

# COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD



## DESVIACIONES PERMISIBLES EN LAS FORMAS DE ONDA DE TENSIÓN Y CORRIENTE EN EL SUMINISTRO Y CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

ESPECIFICACIÓN  
CFE L0000-45

ENERO 2005  
REVISA Y SUSTITUYE A LA  
EDICIÓN DE ENERO 1995

MÉXICO

Esta **especificación** ha sido elaborada de acuerdo con las Bases Generales para la Normalización en CFE. La propuesta de revisión fue preparada por la **Unidad de Ingeniería Especializada**.

Participaron en la elaboración de la presente **especificación** las áreas siguientes:

**GERENCIA DE LAPEM**

## LUZ Y FUERZA DEL CENTRO

**SUBDIRECCIÓN DE DISTRIBUCIÓN**

**SUBDIRECCIÓN DE GENERACIÓN**

## UNIDAD DE INGENIERÍA ESPECIALIZADA

El presente documento normalizado entra en vigor a partir de la fecha abajo indicada y será actualizado y revisado tomando como base las observaciones que se deriven de la aplicación del mismo. Dichas observaciones deben enviarse a la Gerencia de LAPEM, cuyo Departamento de Normalización y Metrología coordinará la revisión.

Esta **especificación** revisa y sustituye a la edición de enero de 1995, y a todos los documentos normalizados de CFE relacionados con perturbaciones permisibles en las formas de onda de tensión y corriente del suministro de energía eléctrica que se hayan publicado.

**AUTORIZO:**

**JULIÁN ADAME MIRANDA**  
**SUBDIRECTOR TÉCNICO**

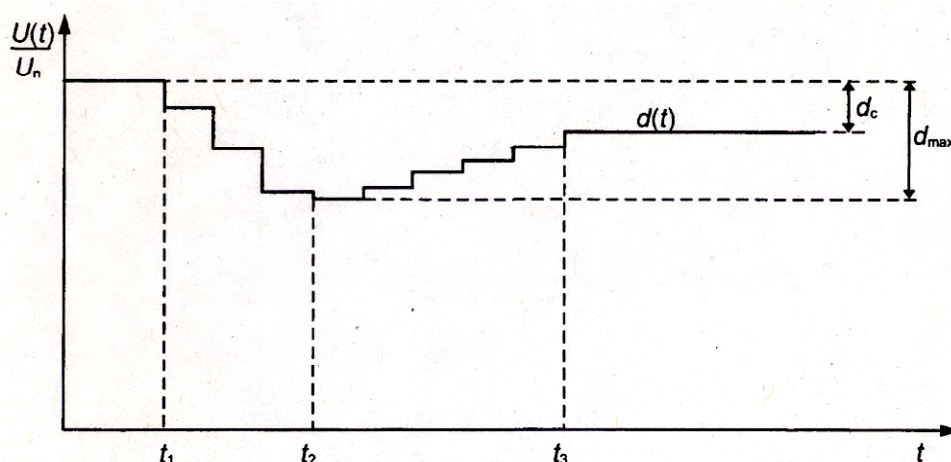
**NOTA: Entra en vigor a partir de:** 050207

|        |     |        |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--------|-----|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 950131 | Rev | 050121 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--------|-----|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|









**FIGURA 1 – Características de los cambios relativos de tensión**

#### 4.9 Armónica

Componente senoidal de una onda periódica no senoidal llamada fundamental, que tiene una frecuencia correspondiente a un número múltiplo entero de la onda de frecuencia fundamental.

#### 4.10 Distorsión Armónica Total de Tensión (DATT)

Se expresa en por ciento y se define por la siguiente ecuación:

$$DATT = 100 \left[ \sum_{h=2}^H \frac{V_h^2}{V_1^2} \right]^{1/2}$$

Donde:  $V_h$  = Componente de la "h" armónica de tensión.  
 $V_1$  = Componente de frecuencia fundamental de tensión.  
 $h$  = Número de armónica, "1" indica la componente de frecuencia fundamental.  
 $H$  = 25 como mínimo.

#### 4.11 Distorsión Armónica Total de Corriente (DATC)

Se expresa en por ciento y se define por la siguiente ecuación:

$$DATC = 100 \left[ \sum_{h=2}^H \frac{I_h^2}{I_1^2} \right]^{1/2}$$

Donde:  $I_h$  = Componente de la "h" armónica de corriente.  
 $H$  = 25 como mínimo.

#### 4.12 Distorsión Armónica Total de Demanda (DATD)

Se expresa en por ciento y se define por la siguiente ecuación:

$$DATD = 100 \left[ \sum_{h=2}^H \frac{I_h^2}{I_L^2} \right]^{1/2}$$

Donde:  $I_L$  = Corriente máxima de carga.  
 $H$  = 25 como mínimo.

#### 4.13 Componente Armónico Individual Máximo de Tensión (CAIMT)

Se expresa en por ciento y se define como:

$$CAIMT = 100 \frac{V_{hm}}{V_1}$$

Donde:  $V_{hm}$  = Componente armónico de mayor amplitud de tensión.  
 $V_1$  = Componente de tensión de frecuencia fundamental.



| Indicador | Límite                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pst       | $\leq 1$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Plt       | $\leq 0,65$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| dt        | $\leq 3,3\%$ Durante el cambio de tensión para más de 500 ms                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| dc        | $\leq 3,3\%$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| dmax      | $\leq 4 \%$ Sin condiciones adicionales.<br>$\leq 6 \%$ Para equipo que es conmutado manualmente o con una frecuencia mayor a 2 veces por día y también con arranque retardado de más de 10 s, o arranque manual después de una interrupción en el suministro de energía.<br>$\leq 7 \%$ Para equipo que es conmutado hasta dos veces al día. |

1.- Pst y Plt no aplica para cambios de tensión por conmutación manual que ocurre una vez cada día y los límites dt, dc y dmax deben aplicarse con las tensiones previas multiplicadas por el factor 1.33.

- 2.- Los límites no aplican a conmutaciones por interrupciones de emergencia.**

## 5.2 Componentes Armónicos

El contenido armónico de la tensión en el punto de acometida para formas de onda periódicas, debe limitarse de tal modo que los factores de distorsión total y de componente armónico individual máximo de la tensión entre fases y de fase a tierra, no exceda los límites establecidos en la tabla 2.

Para lo anterior, los consumidores deben limitar el contenido armónico que generan en la corriente que demandan según su impedancia relativa y su nivel de tensión, de acuerdo a las tablas 3, 4 y 5.

**TABLA 2 - Límites máximos de distorsión armónica total en tensión y de CAIMT en el punto de acometida**

| Tensión<br>kV | Componente<br>armónico<br>individual<br>máximo de<br>tensión<br>(CAIMT)<br>% | Distorsión<br>armónica<br>total de<br>tensión<br>(DATT)<br>% |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Menor de 1    | 6                                                                            | 8                                                            |
| de 1 a 35     | 5                                                                            | 6,5                                                          |
| Mayor de 35   | 2                                                                            | 3                                                            |

| Impedancia<br>relativa<br>(Icc / IL) | Componente armónico individual máximo de<br>corriente, para armónicas impares (CAIMC)<br>% |         |         |         |      | Distorsión<br>armónica total<br>de demanda<br>(DATD)<br>% |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|------|-----------------------------------------------------------|
|                                      | h<11                                                                                       | 11≤h<17 | 17≤h<23 | 23≤h<35 | h≥35 |                                                           |
| (Icc / IL) < 20                      | 4                                                                                          | 2       | 1,5     | 0,6     | 0,3  | 5                                                         |
| 20 ≤ (Icc / IL) < 50                 | 7                                                                                          | 3,5     | 2,5     | 1       | 0,5  | 8                                                         |
| 50 ≤ (Icc / IL) < 100                | 10                                                                                         | 4,5     | 4       | 1,5     | 0,7  | 12                                                        |
| 100 ≤ (Icc / IL) < 1 000             | 12                                                                                         | 5,5     | 5       | 2       | 1    | 15                                                        |
| (Icc / IL) ≥ 1 000                   | 15                                                                                         | 7       | 6       | 2,5     | 1,4  | 20                                                        |

- 1) En el caso de armónicas pares los límites se reducen al 25 % de los correspondientes a armónicas impares.
- 2) Los límites mostrados en la tabla 3 deben ser utilizados como el caso más desfavorable de operación normal. Para arranque de hornos eléctricos de arco, que toman un tiempo máximo de un minuto, se permite exceder los límites de la tabla en 50 %.
- 3) En ningún caso se permiten corrientes de carga con componentes de corriente directa.

**TABLA 4 - Distorsión armónica máxima permitida en corriente para alta tensión (mayor de 69 kV y hasta 161 kV)**

| Impedancia relativa<br>(Icc / IL) | Componente armónico individual máximo de<br>corriente, para armónicas impares (CAIMC)<br>% |         |         |         |      | Distorsión<br>armónica<br>total de<br>demanda<br>(DATD)<br>% |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|------|--------------------------------------------------------------|
|                                   | h<11                                                                                       | 11≤h<17 | 17≤h<23 | 23≤h<35 | 35≤h |                                                              |
| (Icc /IL) < 20                    | 2                                                                                          | 1       | 0,75    | 0,3     | 0,15 | 2,5                                                          |
| 20 ≤ (Icc /IL) < 50               | 3,5                                                                                        | 1,75    | 1,25    | 0,5     | 0,25 | 4                                                            |
| 50 ≤ (Icc /IL) < 100              | 5                                                                                          | 2,25    | 2       | 0,75    | 0,35 | 6                                                            |
| 100 ≤ (Icc /IL) < 1000            | 6                                                                                          | 2,75    | 2,5     | 1       | 0,5  | 7,5                                                          |
| (Icc /IL) ≥ 1000                  | 7.5                                                                                        | 3.5     | 3       | 1.25    | 0.7  | 10                                                           |

- 1) En el caso de armónicas pares los límites se reducen al 25 % de los correspondientes a armónicas impares.
- 2) Los límites mostrados en la tabla 4 deben ser utilizados como el caso más desfavorable de operación normal. Para arranque de hornos eléctricos de arco, que toman un tiempo máximo de un minuto, se permite exceder los límites de la tabla en 50 %.
- 3) En ningún caso se permiten corrientes de carga con componentes de corriente directa.

| Impedancia<br>relativa<br>(Icc / IL) | Componente armónico individual máximo de corriente,<br>para armónicas impares (CAIMC)<br>% |         |         |         |      | Distorsión<br>armónica<br>total de<br>demanda<br>(DATD)<br>% |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|------|--------------------------------------------------------------|
|                                      | h<11                                                                                       | 11≤h<17 | 17≤h<23 | 23≤h<35 | 35≤h |                                                              |
| (Icc / IL) < 50                      | 2                                                                                          | 1       | 0,75    | 0,3     | 0,15 | 2,5                                                          |
| (Icc / IL) ≥ 50                      | 3                                                                                          | 1.5     | 1.15    | 0.45    | 0.22 | 3.75                                                         |

**NOTAS:**

- 1) En el caso de armónicas pares, los límites se reducen al 25 % de los correspondientes a armónicas impares.
- 2) Los límites mostrados en la tabla 5 deben ser utilizados como el caso más desfavorable de operación normal. Para arranque de hornos eléctricos de arco, que toman un tiempo máximo de un minuto, se permite exceder los límites de la tabla en 50 %.
- 3) En ningún caso se permiten corrientes de carga con componentes de corriente directa.

### 5.3 Microcortes

Las perturbaciones más importantes son las producidas por pulsos de conmutación del equipo electrónico de potencia, cuya área de conmutación debe limitarse a 50 pu- $\mu$ s y referida a un pulso y no a la totalidad de pulsos en un ciclo de 60 Hz. La profundidad máxima del pulso debe ser del 20 %, referida al valor instantáneo que tendría la tensión de 60 Hz en el punto medio del pulso.

- desbalance de corriente de la demanda,

- asimetrías en la red de suministro: líneas de transmisión no transpuestas, cargas monofásicas no balanceadas en las tres fases, entre otras.

El límite para el desbalance de tensión y corriente tanto de secuencia negativa como de secuencia cero, en estado estacionario en un lapso de 10 minutos o mas, es como se muestra en la tabla 6 y 7 respectivamente.

## 5.4 Desbalance de Tensión

Esta perturbación se presenta en suministros trifásicos. El desbalance de tensión afecta principalmente a la maquinaria eléctrica rotatoria con calentamiento y vibración adicional a la condición normal. El desbalance de tensión puede tener como origen:

**TABLA 6 - Desbalance máximo permitido en la tensión en el punto de acometida**

| Tensión<br>kV      | Desbalance<br>% |
|--------------------|-----------------|
| Menor de 1         | 3               |
| Mayor o igual de 1 | 2               |

**TABLA 7 - Desbalance máximo permitido en la corriente en el punto de acometida**

| Impedancia<br>relativa<br>(Icc / IL) | Desbalance<br>% |                 |               |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|---------------|
|                                      | Menor a 1 kV    | De 1 kV a 35 kV | Mayor a 35 kV |
| (Icc / IL) < 20                      | 5               | 2,5             | 2,5           |
| 20 ≤ (Icc / IL) < 50                 | 8               | 4               | 3             |
| 50 ≤ (Icc / IL) < 100                | 12              | 6               | 3,75          |
| 100 ≤ (Icc / IL) < 1000              | 15              | 7,5             | 4             |
| (Icc / IL) ≥ 1 000                   | 20              | 10              | 5             |

## 6 CONTROL DE CALIDAD

La empresa de suministro debe verificar la calidad de la tensión en el punto de acometida, identificar el origen de las desviaciones en exceso de lo especificado y tomar las acciones necesarias para que dichas perturbaciones se mantengan por abajo de los límites aquí establecidos.

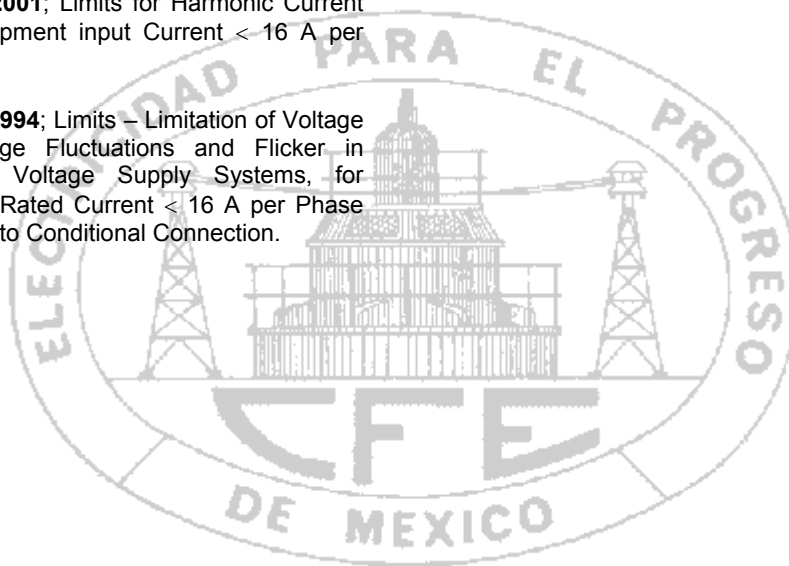
Es responsabilidad de los consumidores mantener las desviaciones por ellos originadas, dentro de los límites aquí establecidos.

La verificación de la calidad de la tensión y la corriente se debe realizar para los cuatro tipos de desviación, de acuerdo con los procedimientos establecidos en los apéndices A, B, C y D.

- [3] **IEC 61000-3-6-1996**; Limits – Section 6:  
Assessment of Emission Limits for Distorting  
Loads in MV and HV Power Systems – Basic EMC  
Publication.
- [4] **IEC 61000-3-7-1996**; Limits – Section 7:  
Assessment of Emission Limits for Fluctuating  
Loads in MV and HV Power Systems – Basic EMC  
Publication.
- [5] **IEEE-518- 1982**; Guide for the Installation of  
Electrical Equipment to Minimize Electrical Noise  
Input to Controllers from External Source.
- [6] **IEEE-519-1992**; IEEE Recommended Practices  
and Requirements for Harmonic Control in  
Electrical Power Systems.

## 7 BIBLIOGRAFÍA

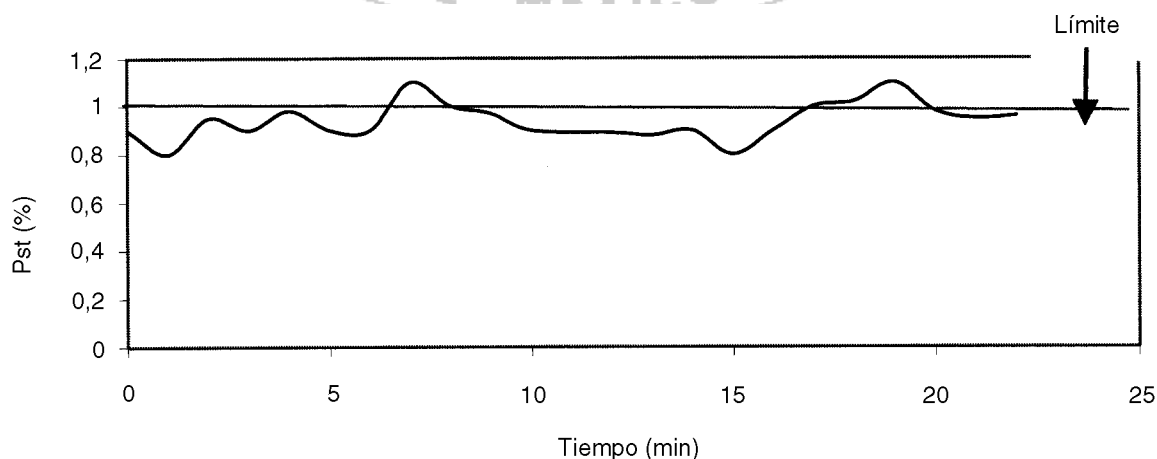
- [1] **IEC 61000-3-2-2001**; Limits for Harmonic Current Emissions (Equipment input Current < 16 A per Phase).
- [2] **IEC 61000-3-3-1994**; Limits – Limitation of Voltage Changes, Voltage Fluctuations and Flicker in Public Low – Voltage Supply Systems, for Equipment with Rated Current < 16 A per Phase and Not Subject to Conditional Connection.





### FORMATO A.1 - Informe de variaciones de tensión

Instalación: \_\_\_\_\_ Punto medido: \_\_\_\_\_  
 V<sub>n</sub> \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_ Tiempo de medición: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ Fecha de terminación \_\_\_\_\_  
 Probo: \_\_\_\_\_  
 Superviso: \_\_\_\_\_  
 Observaciones: \_\_\_\_\_

[illegible]

**FIGURA A.1 - Variaciones del indicador de variación de tensión de corto tiempo (Pst)**

**NOTA:** Esta grafica se puede realizar para cada indicador (Pst, Plt, dc, dmax y dt).

#### A.4 PERÍODO MÍNIMO DE MONITOREO

El periodo mínimo de monitoreo es de una semana.

|        |     |        |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--------|-----|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 950131 | Rev | 050121 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--------|-----|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|

## B.1 INTRODUCCIÓN

## B.2 REQUERIMIENTOS DEL EQUIPO DE MEDICIÓN

### B.2.1 Instrumento de Medición y Registro

### B.2.1.1 Generalidades

Se recomienda que el equipo pueda medir simultáneamente tres señales de tensión y cuatro de corriente.

Los canales de medición de corriente deben contar con un medio para medir corrientes de 5 A.

El equipo debe de contar con un medio de almacenamiento de datos para su procesamiento posterior.

### B.2.1.2 Exactitud

La incertidumbre del valor medido en estado estable de una componente armónica debe ser menor o igual del 5 % de los límites permisibles. En el caso de corrientes donde el límite de 5 % sea menor a 15 mA, se toma este último valor.

### B.2.1.3 Medio ambiente

El instrumento debe operar entre 5 °C y 40 °C, con una humedad relativa comprendida entre 20 % y 80 %, sin condensación.

#### B.2.1.4 Selectividad

La selectividad del instrumento sintonizado a 60 Hz debe estar representada por una atenuación de las frecuencias inyectadas, cuyos valores mínimos se indican en la tabla B.1.

**TABLA B.1 - Atenuación mínima requerida (dB)**

| Frecuencia<br>inyectada<br>(Hz) | Instrumento en<br>dominio de la<br>frecuencia | Instrumento en<br>dominio del<br>tiempo |
|---------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------|
| $\leq 30$                       | 50                                            | 60                                      |
| 60                              | 0                                             | 0                                       |
| 120 a 720                       | 30                                            | 50                                      |
| 720 a 1 200                     | 20                                            | 40                                      |
| 1 200 a 2 400                   | 15                                            | 35                                      |









**C.4 FORMATO PARA INFORME DE MICROCORTESES**

Las mediciones se deben registrar en un formato similar al identificado como C.1

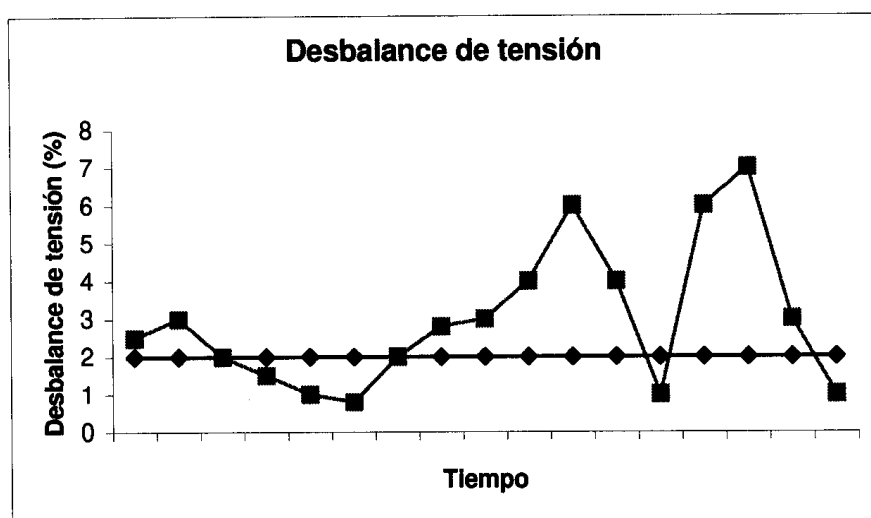
**FORMATO C.1 - Informe de microcortes**

| Instalación: _____ Punto medido: _____ $V_n$ _____<br>Fecha: _____ hora: _____ Probador _____<br>Observaciones: _____ |      |            |           |                  |                      |           |               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------------|-----------|------------------|----------------------|-----------|---------------|
| Fase                                                                                                                  | Med. | V60<br>(V) | Vp<br>(V) | tp<br>( $\mu$ s) | Ap<br>(pu * $\mu$ s) | Pp<br>(%) | Observaciones |
| A                                                                                                                     | 1    |            |           |                  |                      |           |               |
|                                                                                                                       | 2    |            |           |                  |                      |           |               |
|                                                                                                                       | 3    |            |           |                  |                      |           |               |
|                                                                                                                       | 4    |            |           |                  |                      |           |               |
|                                                                                                                       | 5    |            |           |                  |                      |           |               |
|                                                                                                                       | Prom |            |           |                  |                      |           |               |
|                                                                                                                       | DSTD |            |           |                  |                      |           |               |
| B                                                                                                                     | 1    |            |           |                  |                      |           |               |
|                                                                                                                       | 2    |            |           |                  |                      |           |               |
|                                                                                                                       | 3    |            |           |                  |                      |           |               |
|                                                                                                                       | 4    |            |           |                  |                      |           |               |
|                                                                                                                       | 5    |            |           |                  |                      |           |               |
|                                                                                                                       | Prom |            |           |                  |                      |           |               |
|                                                                                                                       | DSTD |            |           |                  |                      |           |               |
| C                                                                                                                     | 1    |            |           |                  |                      |           |               |
|                                                                                                                       | 2    |            |           |                  |                      |           |               |
|                                                                                                                       | 3    |            |           |                  |                      |           |               |
|                                                                                                                       | 4    |            |           |                  |                      |           |               |
|                                                                                                                       | 5    |            |           |                  |                      |           |               |
|                                                                                                                       | Prom |            |           |                  |                      |           |               |
|                                                                                                                       | DSTD |            |           |                  |                      |           |               |

**NOTA:** Prom - Se refiere al valor promedio de las 5 mediciones.  
 DSTD - Se refiere a la desviación estándar (n - 1) de las 5 mediciones.

Finalmente, se debe procurar acompañar la tabla anterior con imágenes representativas o gráficas de las ondas correspondientes.





**FIGURA D.1 - Desbalance de tensión**