aplicacion <1><2><3>:3

netapa = 3

Compensacion Unitaria por Armónicas (\$/kWh):  
1.1000

Compensacion por Armónicas ...  
Periodo de Medición de 10 minutos ...  
\$  
11

**NOTA.-** Corresponde a una compensación 11 dólares, para un intervalo de 10 minutos, con un consumo de 10 kWh, es decir, un dólar por cada kWh, una acumulación de compensaciones puede llegar a ser considerable.

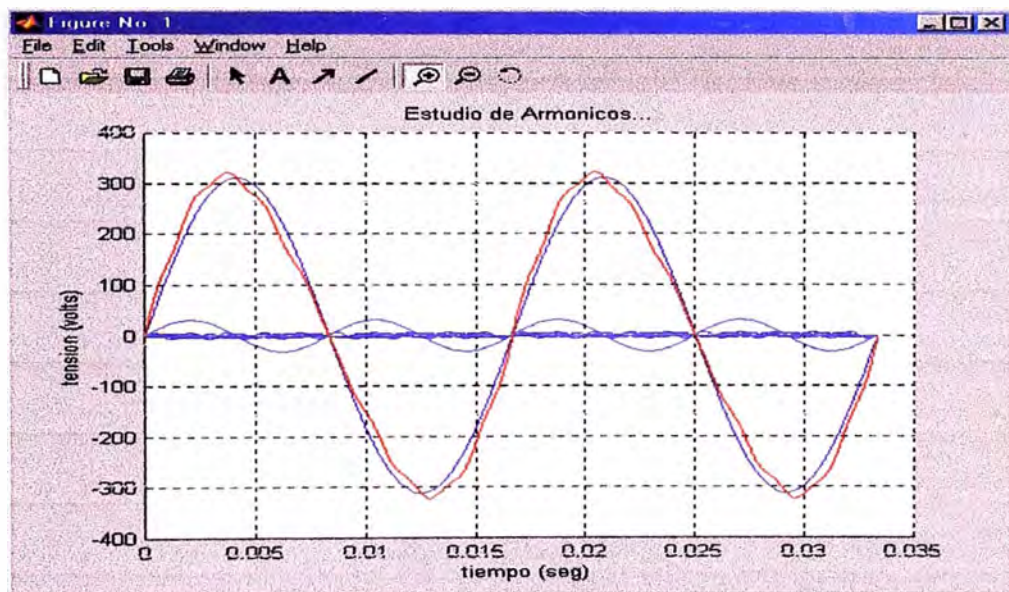


Fig. 4.3

Onda Senoidal distorsionada hasta el Armónico 50

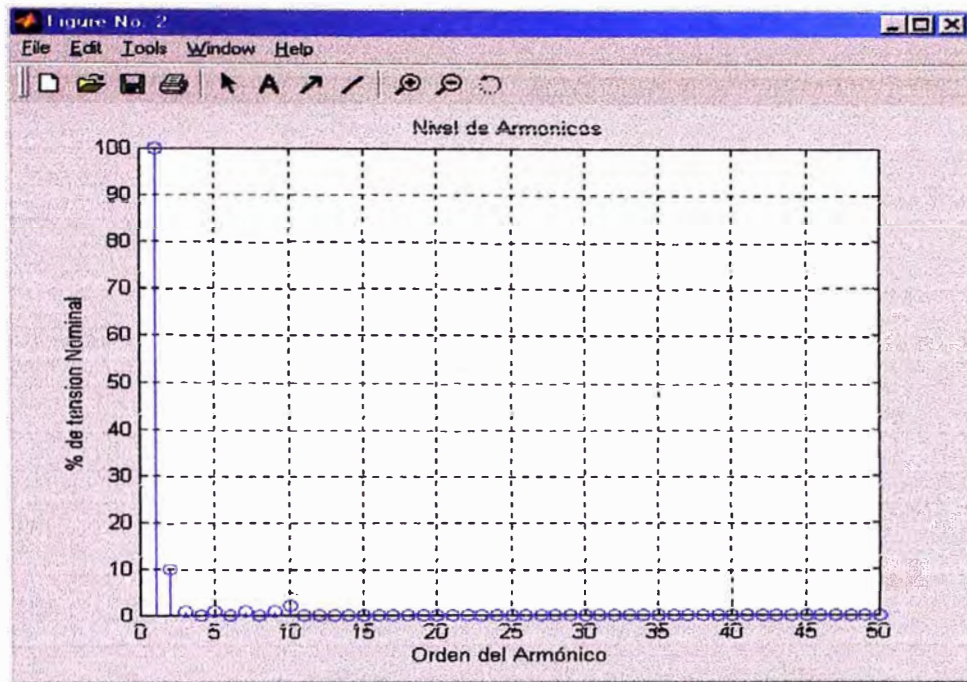


Fig. 4.4

## Espectro de Frecuencias

## 4.3.3 Análisis de Flicker

El siguiente programa simula un conjunto de mediciones de flicker para varios intervalos de medicion y evalúa el total de las compensacion por concepto de mala calidad de energia. Se usa la fórmula 3.10.

## % prueba3.m

```
% Calculo de las compensaciones por flicker
clear all
n=input('Numero de periodos de control:')
Per=[1:n]';
Ps=0.5+1.3*rand(n,1);
Er=50+10*rand(n,1);
RR=[Per Ps Er];
plot(Per,Ps,Per,Ps,'x')
xlabel('Periodo')
ylabel('Ps(Indice de Severidad por Flicker)')
title('Flicker')
grid
```

```

disp('Periodo Ps(Indice de Severidad por Flicker) E(r)-kWh ')
disp(RR)
disp('periodos en que se supera Tolerancia Ps>1')
for i=1:n
    if(RR(i,2)>1)
        disp(RR(i,1))
    end
end
net=input('Etapa de Aplicacion de la Norma:')
if net==1
    c=0;
end
if net==2
    c=0.10;
end
if net==3
    c=1.10;
end
disp('Compensacion Unitaria por Flicker $/kWh')
disp(c)
DPF=zeros(n,1);
for i=1:n
    if RR(i,2)>1
        DPF(i,1)=RR(i,2)-1;
    else
        DPF(i,1)=0;
    end
end
disp('Distorsion Penalizable por Flicker DPF(r)')
disp(DPF)
C=zeros(n,1);
for i=1:n
    if(DPF(i)>=1)
        C(i,1)=1;
    else
        C(i,1)=DPF(i)^2;
    end
end
disp('Factor de Proporcionalidad (C) :')
disp(C)
Comp=c*C.*RR(:,3);
disp('Compensaciones por Periodo:')
disp('Periodo Compensacion($)')
disp([[1:n]' Comp])
disp('Compensaciones Total($)')
disp(sum(Comp))

```

<b>Resultado</b>
------------------

Ejecucion del Programa:

>>prueba3

Numero de intervalos de medicion:20

n =

20

Periodo Ps(Indice de Severidad por Flicker) E(r)-kWh

1.0000	0.6210	14.3979
2.0000	0.9508	13.4005
3.0000	1.2159	13.1422
4.0000	1.3928	13.6508
5.0000	0.7731	13.9324
6.0000	0.7548	15.9153
7.0000	1.3656	11.1975
8.0000	0.7324	10.3813
9.0000	1.3049	14.5860
10.0000	1.4084	18.6987
11.0000	0.7319	19.3424
12.0000	0.7393	12.6445
13.0000	0.5498	11.6030
14.0000	0.5784	18.7286
15.0000	1.1408	12.3788
16.0000	0.6909	16.4583
17.0000	1.3439	19.6689
18.0000	0.6739	16.6493
19.0000	0.6708	18.7038
20.0000	1.4943	10.0993

periodos en que se supera Tolerancia Ps>1

3

4

7

9

10

15

17

20

Etapa de Aplicacion de la Norma:3

net =

3

c : Compensacion Unitaria por Flicker \$/kWh :

c =

1.1000

Compensaciones por Periodo:

k : Periodo

C : Factor de Proporcionalidad

DPF : Distorsion Penalizable por Flicker

Comp : Compensacion(\$)

k	C	DPF	Comp
1.0000	0	0	0
2.0000	0	0	0
3.0000	0.0466	0.2159	0.6737
4.0000	0.1543	0.3928	2.3173
5.0000	0	0	0
6.0000	0	0	0
7.0000	0.1337	0.3656	1.6464
8.0000	0	0	0
9.0000	0.0929	0.3049	1.4913
10.0000	0.1668	0.4084	3.4306
11.0000	0	0	0
12.0000	0	0	0
13.0000	0	0	0
14.0000	0	0	0
15.0000	0.0198	0.1408	0.2700
16.0000	0	0	0
17.0000	0.1182	0.3439	2.5583
18.0000	0	0	0
19.0000	0	0	0
20.0000	0.2443	0.4943	2.7143

Compensaciones Total(\$)=

15.1020

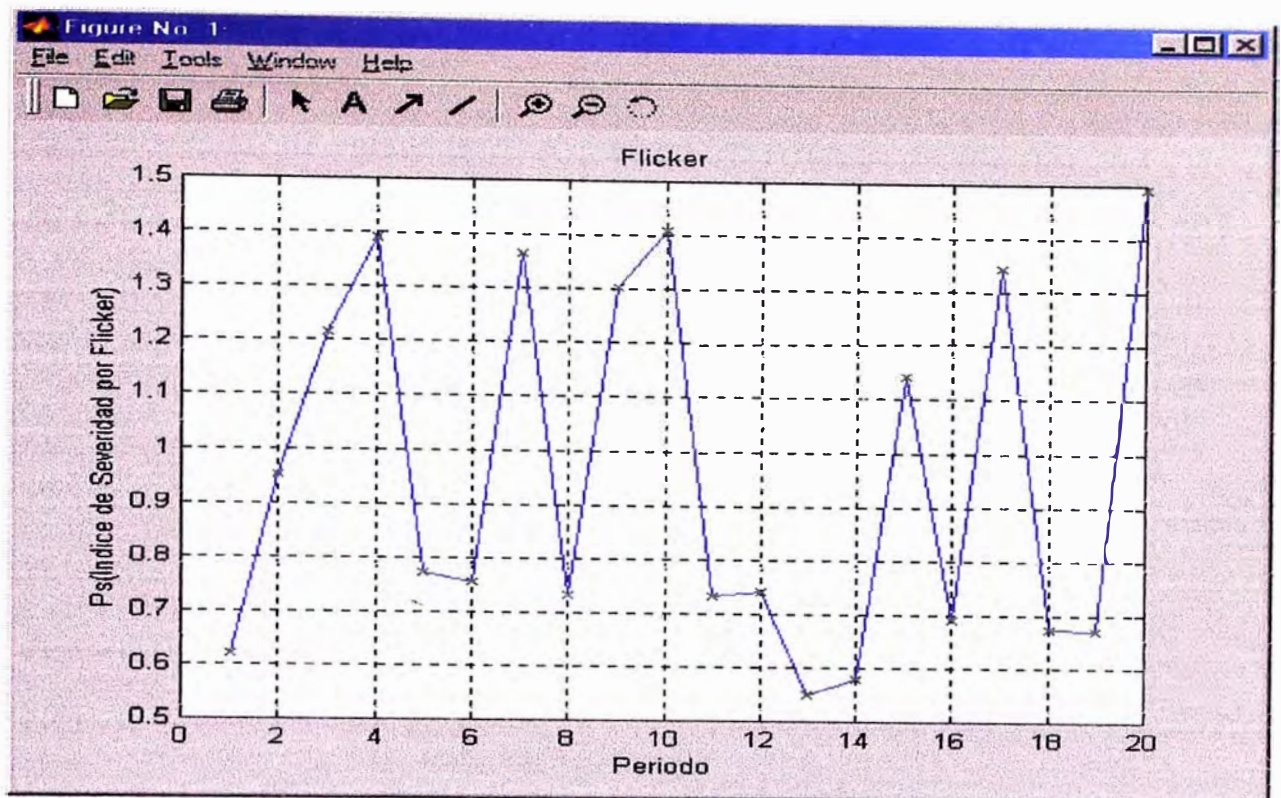


Fig. 4.5

Índice de Severidad de Flicker

#### 4.3.4 Análisis de Variaciones de Tensión

El programa prueba4.m determina:

El Indicador de calidad para un intervalo de Medición, mediante la fórmula 3.1 y las compensaciones para varios intervalos de medición, mediante la fórmula 3.2 y el cuadro 3.1. Los datos de entrada son voltajes eficaces en un intervalo de medición de 15 minutos. Luego se calculan las compensaciones acumuladas tomando en cuenta varios intervalos de medición.

```
% prueba4.m
```

```
% prueba4.m
```

```
% Calculo del Indicador de tension
```

```
% Para un intervalo de Medicion de 15 minutos
```

```
n=input('Numero de Mediciones del Intervalo de Medicion :')
```

```
% Vn=input('Tension Nominal :')
```

```

t=linspace(0,15,n);
v=1.06-0.05*rand(1,n);
plot(t,v)
title('Variaciones de voltaje (rms) p.u. en un intervalo de medicion')
xlabel('Tiempo (min) : ')
ylabel('Voltaje (rms) p.u.')
% axis([0 15 0 1.5])
grid
acu=[t' v' ];
disp('t(min)  v(p.u.)')
disp(acu)
vprom=sum(v)/n;
deltav=vprom-1;
disp('Voltaje promedio (p.u.)')
disp(vprom)
disp('Indicador de calidad promedio (%)')
disp(deltav*100)
% Determinacion si la energia es de mala calidad o no
% En un Período de Medicion
ni=input('Numero de intervalos de Medicion : ')
% Ep : Energia Suministrada durante el Intervalo de Medicion
Ep = 20 + 40*rand(1,ni);
% DVp : Indicador de Calidad
DVp=0.06-0.05*rand(1,ni);
disp('p  DVp  E(p)')
acu=[ [1:ni]' DVp' Ep'];
disp(acu)
nt=input('Tipo de Tolerancia (1) Normal (2) Rural=>')
if nt==1
    tope=0.05;
else
    tope=0.075;
end
% Determinacion del Numero de Veces que se supera
% La tolerancia de Tension
cont=0;
for i=1:ni
    if (DVp(i))>tope
        cont=cont+1
    end
end
porc=cont/ni*100;
disp('Porcentaje de tiempo que se supera el tope')
disp(porc)
DVp=DVp*100;
% Mas de 5 % de mediciones fuera de rango
% Implican que la energia es de mala calidad

```

```

if (porc>5)
    disp('La energia se considera de Mala Calidad')
    et=input('Etapa <1><2><3>:');
    if (et==1)
        a=0.00;
    end
    if (et==2)
        a=0.01;
    end
    if (et==3)
        a=0.05;
    end
    Ap=zeros(1,ni);
    for i=1:ni
        if (nt==2)
            if abs(DVp(i))>10
                Ap(i)=2+(abs(DVp(i))-10);
            end
            if abs(DVp(i))<=10 & abs(DVp(i))>7.5
                Ap(i)=1;
            end
        else
            if abs(DVp(i))>7.5;
                Ap(i)=2+(abs(DVp(i))-7.5);
            end
            if abs(DVp(i))<=7.5 & abs(DVp(i))>5.0
                Ap(i)=1;
            end
        end
    end
else
    disp('La energia se considera de Buena Calidad')
end
Comp=a*Ap.*Ep;
disp('Compensaciones')
disp('k Ep(kWh) A(p) Comp($)')
disp([[1:ni]' Ep' Ap' Comp'])
disp('Compensacion Acumulada del Periodo de Medicion($)')
disp(sum(Comp));

```

<b>Resultados</b>
-------------------

Ejecución del Programa:

>>prueba4.m

Número de Mediciones del Intervalo de Medicion : 150



n =

150

t(min) v(p.u.)

0	1.0119
0.1007	1.0212
0.2013	1.0600
0.3020	1.0437
0.4027	1.0328
0.5034	1.0447
0.6040	1.0264
0.7047	1.0427
0.8054	1.0110
11.7785	1.0265
11.8792	1.0308
11.9799	1.0257
12.0805	1.0217
12.1812	1.0151
12.2819	1.0117
12.3826	1.0147
12.4832	1.0511
12.5839	1.0111
12.6846	1.0151
12.7852	1.0585
12.8859	1.0459
12.9866	1.0506
13.0872	1.0296
13.1879	1.0495
13.2886	1.0101
13.3893	1.0592
13.4899	1.0380
13.5906	1.0526
13.6913	1.0289
13.7919	1.0223
13.8926	1.0460
13.9933	1.0336
14.0940	1.0444
14.1946	1.0509
14.2953	1.0210
14.3960	1.0195
14.4966	1.0238
14.5973	1.0577
14.6980	1.0293
14.7987	1.0432

14.8993 1.0308  
15.0000 1.0143

Voltaje promedio (p.u.)  
1.0340

Indicador de calidad promedio (%)  
3.3996

Numero de intervalos de Medicion : 30

ni =

30

p	DVp	E(p)
1.0000	0.0576	40.0509
2.0000	0.0211	36.7004
3.0000	0.0323	51.9783
4.0000	0.0566	55.6244
5.0000	0.0352	40.5341
6.0000	0.0182	35.5891
7.0000	0.0370	57.2255
8.0000	0.0210	31.3093
9.0000	0.0354	50.7975
10.0000	0.0252	49.1033
11.0000	0.0107	56.5843
12.0000	0.0423	24.2448
13.0000	0.0289	55.5575
14.0000	0.0342	43.8016
15.0000	0.0192	20.4832
16.0000	0.0355	29.5326
17.0000	0.0234	24.9450
18.0000	0.0245	55.2314
19.0000	0.0183	52.5293
20.0000	0.0595	50.5335
21.0000	0.0576	52.4155
22.0000	0.0349	47.2902
23.0000	0.0454	44.9921
24.0000	0.0593	34.7231
25.0000	0.0203	28.1112
26.0000	0.0566	31.0020
27.0000	0.0445	39.2618
28.0000	0.0430	36.0076
29.0000	0.0192	48.0918
30.0000	0.0598	32.8544

Tipo de Tolerancia (1) Normal (2) Rural=>1

nt =

1

Porcentaje de tiempo que se supera el tope  
23.3333

La energia se considera de Mala Calidad

Etapa <1><2><3>;3

Compensaciones

k	Ep(kWh)	A(p)	Comp(\$)
1.0000	40.0509	1.0000	2.0025
2.0000	36.7004	0	0
3.0000	51.9783	0	0
4.0000	55.6244	1.0000	2.7812
5.0000	40.5341	0	0
6.0000	35.5891	0	0
7.0000	57.2255	0	0
8.0000	31.3093	0	0
9.0000	50.7975	0	0
10.0000	49.1033	0	0
11.0000	56.5843	0	0
12.0000	24.2448	0	0
13.0000	55.5575	0	0
14.0000	43.8016	0	0
15.0000	20.4832	0	0
16.0000	29.5326	0	0
17.0000	24.9450	0	0
18.0000	55.2314	0	0
19.0000	52.5293	0	0
20.0000	50.5335	1.0000	2.5267
21.0000	52.4155	1.0000	2.6208
22.0000	47.2902	0	0
23.0000	44.9921	0	0
24.0000	34.7231	1.0000	1.7362
25.0000	28.1112	0	0
26.0000	31.0020	1.0000	1.5501
27.0000	39.2618	0	0
28.0000	36.0076	0	0
29.0000	48.0918	0	0
30.0000	32.8544	1.0000	1.6427

Compensacion Acumulada del Periodo de Medicion(\$)  
14.8602

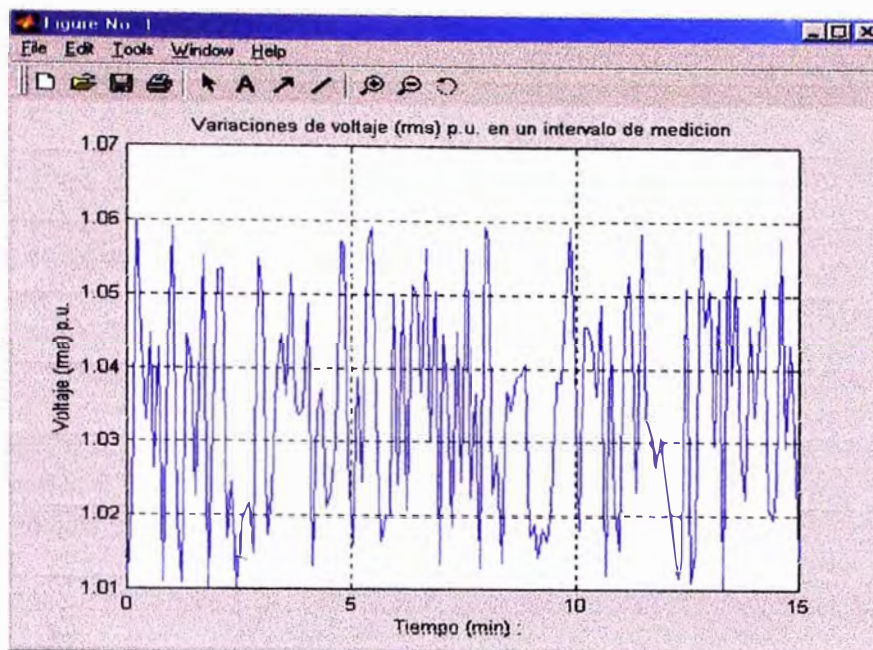


Fig. 4.6

### Variaciones de Voltaje

**Nota.-** Se observa que de los 30 intervalos considerados, solo se excedió la tolerancia en 7 oportunidades, por lo cual el monto de las compensaciones no es muy elevado para la cantidad de energía suministrada.

#### 4.3.5 Cálculo de Variaciones Sostenidas de Frecuencia

Se calcula el indicador de Variaciones de Frecuencia Sostenidas, en un intervalo de medición (k) de 15 minutos y luego la compensación para varios intervalos de medición, de acuerdo a las fórmulas 3.3, 3.6 y el cuadro 3.2.

```
%prueba5.m
```

```
% prueba5.m
```

```
% Calculo del Indicador de Variaciones Sostenidas de Frecuencia
```

```
% Para un intervalo de Medicion de 15 minutos
```

```
clear all
```

```

n=input('Numero de Mediciones del Intervalo de Medicion : ')
fn=input('Frecuencia Nominal : ')
t=linspace(0,15,n);
f=1.003*fn+0.05*rand(1,n);
plot(t,f)
title('Variaciones de Frecuencia en un Intervalo de control')
xlabel('Tiempo (min) : ')
ylabel('Frecuencia (Hz)')
grid
acu=[t' f'];
disp('t(min) f(Hz)')
disp(acu)
fprom=sum(f)/n;
detaf=fprom/fn-1;
disp('Frecuencia Promedio (Hz)')
disp(fprom)
disp('Indicador de calidad de variaciones sostenidas de frecuencia (%)')
disp(detaf*100)
% Determinacion si la energia es de mala calidad o no
% En un Período de Medicion
ni=input('Numero de intervalos de Medicion : ')
% Ep : Energia Suministrada durante el Intervalo de Medicion
Ep = 40 + 20*rand(1,ni);
% Dfp : Indicador de Calidad
Dfp=abs(0.007-0.002*rand(1,ni));
disp('p Dfp E(p)')
acu=[ [1:ni]' Dfp' Ep'];
disp(acu)
% Determinacion del Numero de Veces que se supera
% La tolerancia de 0.6 % de Variaciones Sostenidas de Frecuencia
tope=0.6/100;
cont=0;
for i=1:ni
    if (Dfp(i))>tope
        cont=cont+1;
    end
end
porc=cont/ni*100;
disp('Porcentaje de tiempo que se supera el tope')
disp(porc)
Dfp=Dfp*100;
% Mas de 3 % de mediciones fuera de rango
% Implican que la energia es de mala calidad
if (porc>3)
    disp('La energia se considera de Mala Calidad')
    et=input('Etapa <1><2><3>:');
    if (et==1)

```

```

    b=0.00;
end
if (et==2)
    b=0.01;
end
if (et==3)
    b=0.05;
end
Bp=zeros(1,ni);
for i=1:ni
    if abs(Dfp(i))>1
        Bp(i)=2+(abs(Dfp(i))-1)/0.1;
    end
    if abs(Dfp(i))<=1 & abs(Dfp(i))>0.6
        Bp(i)=1;
    end
end
Comp=b*Bp.*Ep;
disp('Compensaciones')
disp('k Ep(kWh) B(p) Comp($)')
disp([[1:ni]' Ep' Bp' Comp'])
disp('Compensacion Acumulada del Periodo de Medicion($)')
disp(sum(Comp));
else
    disp('La energia se considera de Buena Calidad')
end

```

<b>Resultado</b>
------------------

Ejecución del Programa:

» prueba5

Numero de Mediciones del Intervalo de Medicion : 150

n =

150

Frecuencia Nominal : 60

fn =

60

t(min)	f(Hz)
0	60.1919
0.1007	60.2142
0.2013	60.2280

0.3020 60.2013  
 0.4027 60.1887  
 0.5034 60.1999  
 0.6040 60.2135  
 0.7047 60.2043  
 0.8054 60.1991  
 0.9060 60.2082  
 1.0067 60.2045  
 1.1074 60.1878

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

13.0872 60.2001  
 13.1879 60.1876  
 13.2886 60.2195  
 13.3893 60.1899  
 13.4899 60.2047  
 13.5906 60.1952  
 13.6913 60.1874  
 13.7919 60.2282  
 13.8926 60.2168  
 13.9933 60.2059  
 14.0940 60.2249  
 14.1946 60.2154  
 14.2953 60.1997  
 14.3960 60.2121  
 14.4966 60.1952  
 14.5973 60.1842  
 14.6980 60.2243  
 14.7987 60.1847  
 14.8993 60.2276  
 15.0000 60.2109

Frecuencia Promedio (Hz)

60.2050

Indicador de calidad de variaciones sostenidas de frecuencia (%)

0.3416

Numero de intervalos de Medicion : 20

ni =

20

p	Dfp	E(p)
1.0000	0.0051	55.2115
2.0000	0.0070	52.4145

3.0000	0.0055	51.5846
4.0000	0.0055	45.6171
5.0000	0.0069	41.9953
6.0000	0.0054	54.4313
7.0000	0.0061	56.8288
8.0000	0.0066	56.4250
9.0000	0.0055	50.8713
10.0000	0.0058	47.2881
11.0000	0.0054	50.0187
12.0000	0.0068	46.6080
13.0000	0.0062	44.6109
14.0000	0.0066	52.0986
15.0000	0.0057	40.9468
16.0000	0.0068	54.7310
17.0000	0.0060	49.7546
18.0000	0.0068	59.7155
19.0000	0.0069	59.5695
20.0000	0.0069	42.8461

Porcentaje de tiempo que se supera el tope  
55.0000

La energia se considera de Mala Calidad

Etapa <1><2><3>:3

Compensaciones

k	Ep(kWh)	B(p)	Comp(\$)
1.0000	55.2115	0	0
2.0000	52.4145	1.0000	2.6207
3.0000	51.5846	0	0
4.0000	45.6171	0	0
5.0000	41.9953	1.0000	2.0998
6.0000	54.4313	0	0
7.0000	56.8288	1.0000	2.8414
8.0000	56.4250	1.0000	2.8213
9.0000	50.8713	0	0
10.0000	47.2881	0	0
11.0000	50.0187	0	0
12.0000	46.6080	1.0000	2.3304
13.0000	44.6109	1.0000	2.2305
14.0000	52.0986	1.0000	2.6049
15.0000	40.9468	0	0
16.0000	54.7310	1.0000	2.7365
17.0000	49.7546	0	0
18.0000	59.7155	1.0000	2.9858
19.0000	59.5695	1.0000	2.9785
20.0000	42.8461	1.0000	2.1423



Compensacion Acumulada del Periodo de Medicion(\$)  
28.3922

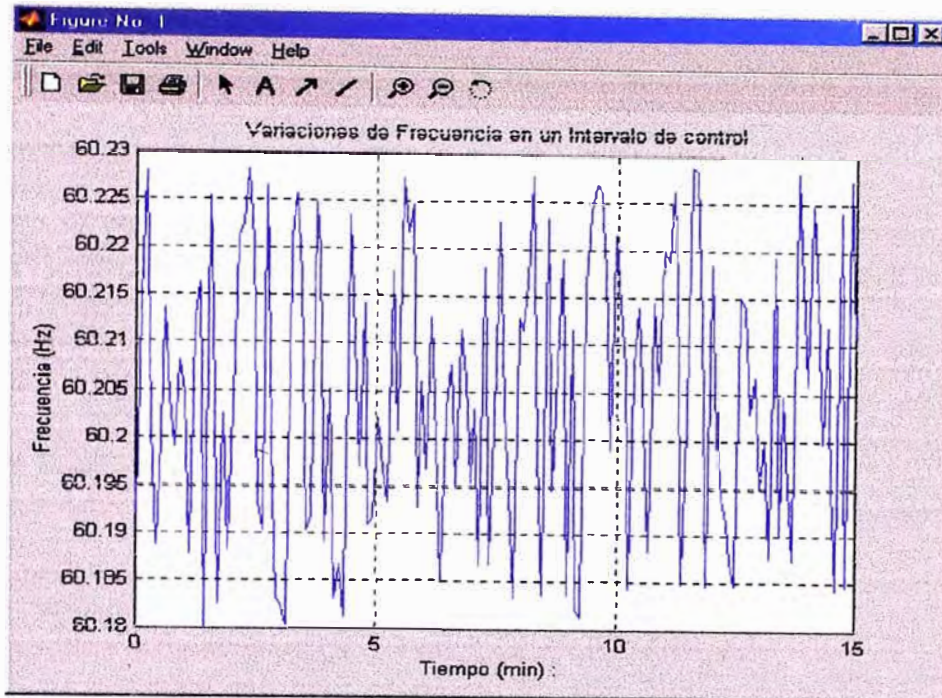


Fig. 4.6

Variaciones de Frecuencia

#### 4.3.6 Variaciones Súbitas de frecuencia

Se calcula para intervalos de medición de un minuto y la compensación acumulada para varios intervalos de medición de acuerdo a la formula 3.4, 3.7 y el cuadro 3.3.

**prueba6.m**

```
% prueba6.m
% Calculo del Indicador de Variaciones Subitas de Frecuencia
% Para un intervalo de Medicion de 1 minutos
clear all
n=input('Numero de Mediciones del Intervalo de Medicion : ')
fn=input('Frecuencia Nominal : ')
t=linspace(0, 1,n);
f=fn+1.2-0.2*rand(1,n);
plot(t,f)
```

```

title('Variaciones de Frecuencia en un Intervalo de control')
xlabel('Tiempo (min) : ')
ylabel('Frecuencia (Hz)')
grid
acu=[t' f'];
disp('t(min) f(Hz)')
disp(acu)
% Calculo de la Integral, mediante la regla Trapezoidal
f2=f.*f;
h=1/(n-1); % Periodo de muestreo
I=h/2*(f2(1)+f2(n)+2*sum(f2(2:n-1)));
VSF=sqrt(I)-fn
if abs(VSF)<=1
    disp('La Energia es de Buena Calidad!!!')
else
    disp('La Energia es de Mala Calidad!!!')
end

% Determinacion si la energia es de mala calidad o no
% En un Período de Medicion
ni=input('Numero de intervalos de Medicion : ')
% Pm : Potencia en Kw
Pm = 20 + 10*rand(1,ni);
VSFk=abs(1.2-0.6*rand(1,ni));
disp('p VSFk Pm')
acu=[ [1:ni]' VSFk' Pm'];
disp(acu)
% Determinacion del Numero de Veces que se supera
% La tolerancia de 1 Hz de Variaciones Subitas de Frecuencia
tope=1;
cont=0;
for i=1:ni
    if (VSFk(i))>tope
        cont=cont+1;
    end
end
disp('Numero de VSF que exceden la tolerancia:')
NVSF=cont
if NVSF>0
    disp('La Energia es de Mala Calidad!!!')
    disp('Potencia Maxima Registrada:')
    Pmax=max(Pm)
    disp('Factor de Proporcionalidad :')
    if NVSF>1 & NVSF<=3
        Bm=1
    else
        Bm=2+(NVSF-3)
    end
end

```

```

end
net=input('Etapa de Aplicacion 1,2,3 :')
if net==1
    b=0;
end
if net==2
    b=0.01;
end
if net==3
    b=0.05;
end
disp('Compensacion Acumulada ($) :')
Comp=b*Bm*Pmax
else
    disp('La Energia es de Buena Calidad!!!')
end

```

### Resultado

Ejecución del Programa:

>>prueba6

Numero de Mediciones del Intervalo de Medicion : 150

n =

150

Frecuencia Nominal : 60

fn =

60

t(min)	f(Hz)
0	61.1635
0.0067	61.0981
0.0134	61.0705
0.0201	61.0981
0.0268	61.0802
0.0336	61.1327
0.0403	61.0553
0.0470	61.1764
0.0537	61.0960
0.0604	61.0010
0.0671	61.1373
0.0738	61.0988

0.0805 61.0360  
 0.0872 61.1403  
 0.0940 61.0583  
 0.1007 61.0261  
 0.1074 61.0687  
 0.1141 61.0276

\*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\*

0.9329 61.0826  
 0.9396 61.0196  
 0.9463 61.0953  
 0.9530 61.0662  
 0.9597 61.0646  
 0.9664 61.0094  
 0.9732 61.0752  
 0.9799 61.1084  
 0.9866 61.0704  
 0.9933 61.0042  
 1.0000 61.1157

VSF =

1.0965

La Energia es de Mala Calidad!!!  
 Numero de intervalos de Medicion : 20

ni =

20

p	VSFk	Pm
1.0000	1.1463	29.7579
2.0000	0.7672	25.1861
3.0000	0.6016	25.4290
4.0000	1.1351	23.7913
5.0000	0.9259	28.4917
6.0000	1.1202	25.4558
7.0000	0.7777	28.1515
8.0000	1.0162	24.8575
9.0000	1.1614	21.1619
10.0000	1.0957	21.4343
11.0000	1.0845	27.8469
12.0000	0.7978	22.6894
13.0000	0.9678	25.5676

14.0000	1.1578	21.3571
15.0000	0.7914	24.2454
16.0000	0.6863	20.5763
17.0000	1.1417	27.9682
18.0000	0.9649	25.5951
19.0000	0.9744	27.7136
20.0000	0.8907	29.9501

Numero de VSF que exceden la tolerancia:

NVSF =

9

La Energia es de Mala Calidad!!!

Potencia Maxima Registrada:

Pmax =

29.9501

Factor de Proporcionalidad :

Bm =

8

Etapas de Aplicacion 1,2,3 :3

net =

3

Compensacion Acumulada (\$):

Comp =

11.9801

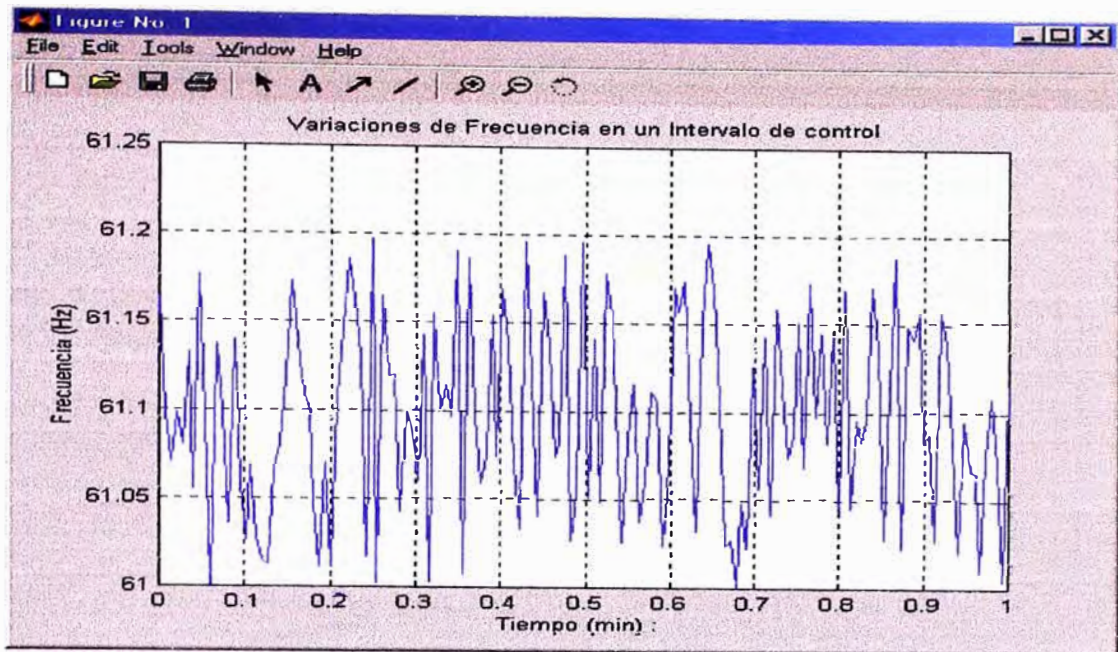


Fig. 4.7

### Variaciones Súbitas Frecuencia

Este parámetro requiere del cálculo de una integral la cual se ha resuelto numericamente mediante la regla del trapecio, y su propósito es medir variaciones de frecuencia en periodos cortos.

#### 4.3.7 Integral de Variaciones Diarias de frecuencia

Se calcula para intervalos de medición de 24 horas y la compensación acumulada para varios intervalos de medición de acuerdo a la fórmula 3.5, 3.8 y el cuadro 3.4. Los datos son las frecuencias instantáneas en el intervalo que son generadas aleatoriamente en el programa.

**prueba7.m**

```
% prueba7.m
% Calculo del Indicador IVDF :
% Integral de Variaciones diarias de Frecuencias
% Para un intervalo de Medicion de 24 horas
```

```

clear all
n=input('Numero de Mediciones del Intervalo de Medicion : ')
fn=input('Frecuencia Nominal : ')
t=linspace(0,24,n);
f=fn+0.2-0.2*rand(1,n);
plot(t,f)
title('Frecuencia vs Tiempo')
xlabel('Tiempo (horas) : ')
ylabel('Frecuencia (Hz)')
grid
acu=[t' f'];
disp('t(horas) f(Hz)')
disp(acu)
% Calculo de la Integral, mediante la regla Trapezoidal
f2=f-fn;
h=24/(n-1); % Periodo de muestreo
disp('Integral (ciclos)=')
I=h/2*(f2(1)+f2(n)+2*sum(f2(2:n-1)))
d=input('Numero de dias transcurridos desde el 1er de Enero : ')
disp('Magnitud de la Integral de Variaciones Diarias de frecuencia:')
MVDF=d*I
if abs(MVDF)>600
    disp('Energia de Mala Calidad!!!')
    if abs(MVDF)>600 & abs(MVDF)<=900
        Bd=1;
    end
    if abs(MVDF)>900
        Bd=3+(abs(MVDF)-900)/100;
    end
    Bd
    net=input('Etapa de Aplicacion 1,2,3 :')
    if net==1
        b=0;
    end
    if net==2
        b=0.01;
    end
    if net==3
        b=0.05;
    end
    Pd=input('Potencia Maxima Suministrada en el dia d (kW):')
    disp('Compensacion para un dia d ($) :')
    Compd=Pd*Bd*b
else
    disp('Energia de Buena Calidad!!!')
end

```

<b>Resultado</b>
------------------

Ejecución del Programa

>>prueba7

Numero de Mediciones del Intervalo de Medicion : 240

n =

240

Frecuencia Nominal : 60

fn =

60

t(horas)	f(Hz)
0	60.1648
0.1004	60.1639
0.2008	60.1355
0.3013	60.1617
0.4017	60.0624
0.5021	60.1124
0.6025	60.1406
0.7029	60.1849
0.8033	60.0080
0.9038	60.0648
1.0042	60.1053
1.1046	60.0588
1.2050	60.0085
.....	
.....	
.....	
22.9958	60.0353
23.0962	60.1973
23.1967	60.1288
23.2971	60.1424
23.3975	60.1462
23.4979	60.0088
23.5983	60.0122
23.6987	60.1200
23.7992	60.0130
23.8996	60.0438
24.0000	60.0285



Integral (ciclos)=

I =

2.3914

Numero de dias transcurridos desde el 1er de Enero : 310

d =

310

Magnitud de la Integral de Variaciones Diarias de frecuencia:

MVDF =

741.3326

Energia de Mala Calidad!!!

Bd =

1

Etapas de Aplicacion 1,2,3 :3

net =

3

Potencia Maxima Suministrada en el dia d (kW):100

Pd =

100

Compensacion para un dia d (\$)

Compd =

5

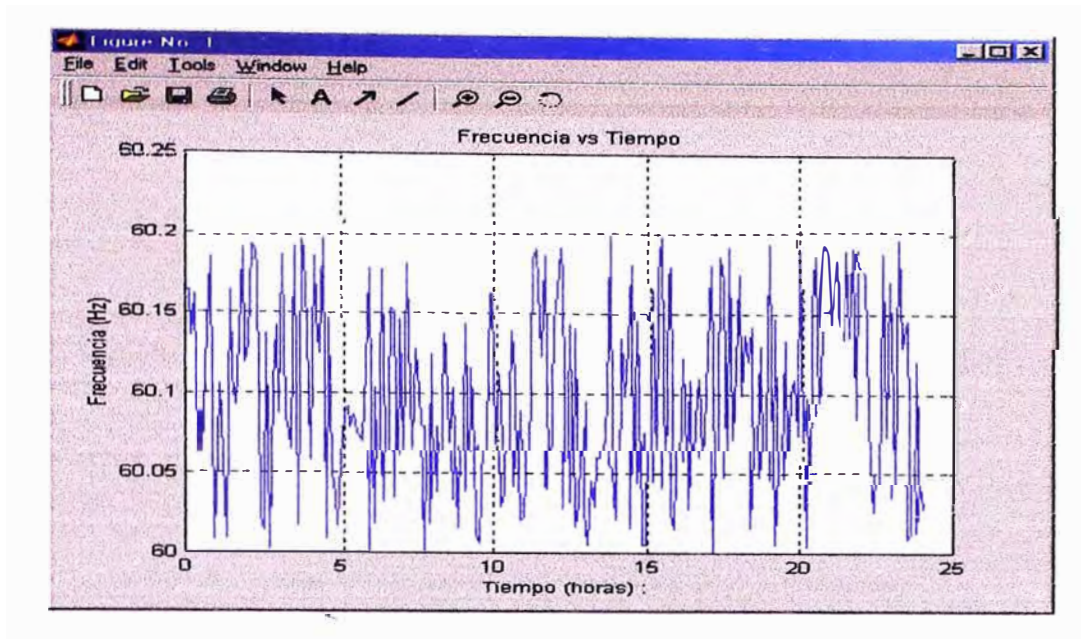


Fig. 4.8

### Variaciones Diarias de Frecuencia

Este parámetro requiere el cálculo de una integral la cual se ha resuelto numericamente por la conocida formula trapezoidal, depende de una acumulación de las variaciones de frecuencia acumuladas durante el año, por esa razon su valor siempre está aumentando a lo largo del año.

## **CAPITULO V**

### **ESPECIFICACIONES TECNICAS Y EVALUACION ECONOMICA DE LOS EQUIPOS DE MEDICION**

#### **5.1 Equipamiento para el control de Calidad del Producto**

El Organismo Supervisor de la Inversión de la Energía (OSINERG) ha elaborado en el año 1998, una base metodológica para la aplicación de la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, siendo uno de los puntos, el equipamiento para el control de la Calidad del Producto.

#### **5.2 Requisitos Mínimos**

- a) Los equipos registradores deberán ser de fácil traslado y permitir el almacenamiento de la información en memoria no volátil por un lapso no menor a dos períodos de medición sin descargas intermedias.
  
- b) Los equipos registradores y su instalación deberán adecuarse a las normas referidas a la seguridad eléctrica, tanto los que sean ubicados dentro de la propiedad de los usuarios, como a la intemperie. Asimismo, deberán contar con un sistema que asegure la inviolabilidad de los datos de programación y/o archivos de registro de medición, y deberán estar identificados en forma indeleble con sus respectivos números de serie.

- c) La medición debe ser permanente y con seguimiento de la tensión a través de una constante de tiempo de muestreo apropiada para el registro de cada parámetro.
- d) Los registradores deberán disponer de interface óptica, serial o paralela para computadora, que permita mediante software de trabajo inherente al equipo, obtener el/los archivo/s de la medición en formato del propio equipo y posterior exportación al formato ASCII.
- e) Los valores representativos de los respectivos intervalos de medición podrán ser obtenidos por postprocesamiento, mediante software externo.
- f) Cuando sea necesario, el empleo de transformadores o traductores de tensión o de corriente, éstos deberán tener características acordes con las del registrador, a fin de que la precisión de la energía/potencia del equipo incluyendo transformadores y/o pinzas, sea por lo menos correspondiente a la clase de precisión del sistema de medición empleado para la facturación comercial.
- g) Los diferentes modelos de equipos de medición y registro, deberán contar con la certificación de los siguientes ensayos tipo realizados por reconocidos laboratorios de prestigio y según normas IEC.
- Ensayos de aislamiento
  - Ensayos de Compatibilidad Electromagnética

- Ensayos climáticos
- Ensayos mecánicos
- Ensayo de Clase de Precisión

h) Los ensayos climáticos tipo, deben comprobar que el equipo de medición y registro puede funcionar bajo las siguientes condiciones ambientales:

Rango de temperatura de operación: 0°C a +55°C, para la costa y selva  
-20°C a +45°C, para la sierra.

Rango de humedad de operación: 45 a 98%

Rango de presiones barométricas: 0.76 a 1.08 bar, para costa y Selva  
0.45 a 0.76 Bar, para sierra

Previo al uso de los equipos registradores, se realizarán sobre cada uno de ellos los ensayos de contraste y funcionamiento, los cuales deberán repetirse periódicamente según indicaciones del fabricante, o a solicitud del OSINERG.

Debe notificarse con 5 (cinco) días de anticipación: el lugar fecha y hora de realización de estos ensayos a fin de que su representante asista a los mismos. En caso de no asistencia del representante del OSINERG, los ensayos se realizarán igualmente levantando el acta correspondiente.

### **5.2.1 Para el Control de la Tensión**

La variable medida es el valor eficaz verdadero (con armónicas incluidas) de la tensión en cada una de las tres fases. Sólo si la instalación elegida para medir es monofásica, se medirá esa sola fase.

La exactitud del sistema de medición de la tensión deberá ser igual ó mejor a la Clase 0.5 según normas IEC o equivalente.

### **5.2.2 Para el control de la frecuencia**

El equipo debe contar con un reloj interno síncrono controlado por satélite, tal que la precisión de la hora solar tomada como referencia, sea del orden hasta de los  $10^{-7}$  segundos.

### **5.2.3 Para el control del Flicker**

Las características del equipo de medida del Flicker para verificar los Niveles de Referencia definidos en la NTCSE, deberán seguir las recomendaciones dadas por la norma IEC-868 o la que la actualice. El equipo debe medir el Flicker en cada fase.

### **5.2.4 Para el control de las Tensiones Armónicas**

Las características del equipo de medición de las tensiones armónicas para verificar los niveles de referencia definidos en la NTCSE, deben estar de acuerdo a las recomendaciones dadas por la Norma IEC-1000-4-7 o la que la actualice. El equipo debe medir las tensiones armónicas individuales por fase hasta del orden 40° inclusive.

### **5.3 Procedimiento de aprobación de especificaciones técnicas**

- a) El proveedor presentará al OSINERG una solicitud de aprobación de especificaciones técnicas declarando en la misma el cumplimiento de cada uno de los requisitos mínimos establecidos en la Base Metodológica, acompañando copia del respectivo manual, de los certificados de ensayos tipo y el software de trabajo inherente al equipo.
  
- b) El OSINERG podrá requerir al proveedor que ponga a disposición un equipo, cuyas especificaciones técnicas estén en proceso de aprobación, para someterlo a una prueba de funcionamiento de por lo menos dos períodos de medición.
  
- c) En caso el equipo de medición y registro califique, el OSINERG procederá de ser el caso a la devolución del equipo sometido a prueba y notificará al proveedor para que éste ceda a título gratuito el software de trabajo inherente al equipo, entregando la respectiva licencia de uso y manual de usuario, acompañados de una carta mediante la cual el proveedor se comprometa a mantenerlos actualizados.
  
- d) En caso el proveedor tenga autorización de la casa matrix para efectuar las recalibraciones de sus equipos, deben entregar copia de tal autorización al OSINERG, además de permitir una visita a sus instalaciones con la finalidad de verificar la infraestructura, personal, maquinaria y/o herramientas con que cuenta para esta recalibración.

- e) Cumplidos los pasos anteriores, la Gerencia de Fiscalización Eléctrica del OSINERG procederá a emitir la respectiva resolución de aprobación de especificaciones técnicas y de ser el caso de la aprobación temporal para que la empresa efectúe el servicio de recalibración.

El suministrador antes de adquirir algún modelo de registrador, debe asegurarse que el proveedor del equipo cuente con la resolución de aprobación de especificaciones técnicas por parte del OSINERG, debiendo exigir copia de la misma.

#### **5.4 Especificaciones técnicas y costo de un equipo comercial**

##### **5.4.1 alternativa 1**

El analizador MEMOBOX 300 de LEM Instruments, Inc monitorea las variaciones de tensión, total de distorsión armónica THD e indicador de severidad de Flicker Pst durante hasta un mes completo en redes de Baja y Media Tensión.

Las características técnicas del equipo se ven el cuadro 5.1



**Cuadro 5.1****Especificaciones de Alternativa 1**

Tensión nominal L1, L2, L3, N	Rango para Y:69/138/277 VAC-Autorango Clase 0.1 Rango para Δ:120/240/480 VAC-Autorango Clase 0.1. Máximo voltaje de entrada admisible : 1.2 U1
Temperatura	-10...55°C
Caja	Para instalación en intemperie IP 65 (100% hermético)
Medición Tensión	Valor RMS promedio integrado en el intervalo seleccionado. Dips, swell e interrupciones a partir de ½ ciclo.
Medición Armónicas	Distorsión Armónica total THD, de voltaje y corriente hasta la 40 va.-IEC 61000-4-7 Class B
Medición Flicker	Indicador de severidad Flicker Pst y Plt IEC 61000-4-15
Medida de Potencia	Potencia activa IEC 61036 clase 2, potencia reactiva IEC 61268 clase 2, potencia aparente y factor de potencia para cada fase y total
Medida de corriente L1, L2, L3, N	Corriente para las tres fases con LEMFLEX, rango de 15, 150 y 1500 A
Precisión de Monitoreo	Tensión : Clase 0.1 Corriente : Clase 0.5
Intervalo programable	1, 5, 15, 30 o 60 minutos
Capacidad de memoria	3000 x intervalos: esto significa 30 días con intervalos de 15 min. La memoria puede ser configurada en forma lineal o circular (monitoreo infinito). La memoria está protegida para retención de datos durante más de 50 días sin alimentación.
Comunicación	Interfaces RS-232, comunicación de tres conductores
Peso del equipo solo	1.5 kg
Dimensiones	282mmx216mmx74mm

El MEMOBOX 300 es suministrado con cables de medición, grampas y el software CODAM 300 para programar el equipo, bajar las mediciones y exportarlas hacia un formato ASCII.

Su costo es de \$3,750, incluyendo software y una capacitación de 30 horas-hombre.

#### **5.4.2 Alternativa 2**

El analizador Power Sentinel, modelo 1133A de Arbiter System, permite medir armónicas, flickers, interrupciones, guardar datos por intervalos de tiempo, o grabar eventos que se saien de los limites de operación y además saber en que momento se produjeron. Se pueden fijar los limites de operación libremente. Adicionalmente pueden fijar los límites de operación a cualquier cantidad. Adicionalmente a grabar los eventos fuera de los límites de operación, se puede activar un contacto de alarma, o bien enviar esta información vía módem.

Las especificaciones técnicas dadas por el fabricante se muestran en el Cuadro 5.2

### Cuadro 5.2

#### Especificaciones Técnicas de Alternativa 2

Voltaje	3 $\Phi$ /1 $\Phi$ , rango 0-69, 120, 240 o 480 vrms, seleccionable. Sobrerango 88, 175, 350 o 700 Vrms								
Corriente	3 $\Phi$ /1 $\Phi$ , rango 0-1, 2.5, 5 o 10 Arms, seleccionable por elemento								
VA, W, VAR	Producto de los rangos de voltaje y corriente								
Frecuencia	45-65 Hz, para precisión especificada								
Armónicas	Hasta 3 kHz								
Comunicación	Serial, RS-232 (estándar), RS-485 o módem								
Capacidad de Almacenamiento	16 Mbytes (estándar), memoria flash								
Precisión	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">Watts</td> <td>0.025% de lectura</td> </tr> <tr> <td>Vrms</td> <td>0.02% de lectura</td> </tr> <tr> <td>Armónicas</td> <td>0.05% THD 0 5% de lectura</td> </tr> <tr> <td>Frecuencia</td> <td>0.0001% de lectura</td> </tr> </table>	Watts	0.025% de lectura	Vrms	0.02% de lectura	Armónicas	0.05% THD 0 5% de lectura	Frecuencia	0.0001% de lectura
Watts	0.025% de lectura								
Vrms	0.02% de lectura								
Armónicas	0.05% THD 0 5% de lectura								
Frecuencia	0.0001% de lectura								
Flicker	Por IEC 61000-4-15, Pst e instantáneo seleccionable, pueden ser extraídos o registrados regularmente o registrar eventos cuando se excedan los límites especificados por el usuario.								
Condiciones Ambientales	-10° a 50° C								
Peso	2 Kg								
Tamaño	430mm x 44mm x 260 mm								

El equipo es suministrado con cables de medición, y un software para programar el equipo, bajar las mediciones y exportarlas hacia un formato ASCII.

Su costo es de \$9,650, incluyendo software y una capacitación de 40 horas-hombre.

### 5.4.3 Comparación de Alternativas

El costo de un equipo de medición depende de varios factores:

- Parámetros que pueden medir
- Precisión
- Memoria de Almacenamiento
- Software propio

Hay que considerar además un costo adicional para elaborar un software que calcule los parámetros de acuerdo a la norma técnica, que se estima es aproximadamente 500 dólares.

Si bien es cierto la alternativa 2 es más costosa, es preferible debido a que:

- Mide Frecuencias Instantáneas
- Tiene mucho mejor precisión
- Puede fijar límites de operación
- Puede activar alarmas

## CONCLUSIONES

- 1) El auge de la electrónica de potencia ha permitido un uso eficiente de la energía eléctrica y aumentos considerables de la productividad de los procesos industriales, pero por otro lado, ha provocado una situación problemática al provocar distorsiones de corriente que perturban la operación de equipos y originan calentamiento y pérdidas de energía en el equipo eléctrico.
- 2) El estudio de la calidad requiere un monitoreo para identificar el problema y verificar probables soluciones mediante una elección adecuada de la ubicación del monitoreo y llevar un registro adecuado de los disturbios.
- 3) Para reducir el efecto de la mala calidad se deben seleccionar adecuadamente equipos acondicionadores como supresores, filtros, etc.
- 4) La Norma Técnica de Calidad establece que todo suministrador es responsable de prestar a su cliente un servicio con un nivel de calidad satisfactorio, en tal sentido se programó una implementación gradual en tres etapas, la cual no se ha cumplido en un 100%, principalmente por problemas técnicos y económicos para adecuación.

- 5) La Norma Técnica ha resultado ser muy exigente en cuando a tolerancias y compensaciones, lo que ha motivado modificaciones de la Norma y dificultades económicas en algunas empresas suministradoras.
  
- 6) Las compensaciones aplicadas por OSINERG tiene una tendencia creciente debido a que las empresas tienen un conjunto de mediciones donde está pendiente levantar la mala calidad. Cabe precisar que de acuerdo a norma las empresas están obligadas a compensar mensualmente hasta que no se levante la mala calidad detectada en una medición.
  
- 7) La calidad del producto y de las interrupciones presenta un 30% de mediciones con mala calidad, lo cual es muy alta y motivará que las empresas tomen las medidas correctivas para no verse afectadas por fuertes compensaciones.
  
- 8) El porcentaje de suministros que presentan reclamos del servicio comercial, es del orden del 2%, más que un indicador de satisfacción con el servicio es un indicador de poca disposición del usuario para reclamar, debido al poco conocimiento de sus derechos.

- 9) No existen equipamiento capaz de cumplir con todos los requerimientos de la NTCSE. Los equipos del mercado no calculan los índices directamente por tal razón se requiere de un programa adicional como el desarrollado en este trabajo, que procese la información generada y almacenada en las memorias de los equipos de monitoreo.
- 10) El programa desarrollado puede ser útil tanto para el suministrador como para el usuario, pues permite calcular los diversos índices de calidad como las compensaciones correspondientes, igualmente los gráficos y tablas obtenidas pueden ser sujetas de análisis a fin de plantear alternativas de mejora de la calidad.
- 11) Los equipos de monitoreo de la calidad actualmente son de muy alta tecnología, alta precisión y permiten ejecutar tareas de supervisión y control y vienen acompañadas de potentes software de procesamiento estadístico, pero lamentablemente están diseñados para normas extranjeras, por lo que se requiere elaborar un software adicional para adecuarlo a nuestras normas, con lo que su costo se incrementa.

## **RECOMENDACIONES**

- 1) Realizar un estudio estadístico de los datos obtenidos en materia de calidad del servicio eléctrico, para replantear las tolerancias, compensaciones y multas de acuerdo a nuestra realidad.
  
- 2) Realizar un estudio para que los factores de compensación se incrementen gradualmente, mientras las empresas alcanzan un nivel de calidad satisfactorio.
  
- 3) Realizar una campaña agresiva para hacer conocer a los usuarios sus derechos para que estos puedan exigir un servicio eléctrico de calidad.
  
- 4) Adecuar los requerimientos de especificaciones técnicas de acuerdo a los equipos existentes en el mercado.



## BIBLIOGRAFIA

- 1) *Norma Técnica de Calidad del Servicio Eléctrico*, Ministerio de Energía y Minas, 1997 y modificatorias hasta el 2001.
- 2) *Base Metodológica para la aplicación de la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos*, Organismo Supervisor de la Inversión en la Energía, OSINERG, 1998 y adaptaciones hasta el año 2001.
- 3) *Electrical Power System Quality*, Dugan, Mc Granaghan y Beaty, Mc Graw Hill, 1996
- 4) *Armónicos en Sistemas Eléctricos*, Libro del Curso Internacional organizado por el Colegio de Ingenieros del Perú, 1998
- 5) *Eficiencia Energética, Proyecto para Ahorro de Energía*, PAE del Ministerio de Energía y Minas, 1999.
- 6) *Calidad de Energía*, Revista de PROCOBRE, 1999

# **APENDICE**

**Modelo 1133A  
Power Sentinel**

con

**EnergyDSA™****Análisis de Señales Digitales**

- Sincronizados vía GPS
- Precisión para Medición de Ingreso de 0.025%
- Calidad de la energía: Armónicas, Flickers, Interrupción
- Mediciones de fasores para estabilidad y análisis de flujos
- Desviación de Sistemas de tiempo y Frecuencia
- Recolección de datos interna/Almacenamiento de eventos
- Dos años de garantía



Deje a un lado los problemas de potencia y pérdidas de dinero con la unidad multifuncional Power Sentinel Modelo 1133A de Arbiter Systems®, Inc. Combinando seis funciones en una caja compacta de 44mm (1 3/4") de alto, el Modelo 1133A ofrece precisión sin precedentes, flexibilidad y muchas otras características.

**Medición de dinero**

Con la apertura de los mercados y privatizaciones de las empresas de Electricidad, aumenta la importancia de una medición precisa de la energía. Por primera vez, Arbiter Systems®, Inc., combina las técnicas de medición de su tecnología propietaria de EnergyDSA™ y la precisión, costo-efectiva, de sincronización de tiempo de nuestros Relojes GPS en la unidad de medición Power Sentinel Modelo 1133A. El modelo 1133A lleva un desempeño de laboratorio a las subestaciones, entregando una precisión sin precedente de 0.025% bajo gran cantidad de condiciones. Compare esto con los tradicionales medidores de potencia que están limitados a una precisión que no llega a ser mejor de 0.1% bajo condiciones de laboratorio, y que incrementan sus errores una vez que las condiciones ambientales dejan de ser ideales (ver figuras en la siguiente página).

Con el modelo 1133A, usted puede medir el ingreso monetario mucho más certeramente que antes. La diferencia entre 0.025% y 0.1% es impresionante. Con tantas líneas de transmisión llevando miles de megawatts de potencia, la diferencia en la precisión de 0.075% se traduce en miles de dólares cada año. Incluso a bajos niveles de potencia, un sistema de alta precisión significa una alta mejora en el retorno monetario.

**Supervisión de la calidad de la Energía**

Las funciones y características del Modelo 1133A apenas inician con su excelente precisión en la medición de potencia. Nuestra tecnología Propietaria de algoritmos de análisis de señales digitales EnergyDSA™, provee más información que lo hasta ahora conocido. Ahora, usted puede medir armónicas y factor K, flickers, interrupciones, guardar datos por intervalos de tiempo, o grabar eventos que se salen de los límites de operación y además saber en que momento ocurrieron. Usted puede fijar los límites de operación a cualquier cantidad. Adicionalmente a grabar los eventos fuera de los límites de operación, se puede activar un contacto de alarma, o bien enviar esta información vía módem.

**Control y Supervisión del Sistema**

El modelo 1133A mide ángulos de fase (absoluto) del sistema, desviación de la frecuencia del sistema y desviación en el tiempo del sistema. La medición de los datos de fase cumple con los estándares 1344 de la IEEE, a una frecuencia de 20/segundo. Ahora con estos datos, es posible un sofisticado monitoreo en tiempo real, un control de estabilidad y del flujo de la energía. Estas mediciones son posibles gracias la sincronización interna por medio del GPS del Modelo 1133A.

**Sincronización**

Un receptor de satélite de GPS integrado dentro de la unidad sincroniza su Modelo 1133A dentro de 1µs de Tiempo de Coordinación Universal (UTC), el cual también puede ser convertido a su vez en hora local. Con esta

sincronización, los datos de retorno pueden ser acumulados en períodos de tiempo tan pequeños como 1 minuto. Otros equipos de subestaciones, como recolectores digitales de falla, relés de estado sólido, unidades terminales remotas, y controladores lógicos programables pueden ser sincronizados con la salida tiempo - codificada IRIG-B. Esta salida tiene suficiente poder para manejar numerosas cargas, por ejemplo, 40 relés Schweitzer™ SEL-321.

### Registro de Datos y Eventos

Dieciséis MB de memoria flash está provista como estándar en el Modelo 1133A. Esta memoria no volátil puede ser utilizada para grabar datos de ingresos, calidad de energía, detección interna de fallas, alarmas, eventos y eventos externos. Cuatro entradas aisladas ópticas de eventos pueden ser usada para supervisar perturbaciones o eventos externos.

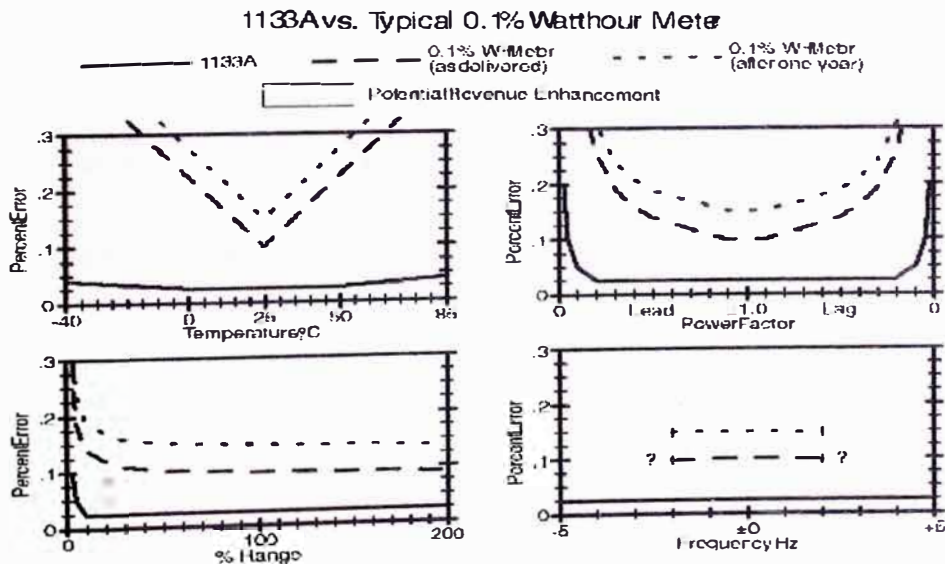
### Tecnología

En el corazón de la unidad multifuncional de medición del Power Sentinel™ Modelo 1133A y su revolucionario desempeño recaen los numerosos años de experiencia de Arbiter System®, Inc. realizando mediciones de señales AC y supliendo equipos de alta calidad. Por ejemplo, la autocalibración interna elimina muchas fuentes de error que de no eliminarlas degradaría la precisión. Este proceso mide la salida de una fuente de calibración interna, multiplexada en el tiempo junto con las señales de entrada.

Un completo número de mediciones de calibración es ejecutado una vez cada segundo. Al pasar la señal de calibración a través de los mismos circuitos que las señales de entrada, las desviaciones de los valores de las componentes, sensibilidad a la temperatura y muchos otros errores son completamente removidos.

Este diseño minimiza el número de componentes que pueden afectar la precisión. Por lo tanto, podemos usar la mejor componente disponible en las aplicaciones más críticas. Precisión es (descrito de la manera más simple) la suma de todas las imperfecciones de todas las componentes que puedan degradar el desempeño; por lo tanto al usar un pequeño número de partes altamente precisas, la precisión se maximiza. Esta es una idea simple, pero implementarla bien requiere años de experiencia.

Por supuesto que toda la precisión del mundo no significaría nada si la señal resultante no puede ser procesada con un desempeño igual o mejor. Nuestra tecnología propietaria EnergyDSA™, una versión optimizada del análisis PowerDSA™, desarrollada en la década pasada y utilizada en nuestros Analizador de Potencia Modelo 931A por muchos años, entrega esta excelente desempeño. Hemos optimizado el análisis EnergyDSA™ para los requerimientos específicos de las mediciones de ingreso y análisis de potencia en línea: velocidad, precisión y bajo costo. Nuestros algoritmos de EnergyDSA™ miden señales con precisiones caracterizadas no en porcentaje, sino en partes por millón.



**Modelo 1133A**  
**Especificaciones**

**Entradas**
**Configuración**

**3Φ** 3 Elementos, 2½ Elementos, 2 Elementos TP y dos elementos directos, seleccionable

**1Φ** 2 Elementos, 1½ Elementos, y 1 elemento, seleccionable

**Voltaje**

**Rango (3Φ/1Φ)** 0 - 69, 120, 240, ó 480 Vrms, seleccionables (fase a fase para 2 elementos, fase a neutro para 2½ y 3 elementos)

**Sobrerango** 88, 175, 350 ó 700 Vrms, nominal

**Corriente**

**Rango (3Φ/1Φ)** 0 - 1, 2.5, 5 ó 10 Arms, seleccionable, por elemento

**Sobrerango** 2.9, 5.9, 11.7 ó 23.5 Arms, nominal (corriente máxima de entrada continua: 20 Arms por elemento)

**VA, W, VAR**

**Rango** Producto de la relación de los rangos de voltaje y corriente y el número de elementos (2 ½ (3Φ) y 1 ½ (1Φ) elemento), utilice 3 y 1, respectivamente)

**Compensación**

**TC y TP** Compensaciones en magnitud y fase

**Transformador** Compensación en hierro y cobre

**Frecuencia**

**Rango** 45 - 65 Hz, para precisión especificada

**Armónicas** Hasta 3 KHz

**Entradas (Continuación)**
**Entradas**

**Conexiones** Bloque terminal de tornillo - grapas desmontables, acepta conductores de calibre 0.2 - 4 mm<sup>2</sup> (24 - 10 AWG)

**Aislamiento** 400V, nominal, a neutral/chasis, protección de sobre voltaje clase III 600V, nominal, a neutral/chasis, protección de sobre voltaje clase II Contactar a la fábrica para información más detallada

**Interface**
**Operador**

**LEDs de Estado** Operación (verde)  
Tiempo Ajustado (verde)  
Alarma (rojo)  
Falla (rojo)

**Pantalla** Pantalla 2x20 de caracteres de cristal líquido)

**Teclado** 8 teclas de estado

**Comunicación**

**Serial** Dos, RS-232 (estándar)  
Opciones: RS-485 half duplex (1133Aopt11)  
o Módem (V.34bis, 33.6k) (1133Aopt12) las opciones están disponibles para cada puerto

**Conector Ethernet** RJ-11 modular, dos  
Uno, 10BaseT / IEEE 802.3i  
RJ-45

**Conector Infrarrojo** Uno, puerto IrDA (panel frontal)

**Modelo 1133A  
Especificaciones**
**Interface (Continuación)**
**Salidas de contacto programables**

Tipo y número	Cuatro juegos de contactos tipo C (SPTD)
Conexiones	Enchufable, terminales strip de 5 mm de 12 polos, con 4, conectores de 3 polos
Grado	250 Vac/125 Vdc, 8A max., 2000 VA/150 W max.
Aislamiento	4000 Vrms al chasis por 1 minuto
Funciones, Selecciones	Control de carga programable, con tiempos preestablecidos o vía interface del sistema Sistema antifalla (error cuando no hay corriente) Alarma de antifalla Antifalla Fuera de enlace Un pulso por hora, los contactos se cierran por un minuto al final de la hora Otras funciones, según sea requerido

**Entrada de eventos**

Tipo y número	Cuatro, 24 – 240 Vdc aislada – ópticamente (puede ser configurada para niveles lógicos de 5 V)
Conexiones	Enchufable, terminal strip de 5mm de 8 polos, con 4 conectores de dos polos
Aislamiento	4000 Vrms al chasis por 1 minuto
Resolución	1µS

**Almacenamiento de Datos en la Memoria Flash**

Capacidad	16 Mbytes (estándar), número de registros almacenados dependen de los ítems de datos seleccionados. Ver el manual de operación para ver las cantidades de registros y capacidades de cálculos
Datos	Seleccionable desde todas las funciones medidas y totalizadas por el Modelo 1133A, cada registro es almacenado con una identificación
Frecuencia de Almacenaje	Seleccionable, predeterminado es 15 minutos. Otros intervalos tan cortos como un minuto pueden ser seleccionados. Datos de eventos son almacenados según ocurren
Tiempo de vida	Mínimo 100,000 ciclos de almacenamiento
Retención de datos	Indefinido, no se necesita energía o baterías para retener la data

**Especificaciones**

Nota: Las especificaciones de precisión incluyen todas las fuentes de incertidumbre. Excepto donde se ha notificado, las especificaciones aplican para todos los rangos de operación, incluyendo temperatura (-10° C a 50° C), voltaje de línea, rango de entrada incluyendo el sobrerango especificado, factor de potencia, frecuencia de entrada, y derivaciones por intervalos de calibración de un año. Las especificaciones asumen sincronización con el GPS y operación en modo de 3 elementos o en sistemas bien balanceados donde el desbalance no degrade la precisión.

**Precisión**

Watts, Wh	0.025% de lectura, 10% ó más de rango y FP>0.2
Bajorango	0.0025% de rango, bajo 10% de rango
Factor de potencia	0.005% de VA, FP<0.2
VA, Vah	Igual a W, excepto que para Wh no tiene efecto el FP
VAR, Varh	Igual a W, excepto que Wh reemplazar el FP con $(1 - FP^2)^{0.5}$
Vrms	0.02% de lectura ó 0.002% de rango, cualquiera que sea mayor
Arms	0.03% de lectura ó 0.003% de rango, cualquiera que sea mayor
V <sup>2</sup> h	0.04% de lectura ó 0.004% de rango, cualquiera que sea mayor
A <sup>2</sup> h	0.06% de lectura ó 0.006% de rango, cualquiera que sea mayor
Angulo de fase	0.01°, fase a fase ó voltaje a corriente, 10% de rango mínimo
Factor de potencia Armónicas	0.0002*sen(Ø), 10% de rango mínimo
Frecuencia	0.05% THD ó 5% de lectura, cual de los dos sea mayor
Fase de sistema	<1 ppm (0.0001%) de lectura, 50 ó 60 Hz nominales, más el error de base de tiempo
Sistema de tiempo	0.03° más (error de base de tiempo*360°*frecuencia)
Entradas de eventos	1 µs más el error de la base de tiempo ±10 µs (típico)

**Modelo 1133A  
Especificaciones**
**Calidad de la Energía**
**Medición de Armónicas**

Estándar	Por IEC 6100-4-7, 100 ms de traslape en la ventana de datos
Mediciones	THD, Factor K, rms, Armónicas de corriente y voltaje, Armónicas rms de corriente y voltaje con compensación del factor K (cada magnitud de armónica es multiplicada por el cuadrado del número de la armónica antes de sumarla), magnitud individual y fase
Datos Registrados	Seleccionable, pueden ser extraídos o registrados, o extraer eventos cuando se excedan los límites especificados por el usuario

**Interrupciones**

Datos Registrados	Seleccionable, pueden ser extraídos o registrados regularmente o extraer eventos cuando se excedan los límites especificados por el usuario
-------------------	---

**Flicker**

Estándar	Por IEC 61000-4-15, Pst e instantáneo
Datos Registrados	Seleccionable, pueden ser extraídos o registrados regularmente o registrar eventos cuando se excedan los límites especificados por el usuario

**Límites de alarma**

Funciones	Límites altos y bajos pueden ser fijados en la mayoría de las funciones de medición. Los límites también pueden ser fijados para un desbalance máximo
Salidas	Vía la interface del sistema y la pantalla o cierre de contactos

**Control del Sistema y Supervisión**
**Sistema de tiempo, fase y frecuencia**

Sistema de Tiempo	Acumulación ilimitada con una resolución de $\pm 1\mu\text{S}$
Frecuencia	7 dígitos, xx.xxxxx Hz
Sistema de fase	0 a 360 grados con resolución de 0.01 grados
Efectos de DC y armónicas	Ninguno, Rechazado por filtro digitales de banda base

**Fasores**

Estándar	Por el estándar 1344 de la IEEE
Rata	20 Mediciones por segundo

**Sincronización**
**Generalidades**

Rastreo	GPS-L1 (1,575.42 Mhz); 8 Canales (rastrea hasta 8 satélites)
Adquisición	Típico, 2 minutos
Precisión	UTC-USNO $\pm 1\mu\text{S}$
Indicación	Vía la interface del sistema y pantalla de estado, opcional, vía cierre de contactos
Fuera de enlace	

**Características de la antena**

Montado	$\frac{3}{4}$ " NPT roscado Montado (1" – 14 tipo marino)
Dimensiones	77.3 dia. X 74.6 mm (3.04" x 2.94")
Peso	100g (3.5 oz)
Conexiones	Tipo F
Cable	15 m (5 pies) incluidos, cables más largos están disponibles como opción

**Salida de sincronización**

Tipo	Uno, IRIG-B000 ó IRIG-B003 por estándar 1344 de la IEEE (demodulada o nivel de transferencia); enchufable, terminal strip de 5 mm con conector, 2 polos
------	---

**Error de base de tiempo**

Enlace GPS	Menos de $1\mu\text{s}$ , cuando se conecta al menos con un satélite
Desenlace	10 ppm, típico, después de estar enlazado por un mínimo de 10 minutos (desenlazado típico < 1 segundo/día)

**Modelo 1133A**  
**Especificaciones**
**Requerimientos de potencia**

Voltaje	85 – 264 Vac, 47 – 63 Hz ó 120 – 275 Vdc, 5 VA, típico
Entrada	Terminal strip con fusible; protector resistivo bajo estándar ANSI C37-90.1

**General**
**Físico**

Tamaño	1RU (430mm W x 44 mm H) para montado en rack o mesa; 260 mm de profundidad desde la superficie de montado. Montado en rack incluido
Peso	2 Kg. (4.5 lbs.), neto 5 Kg. (11 lbs.), peso de embarque

**Condiciones Ambientales**

Temperatura, operación	Estándar: -10 ° a + 50° C
Temperatura, no operación	- 40° a + 85° C
Humedad	No – condensación

**Información para ordenar**
**Power Sentinel™ Unidad de Medición Multifuncional**

<u>Descripción</u>	<u>No. de Orden</u>
(LEDs, pantalla y teclado)	1133A

**Opciones**

RS-485 que reemplaza el puerto RS-232	1133Aopt11
Módem V.34bis que reemplaza al puerto RS-232 (ordenes de hasta 2 de opt11 y opt12)	1133Aopt12

**Accesorios**
**Incluidos**

<u>Descripción</u>	<u>No. de Orden</u>
Manual de operación	PD0026900
Antena GPS	AP0004800
Cable para Antena GPS (15m ó 50 pies)	CA0021315

**Accesorios (continuación)**

Conectores, 5 mm 2 polos (5 cada uno)	CN0019302
Conectores, 5 mm 3 polos (4 cada uno)	CN0019303
Conectores, Entrada de corriente	CN0030006
Conectores, Entrada de voltaje	CNN030004

**Disponible**

<u>Descripción</u>	<u>No. de Orden</u>
Manual de operación extra	PD0026900
30m (100pies) de Cable de antena RG-6	CA0021330
45m (150pies) de Cable de antena RG-6	CA0021345
60m (200pies) de Cable de antena RG-6	CA0021360
75m (250pies) de Cable de antena RG-6	CA0021375
Kit de montaje de antena GPS	AS0044600
Pre amplificador en línea de 21 dB	AS0044700
Kit protector de fuga de GPS	AS0049000
Kit de bloque de tierra	AS0048900



# MEMOBOX 300

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. Existen tres diferentes modelos para cubrir los requerimientos de los usuarios.

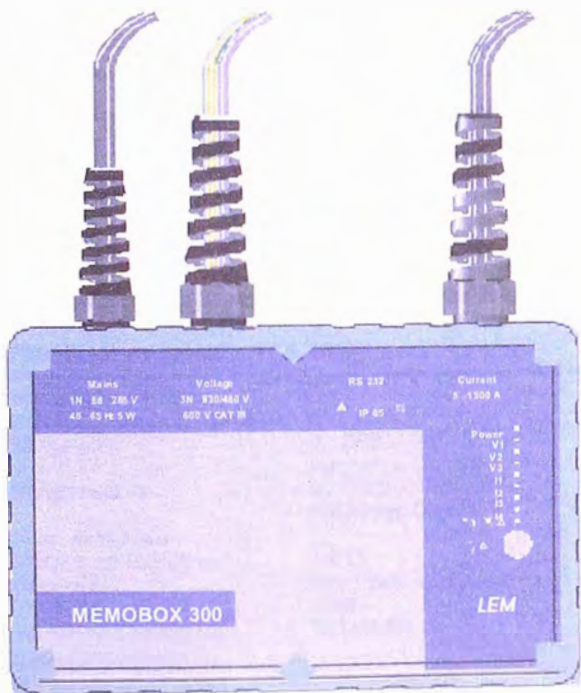
**Tensión monofasica**

**Tensión trifasica**

**Tensión trifasica y Potencia**

### Tabla de funciones de medición

Parámetros medidos	Parámetros disponibles		
	Mono-fasico	Trifasico	Trifasico +Potencia
Voltaje (promedio -, max. y min.)	●	●	●
Corriente L1, L2, L3(promedio -, max)			●
Corriente Neutral (promedio -, max. y min.)			Opción
Evento (Dips, swells, interrupciones)		●	●
Potencia (P,  P , Q, S, promedio-, max. y min.), Factor de potencia PF			●
Potencia trifasica (P,  P , Q, S, promedio-, max. y min.), Power Factor PF			●
Energía			●
Flicker (Pst, Plt)	Opción	Opción	Opción
THD Tensión	Opción	Opción	Opción
THD Corriente			Opción
Frecuencia	Opción	Opción	Opción



## MEMOBOX 300 Tensión trifasica

### Parámetros de medición

**Tensión L1, L2, L3: Fase - Fase o Fase - Neutro**

- Tensión (promedio -, max. y min.)
- THD Tensión
- Flicker Pst, Plt
- Frecuencia
- Eventos (Caídas, Incrementos, Interrupciones)

### Aplicación

**Análisis calidad de producto**

- Registro durante mas de 30 días con intervalos de 15 Min.
- Análisis y registro de la Calidad de Tensión

**Investigación de perturbaciones**

- Investigación de variaciones lentas de Tensión
- Caídas e interrupciones capturando hasta por 0.5 ciclos
- Investigación de armónicas
- Análisis de Flicker

**Optimización de redes**

- Monitoreo de perfiles de carga

## MEMOBOX 300 Tensión trifasica y Potencia

### Parámetros de medición

**Tensión: L1, L2, L3: Fase - Fase o Fase - Neutro**

- Tensión (promedio -, max. y min.)
- THD Tensión (promedio y max.)
- Flicker Pst, Plt
- Eventos (Caídas, Incrementos, Interrupciones)

**Corriente L1, L2, L3 y Neutro**

- Corriente (promedio y max.)
- TDD Corriente

**Potencias**

- Potencia activa P (promedio -, max. y min.)
- Valor absoluto de Potencia activa |P| (promedio -, max. y min.)
- Potencia reactiva Q (promedio -, max. y min.)
- Potencia aparente S (promedio -, max. y min.)
- Factor de Potencia PF, Tangentes
- Energía durante periodo de medición

**Potencia trifasica**

- Potencia trifasica P, |P|, Q, S
- 2- y 3 Watímetros (método conexión Aron)

### Aplicación

**Medición potencia**

- Análisis y registro de perfiles de carga
- Investigación de desequilibrio en carga
- Análisis y registro del Factor de Potencia

**Investigación de Perturbaciones**

- Monitoreo de Caídas Tensión y Interrupciones
- Análisis de Flicker y THD

**Optimización de Redes**

- Medición de corriente con flexible sensor LEM-flex 5 - 1500A
- Análisis de perfil de carga

- Análisis para conectar un nuevo consumidor
- Ajustar un banco de condensador

## MEMOBOX 300 Tensión monofásica

### Parámetros de medición

Todos los parámetros: Fase - Fase o Fase - Neutro

Tensión L1-L2, o L1-Neutro

- Tensión (Promedio -, Max- y Min)
- Eventos ( Interrupción)

### Aplicación

Investigación de calidad de Tensión

- Registro y análisis de variaciones de Tensión
- Monitoreo de interrupciones

## Software CODAM 300

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

Programar el MEMOBOX 300

- Longitud intervalo
- Relación del transformador de medida con corrección del ángulo eléctrico de los sensores de Tensión y Corriente.

Ajustes

- Reloj interno tiempo real

Análisis

- Exportación de data en formato ASCII
- Reporte y tablas Imprimados

Actualizaciones por Software

Calibración digitalizado

Claves para todas las funciones

## Datos técnicos del MEMOBOX 300

### Generalidades

Alimentación

Rango 88 - 265 V AC, 50 Hz / 60 Hz  
Fusible: 125 mA T

De los cables de medición: paralela conexión desde voltaje entrada

Potencia consumida: 16 VA

Entrada de Voltaje

Selección rango voltaje  $U_i$   
Rango para  $Y$ : 0...69/138/277 VAC –  
Autorango Clase 0,1

Rango para  $\Delta$ : 0...120/240/480 VAC –  
Autorango Clase 0,1

Max. admisible  
entrada de voltaje  
Conexión: 1.2  $U_i$   
fase - fase o fase - neutro, 1 resp. 3  
fase,

Impedancia de entrada: >10 MOhm

Entrada de Corriente

Rango versión Potable  
3-fase potencia: LEM-flex 5...1500A  
Rango versión  
montaje permanente 1 ... 5A Corriente nominal, Clase 0,5

Transformador de Corriente

Relación transformador  $\leq 999 \text{ kA} / \leq I_i$   
Selección de la relación: durante programación  
Conexión: 3 Fases encima Neutro  
2 Fases L1 y L3 (Aron)

Medición

Convertidor A/D: 16 Bit  
Frecuencia de muestreo: 10.24 kHz  
Filtro Anti-Aliasing: FIR-filtro,  $t_b = 4,65 \text{ kHz}$   
Intervalos: 1, 5, 10, 15 o 60 Minutos  
Base de Tiempo: resolución: 10 ms,  
desviación: 20  $\mu\text{s/s}$  a 22° C  
Condiciones referencias 22°C +/- 2° C, 230 V / 50 Hz  
sentido de Fase horario

Capacidad de Memoria:

1 MB Flash-Eprom opcional hasta 4MB  
Interfaces: RS 232 (3 conductores)  
Velocidad transmisión: 2400 ... 115 kBaud,  
selección automática, comunicación

Condiciones ambientales

Temperatura de operación: - 10 ... 55° C  
Humedad relativa: 10...100% rel.  
Caja: Caja robusta, compacta en material  
sintético (opcional con protector  
antiimpacto de jebe), IP65  
282 mm x 216 mm x 74 mm  
1,5 kg

Dimensiones:

Peso:

Estándar:

Seguridad: IEC 61010-1  
Voltaje nominal: 600 V AC RMS fase a  
tierra  
Sobre voltaje categoría III  
(5,2kV RMS, 50/60 Hz, 5s),  
Aislamiento doble  
Protección polvo grado 2

EMC:

Emisión: EN 50081-1 comercial  
Inmunidad: EN 50082-2 industrial  
Protección: IEC529: IP65

### Funciones de medición

Periodo

Capacidad de memoria: 3000 x intervalos, p.ej.  
30 días con intervalo 15 min.  
Configuración memoria: lineal/circular

Eventos

Cantidad de eventos: 1000  
Configuración memoria: lineal/circular

Variaciones de Tensión

Precisión: clase 0,1  
Valor de medición promedio: Valor promedio: RMS integrado durante  
el intervalo a través de filtro con tiempo  
respuesta de 45 s.  
Valor Max. por intervalo: Valor RMS no mayor al 95% del  
tiempo.  
Valor Min. por intervalo: Valor RMS mayor al 5% del tiempo.

Caidas y Incrementos (Eventos) como también Interrupciones

Valor limite: programable,  
limite inferior: 0 - 95%  $U_N$   
limite superior: 105 - 120%  $U_N$   
programable en CODAM 300  
Rango admisible: 0 ...  $U_i + 20\%$   
Valor medido: valor RMS 0.5 ciclo  
Precisión: <2% of  $U_i$   
Tiempo de respuesta: 8.3 ms ( \_ período)

**Corriente:**

Precisión:	Clase 0,5 (instrumento para montaje permanente)
Valor medido:	Valor promedio: valor RMS integrado durante el intervalo.
Valor max. por intervalo	Valor RMS durante 95% del periodo monitoreado.

**Función trifásico****Precisión**

Tensión armónica:	acorde a la norma IEC 61000-4-7, Clase B,
$U_M \geq 3 \% U_i$ :	< 5 % del valor medido $U_M$ ,
$(U_M > 20\% U_i$ :	< 1 % de $U_i$
$U_M < 3 \% U_i$ :	< 0.15% de $U_i$
Desviación frecuencia:	< 1% con $U_N$ 230 V de 40 Hz ... 2500 Hz
Selectividad:	Atenuación 50 Hz a $f_n > 60$ dB
Atenuación:	$f_n$ a $f_{n-1}$ resp. $f_n$ a $f_{n+1} > 60$ dB (n = rango armónico)

**Flicker (Opción)**

Valor medido:	Severidad Flicker (Plt/Pst) acorde a IEC 61000-4-15 (antiguamente IEC 868)
Precisión:	< 5% (Rango 0.4 - 4 Pst)

**Frecuencia (Opción)**

Valor medido:	10 min. valor promedio
Rango:	40 ... 70 Hz
Resolución:	0.1 Hz

**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
Precisión:	< 1% Clase 1
Valor medido:	valor RMS integrada sobre el intervalo
Valor Max per intervalo	valor RMS sobre 1s o 1min
Valor Min per intervalo	valor RMS sobre 1s o 1min
Error de fase	< 0.1 Grad

**THD U (Opción)**

$U_M \geq 3 \% U_i$ :	según IEC 61000-4-7, Clase B
$(U_M > 20\% U_i$ :	< 5 % del valor medido $U_M$ ,
$U_M < 3 \% U_i$ :	< 1 % de $U_i$
<b>THD I (Opción)</b>	< 0.15% de $U_i$
$I_M \geq 10 \% I_i$ :	según IEC 61000-4-7, Clase B,
$I_M < 10 \% U_i$ :	< 5 % del valor medido $I_M$ ,
	< 0.5% de $I_i$

**Flicker (Opción)**

Valor medido:	Flicker nivel (Plt/Pst) según IEC 61000-4-15 (antiguamente IEC 868)
Precisión:	< 5% (Rango 0.4 - 4 Pst)

Modificación técnica reservada.