



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.

ÁREA DE ENERGÍA, INDUSTRIAS Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

## TESIS

**“Implementación de un método para Desarrollar Auditorias Electroenergéticas con relación a la CALIDAD DE ENERGÍA. Caso Práctico: sistema eléctrico en la maquinaria del Centro de la Madera, de la Universidad Nacional de Loja”**

Previa a la obtención de grado de Ingeniero Eñectromecanico

**AUTORES:** Rodrigo Guamán Carrión.

Eduardo Gonzalo Reyes Q.

Silverio Viracucha

Milton Benítez Quezada.

**DIRECTOR:** Ing. Norman Jiménez

**ASESORES:**

LOJA-ECUADOR

2005 – 2006.

# I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

---

## 1.1 Tema.

“Implementación de un método para Desarrollar Auditorías Electroenergéticas con relación a la Calidad de Energía. Caso práctico: sistema eléctrico en la maquinaria del Centro de la Madera, de la Universidad Nacional de Loja”

---

## 1.2 Situación Problemática.

### 1.2.1 Antecedentes.

La Organización Latinoamericana de Desarrollo (OLADE) y la Comisión de las Comunidades Europeas (CCE), en el marco de los convenios referentes al Programa de Integración Energética Regional en América Latina (PIER), tomaron la decisión de desarrollar en 1992 el Proyecto "Manejo de la Demanda y Uso Racional de Energía Eléctrica; proponiéndose así, promover un uso económico de la inversión para satisfacer el aumento de la oferta eléctrica, logrando mejorar la situación económica y financiera de las empresas eléctricas, mediante la reducción de costos operativos y el incremento de los ingresos netos, llegando a desarrollar capacidades nacionales y regionales de ingeniería en el tema, sin dejar de lado concienciar a los usuarios sobre la conveniencia del uso racional de energía tanto para el país como para ellos.

Desde 1983 se han llevado a cabo una serie de estudios y programas tendientes a determinar el potencial de ahorro de los distintos parámetros energéticos y sentar las bases para el desarrollo de programas de administración de la demanda de energía.

Los resultados obtenidos llevaron a la necesidad de establecer un programa de uso eficiente de la energía; de esta manera, en febrero de 1992 se efectuó una consultoría financiada por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) con la cual se le dio apoyo a la idea del programa.

Esos mecanismos se basan en tres postulados: la obligación de ejecutar proyectos de uso racional de la energía en empresas de alto consumo, el control sobre los equipos y las instalaciones que, por su uso generalizado, incidan en la demanda energética y el establecimiento de un sistema de plaqueo que informe a los usuarios de su consumo energético.

Sus áreas de acción son: Información, Mejoramiento de la eficiencia de equipos e instalaciones, Legislación, Coordinación intersectorial, Sustitución y manejo de la demanda, Conservación de energía en el sector.

La energía eléctrica constituye un insumo estratégico que asegura el progreso económico del país y un nivel adecuado en la calidad de vida de sus habitantes. Al igual que en el resto de los países de América, hay limitaciones financieras que en estos momentos enfrenta el sector eléctrico del Ecuador, para cubrir los incrementos en la demanda de energía eléctrica mediante el aumento de su capacidad instalada. Debido a esto, las empresas de distribución nacionales han sentido la necesidad de

incorporar en sus estrategias, el concepto de Conservación de Energía que incluye aspectos como: Manejo de la Demanda y Uso Racional de la Energía Eléctrica.

Bajo esta situación, el CONELEC dirige sus esfuerzos y plantea estrategias que buscan la solución del problema de escasez de recursos internos y la dificultad de obtener fuentes de financiamiento externas para llevar a cabo nuevos proyectos de inversión que permitan satisfacer la demanda de la electricidad.

De ahí su interés en formar parte de una acción conjunta a nivel nacional y regional, cuyo fin es brindar soluciones globales a través del intercambio de conceptos, de tecnología eficiente y experiencias de implementación de acciones en conservación de energía.

En el caso muy particular de la distribuidora local de energía como es la Empresa Eléctrica Regional del Sur que tiene un aparataje deficiente para el control de calidad de energía eléctrica al usuario final, realizando pruebas y mediciones con un analizador conocido como Topaz, pero a su vez se esta implementando un departamento que se especializa y se tecnifica en auditoria de calidad de energía, incluso en el cual se permitirá el desarrollo de proyectos a nivel de grados y postgrados, con lo cual se llegaría a desarrollar capacidades regionales y locales de ingeniería en el tema.

---

### 1.2.2 Planteamiento de la problemática.

En el Ecuador la Ley de Defensa del Consumidor, ampara al consumidor final de energía eléctrica a ser provisto de un producto de cantidad, calidad y precio justo, la misma que se encuentra normado por el CONELEC, pero al presentarse un impase con el proveedor de energía eléctrica, nos encontramos con la gran deficiencia que no existe en nuestro medio una entidad o persona calificada con la instrumentación adecuada para que realice un peritaje o auditoria de calidad en energía eléctrica

La auditoria, deberá ser un programa desarrollado para controlar la calidad de la energía que entrega el proveedor a su usuario, en nuestro caso la EERSSA con su área de concesión. Y a la vez la UNL con la AEIRNNR deberá ser una de las pioneras, tomando acciones primordiales en la creación, conformación y vinculación de un equipo encargado del control de calidad de energía con la colectividad y con la carrera.

Sin embargo, el proceso de generación de auditorías electroenergéticas se encuentra poco difundido a nivel nacional, de tal manera que la aplicación de este principio técnico de control y prevención, tiene su génesis en la necesidad de vincular a la prestación de servicios en el área de la generación y distribución eléctrica con los estándares de calidad fijados a nivel internacional.

La auditoría electroenergética, debe ser un programa integral desarrollado para controlar la calidad de la energía que entrega el proveedor al usuario, en nuestro caso la EERSSA con su área de concesión.

Al recabar información sobre esta importante premisa, para aplicarlo en el Centro de la Madera pudimos constatar que:

La EERSSA ejecuta algunos proyectos de uso racional de energía como por ejemplo el cambio de luminarias de vapor de sodio de 70W por luminarias de vapor de mercurio de 125W, con grandes ventajas técnicas como económicas. Sin embargo, ha habido el intento de insertar programas en el sector residencial mediante lámparas fluorescentes compactas en sustitución de lámparas incandescentes, sin lograr el objetivo por varias razones.

En la actualidad la EERSSA no dispone de un sistema de auditoría o control de los procesos electroenergéticos, lo que se realiza es una estimación de las pérdidas de energía en cada una de las etapas del sistema eléctrico de potencia, lo que permite evaluar con un determinado grado de confiabilidad las pérdidas no técnicas.

Se ha realizado un levantamiento de los datos de placa de los generadores de las centrales y transformadores de potencia de las subestaciones, así como también de ciertos equipos de esas mismas centrales y subestaciones. Falta tener mayor información de los transformadores de distribución y otros equipos.

La EERSSA no realiza el control de instalaciones internas porque no le corresponde según la legislación vigente, sin embargo realiza inspecciones sobre transformadores particulares, recomendando el mantenimiento correspondiente.

Según las pocas mediciones y tomas de lectura que se han realizado sobre la calidad de servicio eléctrico se determina que el mayor problema que se presenta en las redes de distribución es lo concerniente a las variaciones de voltaje y las frecuencias de interrupción.

La principal perturbación de los clientes de la EERSSA que afectan a sus electrodomésticos es la elevación o baja de voltaje como producto de las fallas en los sistemas de distribución: quema de uno o más fusibles de los transformadores

trifásicos o bancos, interrupción del neutro, falla de los contactos del neutro o de la puesta a tierra, etc.

La EERSSA no dispone de un departamento especializado en auditorías electroenergéticas, las actividades no están centralizadas ni directamente asignadas a unidad administrativa alguna.

ENUNCIADO DE LA SITUACION PROBLEMÁTICA: Atendiendo a lo anteriormente expuesto podemos resumir que en nuestro medio no existe departamento alguno especializado en realizar auditorías electroenergéticas en Calidad de Energía y en el área de energía no hay laboratorio para realizar este tipo de actividades.

---

### 1.3 Problema de Investigación.

**“Limitado desarrollo de proyectos de investigación en Auditorías Electroenergéticas en Calidad de Energía de la Carrera de Ingeniería Electromecánica del AEIRNNR, lo que incide en la necesidad del medio y en la vinculación de la carrera”**

---

### **1.3.1 Delimitación.**

Supervisión y Control de parámetros eléctricos del Centro de la Madera en la Universidad Nacional de Loja

---

#### **1.3.1.1 Espacio.**

El muestreo y toma de datos se realizara en horas laborables y a plena producción del Centro de la Madera, ubicada en la Ciudadela Universitaria Guillermo Falconí Espinosa de la Universidad Nacional de Loja, sector la Argelia.

---

#### **1.3.1.2 Tiempo.**

El tiempo para realizar la investigación se lo estima entre 45 y 60 días calendario, comprendidos entre los meses de Febrero y Marzo del presente año.

---

#### **1.3.1.3 Unidades de Observación.**

- Observación visual del centro de transformación media tensión/baja tensión.
- Tablero de Carga principal.
- Tableros de Carga secundarios.

- Motores eléctricos de accionamiento de máquinas principales.
  - Medición de parámetros eléctricos del Centro de la Madera.
- 

#### 1.3.1.4 Problemas.

- La inexistencia de equipos y métodos para realizar Auditorías Electroenergéticas, lo que limita los proyectos de investigación en la carrera.
  - No existe en nuestro medio regional ni nacional una normativa sobre métodos, procedimientos y equipos para la realización de auditorías electroenergéticas.
  - Ausencia de una metodología específica que permita el desarrollo de Auditorías Electroenergéticas en Calidad e Energía Eléctrica.
  - Limitadas experiencias en la Carrera sobre Auditorías Electroenergéticas en Calidad e Energía.
  - Al no existir equipos especializados para monitoreo eléctrico en el laboratorio, no se realiza ningún tipo de prácticas en Calidad de Energía Eléctrica.
  - Falta de difusión a lo interno y externo de los trabajos de investigación en Calidad de Energía.
-

## 1.4 Justificación y viabilidad.

### 1.4.1 Justificación.

- El estudio de la Calidad de la Energía Eléctrica en los sistemas de Distribución es de vital importancia debido a la necesidad imperiosa, por parte de los consumidores, de contar con una energía libre de efectos que la contaminen, ya que el uso de cargas inductivas y de sistemas e instrumentos electrónicos tanto en las industrias como en los lugares de trabajo y en los hogares se ha masificado, siendo estos muy sensibles a las variaciones de tensión producidas en el sistema.
- Además, la mayor fuente de consumo en el Centro de la Madera son las cargas inductivas (motores), que nos generan perturbaciones de índole reactivo y debido a los armónicos existentes en el sistema se pueden producir dos deformaciones en la forma de onda de tensión provocando sobretensiones o sobrecargas que afectan al usuario final y a la misma empresa eléctrica distribuidora.
- Es por tanto necesario que la AEIRNNR pueda contar con un estudio en el cual se pueda determinar los rangos en los cuales se están manifestando una serie de fenómenos; entre los que podemos mencionar tanto el fenómeno de Flicker como el nivel de Armónicos en su centro de carga, así como conocer las causas de dichos efectos y sus posibles soluciones a corto plazo, de tal forma que esta pueda exigir a su proveedor un suministro eléctrico continuo, adecuado, confiable y oportuno.

- Por otra parte, el desarrollo de este proyecto es muy importante para nosotros como estudiantes y futuros profesionales de tal manera que logremos afianzar todos los conocimientos obtenidos en las aulas, además de constituir un aliciente muy grande para nosotros el poder aportar con nuestro esfuerzo para que la AEIRNNR posea la información necesaria para que pueda exigir una energía eléctrica de excelente calidad, la cual se encuentre dentro de los parámetros técnicos del CONELEC.
- 

#### 1.4.2 Viabilidad.

Como es de conocimiento generalizado, la deficiencia en el servicio de fluido eléctrico, fundamentalmente en la calidad del producto y la no existencia de un ente neutral que preste el servicio de análisis de calidad eléctrica basadas en las regulaciones del CONELEC, como la 004/01 CALIDAD DEL SERVICIO ELECTRICO DE DISTRIBUCION, a mas de los conocimientos técnicos pedagógicos adquiridos en el AEIRNNR; podemos aseverar que el proyecto de investigación se considera viable.

---

## 1.5 Objetivos de la Investigación.

### 1.5.1 General.

---

Viabilizar un proceso de Auditorías Electroenergéticas por medio de la aplicación de la metodología de análisis en Calidad de Energía Eléctrica en la Carrera de Ingeniería Electromecánica. Caso práctico: Centro de la Madera, de la Universidad Nacional de Loja.

---

### 1.5.2 Específicos.

- Sistematizar información sobre métodos para el desarrollo de Auditorías Electroenergéticas en Calidad de Energía.
  - Desarrollar una metodología eficiente para realizar Auditorías Electroenergéticas en Calidad de Energía Eléctrica.
  - Implementar la metodología analizada para la ejecución de la Auditoría Eléctrica. Caso práctico: El sistema eléctrico en la maquinaria del Centro de la Madera, de la U.N.L.
  - Elaborar guías de laboratorio para la realización de prácticas de medición e instrumentación en Calidad de Energía Eléctrica.
  - Socializar el proyecto a lo interno y externo de la Universidad Nacional de Loja.
-

## II MARCO TEÓRICO.

---

### 2.1 Alternativa teórica

#### CAPÍTULO I.

##### TIPOS DE PERTURBACIONES ELECTRICAS

#### 1.1 Generalidades

#### 1.2 Armónicos e Interarmónicos

##### 1.2.1. ¿Qué son los Armónicos?

##### 1.2.2. ¿Qué son los Interarmónicos?

##### 1.2.3. ¿Cuáles son las causas de las Armónicas?

##### 1.2.4. Las Armónicas de Corriente y Tensión

##### 1.2.5 Las Corrientes Armónicas que afectan a Fuente de Alimentación

##### 1.2.6. Ejemplos

##### 1.2.7. Efectos

#### 1.3 ¿Cómo Enfrentar los Problemas?

##### 1.3.1. Conductores

###### 1.3.1.1 Solución

##### 1.3.2. Conductor Neutro

###### 1.3.2.1 Solución

##### 1.3.3. Condensadores

###### 1.3.3.1 Solución

##### 1.3.4. Transformadores

#### 1.3.4.1. Solución

#### 1.3.5. Otras recomendaciones para reducir las Armónicas

### 1.4. El Problema de la Calidad de Energía Ocasionado por las Armónicas

#### 1.4.1. Tipos de Filtros de Armónicas

#### 1.4.2. Comparación de Filtros

### 1.5. Factor de Potencia

#### 1.5.1. ¿Qué es el Factor de Potencia?

#### 1.5.2. ¿Por qué existe un bajo Factor de Potencia?

#### 1.5.3. ¿Por qué resulta dañino y caro mantener un bajo Factor de Potencia?

#### 1.5.4. ¿Cómo puedo mejorar el Factor de Potencia?

#### 1.5.5. ¿Cómo determinar la cantidad de Condensadores necesarios?

#### 1.5.6. ¿Dónde instalar los Capacitores?

### 1.6. Equipos Eléctricos para Verificación de Instalaciones

### 1.7. Flickers

#### 1.7.1. Flickering (Parpadeo)

#### 1.7.2. Procedimiento Mediciones del Flicker

##### 1.7.2.1. Mediciones y Registro

## CAPÍTULO II

### DIAGNÓSTICO DE LAS PERTURBACIONES ELECTRICAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL EQUIPO FLUKE 434

- 2.1. Funciones del Fluke 433/434
  - 2.1.1. Introducción
  - 2.1.2. Medidas de propósito general
  - 2.1.3. Modos de medida para examinar en detalle
- 2.2. Osciloscopio y diagrama fasorial
  - 2.2.1. Introducción
  - 2.2.2. Osciloscopio
  - 2.2.3. Diagrama fasorial
- 2.3 Voltios/Amperios/Hz
  - 2.3.1. Introducción
  - 2.3.2. Tabla
  - 2.3.3. Tendencia
  - 2.3.4. Sugerencias
- 2.4 Fluctuaciones
  - 2.4.1 Introducción
  - 2.4.2 Tendencia
  - 2.4.3 Tablas de eventos
  - 2.4.4 Sugerencias
- 2.5 Armónicos
  - 2.5.1 Introducción

- 2.5.2 Pantalla de gráfico de barras
- 2.5.3 Tabla
- 2.5.4 Tendencia
- 2.5.5 Sugerencias
- 2.6 Potencia y energía
  - 2.6.1 Introducción
  - 2.6.2 Tabla
  - 2.6.3 Tendencia
  - 2.6.4 Sugerencias
- 2.7 Parpadeo (Flicker) de tensión
  - 2.7.1 Introducción
  - 2.7.2 Tabla
  - 2.7.3 Tendencia
  - 2.7.4 Sugerencias
- 2.8. Desequilibrio
  - 2.8.1 Introducción
  - 2.8.2 Tabla
  - 2.8.3 Tendencia
  - 2.8.4 Diagrama fasorial
  - 2.8.5 Sugerencias
- 2.9. Transitorios
  - 2.9.1 Introducción
  - 2.9.2 Presentación de forma de onda
  - 2.9.3 Sugerencias

- 2.10. Corrientes de Arranque
  - 2.10.1. Introducción
  - 2.10.2. Pantalla de tendencias de la Corriente de Arranque
  - 2.10.3. Sugerencias
- 2.11. Supervisión de la Calidad Eléctrica
  - 2.11.1. Introducción
  - 2.11.2. Pantalla principal de Calidad Eléctrica
  - 2.11.3. Tabla de Eventos
  - 2.11.4. Pantalla de Tendencias
  - 2.11.5. Pantalla de Gráfico de Barras

### CAPITULO III

#### EL CONTROL DE CALIDAD EN UN SISTEMA ELECTROENERGÉTICO

- 3.1. Concepto de Calidad
  - 3.1.1. Calidad de las Empresas de Servicio
- 3.2. Calidad y su evolución
  - 3.2.1. Evolución de Concepto de Calidad
    - 3.2.1.1. Control de Calidad
    - 3.2.1.2. Gestión de Calidad
    - 3.2.1.3. Calidad Total (Excelencia)
- 3.3. Principios de la Calidad Total-Excelencia
- 3.4. Modelos de Gestión de Calidad Total-Excelencia
- 3.5. Metodologías de Calidad Total y su relación con el modelo EFQM

- 3.6. Sistemas de Gestión de la calidad**
  - 3.6.1 Principio de la Gestión de Calidad**
    - 3.6.1.1 Objeto y campo de aplicación**
  - 3.6.2. Base racional para los sistemas de gestión de calidad**
  - 3.6.3. Enfoque de sistemas de gestión de calidad**
  - 3.6.4. Política de la calidad y objetivos de la calidad**
  - 3.6.5. Evaluación del sistema de gestión de calidad**
  - 3.6.6. Sistemas de gestión de calidad y de otros sistemas de gestión**
- 3.7. Términos y definiciones**
  - 3.7.1. Términos relativos a la calidad**
    - 3.7.1.1. Calidad**
    - 3.7.1.2. Requisito**
    - 3.7.1.3. Clase**
    - 3.7.1.4. Satisfacciones del cliente**
  - 3.7.2. Términos relativos a la gestión**
    - 3.7.2.1. Sistema**
    - 3.7.2.2. Sistema de gestión**
    - 3.7.2.3. Sistemas de gestión de calidad**
    - 3.7.2.4. Objetivo de la Calidad**
    - 3.7.2.5. Gestiones de la Calidad**
    - 3.7.2.6. Controles de la Calidad**
  - 3.7.3. Términos relativos a la auditoría**
    - 3.7.3.1. Auditorías**
    - 3.7.3.2. Programa de la Auditoría**



## CAPITULO IV

### EL PROCESO DE LA AUDITORÍA ELECTROENERGÉTICA

- 4.1 ¿Qué es una auditoría?
- 4.2 Modelo general de la Auditoría
- 4.3 Definición de Auditoría
- 4.4 Principios de la Gestión
- 4.5 Reglas fundamentales para la realización de una Auditoría
- 4.6 La Administración de Energía dentro de la Empresa
- 4.7 Programa de Ahorro de Energía
- 4.8 Diagnostico Energético
  - 4.8.1 Objetivo del Diagnóstico Energético
  - 4.8.2 PERSONAL
  - 4.8.3 Pasos a seguir para realizar un Diagnóstico Energético
- 4.9 El informe del Diagnóstico Energético
  - 4.9.1 Resumen del Informe

## CAPITULO V

### APLICACIÓN DE LA AUDITORÍA ELECTROENERGÉTICA,

- 5.1 En el Centro de la Madera UNL

## 2.2 Declaración teórica

---

### CAPÍTULO I

#### TIPOS DE PERTURBACIONES ELECTRICAS

##### 1.1 Generalidades

¿Alguna vez ha sido testigo de la presencia de distorsión armónica, cortes en el suministro de electricidad, oscilaciones de la tensión, caídas y picos de tensión y fenómenos transitorios?

Éstas son algunas de las manifestaciones de una mala Calidad de la Energía Eléctrica que se recibe y que originan molestias a los usuarios, disminución de la vida útil de los equipos e incrementos de los costos de producción industriales.

La calidad de la energía es un concepto que preocupa cada vez más a las empresas. Cualquier problema en la potencia eléctrica puesto de manifiesto en desviaciones de los valores de frecuencia, corriente o voltaje que provoquen fallos, roturas o mala operación en los equipos del cliente ya sea una planta industrial o un edificio se encuentra altamente relacionado con este concepto. A continuación haremos un repaso de los principales eventos que pueden provocar problemas como los mencionados anteriormente. Cabe resaltar que un equipo capaz de medir estos eventos es fundamental en cualquier empresa que quiera tener control sobre la calidad de la energía en su planta.

El mercado de la energía eléctrica, una de las materias primas más importantes de gran parte de nuestras industrias, está inmerso en una etapa de profundo cambio motivado por el proceso de liberalización.

Ello permitirá aprovechar esta coyuntura para negociar mejoras en los contratos de suministro eléctrico debido a la mayor oferta disponible, con la consiguiente reducción de coste que esto puede aportar. Pero el proceso de liberalización puede tener efectos no deseados en el suministro de esta materia prima vital para nuestros procesos de producción.

La red eléctrica es un sistema común en el que interactúan grandes centros de generación, redes de distribución, consumidores, pequeños generadores distribuidos y en el que todos están expuestos a infinidad de factores perturbadores. Estas perturbaciones se pueden transmitir a través de la red a grandes distancias.

Esta gran red va a conocer cambios en su actual estructura, además del número de actores que intervienen, se van a ir incorporando sistemas distribuidos de generación (eólica, cogeneración, solar). Todo ello añade un punto más de preocupación sobre la calidad de la energía eléctrica que vamos a obtener.

Los procesos industriales en la actualidad se han modernizado buscando aumentar la eficiencia productiva y han incorporado tecnologías avanzadas en sus sistemas de fabricación basadas en sistemas electrónicos tanto en los equipos de control como en los de potencia. Todos estos dispositivos requieren unos niveles de calidad de onda

que los hacen especialmente sensibles a las perturbaciones. Asimismo el incremento del parque de accionamientos de potencia controlados ha aumentado las perturbaciones en la red. De esta manera nos encontramos empujados a convivir con huecos, sobretensiones, flickers, armónicos, etc.

Ante este panorama las empresas tienen que adoptar medidas que les permitan minimizar los efectos producidos por una mala calidad del suministro eléctrico ya sea por causas internas o externas.

Es necesario que los usuarios conozcan al detalle las características de la energía eléctrica que consume de forma que pueda establecer relaciones entre problemas que esté sufriendo en sus instalaciones (paradas, roturas en el proceso, errores en los equipos electrónicos) con eventos producidos en la red de alimentación (micro cortes, huecos, armónicos, etc.) mediante la realización de auditorías de calidad del suministro energético de forma que nos permita realizar un diagnóstico de la situación actual y proponer la solución mas adecuada.

La industria tiene a su disposición toda una serie de soluciones que le pueden permitir inmunizar sus equipos y procesos ante una gran parte de las perturbaciones que le pueden llegar por la red. Estas soluciones pueden venir por la instalación de grandes equipos de protección que aportan la energía en los momentos en los que la red no puede hacerlo (DVRs, SVCs, etc.) o, por el establecimiento de soluciones parciales que aportan inmunidad a los equipamientos que previamente han sido identificados

como críticos, que permiten continuar con el proceso o pararlo de forma controlada minimizando las pérdidas producidas.

La elección de la solución más adecuada se basa en datos objetivos obtenidos de campañas de medidas y de un estudio profundo del sistema productivo que permite destacar los puntos críticos y su comportamiento ante las diferentes perturbaciones producidas. Una auditoria de calidad eléctrica que trate en profundidad todos los aspectos relativos al proceso y su dependencia de un buen suministro eléctrico unido a una correcta estimación del coste económico que supone una parada inesperada y sin control de nuestro proceso deben de conducir a aportar una solución económica y técnicamente viable.

Como ejemplo concreto podemos citar un completo estudio de la problemática de suministro eléctrico de una empresa dedicada a la elaboración de hilo de cobre, en la que sus procesos de fabricación se ven afectados de forma aleatoria por perturbaciones procedentes de la red eléctrica provocando pérdidas económicas importantes.

En una primera fase se ha realizado una campaña de medidas para identificar el tipo de perturbaciones mas frecuente a la vez que se ha realizado un profundo estudio del automatismo para identificar los puntos débiles. En una segunda fase se ha procedido a simular el comportamiento de los equipos en laboratorio ante perturbaciones eléctricas generadas por un equipo preparado para ello. Para terminar se ha propuesto

e instalado una solución técnica que inmuniza a los equipos de producción de la mayoría de las perturbaciones que se producen.

## Sags y Swells

Las reducciones de voltaje de corta duración (“sags”) son eventos comunes en las redes de alimentación eléctrica. Se caracterizan por su profundidad y su duración: es decir, son disminuciones en los valores rms de voltaje entre 10% y 90%, por un periodo de tiempo que no excede un minuto.

Debe prestársele especial atención a los “sags” que ocurran simultáneamente en todas las fases o con rápida sucesión. Son fuentes comunes de “sags” los arranques de grandes motores de inducción de CA así como las fallas de líneas de transmisión eléctrica y roces de estas con ramas de árboles.

Los aumentos de voltaje de corta duración (“swells”) también se presentan en las redes eléctricas aunque con una menor frecuencia que los “sags”. Un “swell” es un aumento del valor eficaz (rms) de voltaje entre un 10% y un 80% del valor de tensión nominal a la frecuencia fundamental de la red de distribución, con una duración entre medio ciclo y un minuto.

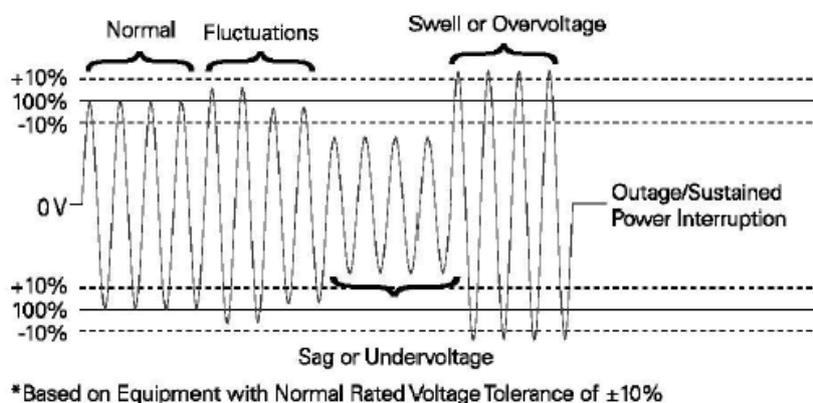


Figura 1. “Sags” y “swells” presentes en una onda de voltaje

## Interrupciones de corta duración

Estas interrupciones ocurren cuando el voltaje de alimentación o la corriente de carga disminuyen a menos de un 10% por un tiempo que no excede 1 minuto. Las interrupciones cortas pueden ser el resultado de fallas en el sistema de potencia, fallos del sistema o mal funcionamiento del control. La duración de una interrupción debida a una falla en la alimentación del generador-distribuidor de potencia (“utility”) está determinada por el tiempo de operación (tiempo de respuesta) de los dispositivos de protección del “utility”. Algunas interrupciones pueden estar precedidas por un “sag” de voltaje, cuando son causa de fallas en la fuente del sistema. El “sag” de voltaje ocurre en ese caso en el intervalo de tiempo que media entre el instante del inicio de la falla y el instante en que opera el dispositivo de protección.

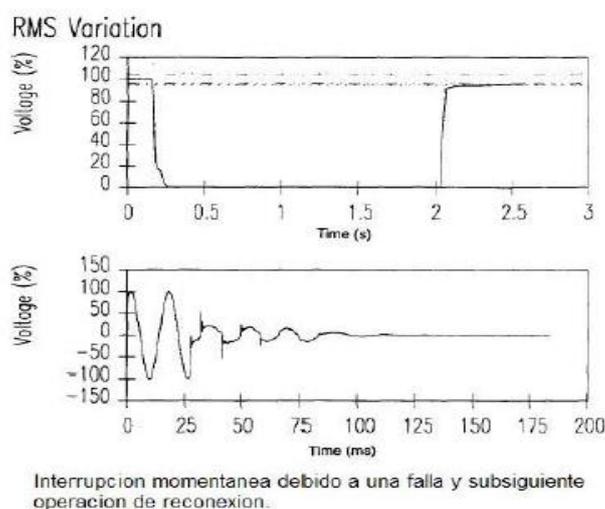


Figura 2. Interrupciones cortas presentes en una onda de voltaje

## Notching (“muescas”)

Cuando se usan SCR’s (“silicon controlled rectifiers”), en convertidores, rectificadores, etc., con el objetivo de convertir a DC el voltaje de AC, por ejemplo en controles de

velocidad de motores de DC y en equipo de calentamiento por inducción, aparecen las “muescas” como consecuencia de la conmutación. Esa conmutación ocurre cuando un SCR en una fase es “ENCENDIDO”, para “APAGAR” un SCR en la otra fase. Durante esa muy corta duración de tiempo, algunos milisegundos, ocurre un corto circuito entre esas dos fases, lo que provoca un incremento de la corriente y una disminución del voltaje: esta disminución de voltaje se denomina “muesca”.

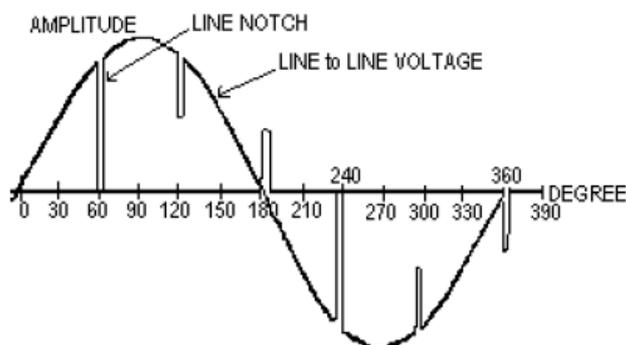


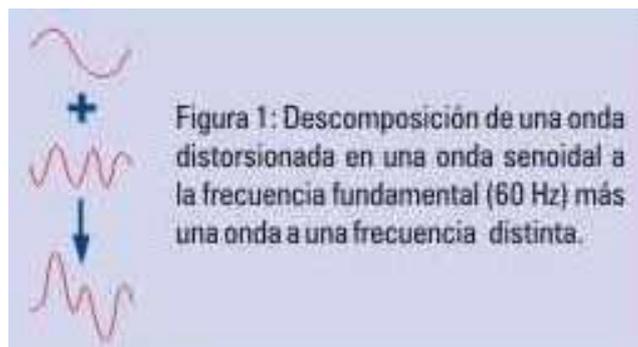
Figura 3. Ejemplo de muescas en una onda de voltaje

## 1.2 ARMONICAS E INTERARMONICAS

### 1.2.1 ¿QUE SON LAS ARMONICAS?

Se denominan armónicas a las ondas de tensión o de corriente cuyas frecuencias son varias veces mayor que la frecuencia fundamental de la red (60 Hz en Ecuador).

Generalmente se presentan simultáneamente varias ondas de diferentes frecuencias, que modifican o distorsionan la señal inicial.



**Figura 4. Descomposición de una onda sinusoidal**

Los armónicos son corrientes y voltajes sinusoidales que tienen una frecuencia múltiplo entero (impar o par) de la frecuencia fundamental (frecuencia a la cual el sistema de alimentación está diseñado para operar, generalmente 50 Hz o 60 Hz).

Las formas de onda distorsionadas pueden ser descompuestas en una suma de la frecuencia fundamental y las frecuencias armónicas asociadas.

### 1.2.2. ¿QUE SON LOS INTERARMÓNICOS?

Los interarmónicos son voltajes o corrientes que tienen componentes con frecuencias que no son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental, es decir 60 Hz. Pueden aparecer como frecuencias discretas o como un espectro de banda ancha. Las interarmónicas pueden encontrarse en redes de todas las clases de voltaje.

No han sido estudiados ni conocidos a profundidad todos los aspectos de causas y efectos de las interarmónicas.

Las señales de las portadoras en líneas de potencia también pueden ser consideradas como interarmónicas. Algunos efectos reportados como efectos inducidos por los interarmónicos son:

a.- Perturbaciones en la señalización de portadoras en líneas de potencia.

b.- Inducir “flicker” (“parpadeo”) en dispositivos de displays, tales como tubos de rayos catódicos CRT's.

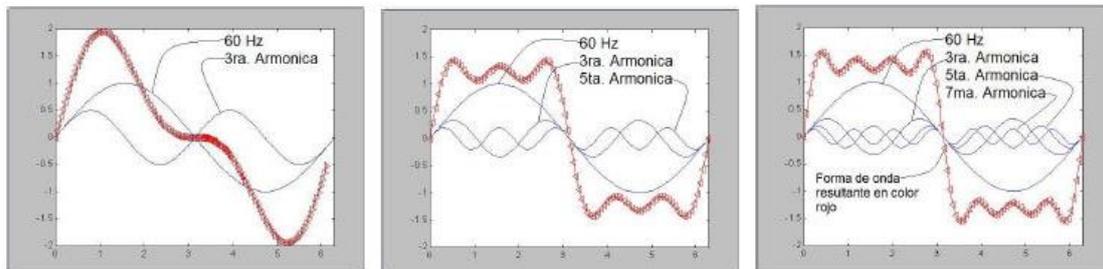


Figura 5. Armónicos presentes en las ondas de voltaje

### 1.2.3 ¿CUALES SON LAS CAUSAS DE LAS ARMONICAS?

La distorsión armónica se origina en las características no lineales de los dispositivos y cargas en el sistema de potencia.

La generación de armónicas proviene fundamentalmente de las cargas no lineales como por ejemplo los equipos de iluminación fluorescentes, las fuentes de poder que alimentan computadoras, los variadores electrónicos de velocidad de motores eléctricos, los rectificadores, y en general, los equipos de electrónica de potencia. Asimismo, generan armónicas las reactancias saturables, los equipos de soldadura y hornos de arco.

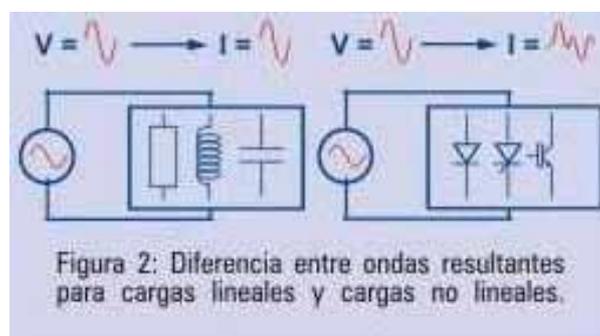


Figura 6. Diferencia entre ondas resultantes para cargas lineales y no lineales

#### 1.2.4 LAS ARMONICAS DE CORRIENTE Y TENSION

##### ORIGINAN

- Efecto superficial en los conductores, pérdidas y calentamientos mayores a lo normal.
- Sobrecalentamiento de los conductores neutros.
- Mayores pérdidas por corrientes parásitas en los transformadores.
- Sobrecarga de los condensadores de corrección del factor de potencia.
- Disparos intempestivos de los interruptores automáticos.
- Mayores pérdidas y efectos de vibración en los motores de inducción.
- Mayor calentamiento en los Transformadores.
- Ruido en el instante que la Tensión Senoidal es cero

#### 1.2.5 LAS CORRIENTES ARMONICAS QUE AFECTAN A FUENTE DE ALIMENTACION

##### ORIGINAN

- Una caída de tensión proporcional a la magnitud y a la frecuencia de la corriente armónica inyectada por los usuarios.
- Una distorsión de tensión que es inversamente proporcional al tamaño del transformador de alimentación (en transformadores grandes se puede permitir una mayor cantidad de corrientes armónicas que en uno más pequeño)

### 1.2.6. EJEMPLOS

Tipo de Carga	Armónicas generadas	Comentarios
Soldadura Arco	3 (56%), 5 y 7 (9%)	Corriente con muchas Armónicas
Hornos Arco Corriente Alterna	Espectro variable inestable	No lineal asimétrico
Ciclo convertidores	Variabes	-
Reguladores por Ancho de Pulso	Variabes	Convertidor Continua - Alterna

### 1.2.7 EFECTOS

Efectos de las Armónicas	Causas	Consecuencias
Conductores	Las intensidades armónicas provocan el aumento del Valor Cuadrático Medio de la Corriente. El "Efecto Piel" reduce la sección efectiva de los conductores a medida que aumenta la frecuencia.	Disparos intempestivos de las protecciones  Sobre-calentamiento de los conductores
Conductor Neutro	Aun cuando la carga trifásica esté equilibrada circula corriente por el conductor neutro, causada por la circulación de las armónicas impares múltiplos de 3.	Calentamiento y sobre intensidades en el conductor neutro.
Condensadores	Disminución de la impedancia del condensador con el aumento de la frecuencia.	Envejecimiento prematuro, amplificación de los armónicos existentes.
Transformadores	Aumento del Valor Cuadrático Medio de la Corriente. Las pérdidas por Foucault son proporcionales al cuadrado de la frecuencia, las pérdidas por histéresis son proporcionales a la frecuencia.	Aumento de los calentamientos por efecto Joule en los devanados. Aumento de las pérdidas en el hierro del transformador y disminución del rendimiento.
Motores	Análogas a las de los transformadores y generación de un campo adicional al principal	Análogas a las de los transformadores más vibraciones mecánicas anormales.

### 1.3. ¿COMO ENFRENTAR LOS PROBLEMAS?

#### 1.3.1. CONDUCTORES

La presencia de corriente armónicas incrementa el Valor Cuadrático Medio de la Corriente, lo que provoca más pérdidas y sobrecalentamiento. Además, la corriente alterna tiende a fluir hacia la superficie externa de un conductor (“Efecto Piel”), efecto que es más pronunciado a altas frecuencias, lo que ocasiona pérdidas adicionales y sobre calentamiento.

Los interruptores automáticos termo magnéticos comunes, los cuales usan un mecanismo de activación que responde al efecto de calentamiento de la corriente del circuito, podrían activarse debido al sobrecalentamiento causado por las armónicas.

##### 1.3.1.1 Solución:

Use conductores eléctricos y barras de mayor dimensión y tamaño para evitar las pérdidas y activaciones causadas por las armónicas, separe las cargas lineales de las no lineales (que causan armónicas) y reemplace los paneles e interruptores automáticos donde sea necesario.

### 1.3.2. CONDUCTOR NEUTRO

En el caso de los circuitos trifásicos con cargas no lineales, las armónicas de orden impar ( $3^a$ ,  $9^a$ ,  $15^a$ , etc.), no se cancelan sino que se suman en el conductor neutro (Fig. 7), por lo que la corriente por el conductor neutro puede ser mayor que la corriente de fase. El peligro consiste en un excesivo sobrecalentamiento del cable neutro, además de causar caídas de voltaje, entre el neutro y la tierra, mayores de lo normal.

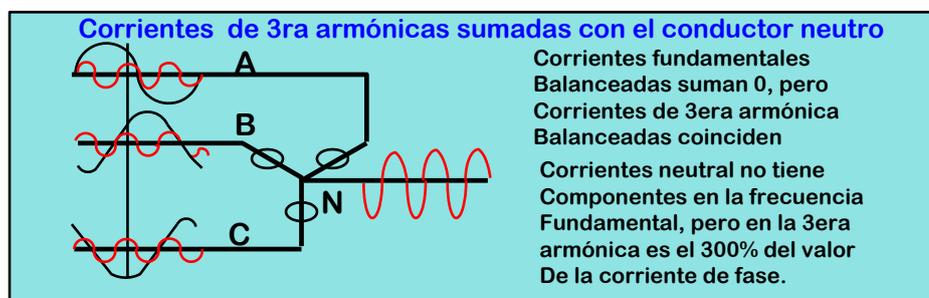


Figura 7. Corrientes de 3 era armónica sumadas en el conductor neutro

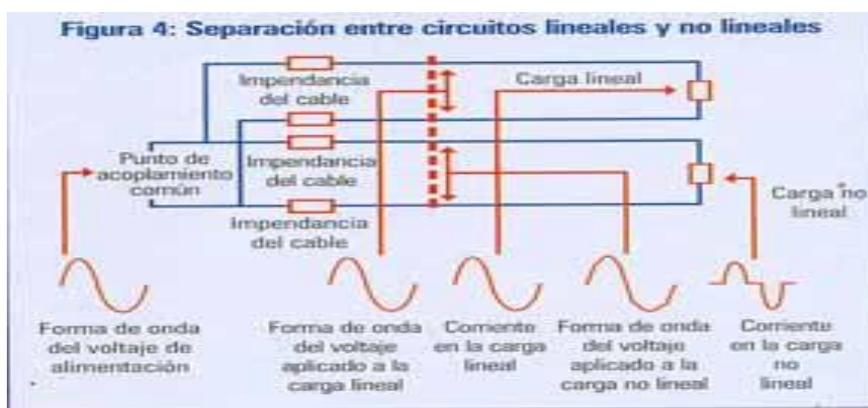
#### 1.3.2.1. Solución:

Se recomienda que el tamaño del conductor neutro sea el doble que el del conductor de fase cuando los circuitos alimentan cargas no lineales. Opcionalmente debe proveerse un conductor neutro aparte para cada fase. Asimismo, otra alternativa para bloquear el flujo de armónicas que tienden a circular por el neutro es utilizar transformadores con conexión delta - estrella.

### 1.3.3. CONDENSADORES

Se sobrecargan los condensadores de corrección del factor de potencia debido a que las corrientes armónicas fluyen a través de la ruta de baja impedancia de los

condensadores en lugar de regresar al transformador de distribución. Además, cuando los condensadores y las inductancias del sistema de distribución de potencia forman un circuito paralelo resonante que tiene una frecuencia de resonancia cercana a una armónica de carga significativa presente, la corriente armónica resultante puede incrementarse sustancialmente sobrecargando los condensadores y haciendo volar los fusibles de los mismos.



**Figura 8. Separación entre circuitos lineales y no lineales**

#### 1.3.3.1. Solución:

Se puede evitar la resonancia añadiendo una inductancia en serie con el condensador para desintonizar la frecuencia de resonancia del sistema o alternatively instalar una red de corrección KVAR diseñada especialmente.

#### 1.3.4. TRANSFORMADORES Y MOTORES

Un transformador alimentando cargas no lineales y un motor alimentado con un voltaje y corriente distorsionado se sobrecalientan debido a las corrientes parásitas y al “Efecto Piel”. Esto origina pérdidas adicionales en el transformador y, en el motor, y tienden a invertir su dirección, reduciendo el torque y ocasionando vibraciones.

*Implementación de un método para desarrollar Auditorías Electroenergéticas con relación a la CALIDAD DE ENERGÍA, caso práctico: sistema eléctrico maquinaria del Centro de la Madera UNL.*

#### 1.3.4.1. Solución:

En el caso de los transformadores se debe limitar la carga que se les coloca de modo que suministren una potencia menor que la nominal. En el caso de los motores de inducción, separarlos de los circuitos que generan armónicas (mandos de velocidad variable, equipos electrónicos de gran tamaño, etc.). La práctica general es limitar la distorsión total del voltaje por armónicas a un valor menor a 5%.

#### 1.3.5. OTRAS RECOMENDACIONES PARA REDUCIR LAS ARMONICAS

Las recomendaciones para controlar la magnitud de las corrientes armónicas generadas se pueden resumir en:

- Uso de filtros pasivos para establecer un camino de baja impedancia para las corrientes armónicas de forma que circulen por el filtro y no por la fuente de alimentación.
- Uso de filtros activos, que son compensadores activos de armónicos.
- Uso de transformadores de separación que separan las armónicas múltiplos de 3 de la fuente de alimentación.
- Uso de reactores de línea para corriente alterna.
- Realizar una nueva distribución de cargas y balance eléctrico de la instalación.
- Mayor dimensionado de los transformadores y cables para disminuir las perturbaciones.
- Realizar un mantenimiento predictivo de la instalación eléctrica.
- Separar las cargas lineales de las no lineales.
- Realizar un monitoreo continuo del sistema.

La “Calidad de Energía” que se debe procurar en toda instalación eléctrica, se logra con un diseño adecuado en el cuál se debe contemplar la instalación de conductores eléctricos de cobre de un calibre mayor al especificado, con lo cuál, frente a un incremento de la carga que soporta el sistema, se evitan los problemas que resultan de la generación de armónicas.

Por todo lo expuesto, queda claro que el uso de equipos electrónicos modernos que nos ofrecen simplificación en nuestras tareas, aumentan nuestra producción y mejoran nuestra calidad de vida, también provocan deformaciones de la onda de las instalaciones eléctricas llamadas armónicas de tensión y corriente. Por lo que con el fin de disminuir los gastos y pérdidas de operación de la instalación eléctrica construida, debemos de seguir las recomendaciones anteriores.

#### **1.4. EL PROBLEMA DE LA CALIDAD DE ENERGÍA OCACIONADO POR LOS ARMÓNICOS**

Como los problemas ocasionados por cargas no lineales llegar a ser cada vez más obvios, compañías de electricidad se encaran con la necesidad de disminuir los efectos de cargas no lineales sobre sus instalaciones

Sobre la década pasada, alguna compañía de electricidad ha descubierto repentinamente un problema sorprendente: Como ellos adicionaron muchas computadoras y equipo electrónico, el factor de poder para la compañía de electricidad bajó. En algunos casos, la reducción en el factor de potencia era suficiente como para producir cargos extras (penalizar el bajo factor de potencia). Aún peor, fallas en transformadores y conductores coincidieron con el bajo factor de potencia.

El uso de equipo electrónico moderno ha cambiado nuestras vidas (la mayoría argumentarían para mejorar) pero han venido cambiando también la característica de carga de las instalaciones modernas. Las cargas electrónicas han ganado el nombre de “Carga no lineal”; para describir la forma de la potencia. Algunos de los efectos adversos de cargas no lineales concentradas sobre una compañía de electricidad son:

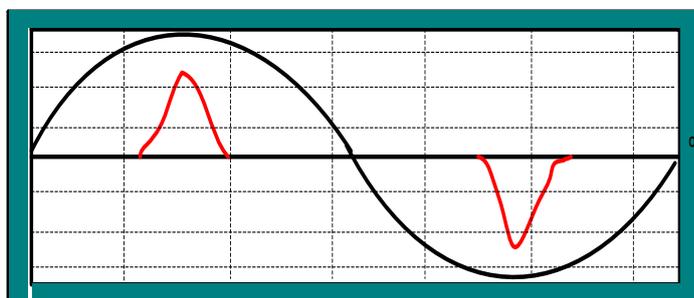
- La distorsión de voltaje dentro de instalaciones
- Las corrientes excedentes por el neutro
- Los altos niveles voltaje de neutro a tierra
- Los recalentamiento en transformadores
- Los grandes campos magnéticos que emanan desde transformadores
- La reducción en la capacidad de distribución
- Penalización por bajo factor de potencia

El término carga no lineal se usa usualmente para describir las fuentes de alimentación tipo “switch” que se encuentran en computadoras personal. De hecho, este tipo de fuente de alimentación se usa usualmente en un montón de aplicaciones. Los hornos de microondas, impresoras de láser, instrumentación médica, stereos, televisores, y la iluminación electrónica están entre unos cuantos dispositivos que usan fuente de alimentación tipo “switch”. Los otros tipos de cargas no lineales incluyen dimmers para luz, rectificadores de 6 pulsos, controladores de carga por fase y ángulo de seis pulsos y rectificadores de 12 pulsos. Los variadores de velocidad comúnmente usan rectificadores de 6 pulsos y controladores de fase y ángulo.

El problema con cargas no lineales es la forma no sinusoidal de la corriente. La figura N° 9 muestra la forma de la corriente en una fuente monofásica tipo “switch”. La corriente está presente por cortos períodos de 2 a 3 MS por cada medio ciclo. En el contraste, a una carga sinusoidal la corriente se encuentra presente durante todo el medio ciclo (8.33ms) y es similar a la forma de onda del voltaje aplicado. La forma de onda de la corriente en las fuentes tipo “switch” causa diversos problemas:

*El primero*, las pérdidas de voltaje ocasionadas por la forma de la corriente se concentran en un punto dentro de la onda de AC.

*El segundo*, en sistemas de distribución trifásica, las corrientes para cargas equilibradas comparten el regreso entre fases, y la corriente de regreso podría ser cero o no necesariamente produciendo desbalances.



**Figura 9. Fuente de corriente monofásica tipo “Switch”**

Sin embargo, con las fuentes tipo “switch”, la forma de la corriente en cada fase es única en el tiempo con respecto a las otras fases. La corriente de retorno para cargas no lineales debe volver a través del neutro porque no hay posibilidad de que esta lo haga por las fases. Para un buen sistema trifásico balanceado con mínima impedancia en el sistema de distribución, la corriente por neutro llega a ser 1.73 veces más grande

que las corrientes de fase. El cableado dimensionado para las corrientes de fase no es adecuado para transportar la corriente de retorno.

**Tercero**, la corriente de pulso para una fuente tipo “switch” se repite a una tasa de 60 Hz, pero los componentes de frecuencia en la forma de onda se concentran en los más los armónicos de orden impar.

Fnd	9.31 A	86°	18th	0.8%	210°	35th	0.6%	28°
2nd	0.0%	51°	19th	4.4%	81°	36th	0.1%	115°
3rd	82.8%	259°	20th	0.7%	15°	37th	0.5%	179°
4th	0.2%	192°	21st	2.9%	269°	38th	0.1%	204°
5th	67.3%	72°	22nd	0.6%	175°	38th	0.5%	319°
6th	0.4%	338°	23rd	2.0%	119°	40th	0.1%	7°
7th	48.8%	244°	24th	0.4%	332°	41st	0.5%	112°
8th	0.5%	143°	25th	1.8%	321°	42nd	0.2%	178°
9th	30.8%	55°	26th	0.2%	105°	43rd	0.5%	267°
10th	0.6%	309°	27th	1.7%	146°	44th	0.0%	348°
11th	15.8%	220°	28th	0.2%	235°	45th	0.5%	70°
12th	0.7%	104°	29th	1.2%	312°	46th	0.0%	20°
13th	6.2%	3°	30th	0.3%	21°	47th	0.3%	229°
14th	0.7%	259°	31st	0.9%	105°	48th	0.1%	173°
15th	4.8%	111°	32nd	0.3%	182°	49th	0.2%	357°
16th	0.7%	53°	33rd	0.7%	243°	50th	0.1%	344°
17th	5.4%	265°	34th	0.2%	334°			
T.H.D.: 122.9 %		CONTRIB. IMPARES: 122.9%				CONTRIB. PARES: 2.15		
Frecuencia 60 Hz								

**Tabla 1 Análisis de Furier de la forma de onda de la corriente**

Los componentes de la frecuencia para una fuente de alimentación tipo “switch” incluyen el 3rd armónico (180Hz), el 5th armónico (300Hz), el 7th armónico (420Hz), el 9th armónico (450Hz) y este patrón continúa hasta niveles más altos. De hecho, la capacidad para medir armónicos de alta frecuencia es más una limitación del equipo medidor y el efecto de la impedancia de la fuente que la presencia o ausencia de

armónicos. La tabla 1 muestra el análisis de Fourier de la forma de onda de la Figura 9. Los armónicos impares son dominantes y bien extendidos en las gamas más altas de frecuencia. La distorsión armónica total (THD) es 122.9%. El armónico impar influye mayoritariamente en la distorsión

Algunos armónicos se han distinguido por ser especialmente dañinos en los sistemas de distribución. Los 3eros armónicos y múltiples de este (p. ej., 9th, 15th, 21o) reciben atención especial porque ellos son los “triplens” ( $6n-3$ ). Los “triplens”, en frecuencia - dominio armónico - análisis de secuencia, retornan a través del neutro. Como se constata donde la corriente de carga retorna a través del neutro con valores superiores a los de fase. Los armónicos de secuencia negativa (p. ej., 5th, 11th, 17th) tienen gran impacto sobre transformadores y motores porque su rotación se opone a la rotación de la fundamental (60Hz componente).

Las combinaciones de armónicos también tienen impacto. Por ejemplo, los armónicos de voltaje a los 5th y 7th combinados dentro de motores producen un evento que está en el orden del 6to armónico. El armónico originado ocasiona una amplia gama de problemas que llevan a elevar la temperatura de motores, vibración y desgaste. El bajo factor de potencia para cargas no lineales ocurre debido a que la corta duración de la corriente eleva los VA sin el correspondiente incremento en los Watts. Como el factor de potencia es igual a los vatios divididos por los voltio-amperios, cualquier aumento en VA sin un aumento correspondiente en los vatios conducirá a un factor de potencia menor.

Como los problemas ocasionados por cargas no lineales llegar a ser cada vez más obvios, compañía de electricidad se encara con una necesidad de disminuir los

efectos de cargas no lineales sobre sus instalaciones. Además, algunas compañías eléctricas comienzan a aplicar el estándar IEEE-519 para limitar la magnitud de corrientes armónicas que los usuarios individuales producir hacia la compañía de electricidad. Los filtros armónicos son ofrecidos por vendedores para resolver estas necesidades. Generalmente, los filtros armónicos proveerán una solución, aunque esta no sea la solución para todos los casos. Los ofrecimientos de filtro incluyen reactores en la línea, filtros pasivos, filtros activos, filtros de retroalimentación electrónica y transformadores especiales que usan un devanado fuera de fase para realizar la reducción las armónicas.

#### 1.4.1. Tipos de filtros de Armónicos

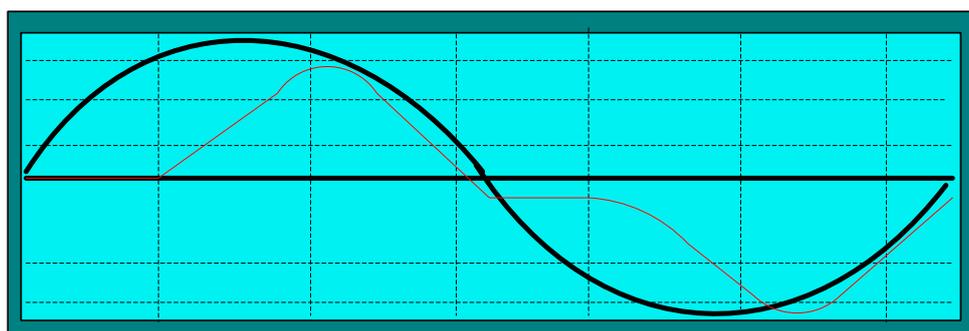


Figura 10. Entrada a un reactor en línea

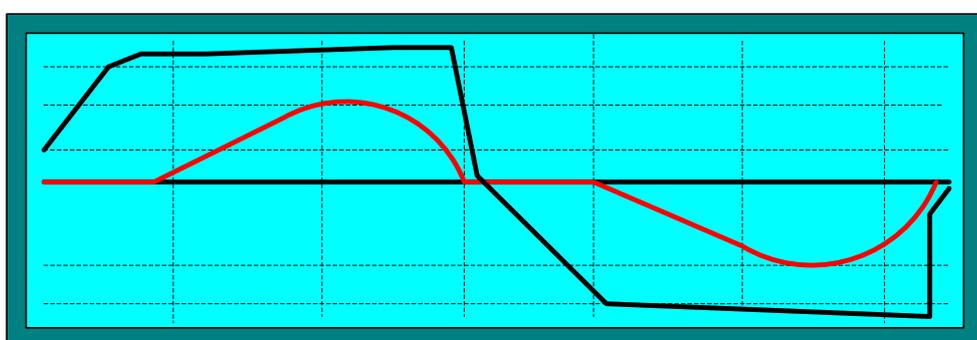


Figura 11. Salida de un reactor en línea

Un reactor en línea, es comúnmente un simple inductor. La reactancia inductiva del inductor resiste la corriente de armónicos de alta frecuencia. Según la ecuación  $X_L = 2\pi f L$ . Como la frecuencia aumenta, también lo hace la resistencia. Las componentes de 60Hz pasan a través del inductor con poca oposición, pero a los componentes de más alta frecuencia les resulta más difícil pasar. Por lo que las corrientes armónicas disminuyen cuando un reactor se aplica en la línea. El reactor de línea limita las corrientes armónicas, a expensas de una distorsión en el voltaje. El voltaje de salida en el reactor de línea mostrará distorsión en su forma de onda y limitará frecuentemente el voltaje pico. Las figuras 10 y 11 muestran el voltaje y corriente dentro y fuera de un reactor de línea.

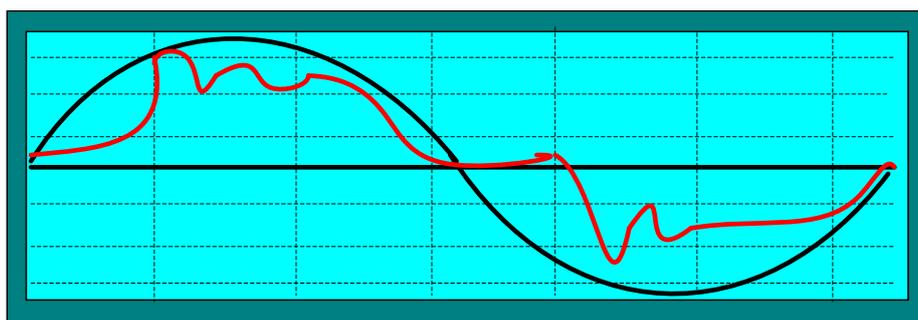


Figura 12. Entrada a un filtro pasivo

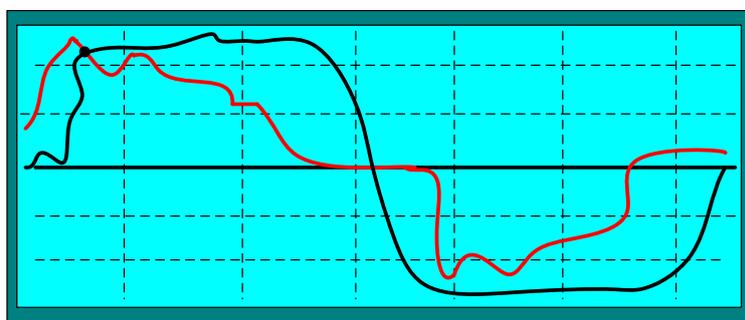


Figura 13. Salida de un filtro activo.

Los filtros pasivos, de armónicas, vienen en una amplia variedad. En algunos casos, ellos no son más que un reactor de línea. En otros casos, pueden usar filtros resonantes en serie o paralelos (uno solo o ambos simultáneamente) para atrapar o resistir a los armónicos. Un filtro serie (con la carga en serie) que usa componentes en paralelo (inductancias y capacitancias en paralelo) se conoce como un “rejetor (repelente) de corriente”. En, o cerca la frecuencia de resonancia del conjunto paralelo, el filtro provee atenuación máxima. La “Q” del filtro determina el ancho de banda. Un filtro paralelo (paralelo con la carga) usando componentes en serie (inductancias y capacitancias en serie) es un aceptador de corriente. En o cerca al punto de resonancia del filtro, este dejará pasar mucha corriente y voltaje armónico y la resistencia de Corriente Continua (DC) del filtro la soportará. Cuando se sintonizan adecuadamente con la carga estática, los filtros pasivos se convierten en un medio efectivo para controlar los armónicos. Como en el caso de reactores de línea, la distorsión de voltaje de rendimiento puede ser bastante. Las figuras 12 y 13 muestran el voltaje y corriente dentro y fuera de un filtro pasivo.

Se debe tener pendiente: Los filtros armónicos pueden ser bidireccionales. Esto significa que ellos pueden “hundir” (deformar) tanto la onda hacia la carga como la onda hacia la fuente. Algunos usuarios de filtros armónicos simples, se han horrorizado al encontrar que sus filtros les están disparando breakers o rompiendo componentes cuando los filtros intentan atrapar armónicos provenientes de la red de distribución.

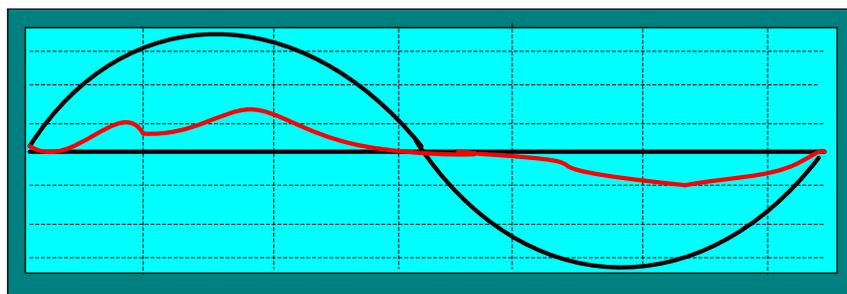


Figura 14. Entrada a un filtro activo

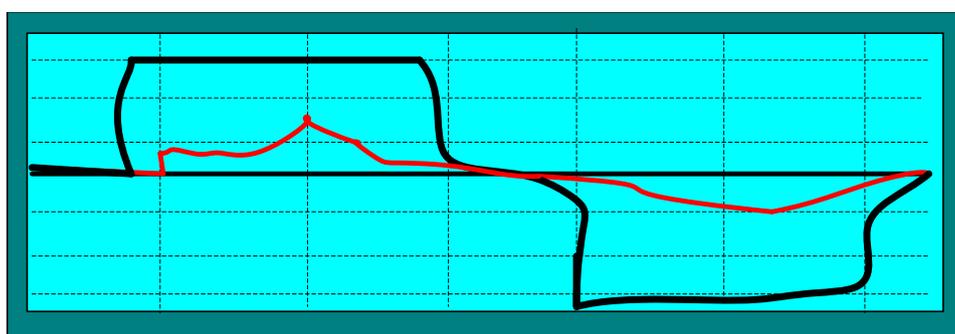


Figura 15. Salida de un filtro activo.

En la forma más simple, un filtro de armónica activo es un regulador de tipo impulso. El filtro impulsa voltaje a lo largo de cada ciclo medio de Corriente alterna (AC), proveyendo la carga con una forma de onda rectangular. La onda de voltaje formada puede completarse con electrónica activa, saturación magnética o ambos. La forma de onda rectangular de voltaje forzar a los rectificadores en la fuente de alimentación a sacar corriente por un intervalo más largo. Para construir el ciclo correcto (período de conducción de corriente vs. el intervalo de voltaje) y mejorando también el factor de potencia. Dependiendo del tipo de filtro armónico activo, la distorsión a la salida puede ser mínima o muy pronunciada. Las figuras 14 y 15 muestran el voltaje y corriente dentro y fuera de un filtro activo.

Un filtro electrónico de retroalimentación es un dispositivo muy complejo. Este dispositivo censa armónicos de voltaje y corriente y genera armónicos compensatorios para cancelar los armónicos indeseables. Comúnmente, se utiliza un dispositivo de alta de frecuencia con modulación de ancho pulso (PWM) para generar las corrientes y voltajes armónicos compensatorios. Debido a que el filtro censa constantemente el voltaje y la corriente, los cambios en la condición de la carga pueden ser rápidamente solventados. En virtud del mecanismo de retroalimentación, el filtro electrónico de retroalimentación, provee muy limpias formas de onda para la carga. La regulación de voltaje es también una consecuencia normal de la operación de filtro.

Donde las condiciones de carga son constantes, puede usarse transformadores especiales para combinar corrientes de carga. La “delta-delta /Y” o transformadores de múltiples devanados “Y” proveen corrientes armónicas fuera de fase adicionales a las armónicas corrientes. Los transformadores requieren condiciones equilibradas de carga. Con cargas equilibradas, sin embargo, la distorsión armónica en la corriente resultante se reduce significativamente.

#### **1.4.2. Comparación de filtros**

Hay comúnmente un balance comparativo; la distorsión en el voltaje de salida puede aumentar y su pico puede bajar. En algunos casos, el vatiaje puede aumentar también. La tabla 2 provee una recapitulación de las características de desempeño para reactores de línea y otros tipos de filtros. En todos los casos, se utilizaron

fuentes de poder monofásicas tipo “switch” al final de la carga. La carga se varió para proveer una amplitud equivalente a las especificaciones de carga de filtro.

	Reactor en Línea	Filtro Pasivo	Filtro Activo	Filtro Electrónico
I rms sin filtro	8.5	8.5	4.1	14.5
I rms con filtro	6.6	6.9	2.9	10.9
FP sin filtro	0.71	0.71	0.66	-0.64
FP con filtro	0.81	0.95	-0.97	-0.98
THD en voltaje de entrada	2.7%	3.1%	2.2%	2.1%
THD en voltaje de salida	27.6%	25.7%	23.4%	0.6%
Voltaje pico de entrada	168V	169V	170V	166V
Voltaje pico de salida	128V	132V	154V	167V
THD corriente de entrada	35.9%	27.0%	23.9%	2.1%
THD corriente de salida	36.1%	32.9%	31.2%	123%
Potencia de entrada (W)	729W	781W	340W	1253W
Potencia de salida (W)	685W	697W	326W	1117W
Eficiencia %	93.9	89.2	95.9	89.1

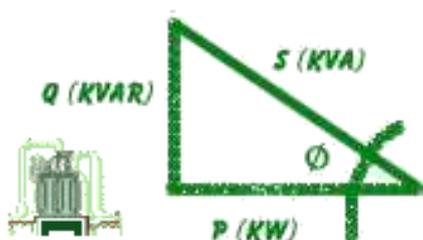
**Tabla 2 Comparación en las características del desempeño**

Las características del filtro ayudaron a determinar el éxito final. Es importante notar que aunque la meta fundamental es la de reducir armónicos o mejorar el factor de potencia, otros costos o consideraciones no deben ser olvidados. Por ejemplo, supongamos instalar 1,000 filtros pasivos en una empresa con características parecidas a una empresa ya probada. Si el costo de electricidad en el sitio es de 8.8

centavos por kilovatio/ hora, entonces el costo de electricidad por cada filtro es 0.74 centavos por hora.

## 1.5. Factor de Potencia

### 1.5.1. ¿Qué es Factor de Potencia?



Es simplemente el nombre dado a la relación de la potencia activa usada en un circuito, expresada en vatios o kilovatios (KW), a la potencia aparente que se obtiene de las líneas

de alimentación, expresada en voltio-amperios o kilovoltio-amperios (KVA).

Las cargas industriales en su naturaleza eléctrica son de carácter reactivo a causa de la presencia principalmente de equipos de refrigeración, motores, etc. Este carácter reactivo obliga que junto al consumo de potencia activa (KW) se sume el de una potencia llamada reactiva (KVAR), las cuales en su conjunto determinan el comportamiento operacional de dichos equipos y motores. Esta potencia reactiva ha sido tradicionalmente suministrada por las empresas de electricidad, aunque puede ser suministrada por las propias industrias.

Al ser suministradas por las empresas de electricidad deberá ser producida y transportada por las redes, ocasionando necesidades de inversión en capacidades mayores de los equipos y redes de transmisión y distribución.

Todas estas cargas industriales necesitan de corrientes reactivas para su operación.

### 1.5.2. ¿Por qué existe un bajo factor de potencia?

La potencia reactiva, la cual no produce un trabajo físico directo en los equipos, es necesaria para producir el flujo electromagnético que pone en funcionamiento elementos tales como: motores, transformadores, lámparas fluorescentes, equipos de refrigeración y otros similares. Cuando la cantidad de estos equipos es apreciable los requerimientos de potencia reactiva también se hacen significativos, lo cual produce una disminución del exagerado factor de potencia. Un alto consumo de energía reactiva puede producirse como consecuencia principalmente de:

Un gran número de motores.

Presencia de equipos de refrigeración y aire acondicionado.

Una sub-utilización de la capacidad instalada en equipos electromecánicos, por una mala planificación y operación en el sistema eléctrico de la industria.

Un mal estado físico de la red eléctrica y de los equipos de la industria.

Cargas puramente resistivas, tales como alumbrado incandescente, resistencias de calentamiento, etc. no causan este tipo de problema ya que no necesitan de la corriente reactiva.

### 1.5.3. ¿Por qué resulta dañino y caro mantener un bajo factor de Potencia?

El hecho de que exista un bajo factor de potencia en su industria produce los siguientes inconvenientes:

#### **Al suscriptor:**

Aumento de la intensidad de corriente

Pérdidas en los conductores y fuertes caídas de tensión

Incrementos de potencia de las plantas, transformadores, reducción de su vida útil y reducción de la capacidad de conducción de los conductores

La temperatura de los conductores aumenta y esto disminuye la vida de su aislamiento.

Aumentos en sus facturas por consumo de electricidad.

#### **A la empresa distribuidora de energía:**

Mayor inversión en los equipos de generación, ya que su capacidad en KVA debe ser mayor, para poder entregar esa energía reactiva adicional.

Mayores capacidades en líneas de transmisión y distribución así como en transformadores para el transporte y transformación de esta energía reactiva.

Elevadas caídas de tensión y baja regulación de voltaje, lo cual puede afectar la estabilidad de la red eléctrica.

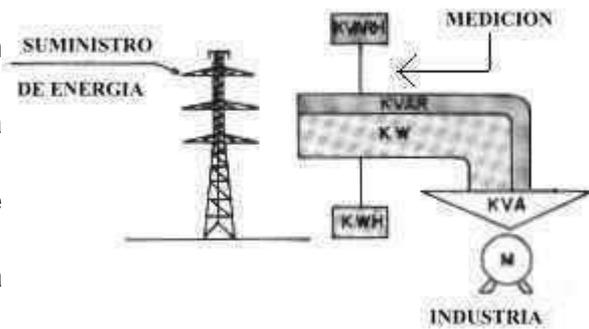
Una forma de que las empresas de electricidad a nivel nacional e internacional hagan reflexionar a las industrias sobre la conveniencia de generar o controlar su consumo de energía reactiva ha sido a través de un cargo por demanda, facturado en Bs./KVA, es decir cobrándole por capacidad suministrada en KVA. Factor donde se incluye el consumo de los KVAR que se entregan a la industria.

#### **1.5.4. ¿Cómo puedo mejorar el Factor de Potencia?**

Mejorar el factor de potencia resulta práctico y económico, por medio de la instalación de condensadores eléctricos estáticos, o utilizando motores sincrónicos disponibles en la industria (algo menos económico si no se dispone de ellos).

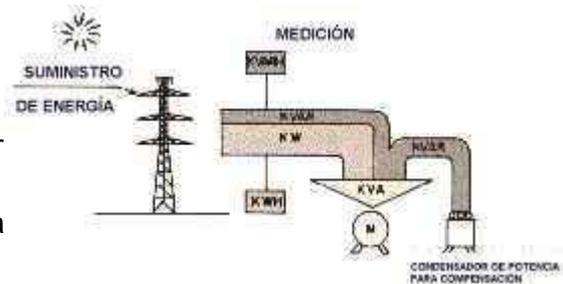
A continuación se tratará de explicar de una manera sencilla y sin complicadas ecuaciones ni términos, el principio de cómo se mejora el factor de potencia:

El consumo de KW y KVAR (KVA) en una industria se mantienen inalterables antes y después de la compensación reactiva (instalación de los condensadores), la diferencia estriba en que al principio los KVAR



que esa planta estaba requiriendo, debían ser producidos, transportados y entregados por la empresa de distribución de energía eléctrica, lo cual como se ha mencionado anteriormente, le produce consecuencias negativas.

Pero esta potencia reactiva puede ser generada y entregada de forma económica, por cada una de las industrias

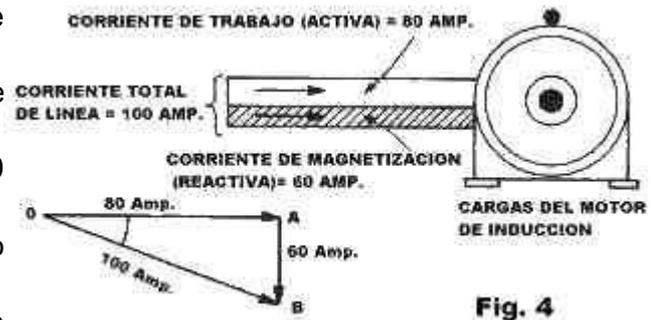


que lo requieran, a través de los bancos de capacitores y/o motores sincrónicos, evitando a la empresa de distribución de energía eléctrica, el generarla transportarla y distribuirla por sus redes.

Veamos un ejemplo:

Un capacitor instalado en el mismo circuito de un motor de inducción tiene como efecto un intercambio de corriente reactiva entre ellos. La corriente de adelanto almacenada por el capacitor entonces alimenta la corriente de retraso requerida por el motor de inducción.

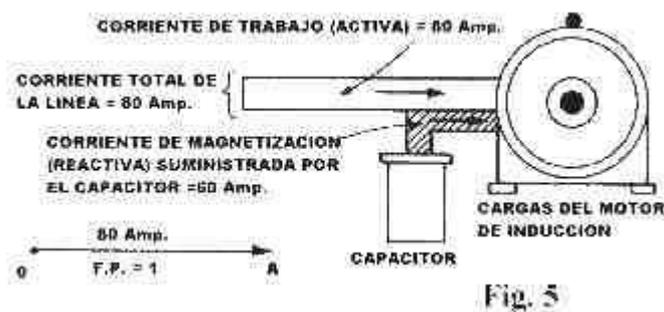
La figura 4 muestra un motor de inducción sin corrección de factor de potencia. El motor consume sólo 80 amp., para su carga de trabajo. Pero la corriente de magnetización que



requiere el motor es de 60 amp, por lo tanto el circuito de alimentación debe conducir:  $100\text{amp.} = \sqrt{(80^2 + 60^2)} = 100\text{ amp.}$

Por la línea de alimentación fluye la corriente de trabajo junto con la corriente no útil o corriente de magnetización.

Después de instalar un capacitor en el motor para satisfacer las necesidades de magnetización del mismo, como se muestra en la figura 5, el circuito de alimentación



sólo tiene que conducir y suministrar 80 amp, para que el motor efectúe el mismo trabajo. Ya que el capacitor se encarga de entregar los 60 Amp restantes. El circuito de alimentación conduce ahora únicamente corriente de trabajo.

Esto permite conectar equipo eléctrico adicional en el mismo circuito y reduce los costos por consumo de energía como consecuencia de mantener un bajo factor de potencia.

### 1.5.5. ¿Cómo determinar la cantidad de condensadores necesarios?

Midiendo la energía activa y reactiva que consumen las instalaciones existentes, se puede calcular la potencia necesaria (KVAR) que deben tener los condensadores para lograr la compensación deseada. Sin embargo, es recomendable la instalación de registradores de potencia durante el tiempo necesario para cubrir (medir) por lo menos un ciclo completo de operación de la industria, incluyendo sus períodos de descanso.

Por lo general se recomienda realizar registros trifásicos donde se monitoree para cada fase y para el total de la planta: Potencia Activa (KW) y Reactiva (KVAR), Voltaje y Energía (KWH). Los valores de corriente, potencia aparente (KVA) y factor de potencia (FP) se calculan a partir de las lecturas anteriores, sin embargo, si el registrador dispone de la suficiente capacidad podrán ser leídos también.



Los intervalos de medición recomendados oscilan entre cada 5 y cada 15 min. como máximo. Por supuesto, a menores intervalos de medición, tendremos mayor exactitud en cuanto a la curva real de la industria, sin embargo esto dependerá de la capacidad del registrador que se utilice y del tipo de empresa a registrar. Aquellas empresas donde sus ciclos de carga varían lentamente, podría extenderse aún más el intervalo de medición.

De esta forma se podrá obtener una curva de carga completa la cual mostrará la máxima capacidad posible de instalar sin el riesgo de caer en sobre compensación reactiva.

También es importante, registrar con las mediciones, el grado de distorsión armónica existente; con el objeto de evitar la posibilidad de resonancia entre estos y los bancos de capacitores a instalar.

#### **1.5.5. ¿Dónde instalar los Capacitores?**

Para la instalación de los capacitores deberán tomarse en cuenta diversos factores que influyen en su ubicación como lo son: La variación y distribución de cargas, el factor de carga, tipo de motores, uniformidad en la distribución de la carga, la disposición y longitud de los circuitos y la naturaleza del voltaje.

Se puede hacer una corrección del grupo de cargas conectando en los transformadores primarios y secundarios de la planta, por ejemplo, en un dispositivo principal de distribución o en una barra conductora de control de motores.

La corrección de grupo es necesaria cuando las cargas cambian radicalmente entre alimentadores y cuando los voltajes del motor son bajos, como por ejemplo, 230 V.

Cuando los flujos de potencia cambian frecuentemente entre diversos sitios de la planta y cargas individuales, se hace necesario efectuar la corrección primero en una parte de la planta, verificar las condiciones obtenidas y después compensar en la otra.

Sin embargo, es más ventajoso usar un capacitor de grupo ubicado lo más

equidistante que se pueda de las cargas. Esto permite la desconexión de una parte de los capacitores de acuerdo a condiciones específicas de cargas variables.

Cuando la longitud de los alimentadores es considerable, se recomienda la instalación de capacitores individuales a los motores, por supuesto se necesitarán varios condensadores de diferentes capacidades, resultando esto en un costo mayor. Sin embargo deberá evaluarse el beneficio económico obtenido con la compensación individual. Considerando que el costo de los capacitores para bajos voltajes es más del doble que los de altos voltajes. Por esto, cuando el voltaje de los circuitos de motores es de 230 V, es más económico usar una instalación de grupo si es que ésta se puede efectuar en el primario a 2.400 ó 4.160 V.

Debemos también considerar que, cuando los capacitores se instalan antes del banco principal de transformadores, éstos no se benefician y no se alivia su carga en KVA. Esta es una buena razón para usar capacitores de 230 V a pesar de su alto costo.

### **Correcciones aisladas**

La corrección aislada del factor de potencia se debe hacer conectando los capacitores tan cerca como sea posible de la carga o de las terminales de los alimentadores.

Debe recordar que la corrección se lleva a cabo sólo del punto considerado a la fuente de energía y no en dirección opuesta.

Los capacitores instalados cerca de las cargas pueden dejar de operar automáticamente cuando las cargas cesan, incrementan el voltaje y por ende el rendimiento del motor.

## CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

El factor de potencia de un servicio eléctrico es la relación entre la potencia de uso real y la potencia aparente. Un circuito en el que predominan las lámparas incandescentes, tiene un factor de potencia cercano a la unidad, mientras que un circuito en el que están instalados muchos motores tiene un factor de potencia más bajo. No es inusual ver un factor de potencia con valores tan bajos como 0.75, o 75 por 100. Esto significa que aunque la Compañía Eléctrica entrega y cobra por 100 unidades de electricidad, solo 75 unidades están disponibles para realizar el trabajo eléctrico real en la instalación.

La solución más económica para minimizar la factura por la carga de factor de potencia, es equilibrar las cargas de la iluminación y de los motores en las zonas de servicio del edificio. Los circuitos de alumbrado equilibran una parte de la carga de los motores. Las instalaciones grandes tienen un ramal para los equipos, donde se conectan todos los motores de la instalación, por tanto es sencillo mejorar el factor de potencia desequilibrado en una localización.

Otra solución es instalar un banco de capacitores, para estimar la capacidad en función de la potencia de los motores (ver Tabla .1). Los capacitores se colocan normalmente en cada uno de los motores de gran potencia (por ejemplo motores de plantas, grupos enfriadores, o grandes bombas), a la cabeza de grupos de pequeños motores (por ejemplo, grupos de motores de ventiladores que están en sala de máquinas que recibe la energía eléctrica desde una línea remota), o en la entrada principal del suministro eléctrico. La instalación resulta adecuada, económica y fiable y los ahorros son inmediatos. La única desventaja es que el capacitor puede amplificar los armónicos existentes en el circuito, provocando distorsiones y problemas en los

equipos electrónicos sensibles como los ordenadores. En estos casos puede ser preferible utilizar un motor síncrono en lugar de capacitores para corregir el factor de potencia, lo que favorece un circuito eléctrico más limpio.

El motor síncrono es un medio económico de corregir el factor de potencia, a no ser que el motor se utilice normalmente para realizar algún trabajo, como por ejemplo accionar un ascensor, una bomba de agua, o el ventilador de un climatizador. Las grandes instalaciones pueden acoplar el motor a un generador para producir energía eléctrica para la propia instalación.

**TABLA 8,1, Capacitores para motores eléctricos**

Potencia del motor HP	3600 rpm (kvar)	% amperios (reactiva)	1800 rpm (kvar)	% amperios (reactiva)	1200 rpm (kvar)	% amperios (reactiva)	900 rpm (kvar)	% amperios (reactiva)
3	1,5	14	1,5	15	1,5	20	2	27
5	2	12	2	13	2	17	3	25
7,5	2,5	11	2,5	12	3	15	4	22
10	3	10	3	11	3,5	14	5	21
15	4	9	4	10	5	13	6,5	18
20	5	9	5	10	6,5	12	7,5	16
25	6	9	6	10	7,5	11	9	15
30	7	8	7	9	9	11	10	14
40	9	8	9	9	11	10	12	13
50	12	8	11	9	13	10	15	12
60	14	8	14	8	15	10	18	11
75	17	8	16	8	18	10	21	10
100	22	8	21	8	25	9	27	10
125	27	8	26	8	30	9	32,5	10
150	32,5	8	30	8	35	9	37,5	10
200	40	8	37,5	8	42,5	9	47,5	10
250	50	8	45	7	52,5	8	57,5	9
300	57,5	8	52,5	7	60	8	65	9
350	65	8	60	7	67,5	8	75	9
400	70	8	65	6	75	8	85	9
450	75	8	67,5	6	80	8	92,5	9
500	77,5	8	72,5	6	82,5	8	97,5	9

## 1.6 EQUIPOS ELÉCTRICOS PARA LA VERIFICACIÓN DE INSTALACIONES

Con la entrada en vigor del Nuevo Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, el Instituto de Tecnología Eléctrica, propone al instalador soluciones poniendo a su disposición equipos eléctricos para la verificación de instalaciones, así como la formación especializada para el correcto uso de los mismos con el objetivo de facilitar la adaptación a los nuevos cambios para que sea más fácil y menos costoso.

Este servicio se ha diseñado a partir de las necesidades de empresas instaladoras con un único fin, poner a su alcance una serie de equipos eléctricos, tanto para la categoría básica, especialista y centros de transformación, que mejoren la calidad y la seguridad de la instalación.

Conscientes de que la utilización de equipos eléctricos debe realizarse siempre con la máxima garantía, ITE certifica que los equipos están en buenas condiciones de uso y correctamente calibrados. La acreditación concedida al Laboratorio de Calibración del Instituto de Tecnología Eléctrica, a mediados del 2003, por parte de la Entidad Nacional de Acreditación, ENAC, en el área de Electricidad CC y Baja Frecuencia con referencia 139/LC287, no hace sino reconocer la competencia técnica del laboratorio para la realización de calibraciones en esta área.

Categoría básica:

- Telurómetro.
- Medidor de aislamiento.
- Multímetro.

- Pinza amperimétrica.
- Detector de tensión.
- Analizador de potencia y energía.
- Equipo verificador de la sensibilidad de disparo de los interruptores diferenciales.
- Medidor de impedancia de bucle.
- Verificador de la continuidad de conductores.
- Luxómetro para alumbrado de emergencia.

Categoría especialista:

- Analizador de redes de armónicos y de perturbaciones de red
- Electrodo para la medida de aislamiento de suelos.
- Aparato comprobador del dispositivo de vigilancia del nivel de aislamiento de los quirófanos.

Centros de Transformación:

- Medidor de rigidez dieléctrica de aceites según UNE 21.309 y CEI 156.
- Verificador de sobre intensidad de relés directos e indirectos según MIERAT 13.
- Aparatos de medida
- La ITC-BT-03 del nuevo REBT 2002 prescribe que, para el ejercicio de su profesión, los instaladores necesitan estar provistos de determinados instrumentos de medida.

- Así, en el caso de instaladores de la categoría básica (IBTB) deberán disponer de:
  - Telurómetros.
  - Medidor de aislamiento, según ITC MIE-BT 19.
  - Multímetro o tenaza, para las siguientes magnitudes:
    - Tensión alterna y continua hasta 500 V.
    - Intensidad alterna y continua hasta 20 A.
    - Resistencia.
    - Medidor de corrientes de fuga, con resolución mejor o igual que 1 mA.
    - Detector de tensión.
    - Analizador-registrador de potencia y energía para corriente alterna trifásica con capacidad de medida de las siguientes magnitudes: Potencia activa; tensión alterna; intensidad alterna y factor de potencia.
    - Equipo verificador de la sensibilidad de disparo de los interruptores diferenciales, capaz de verificar la característica intensidad-tiempo.
    - Equipo verificador de la continuidad de los conductores.
    - Medidor de impedancia de bucle, con sistema de medición independiente o con compensación del valor de la resistencia de los cables de prueba y con una resolución mejor o igual que 0,1  $\Omega$ .
    - Luxómetro con rango de medida adecuado para el alumbrado de emergencia.
  - Los instaladores de la categoría especialista (IBTE), además de los medios anteriores, deberán contar con los siguientes, según proceda:
    - Analizador de redes, de armónicos y de perturbaciones de red.
    - Electrodo para la medida del aislamiento de los suelos.

- Aparato comprobador del dispositivo de vigilancia del nivel de aislamiento de los quirófanos.
- Estos instrumentos de medida tienen por objeto que el instalador pueda efectuar las mediciones oportunas que garanticen la bondad de la instalación que está realizando y su conformidad con las exigencias del REBT.
- Así, la ITC-BT-05 especifica las verificaciones previas que se deben efectuar antes de la puesta en servicio de las instalaciones, según la norma UNE 20460-6-61.
- Dicha norma recomienda que, después de comprobar que el material eléctrico instalado es conforme a las prescripciones de seguridad de las normas aplicables, ha sido elegido correctamente y se ha instalado de acuerdo con las indicaciones de esta norma (serie de la norma UNE 20460) y con las instrucciones del fabricante y no presenta ningún daño visible que pueda afectar a la seguridad, la instalación deberá superar determinados ensayos que garanticen un nivel de seguridad adecuado de la instalación.
- Dichos ensayos deben efectuarse en la medida en que sean requeridos y preferentemente en el orden siguiente:
- Continuidad de los conductores de protección y de las uniones equipotenciales principales y suplementarias.
- Resistencia de aislamiento de la instalación eléctrica.
- Protección por separación de circuitos.
- Resistencia de suelos y paredes.
- Corte automático de la alimentación.
- Ensayos de polaridad.

- Ensayo dieléctrico.
- Ensayos funcionales.
- Ensayos térmicos.
- Caída de tensión.
- Además, cuando proceda, por parte de los instaladores de categoría especialista deberá garantizarse la seguridad de los locales de uso médico (k) y la calidad de la energía presente en la red (l).
- a) Continuidad de los conductores de protección y de las uniones equipotenciales principales y suplementarias.
- Esta prueba tiene el propósito de verificar la continuidad eléctrica entre varios puntos de la instalación de tierra, desde el electrodo de puesta tierra hasta las masas conductoras de la instalación.
- Su finalidad es garantizar que no se han producido desperfectos o cortes en el cableado durante la instalación del mismo, ya sea sobre los conductores activos o en los conductores de protección.
- El instrumento a utilizar deberá disponer de una fuente interna de tensión en vacío de 4 V a 24 V, capaz de inyectar una corriente mínima de 0,2 A.
- En el nuevo REBT no se definen, excepto para quirófanos y salas de intervención (ITC-BT-38), que se verán más detalladamente en el punto (k), valores concretos mínimos de continuidad para los conductores activos, de protección o de uniones equipotenciales. En general, estos valores dependerán de la longitud del cable ensayado, su material y su sección.
- La discontinuidad de un cable introduce valores de resistencia muy elevados (del orden de  $M\Omega$ ). Normalmente, se esperan valores del orden de 2 ó 3  $\Omega$ . En

el caso particular de la ITC-BT-38 se dice (punto 2.1.2 - conexión de equipotencialidad) "Todas las partes metálicas accesibles han de estar unidas al embarrado de equipotencialidad mediante conductores de cobre aislados e independientes. La impedancia entre estas partes y el embarrado no deberá exceder de  $0,1 \Omega$ ".

- Al tratarse de una medida de valores muy pequeños, del orden de  $1 \mu\Omega$ , es conveniente que el equipo de medida sea adecuado para operar en este rango de valores con suficiente precisión.
- b) Resistencia de aislamiento de la instalación eléctrica.
- La resistencia de aislamiento debe medirse entre cada conductor activo -o grupo completo de ellos- y la tierra, y siempre que sea posible entre conductores activos. Las medidas se efectuarán con la instalación sin tensión, es decir, con el dispositivo general de seccionamiento abierto.
- El instrumento empleado debe ser capaz de inyectar una corriente de 1 mA y proporcionar una tensión en vacío de 500 ó 1000 V, según los casos, obteniéndose los valores indicados en el cuadro siguiente (tabla 3 de punto 2.9. de la ITC-BT-19):

Tensión nominal de la instalación.	Tensión de ensayo en c.c. (en V)	Resistencia de aisl. (en $M\Omega$ )
Muy baja tensión de seguridad MBTS	250	> 0,25
Muy baja tensión de protección MBTP		
Inferior o igual a 500 V, excepto el caso anterior.	500	> 0,5
Superior a 500 V	1000	> 1,0

- Este aislamiento se entiende para una instalación en la cual la longitud del conjunto de las canalizaciones no exceda de 100 m.
- Generalmente, el instrumento se situará en el origen de la instalación con todos los instrumentos de maniobra cerrados. Si el valor de la resistencia obtenido resulta inferior al de la tabla, se subdividirá la instalación en segmentos del circuito y se repetirá la medida en cada segmento hasta localizar el punto "débil".
- c) Protección por separación de circuitos.
- La comprobación de la separación de los circuitos de los sistemas MBTS y MBTP de los circuitos del resto de la instalación y también de la tierra, en el caso de MBTS, se efectuará midiendo el valor de la resistencia de aislamiento y comprobando la conformidad con la tabla antes citada ( $R > 0,25 \text{ M}\Omega$  con una tensión de prueba de 250 V c.c).
- d) Resistencia de suelos y paredes.
- El anexo A de la norma UNE 20460-6-61 desarrolla el método de medida de la resistencia de aislamiento de suelos y paredes.
- Esta medida de resistencia de aislamiento se aplica en locales o emplazamientos no conductores (apartado 4.3. de la ITC-BT-24 y en el punto 413.3), por ejemplo, quirófanos, donde se considera suelo o pared no conductor aquel suelo no susceptible de propagar potenciales y que presenta una resistencia igual o superior a  $50 \text{ k}\Omega$  si la tensión nominal de la instalación es inferior a 500 V o superior a  $100 \text{ k}\Omega$  si es superior a 500 V.
- El instrumento debe ser capaz de proporcionar una tensión de vacío de al menos 500 V para instalaciones con  $U_n < 500 \text{ V}$  o bien 1000 V para

instalaciones con  $U_n > 500$  V. La corriente inyectada debe ser, al menos, igual a 1 mA.

- e) Corte automático de la alimentación.
- Para que la interrupción automática de la alimentación se produzca en los tiempos y modos previstos en las normas, es necesario que los circuitos y el calibrado de los dispositivos de protección cumplan determinadas condiciones que deben verificarse funcionalmente y verificadas instrumentalmente.
- En particular, además de la prueba de continuidad de los conductores de tierra, de protección y de continuidad ya citada, es necesaria la medida de la resistencia de tierra en el sistema TT, así como la medida de la impedancia del bucle de defecto, en el sistema TN. Además, deberá verificarse el correcto funcionamiento de los dispositivos diferenciales.
- Por lo que se refiere a la resistencia de tierra, puede ser necesario, en fase de proyecto, recurrir a la medida de la resistividad del terreno para decidir el sistema más idóneo del conjunto de los electrodos de puesta a tierra.
- El instrumento utilizado para la determinación de la resistividad del terreno puede ser el mismo empleado para la medida de la resistencia de tierra, o bien estar dotado de un microprocesador para facilitar los cálculos, o bien visualizar de modo directo el valor de E, una vez que se le haya facilitado el de la distancia entre las sondas y memorizar los resultados de varias medidas para después realizar en modo automático la media aritmética.
- La medida de la impedancia del bucle de defecto es obligatoria en los sistemas IT y TN no protegidos con dispositivos diferenciales

- El instrumento de medida debe ser capaz de analizar el ángulo de desfase entre las tensiones en vacío y las de carga, proporcionando el valor de la impedancia del bucle y no solo el de la resistencia.
- f) Ensayos de polaridad.
- Consiste en la identificación instrumental del conductor de neutro. Permite verificar que ningún dispositivo de interrupción unipolar se encuentra instalado sobre tal conductor.
- Los interruptores unipolares deben actuar únicamente sobre los conductores de fase. Los dispositivos multipolares pueden interrumpir simultáneamente los conductores de fase y el neutro. Nunca se debe interrumpir el conductor de protección (CP). Por esta razón, en los sistemas TN-C, el conductor CPN, que engloba las funciones de conductor de protección (CP) y de neutro (N), no deberá ser nunca seccionado.
- En los circuitos monofásicos (fase-neutro), el conductor de neutro se localiza midiendo la tensión con respecto a tierra primero de uno y luego del otro conductor. En ausencia de averías, el neutro presenta normalmente una tensión, con respecto tierra, próxima a cero.
- En los circuitos trifásicos se mide la tensión entre uno de los cuatro hilos -el que se supone que es el neutro- y cada uno de los otros tres, en sucesión. Si la elección del neutro ha sido correcta, las tres medidas dan un valor casi igual; de otro modo, una de ellas será inferior (F-N) a las otras dos (F-F), lo que permitirá en este caso identificar correctamente el neutro. A continuación, se verificará la no interrupción del neutro y su identificación por la coloración de su cubierta azul-claro.

- g) Ensayo dieléctrico.
- Se trata de un ensayo de tensión para comprobar que no se ha debilitado excesivamente la seguridad de la instalación durante el montaje, frente al riesgo de sobretensiones, con respecto a las especificaciones que las normas exigen a los componentes individuales de dicha instalación.
- Por ejemplo, los conductores de tensión nominal 450/750 V, habitualmente utilizados en las instalaciones en el interior de los edificios, deben superar en fábrica una tensión de ensayo de 2500 V, durante cinco minutos (ensayos eléctricos, tabla 3, referencia 3 de la norma UNE 21031-1). Sin embargo, el apartado 2.9 de la ITC-BT-19 especifica:
  - "Por lo que respecta a la rigidez dieléctrica de una instalación ha de ser tal que, desconectados los aparatos de utilización (receptores), resista durante un minuto una prueba de tensión de  $2U + 1000$  V a frecuencia industrial, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios y con un mínimo de 1500 V".
- Evidentemente, para que una instalación completa supere satisfactoriamente un ensayo de 1.500 V, es preciso que sus componentes individuales superen ensayos superiores.
- h) Ensayos funcionales.
- El conexionado de aparatos, motores y sus auxiliares: accionamientos, bloqueos, etc., deben someterse a un ensayo funcional, con el fin de verificar que se han montado correctamente, regulados e instalados conforme a las prescripciones de la norma UNE 20460.

- En el caso más frecuente, sólo se trata de comprobar que los circuitos se han insertado y la instrumentación se alimenta correctamente al cerrar los correspondientes dispositivos de mando.
- i) Ensayos térmicos.
- La verificación del correcto grado de protección de las instalaciones contra los efectos térmicos, que eventualmente se puedan presentar, se complementará con una serie de exámenes visuales, para confirmar las especificaciones de la norma UNE 20460-4-42 - "Protección contra los efectos térmicos", donde se prescriben las medidas de protección contra el riesgo de incendio, las protecciones contra las quemaduras y contra los sobrecalentamientos.
- En particular, en lo que se refiere a las quemaduras y sobrecalentamientos, dicha norma indica cuales han de ser las temperaturas máximas en servicio normal de las partes accesibles de los materiales eléctricos en el interior del volumen de accesibilidad al contacto.
- Tabla 42ª de la norma UNE 20460-4-42.

Partes accesibles	Materiales de las partes accesibles	Temperatura máxima (en °C)
Órganos de control manual	Metálicos	55
	No metálicos	65
Previstas para ser tocadas pero no destinadas a ser asidas con la mano	Metálicos	70
	No metálicos	80
No destinadas a ser tocadas en servicio normal	Metálicos	80
	No metálicos	90

- j) Caída de tensión.

- El punto 2.2.2. de la ITC-BT-19 - "Sección de los conductores - Caídas de tensión" prescribe:
- "La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea, salvo lo prescrito en las Instrucciones Particulares, menor del 3% de la tensión nominal para cualquier circuito interior de viviendas, y para otras instalaciones interiores o receptoras, del 3% para alumbrado y del 5% para los demás usos. Esta caída de tensión se determinará considerando alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente.
- Para instalaciones industriales que se alimente directamente en alta tensión mediante un transformador de distribución propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen en la salida del transformador. En este caso las caídas de tensión máximas admisibles serán del 4,5% para alumbrado y del 6,5% para los demás usos.
- El número de aparatos susceptibles de funcionar simultáneamente, se determinará en cada caso particular, de acuerdo con las indicaciones incluidas en las instrucciones del presente reglamento y en su defecto con las indicaciones facilitadas por el usuario, considerando una utilización racional de los aparatos.
- En instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, salvo justificación por cálculo, la sección del conductor neutro será como mínimo igual a la de las fases".

- La medida directa de la caída de tensión  $\Delta U$  puede efectuarse disponiendo de un instrumento registrador con entradas volumétricas. La primera medida de tensión ( $U_1$ ) se hace en la entrada de la fuente de alimentación con la instalación receptora desconectada. Otras medidas de tensión ( $U_2$ ) se efectúan en varios puntos de la instalación.
- La caída de tensión, en valor absoluto será:  $\Delta U = U_1 - U_2$  (en V); y su valor porcentual resultará:  $\Delta U\% = (\Delta U/U_1) \cdot 100 < 3 \text{ ó } 5\%$ .
- k) locales de uso médico.
- Según señala el punto 2.1.3 de la ITC-BT 38, es obligatorio el empleo de transformadores de aislamiento o de separación de circuitos, uno como mínimo por cada quirófano o sala de intervención, para aumentar la fiabilidad de la alimentación eléctrica a aquellos equipos en los que una interrupción del suministro pudiera poner en peligro al paciente o al personal implicado y para limitar las corrientes de fuga que pudieran producirse.
- El transformador de aislamiento y el dispositivo de vigilancia del nivel de aislamiento cumplirán la norma UNE 20615.
- En el interior del quirófano o sala de intervención, se dispondrá de un cuadro de mando y protección que incluya la protección contra sobre intensidades, el transformador de aislamiento y el dispositivo de vigilancia del nivel de aislamiento.
- En particular, el capítulo 2.4 - "Control y mantenimiento" exige que antes de la puesta en servicio de la instalación, la empresa instaladora autorizada deberá proporcionar un informe escrito sobre los resultados de los controles realizados al termino de la ejecución de la instalación, que comprenderá al menos:

- El funcionamiento de las medidas de protección
- La continuidad de los conductores activos y de los conductores de protección y de puesta a tierra.
- La resistencia óhmica de las conexiones de los conductores de protección y de las conexiones de equipotencialidad.
- La resistencia de aislamiento entre conductores activos y tierra en cada circuito.
- La resistencia de puesta a tierra.
- La resistencia de aislamiento de suelos antielectrostáticos, y
- El funcionamiento de todos los suministros complementarios.
- Alguno de estos puntos ya se han mencionado al tratar de las condiciones especiales que requieren los locales de uso médico, cuando nos referíamos a la continuidad de los conductores de la instalación y de la resistencia de suelos y paredes.
- Una relevancia especial comporta la verificación del correcto funcionamiento del dispositivo de control de aislamiento que se comprueba con un equipo especial que simula la presencia de una avería, provocando la intervención del sistema de alarma óptico y acústico.
- l) calidad de la energía presente en la red.
- La calidad de la energía eléctrica se mide en términos de conformidad a los datos nominales y de continuidad del suministro. La referencia está constituida por la norma UNE-EN 50160 - "Características de la tensión previstas para las redes públicas de distribución de energía eléctrica".

- Los analizadores de red, armónicos y perturbaciones, requeridos como parte del equipo de un instalador de categoría especialista, tienen por objeto que dicho profesional disponga de elementos capaces de relacionar las anomalías que se detecten en la instalación con las que podrían ser las causas.
- Dichos analizadores permiten detectar las citadas anomalías entre las que destacaremos:
  - Interferencias.
  - Variaciones de frecuencia.
  - Armónicos.
  - Variaciones de tensión.
  - Sobretensiones transitorias.
  - Flicker (parpadeo).
  - Huecos de tensión
  - Interrupciones de tensión.
  - Desequilibrio de tensión.
- Los instrumentos multifunción más avanzados usados como analizadores de red permiten una lectura y una memorización de los datos que muestran las características de los parámetros eléctricos presentes y sus relaciones con las condiciones de la red, para poder verificar las posibles causas de las anomalías encontradas.
- En el presente artículo nos hemos limitado a mencionar muy someramente las características más destacadas de los equipos de medida requeridos por el nuevo REBT, para verificar el correcto funcionamiento de una instalación y su conformidad con la normativa vigente.

- Los catálogos de los fabricantes describen de una manera más pormenorizada dichas características, por lo que su lectura podrá ayudarnos en la elección de unas herramientas básicas en el desarrollo de la siempre delicada función de analizar la calidad de nuestro trabajo.

## 1.7. Flickers

Los Flickers son variaciones de tensión rápidas causadas por grandes y súbitos incrementos de corriente de carga. Son comúnmente causados por variaciones rápidas de cargas que requieren gran cantidad de reactivo, como ser soldadoras, moledoras de piedra, sierras, cortadoras y grandes motores. Pueden causar parpadeos visibles en la iluminación y detener procesos de producción.

Los problemas de calidad de energía pueden cerrar fábricas enteras y detener procesos, causando pérdida de productos, mantenimiento y costo de reparación. Para plantas que funcionan 24 hs los 365 días del año, es casi imposible que se recuperen de esta pérdida.

### 1.7.1. Flickering (“parpadeo”)

Son perturbaciones, según IEC 1000-3-3, tipo d, las cuales se caracterizan como una serie continua o aleatoria de fluctuaciones del voltaje. Las cargas que puedan exhibir variaciones continuas y rápidas en la magnitud de la corriente de carga, pueden provocar variaciones en el voltaje que se refieren frecuentemente como “flicker” (parpadeo). Ese término, parpadeo, se deriva del impacto de las fluctuaciones de voltaje en lámparas de forma tal que ellas se comportan y son percibidas por el ojo

humano como una especie de “parpadeo”. Para ser técnicamente correctos, la fluctuación del voltaje es un fenómeno electromagnético, mientras que el “flicker” es un resultado indeseable de la fluctuación de voltaje en algunas cargas. Sin embargo, los dos términos están frecuentemente enlazados entre si en estándares.

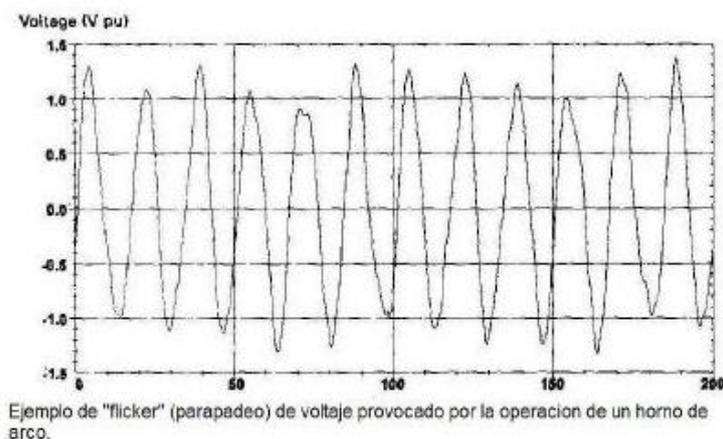


Figura 15. Ejemplos de “flickers” de voltaje

## 1.7.2 Procedimiento de Medición de Flicker

### 1.7.2.1. Medición y Registro

El período de medición de flicker debe ser de a lo menos 15 minutos y abarcar la partida en frío del horno de arco o en general las condiciones de mayor perturbación.

Como instrumento de medición se puede utilizar un computador portátil equipado con un conversor analógico/digital de 12 bits, modo bipolar, conexión diferencial, frecuencia de muestreo de 1000 Hz por canal y capacidad de almacenamiento suficiente (6 a 12 Mbytes en disco). Las lecturas se toman directamente del transformador de potencial de la S/E.

La medición de flicker significa evaluar, durante todo el período de registro, la variación de tensión efectiva, la frecuencia (duración) de dicha variación y su duración. Se utiliza el método descrito en la publicación inglesa P.7/2, Engineering Recommendations. Los

valores máximos de variación de tensión se indican en la Figura N° 15. El método RMS de análisis numérico fue desarrollado por Transelec y permite utilizar cualquier criterio o especificación de equipo mediante la tabulación de una curva ad-hoc.

Adicionalmente se entregan los valores "raw data" en cuentas del conversor A/D.

Debido a la naturaleza aleatoria de los fenómenos que originan esta perturbación, la evaluación de flicker se realiza estadísticamente, calculando el número de variaciones de tensión (flickers) que exceden los límites establecidos. El valor resultante, expresado en tanto por ciento del total de fluctuaciones detectadas debe ser menor que el máximo permitido (1%).

---

## CAPÍTULO II.

### DIAGNÓSTICO DE LAS PERTURBACIONES ELECTRICAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL EQUIPO FLUKE 434

#### 2.1. Funciones del Fluke 433/434

##### 2.1.1. Introducción

El analizador ofrece una completa serie de potentes funciones para la comprobación de sistemas de distribución eléctrica. Algunas de estas funciones le permiten obtener una visión general del funcionamiento del sistema eléctrico, mientras que otras le sirven para examinar detalles específicos.

Este capítulo explica cómo realizar medidas en una secuencia lógica.

El modelo Fluke 434 incorpora funciones adicionales como íter armónico, transitorias, utilización de la energía, memoria adicional para almacenar pantallas y datos, el software Fluke View y un cable óptico USB aislado.

##### 2.1.2. Medidas de propósito general

Para comprobar si las sondas de tensión y las pinzas amperimétricas están conectadas correctamente, utilice las pantallas que muestran las gráficas de las formas de onda y los diagramas fasoriales. Las pinzas se marcan con una flecha para facilitar la polaridad de señal correcta.

La tecla MONITOR (Supervisión) le permite obtener una visión general de la calidad del sistema eléctrico. Al pulsar esta tecla se abre una pantalla con un gráfico de barras que muestran aspectos de la calidad de las tensiones de fase. Los gráficos cambian de verde a rojo si los aspectos relacionados no se ajustan a los límites. Es posible

seleccionar seis categorías de límites diferentes, pudiendo el usuario programar algunos de ellos. Una de estas categorías contempla los límites recogidos en la normativa EN50160. Las teclas de función de la F1 a la F5 abren distintos submenús con información detallada de cada uno de los factores de la calidad eléctrica.

Las unidades de los datos numéricos se expresan en voltios, amperios y hercios. Para ello, pulse la tecla MENU (MENÚ). A continuación, seleccione Volt. /Amp. /Hz. y pulse F5 – Aceptar para mostrar una tabla con los valores actuales de la tensión (rms y pico), la corriente (rms y pico), la frecuencia y los factores de cresta por cada fase. Pulse F5 – TENDENCIA para mostrar la variación de estos valores a lo largo del tiempo.

### 2.1.3. Modos de medida para examinar en detalle

**Tensiones de fase;** deben ser similares al valor nominal. Las formas de onda de tensión deben ser del tipo sinusoidal, es decir, suavizadas y sin distorsiones. Compruébelo con la función de osciloscopio, utilice el modo Fluctuaciones para registrar cambios repentinos de tensión.

Capture anomalías de la tensión con el modo Transitorios. Corrientes de fase; Utilice Volt. /Amp. /Hz. y Fluctuaciones para comprobar las relaciones de corriente/tensión. Utilice Corriente de arranque para registrar aumentos repentinos de la corriente como la corriente de arranque de motores.

**Factor de cresta.** Un factor de cresta de 1,8 o superior supone una distorsión notable en la forma de onda. Compruebe la distorsión en la pantalla de osciloscopio.

Utilice el modo Armónicos para identificar armónicos y la distorsión armónica total (THD) y para comprobar armónicos de tensión y corriente, y la THD por fases. Utilice la tendencia para el registro de armónicos a lo largo del tiempo.

**Flicker (Parpadeo).** El modo Parpadeo le permite comprobar los parpadeos de tensión a corto y largo plazo, así como otros datos relacionados por fases. Utilice la tendencia para el registro de estos valores a lo largo del tiempo.

**Fluctuaciones;** utilice el modo Fluctuaciones para registrar cambios repentinos de tensión como de corto y medio ciclo.

**Frecuencia.** La frecuencia debe ser similar al valor nominal. Por lo general, se trata de un factor bastante estable. Seleccione Volt. /Amp. /Hz. para mostrar la frecuencia. La variación de la frecuencia durante un período determinado se registra en la pantalla de tendencias.

**Desequilibrio.** La tensión de cada fase no debe diferir más de un 1% de la media obtenida a partir de las tres, y el desequilibrio de corriente no debe ser superior al 10%. Utilice el modo Osciloscopio para examinar los desequilibrios en un diagrama fasorial, o bien el modo Desequilibrio.

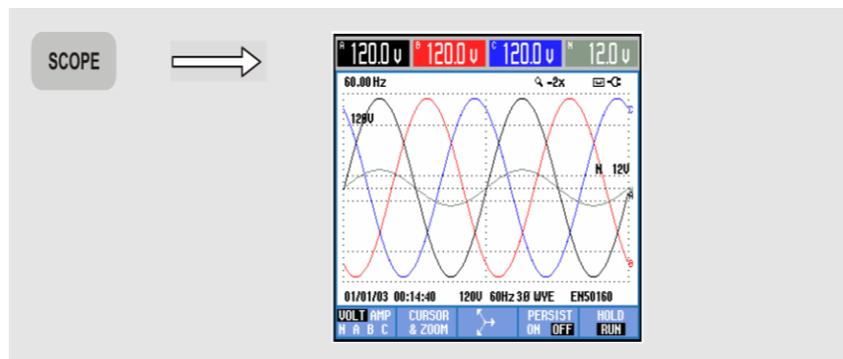
## 2.2. Osciloscopio y diagrama fasorial

### 2.2.1. Introducción

El modo Osciloscopio muestra las corrientes y tensiones en prueba del sistema eléctrico mediante formas de onda o diagramas vectoriales. Se muestran además valores numéricos como las tensiones y corrientes de fase, la frecuencia y los ángulos de fase entre las tensiones y corrientes.

## 2.2.2. Osciloscopio

Para acceder a la pantalla de osciloscopio:



En la pantalla de osciloscopio podrá observar las formas de onda de la tensión y la corriente con un rápido nivel de actualización, al igual que en un osciloscopio. El encabezado de la pantalla muestra los valores de tensión/corriente rms relacionados (12 ó 10 rms de ciclo según IEC61000-4-30). De forma predeterminada, aparecen dos períodos de forma de onda. El canal A (L1) es de referencia y se muestran 2 ciclos completos con una tensión inicial de 0 voltios.

Teclas de función disponibles:

F1	Esta tecla permite seleccionar el conjunto de formas de onda mostrado: V muestra todas las tensiones, A muestra todas las corrientes. A (L1), B (L2), C (L3), N (neutro) muestran simultáneamente la tensión y corriente de la fase seleccionada.
F2	Esta tecla abre el submenú para Cursor y Zoom.
F3	Abre la pantalla de diagrama fasorial. Consulte el siguiente apartado para obtener más información.
F4	CON LA PERSISTENCIA ACTIVADA, memoriza todas las variaciones de formas de onda en pantalla.
F5	Esta tecla cambia entre los modos de actualización de pantalla RETENCIÓN y EJECUCIÓN.

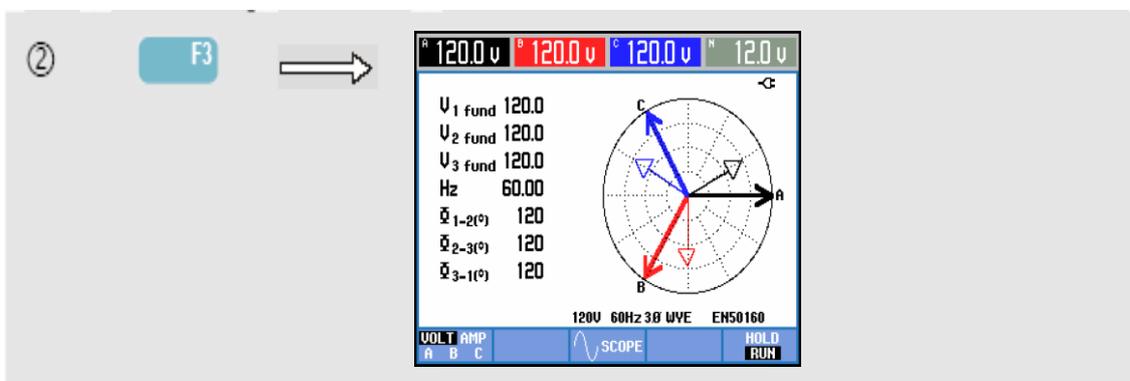
**Cursor.** Cuando el cursor está activado, los valores de la forma de onda se muestran en el encabezado de la pantalla. Al situar el cursor al extremo izquierdo o derecho de la pantalla, se abre la siguiente pantalla hasta un máximo de seis en el área de visualización.

**Zoom.-** Le permite ampliar o reducir la pantalla horizontal y verticalmente para ver detalles o el gráfico completo dentro del área de pantalla. El zoom y el cursor se controlan con las teclas de flecha.

En la mayoría de casos, la desviación y la escala de las formas de onda se ajustan previamente para una buena visualización conforme a la tensión nominal ( $V_{nom}$ ) y al rango de corriente (rango A).

### 2.2.3. Diagrama fasorial

Para acceder a la pantalla de diagrama fasorial:



La pantalla de diagrama fasorial muestra la relación de fases entre tensiones y corrientes en un diagrama vectorial. El vector del canal de referencia A (L1) se sitúa sobre el eje X positivo. Los valores numéricos adicionales son la tensión de fase fundamental, la frecuencia y los ángulos de fase. El encabezado de la pantalla muestra los valores rms de la tensión y corriente.

Teclas de función disponibles:

<b>F1</b>	Permite seleccionar los datos adicionales que se van a mostrar: todas las tensiones y corrientes o la tensión y corriente fase a fase.
<b>F3</b>	Esta tecla le permite volver a la pantalla de osciloscopio.
<b>F5</b>	Esta tecla cambia entre los modos de actualización de pantalla RETENCIÓN y EJECUCIÓN.

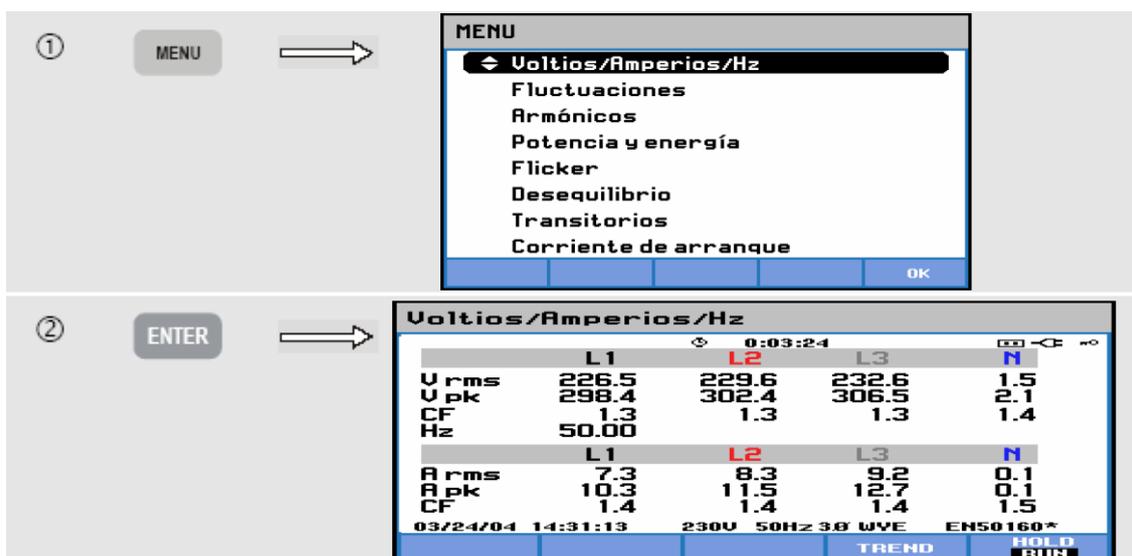
## 2.3. Voltios/Amperios/Hz

### 2.3.1. Introducción

Volt. /Amp. /Hz. muestra una tabla con valores numéricos básicos de la medida realizada. La pantalla de tendencias relacionada muestra los cambios a lo largo del tiempo de todos los valores de la tabla.

### 2.3.2. Tabla

Para acceder a la pantalla de Tabla de VOLTIOS/AMPERIOS/HZ:



La tabla ofrece un resumen de las tensiones y corrientes de todas las fases. También se muestran la frecuencia y los factores de cresta. El factor de cresta CF indica la cantidad de distorsión: el valor 1 significa que no hay distorsión, mientras que un valor superior a 1,8 significa que existe una alta distorsión. Utilice esta pantalla para obtener una primera impresión del rendimiento del sistema eléctrico antes de examinarlo en detalle con otros modos de medida.

El número de columnas de la tabla depende de la configuración del sistema eléctrico. Los valores de la tabla son valores actuales que pueden actualizarse constantemente. Los cambios de dichos valores a lo largo del tiempo se graban en cuanto se activa la medida.

Las grabaciones aparecen en la pantalla de tendencias.

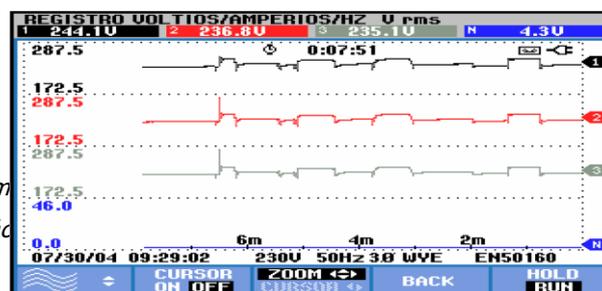
Teclas de función disponibles:

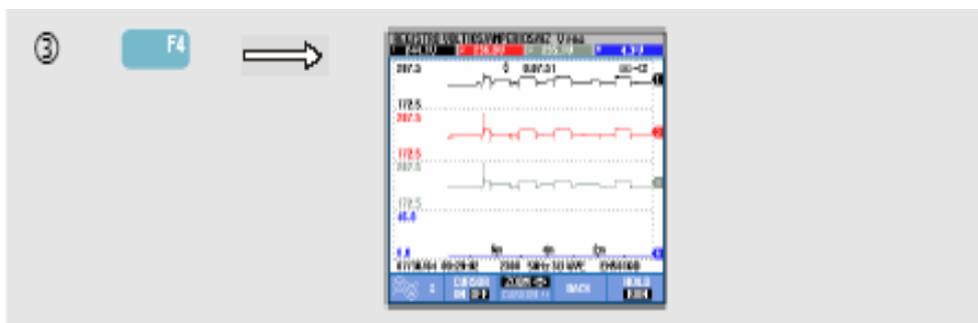
F4	Acceso a la pantalla de tendencias. Consulte el siguiente apartado para obtener más información.
F5	Esta tecla cambia entre los modos de actualización de pantalla RETENCIÓN y EJECUCIÓN. Si cambia de RETENCIÓN a EJECUCIÓN, se abrirá un menú para seleccionar un inicio inmediato (AHORA) o PROGRAMADO, que le permite definir la hora de inicio y la duración de la medida.

### 2.3.3. Tendencia

Para acceder a la pantalla de tendencias de VOLTIOS/AMPERIOS/HZ:

Implementación de un m... relación a la CALIDAD  
DE ENERGÍA, caso prác... ra UNL.





Todos los valores de la tabla están grabados, pero sólo se muestran las tendencias de una fila de la tabla en cada ocasión. Pulse la tecla de función F1 para seleccionar la fila mediante las teclas de flecha hacia arriba/hacia abajo.

Las trazas comienzan desde el lado derecho. Las lecturas del encabezado corresponden a los valores más recientes trazados a la derecha.

Teclas de función disponibles:

F1	Permite seleccionar las filas de la tabla con las teclas de flecha hacia arriba/hacia abajo para visualizar la tendencia correspondiente a cada una.
F2	Cursor activado/desactivado.
F3	Esta tecla asigna las teclas de flecha para las operaciones con el cursor o el zoom.
F4	Esta tecla le permite volver a la pantalla de tabla.
F5	Esta tecla cambia entre los modos de actualización de pantalla RETENCIÓN y EJECUCIÓN. Si cambia de RETENCIÓN a EJECUCIÓN, se abrirá un menú para seleccionar un inicio inmediato (AHORA) o PROGRAMADO, que le permite definir la hora de inicio y la duración de la medida.

**Cursor.** Cuando el cursor está activado, los valores de tendencia seleccionados con el cursor aparecerán en el encabezado de la pantalla. Si mueve el cursor más allá del extremo izquierdo o derecho de la pantalla, se mostrará en el área de visualización la siguiente pantalla de un total de seis.

**Zoom.** Le permite ampliar o reducir la pantalla horizontal o verticalmente para ver detalles o ajustar un gráfico completo dentro del área de pantalla. El zoom y el cursor se controlan mediante las teclas de flecha. La desviación y escala de las tendencias están predefinidas en la mayoría de los casos para una buena visualización, pero son ajustables. Puede acceder al menú de ajustes con la tecla SETUP (Configurar) y la tecla de función F3.

#### **2.3.4. Sugerencias**

La tensión y la frecuencia deberían ser cercanas a los valores nominales de, por ejemplo, 120 V, 230 V, 480 V, 60 Hz o 50 Hz.

Las tensiones y corrientes de la tabla se pueden utilizar, por ejemplo, para comprobar si la energía aplicada a un motor de inducción trifásico está equilibrada. El desequilibrio de tensión produce corrientes muy desequilibradas en el cableado del estator, que provocan un sobrecalentamiento y una reducción de la vida útil del motor.

Cada una de las tensiones de fase no debería diferenciarse más de un 1% de la media de las tres. El desequilibrio de corriente no debe ser superior al 10%. En caso de que el desequilibrio sea demasiado alto, utilice otros modos de medida para seguir analizando el sistema eléctrico.

Un factor de cresta cercano a 2,0 indica una alta distorsión; por ejemplo, puede encontrar un valor de  $CF = 2,0$  si mide la corriente emitida por rectificadores que sólo conducen en la parte superior senoidal.

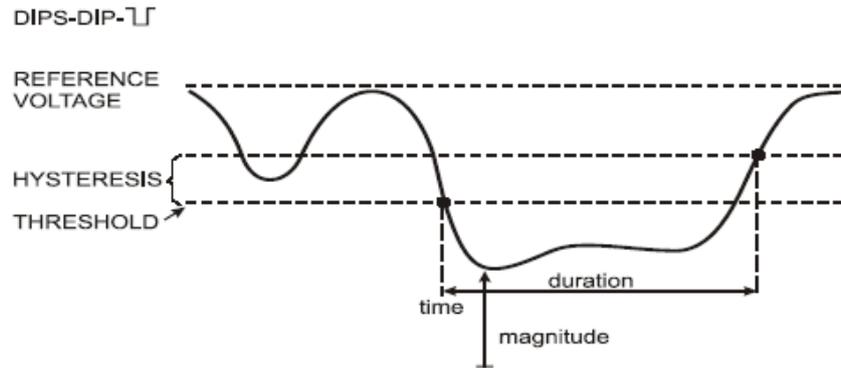
## 2.4. Fluctuaciones

### 2.4.1. Introducción

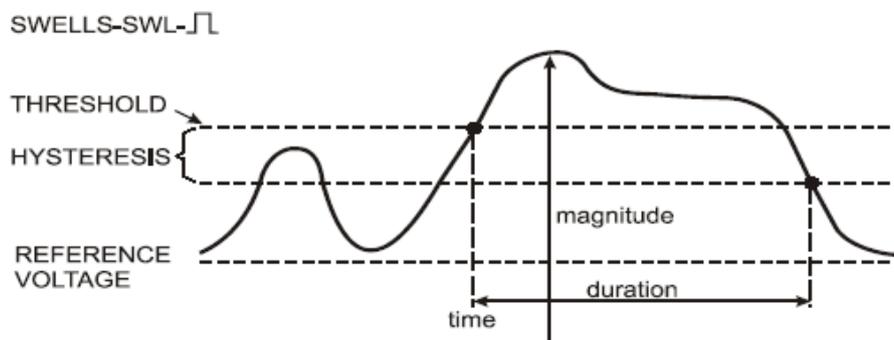
La pantalla Fluctuaciones registra subidas, interrupciones, cambios rápidos de tensión y bajadas. Las bajadas (fluctuaciones) y subidas son desviaciones rápidas de la tensión normal. Pueden alcanzar una magnitud de diez a cientos de voltios. La duración puede variar de medio ciclo a unos segundos, conforme se define en EN61000-4-30.

El analizador le permite seleccionar la tensión nominal o gradual de referencia. Una tensión de referencia gradual utiliza los valores medidos y filtrados con una constante de tiempo de un minuto.

Durante una bajada, la tensión desciende y en una subida aumenta. En sistemas trifásicos, una bajada comienza cuando la tensión de una o más fases cae por debajo del umbral de bajada y termina cuando todas las fases son iguales o superiores al umbral de bajada más la histéresis. Las condiciones de disparo para las subidas y bajadas son el umbral y la histéresis. Las subidas y bajadas se caracterizan por la duración, magnitud y hora en las que se producen.

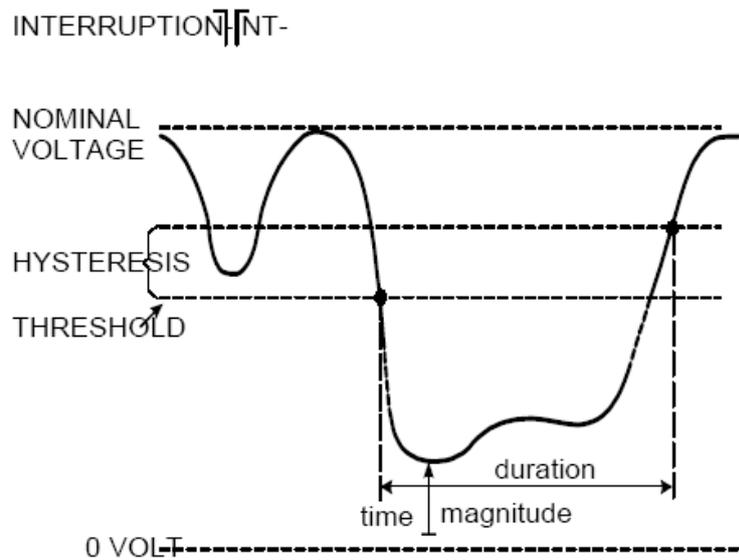


**Características de una bajada de tensión**



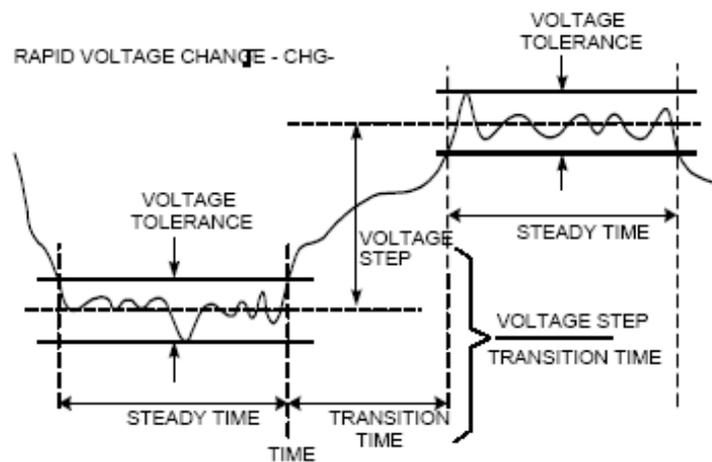
**Características de una subida de tensión**

Durante una interrupción, la tensión desciende notablemente por debajo del valor nominal. En los sistemas trifásicos, una interrupción comienza cuando la tensión de todas las fases está por debajo del umbral y termina cuando una fase iguala o supera al umbral de interrupción más la histéresis. Las condiciones de disparo para las interrupciones son el umbral y la histéresis. Las interrupciones se caracterizan por la duración, magnitud y hora en las que se producen.



**Características de una interrupción de tensión**

Los cambios rápidos de tensión son transiciones rápidas de la tensión RMS producidas entre dos estados estables. Estos cambios se capturan de acuerdo con la tolerancia de tensión estable, el tiempo de estabilidad, el incremento mínimo detectado y la frecuencia mínima (%/s).



**Características de un cambio rápido de tensión**

Además de la tensión, se registra también la corriente, lo que permite ver las causas y efectos de las desviaciones. La tecla de función F4 – EVENTOS abre las tablas de eventos con los eventos de tensión enumerados sucesivamente.

## 2.4.2. Tendencia

Para acceder a la pantalla de tendencia de las fluctuaciones:



En la pantalla principal, los canales de tensión y corriente configurados se registran de forma que sea posible visualizar la causa y efecto de las desviaciones. No se muestran todos los canales a la vez. Pulse la tecla de función F1 para seleccionar con las teclas de flechas el conjunto de tendencias que se va a visualizar.

Los valores en pantalla emergen desde el lado derecho y los valores correspondientes se muestran en el encabezado.

Teclas de función disponibles:

F1	Permite seleccionar los canales de tensión o corriente que se van a mostrar con las teclas de flecha hacia arriba/hacia abajo.
F2	Activa/desactiva el cursor.
F3	Permite realizar las operaciones de cursor o zoom con las teclas de flecha.
F4	Abre las tablas de eventos.
F5	Esta tecla cambia entre los modos de actualización de pantalla RETENCIÓN y EJECUCIÓN. Si cambia de RETENCIÓN a EJECUCIÓN, se abrirá un menú para seleccionar un inicio automático (AHORA) o PROGRAMADO, que le permite definir la hora de inicio y la duración de la medida.

**Cursor.** Cuando el Cursor está activado, los valores de la tendencia en el punto del cursor aparecerán en el encabezado de la pantalla. Si mueve el cursor más allá del extremo izquierdo o derecho de la pantalla, se mostrará en el área de visualización la siguiente pantalla de un total de seis.

**Zoom.** Le permite ampliar o reducir la pantalla horizontal o verticalmente para ver detalles o ajustar un gráfico completo dentro del área de pantalla. El zoom y el cursor se controlan con las teclas de flecha.

En la mayoría de casos, la desviación y la escala de las tendencias se ajustan previamente para una buena visualización conforme a la tensión nominal ( $V_{nom}$ ) y al rango de corriente (rango A). Si lo desea, puede cambiar la desviación y la escala. Puede acceder al menú de ajustes con la tecla SETUP (Configurar) y la tecla de función F3

Los criterios de los eventos, como el umbral o la histéresis, están previamente ajustados. Sin embargo, es posible realizar un nuevo ajuste de estos valores en el menú de ajustes que abre la tecla SETUP (Configurar) para la configuración de límites.

### 2.4.3. Tablas de eventos

Para acceder a las tablas Eventos de fluctuaciones:

DATE	TIME	TYPE	LEVEL	DURATION
07/30/04	10:23:18:174	L1 SWL	259.9 U	0:00:06:808
07/30/04	10:23:34:782	L1 SWL	257.0 U	0:00:57:882
07/30/04	10:24:39:763	L1 SWL	279.8 U	0:00:26:717
07/30/04	10:25:37:676	L1 SWL	264.6 U	0:00:24:926
07/30/04	10:27:41:019	L1 SWL	254.1 U	0:00:00:060
07/30/04	10:27:41:409	L1 SWL	259.8 U	0:00:24:177
07/30/04	10:29:47:192	L1 SWL	254.6 U	0:00:00:290
07/30/04	10:30:39	230V 50Hz 3Ø WVE	EN50160	

07/30/04 10:30:39 230V 50Hz 3Ø WVE EN50160

NORMAL DETAIL BACK TREND

La tabla de eventos enumera los umbrales que recorren las tensiones de fase. Se pueden utilizar umbrales definidos por el usuario o los contemplados en los estándares internacionales.

Para ajustar los umbrales, pulse la tecla SETUP (Configurar) y acceda al menú de configuración de límites. Para obtener información detallada, consulte el apartado Ajustes de límites.

En el modo Normal, se enumeran las principales características de los eventos: hora de inicio, duración y magnitud de la tensión. En cambio, el modo Detalle muestra detalles del umbral que recorre la fase.

Las siguientes abreviaturas y símbolos se utilizan en las tablas:

Abreviatura	Descripción	Símbolo	Descripción
CHG	Cambio rápido de tensión		Flanco de tensión en aumento
DIP	Bajada de tensión		Flanco de tensión en descenso
INT	Interrupción de tensión		
SWL	Subida de tensión		

Teclas de función disponibles:

	Cambia entre el modo NORMAL y de DETALLE para la tabla de eventos.
	Esta tecla le permite volver a la pantalla Tendencia.
	Accede a la pantalla Tendencia con el control por cursor activado y situado en el evento resaltado. Este evento se puede seleccionar con las teclas de flechas hacia arriba/hacia abajo.

#### 2.4.4. Sugerencias

La presencia de bajadas (fluctuaciones) y subidas podría ser indicativo de un sistema de distribución eléctrico pobre, en el que la tensión cambia notablemente cuando un motor potente o una soldadora se apaga o enciende. Esto podría ocasionar que las luces parpadeen o incluso iluminen escasamente. Asimismo, en los sistemas informáticos y controladores de procesos, se podrían producir operaciones de reinicio y pérdida de datos.

Al supervisar la tendencia de la corriente y la tensión en la entrada de servicio de la potencia, podrá averiguar si la causa de una bajada de tensión está dentro o fuera del edificio de las instalaciones. La causa está en el interior del edificio (descendente) si la

tensión cae mientras la corriente aumenta; está fuera (ascendente) si tanto la tensión como la corriente caen.

## **2.5. Armónicos**

### **2.5.1. Introducción**

La pantalla Armónicos mide y graba los armónicos e interarmónicos (Fluke 434) hasta el 50°. También mide los datos relacionados, como los componentes CC, la THD (distorsión armónica total) y el factor K. Los armónicos son distorsiones periódicas de la tensión, corriente o las ondas sinusoidales de energía. Una forma de onda se puede considerar como una combinación de varias ondas sinusoidales con diferentes frecuencias y magnitudes. Asimismo, también se mide la contribución de cada uno de estos componentes a la señal completa. Las lecturas se pueden ofrecer como un porcentaje del fundamental o como un porcentaje de todos los armónicos combinados. Los resultados se pueden ver en una pantalla de gráfico de barras, en una tabla o en una pantalla de tendencias. Los armónicos son provocados a menudo por cargas no lineales, como los suministros de alimentación CC en ordenadores, televisores y variadores de velocidad. Los armónicos también pueden provocar un sobrecalentamiento de los transformadores, conductores y motores.

### **2.5.2. Pantalla de gráfico de barras**

Para acceder a la pantalla de gráfico de barras de armónicos:



La pantalla de gráfico de barras muestra el porcentaje de contribución de cada uno de los componentes a la señal completa. Una señal sin distorsión debería mostrar un primer armónico (es decir, el fundamental) al 100 %, mientras que el resto debería estar a cero: sin embargo, esto no ocurrirá en la práctica, ya que siempre hay una cierta cantidad de distorsión que produce armónicos más altos.

Una onda sinusoidal pura se distorsiona al añadirle componentes con una mayor frecuencia. La distorsión se representa mediante el porcentaje THD. La pantalla también muestra el porcentaje del componente CC y el factor K.

El factor K es un número que cuantifica las pérdidas potenciales en transformadores debidas a las corrientes armónicas. Los armónicos de orden superior tienen mayor influencia sobre el factor K que los armónicos de orden inferior.

La tabla que aparece a continuación muestra el número de gráficos de barras mostrados simultáneamente en una pantalla:

	<b>Armónicos</b>	<b>Armónicos e interarmónicos</b>
Pantalla con todas las fases	1 ... 12	1 ... 6
Pantalla con una sola fase	1 ... 50	1 ... 25

Las teclas de flecha hacia la izquierda/hacia la derecha se utilizan para colocar el cursor sobre una barra determinada. En el encabezado de la pantalla se mostrará el identificador de fase, número de armónico, frecuencia y ángulo de fase de dicha barra.

Si no se muestran en pantalla todas las barras, puede hacer que aparezca el siguiente conjunto en el área de visualización moviendo el cursor más allá del extremo izquierdo o derecho de la pantalla. Las teclas de flecha hacia arriba/hacia abajo se utilizan para el zoom vertical: puede seleccionar un zoom a escala completa del 100%, 50%, 20%, 10% o 5%. Puede elegir si desea que los armónicos se muestren como un porcentaje de la tensión fundamental (%f) o como un porcentaje del total de tensiones armónicas (%r) por medio de la tecla SETUP (Configurar) y la tecla de función F3 - OPCIONES.

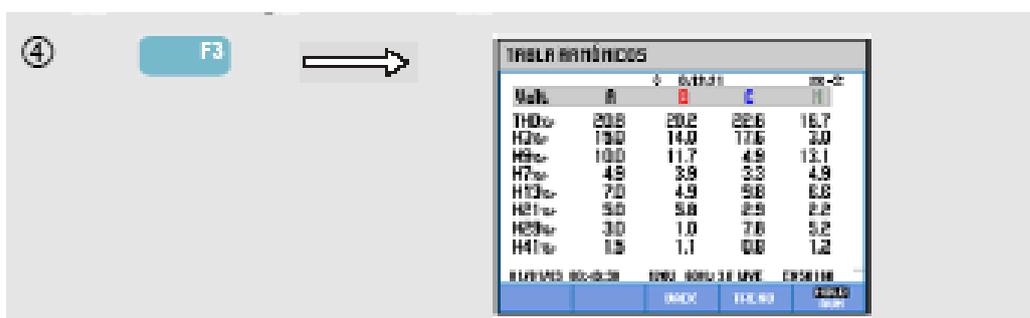
Para obtener información detallada, consulte el apartado OPCIONES

Teclas de función disponibles:

F1	Esta tecla permite seleccionar el tipo de armónicos: de tensión, corriente o potencia real (vatios). Los armónicos de potencia pueden tener polaridad positiva y negativa.
F2	Esta tecla permite seleccionar el conjunto de formas de onda que desea utilizar: A (L1), B (L2), C (L3), N (neutro) o TODOS.
F3	Esta tecla permite acceder a la pantalla de tabla.
F4	Esta tecla permite activar/desactivar la visualización de los armónicos (sólo Fluke 434).
F5	Esta tecla cambia entre los modos de actualización de pantalla RETENCIÓN y EJECUCIÓN. Si cambia de RETENCIÓN a EJECUCIÓN, se abrirá un menú para seleccionar un inicio inmediato (AHORA) o PROGRAMADO, que le permite definir la hora de inicio y la duración de la medida.

### 2.5.3. Tabla

Para acceder a la pantalla Tabla de Armónicos:



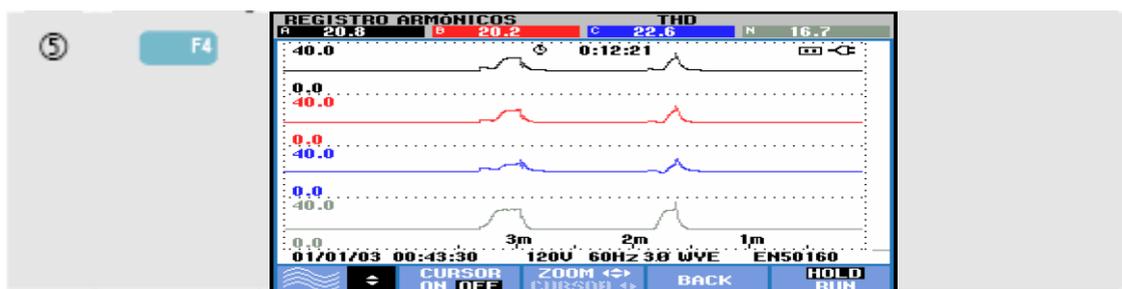
La pantalla de tabla muestra 8 medidas por fase. Puede seleccionar los contenidos de la tabla por medio de la tecla SETUP (Configurar) y la tecla de función F3.

Teclas de función disponibles:

F3	Esta tecla permite volver a la pantalla de gráfico de barras.
F4	Esta tecla permite acceder a la pantalla de tendencias. Consulte el siguiente apartado para obtener más información.
F5	Esta tecla cambia entre los modos de actualización de pantalla RETENCIÓN y EJECUCIÓN. Si cambia de RETENCIÓN a EJECUCIÓN, se abrirá un menú para seleccionar un inicio inmediato (AHORA) o PROGRAMADO, que le permite definir la hora de inicio y la duración de la medida.

#### 2.5.4. Tendencia

Para acceder a la pantalla Tendencia de Armónicos:



La Tendencia muestra cómo varían los armónicos a lo largo del tiempo. Puede utilizar el cursor y el zoom para obtener más detalles. Todos los valores de la tabla están grabados, pero sólo se muestran las tendencias de una fila de la tabla en cada ocasión. Pulse la tecla de función F1 para seleccionar la fila mediante las teclas de flecha.

Puede elegir si desea que los armónicos se muestren como un porcentaje de la tensión fundamental (%f) o como un porcentaje del total de tensiones armónicas (%r, Vrms total) por medio de la tecla SETUP (Configurar) y la tecla de función F3 - OPCIONES. En este menú también se pueden seleccionar los contenidos de la tabla.

Teclas de función disponibles:

<b>F1</b>	Permite seleccionar las filas de la tabla con las teclas de flecha hacia arriba/hacia abajo para visualizar la tendencia correspondiente a cada una.
<b>F2</b>	Cursor activado/desactivado.
<b>F3</b>	Esta tecla asigna las teclas de flecha para las operaciones con el cursor o el zoom vertical.
<b>F4</b>	Esta tecla le permite volver a la pantalla de tabla.
<b>F5</b>	Esta tecla cambia entre los modos de actualización de pantalla RETENCIÓN y EJECUCIÓN. Si cambia de RETENCIÓN a EJECUCIÓN, se abrirá un menú para seleccionar un inicio inmediato (AHORA) o PROGRAMADO, que le permite definir la hora de inicio y la duración de la medida.

### 2.5.5. Sugerencias

El número de armónico indica la frecuencia de armónico: el primer armónico es la frecuencia fundamental (60 o 50 Hz), el segundo armónico es el componente con el doble de frecuencia fundamental (120 o 100 Hz), y así sucesivamente. La secuencia de armónicos puede ser positiva (+), cero (0) o negativa (-). Se ofrece un resumen en la tabla que aparece a continuación.

Realizar pedido	1º	2º	3º	4º	5º	6º
Frecuencia	60 Hz 50 Hz	120 Hz 100 Hz	180 Hz 150 Hz	240 Hz 200 Hz	300 Hz 250 Hz	360 Hz 300 Hz
Secuencia	+	-	0	+	-	0

Realizar pedido	7º	8º	9º	10º	11º	...
Frecuencia	420 Hz 350 Hz	480 Hz 400 Hz	540 Hz 450 Hz	600 Hz 500 Hz	660 Hz 550 Hz	...
Secuencia	+	-	0	+	-	...

Los armónicos de secuencia positiva intentan que el motor funcione más rápido que el fundamental; los armónicos de secuencia negativa intentan que funcione más lentamente que el fundamental. En ambos casos, el motor pierde par y se recalienta.

Los armónicos también pueden hacer que los transformadores se sobrecalienten. Si las formas de onda son simétricas (es decir, igual de positivas que de negativas), incluso los armónicos desaparecen.

Los conductores neutros añaden armónicos de corriente de secuencia cero, lo cual puede provocar el sobrecalentamiento de dichos conductores.

***Distorsión.*** Cabe esperar distorsión de corriente en un sistema con cargas no lineales, como suministros de energía CC. Cuando la distorsión de corriente comienza a producir una distorsión de tensión (THD) de más del 5%, es señal de un problema potencial.

***Factor K:*** es una indicación de la cantidad de corrientes de armónicos que puede ser de ayuda al seleccionar los transformadores. Utilice el factor K junto los valores de kVA para seleccionar un transformador de sustitución que se encargue de las cargas no lineales con alta cantidad de armónicos.

## **2.6. Potencia y energía**

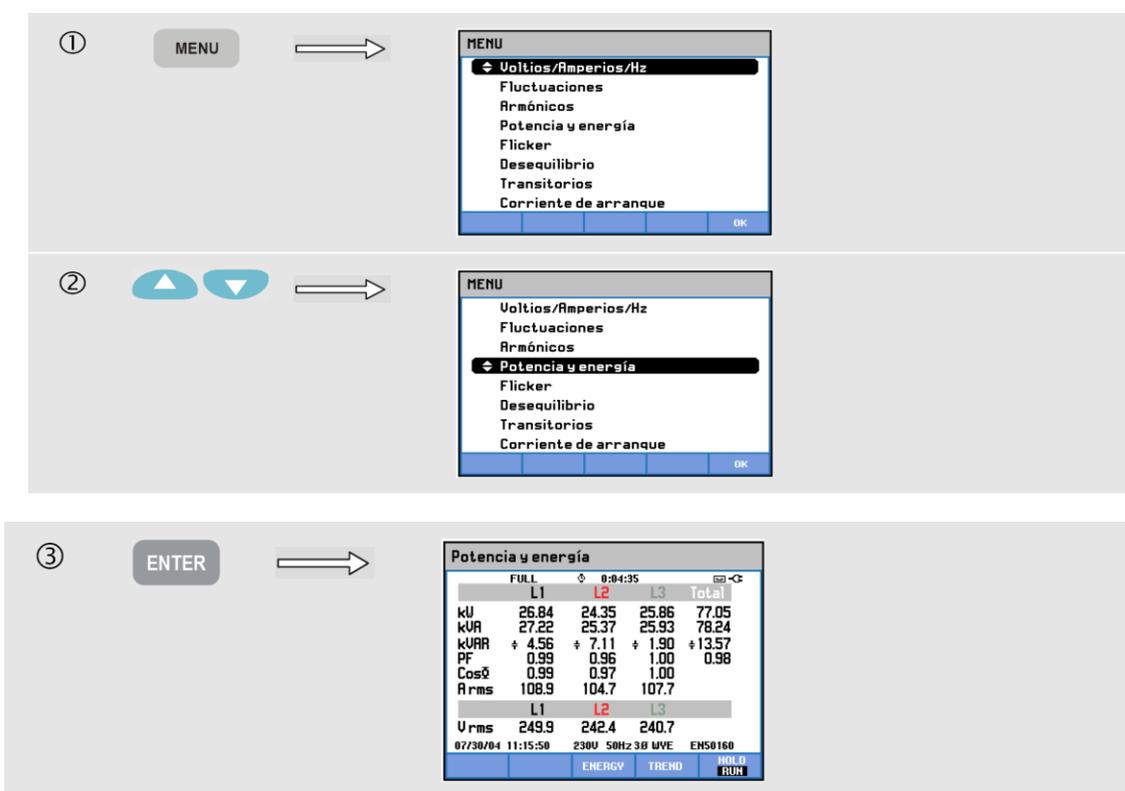
### **2.6.1. Introducción**

La pantalla Potencia y energía muestra una tabla con todos los parámetros relevantes de la potencia. La pantalla relacionada Tendencia muestra los cambios a lo largo del tiempo de todos los valores de la tabla.

El modelo Fluke 434 puede además contrastar la utilización de la energía y realizar verificaciones como los medidores de energía con contacto de pulso. Para realizar cálculos de la potencia, puede seleccionar Fundamental o Total. Para los cálculos fundamentales, se considera la tensión y la corriente sólo en la frecuencia fundamental (60 ó 50 Hz). Los cálculos totales utilizan todo el espectro de frecuencias (tensión y corriente de verdadero valor eficaz). La selección se realiza con la tecla SETUP (Configurar) y la tecla de función F3 - OPCIONES.

## 2.6.2. Tabla

### 2.6.3. Para acceder a la pantalla de tabla Potencia y energía



La tabla muestra datos de la potencia para cada fase y en total: potencia real o activa (Kw.), potencia aparente (kVA, producto de la corriente y tensión rms), potencia reactiva (KVAR, componente reactivo de la potencia aparente originado por el cambio entre la tensión y la corriente CA en inductores y condensadores), factor de potencia (PF, proporción de potencia real respecto a la potencia aparente para el rms total incluyendo los armónicos), factor de potencia de desplazamiento (DPF o coseno  $\phi$ , proporción de potencia real con respecto a la aparente para el cálculo fundamental) y los 12 ó 10 valores rms de ciclo de corriente y tensión.

Los símbolos indican si la carga es capacitiva () o inductiva ().

En el Fluke 434 se puede activar una tabla emergente con la utilización de la energía por fases y en total pulsando la tecla de función F3 – ENERGÍA. La tabla muestra la energía real (Kwh.), aparente (KVAh) y reactiva (KVARh). El proceso de medida de la energía comienza al iniciarse la potencia y la energía. La lectura se puede restablecer con la tecla de función F5.

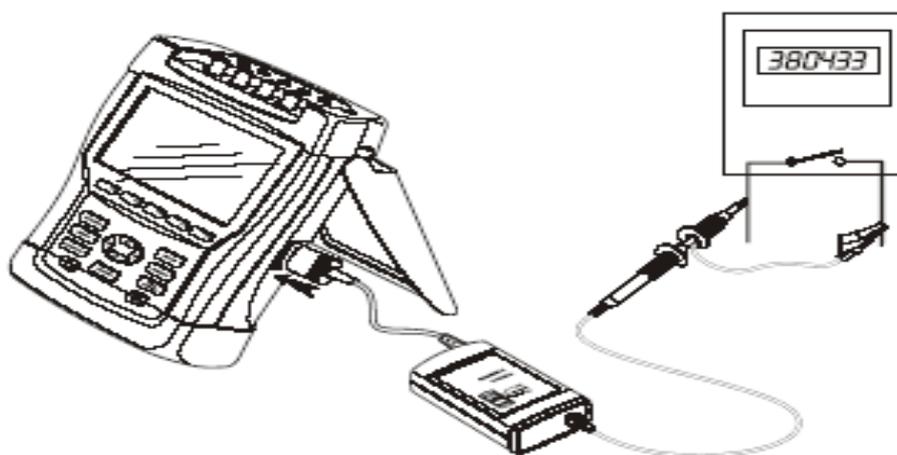
Con un inicio PROGRAMADO de la medida, el Fluke 434 se puede emplear para comprobar la utilización de la medida durante un intervalo predefinido. El inicio PROGRAMADO se ajusta al pasar de la RETENCIÓN a la EJECUCIÓN con la tecla de función F5. Al cortar temporalmente la energía, esta tecla de función se activa para seleccionar las operaciones de RETENCIÓN/EJECUCIÓN.

El modo Contador de pulsos cuenta de igual forma que en la salida de pulsos de determinados tipos de medidores de energía. Este hecho le permite comprobar rápidamente el error de incremento del medidor. La salida de pulsos se mide por medio de una sonda óptica de disparo aislada conectada entre la salida de pulsos y el puerto óptico RS-232 del analizador. La figura 11-1 muestra la configuración para la

medida. La utilización de la energía (Kwh.) por pulso se debe establecer por adelantado.

Puede acceder al menú de ajustes con la tecla SETUP (Configurar) y la tecla de función F3 - OPCIONES. (Kw.), potencia aparente (kVA, producto de la corriente y tensión rms), potencia reactiva (KVAR, componente reactivo de la potencia aparente originado por el cambio entre la tensión y la corriente CA en inductores y condensadores), factor de potencia (PF, proporción de potencia real respecto a la potencia aparente para el rms total incluyendo los armónicos), factor de potencia de desplazamiento (DPF o coseno  $\phi$ , proporción de potencia real con respecto a la aparente para el cálculo fundamental) y los 12 ó 10 valores rms de ciclo de corriente y tensión.

La utilización de la energía (Kwh.) por pulso se debe establecer por adelantado. Puede acceder al menú de ajustes con la tecla SETUP (Configurar) y la tecla de función F3 - OPCIONES.



**Verificación de un medidor de energía con salida de pulsos**

Para acceder a la tabla emergente Energía:

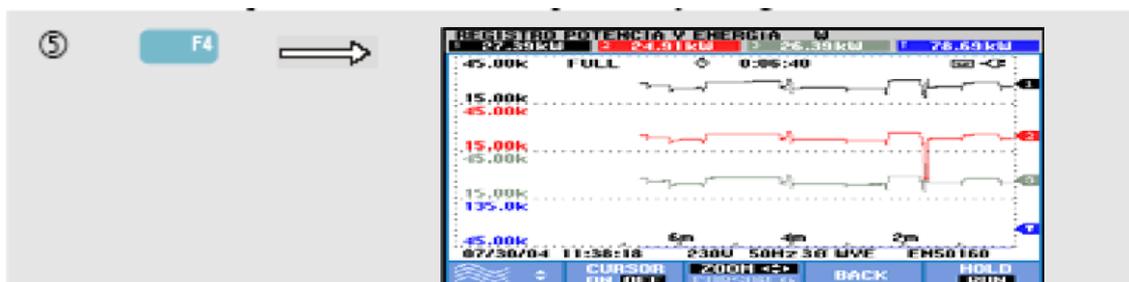


Teclas de función disponibles:

F2	Activa/desactiva el modo Contador de pulsos.
F3	Activa/desactiva la pantalla Energía.
F4	Abre la pantalla de tendencias. Consulte el siguiente apartado para obtener más información.
F5	Esta tecla cambia entre los modos de actualización de pantalla RETENCIÓN y EJECUCIÓN. Si cambia de RETENCIÓN a EJECUCIÓN, se abrirá un menú para seleccionar un inicio inmediato (AHORA) o PROGRAMADO, que le permite definir la hora de inicio y la duración de la medida. Si aparece Energía, puede restablecer la lectura con F5.

### 2.6.3. Tendencia

Para acceder a la pantalla Tendencia de potencia y energía:



Los valores de la tabla son instantáneos y se actualizan constantemente. Los cambios que se van produciendo se registran siempre que la medida esté activa. Todos los valores de la tabla están grabados, pero sólo se muestra la tendencia de una fila de la

tabla en cada ocasión. Pulse la tecla de función F1 para seleccionar la fila mediante las teclas de flecha.

Las trazas comienzan desde el lado derecho. Las lecturas del encabezado corresponden a los valores más recientes trazados a la derecha.

Además del inicio PROGRAMADO para la utilización de la energía, el analizador puede medir la potencia media durante una franja de tiempo ajustable. Las compañías eléctricas a menudo cobran a los clientes industriales tomando el valor más alto de la utilización media de la energía durante una franja de tiempo específica. Para este intervalo de demanda, un tiempo de 15 minutos es lo normal. Excepto por el ajuste desactivado, la escala horizontal de la tendencia está fija, por lo que, cada dato se corresponde con la utilización máxima, mínima y media durante el intervalo. El intervalo de demanda se puede ajustar entre 1 y 60 minutos o bien desactivarse. Puede acceder al menú de ajustes con la tecla SETUP (Configurar) y la tecla de función F3 - OPCIONES. Con el intervalo de demanda desactivado, el modo Tendencia funciona de forma normal con la escala horizontal automática.

Teclas de función disponibles:

F1	Permite seleccionar las filas de la tabla con las teclas de flecha hacia arriba/ hacia abajo para visualizar la tendencia correspondiente a cada una. La fila seleccionada se muestra en el encabezado de la pantalla.
F2	Activa/desactiva el cursor.
F3	Permite utilizar las teclas de flecha para las operaciones con cursor o zoom.
F4	Esta tecla le permite volver a la pantalla de la tabla.
F5	Cambia entre los modos de actualización de pantalla RETENCIÓN y EJECUCIÓN. Si cambia de RETENCIÓN a EJECUCIÓN, se abrirá un menú para seleccionar un inicio automático (AHORA) o PROGRAMADO, que le permite definir la hora de inicio y la duración de la medida.

**Cursor.** Cuando el Cursor está activado, los valores de la tendencia en el punto del cursor aparecerán en el encabezado de la pantalla. Si mueve el cursor más allá del extremo izquierdo o derecho de la pantalla, se mostrará en el área de visualización la siguiente pantalla de un total de seis.

**Zoom.** Le permite ampliar o reducir la pantalla horizontal o verticalmente para ver detalles o ajustar un gráfico completo dentro del área de pantalla. El zoom y el cursor se controlan mediante las teclas de flecha.

En la mayoría de casos, la desviación y la escala de las tendencias se ajustan previamente para una buena visualización conforme a la tensión nominal ( $V_{nom}$ ) y al rango de corriente (rango A). Si lo desea, puede cambiar la desviación y la escala. Puede acceder al menú de ajustes con la tecla SETUP (Configurar) y la tecla de función F3 -OPCIONES.

#### **2.6.4. Sugerencias**

El modo de potencia se puede utilizar para registrar la potencia aparente (kVA) de un transformador a lo largo de varias horas. Comprobar la tendencia le permitirá verificar si hay momentos en los que el transformador se sobrecargue. Puede transferir cargas a otros transformadores, alternar la sincronización de las cargas o, en caso necesario, sustituir el transformador por otro de mayor capacidad.

Interpretación del factor de la potencia al medirse en un dispositivo:

- PF = de 0 a 1: no se consume toda la potencia suministrada, una determinada cantidad de potencia reactiva está presente. La corriente se adelanta (carga capacitiva) o se retrasa (carga inductiva) respecto a la tensión.

- $PF = 1$ : el dispositivo consume toda la potencia suministrada. La tensión y la corriente están sincronizadas.
- $PF = -1$ : el dispositivo genera potencia. La corriente y la tensión están sincronizadas.
- $PF =$  de  $-1$  a  $0$ : el dispositivo está generando potencia. La corriente se adelanta o se retrasa respecto a la tensión.

Si observa una lectura de factor de potencia o una potencia negativa y existe conexión con una carga, compruebe que las flechas de las pinzas amperimétricas apuntan hacia la carga.

La potencia reactiva (VAR) se debe a menudo a cargas inductivas como las de los motores, inductores y transformadores. La instalación de condensadores adecuados puede corregir la potencia reactiva inductiva. Antes de instalar condensadores para corregir los factores de potencia, consulte con un profesional, en particular si realiza medidas de armónicos de corriente en su sistema.

## **2.7. Parpadeo (Flicker) de tensión**

### **2.7.1. Introducción**

La pantalla Flicker (Parpadeo) cuantifica la fluctuación de luminancia de las lámparas provocada por las variaciones de la tensión de alimentación. El algoritmo de la medida cumple la norma EN61000-4-15 y se basa en un modelo perceptivo del sistema sensorial del cerebro y el ojo humano. El analizador convierte la duración y magnitud de las variaciones de tensión en el 'factor de irritación' provocado por el flicker resultante de una lámpara de 60 W. Una lectura alta del flicker indica que a la mayoría

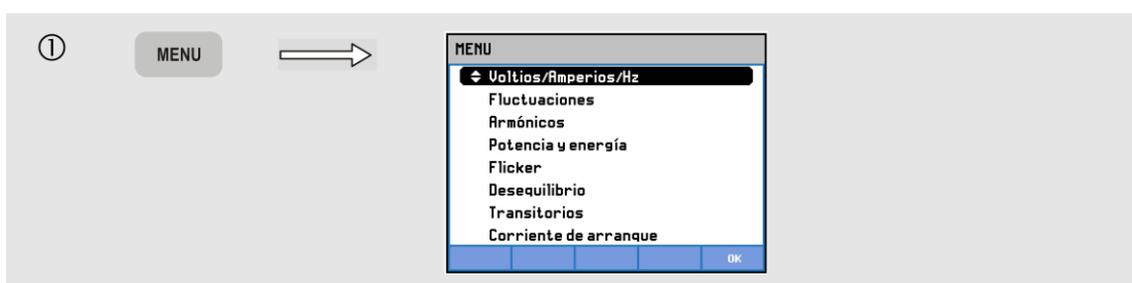
de la gente le molestarían los cambios de luminancia. La variación de tensión puede ser relativamente pequeña. La medida está optimizada para lámparas con alimentación de 120 V / 60 Hz o 230 V / 60 Hz. Se muestran en una tabla los parámetros que caracterizan el flicker por fase. La pantalla de Tendencia relacionada muestra los cambios de todos los valores de medida de la tabla.

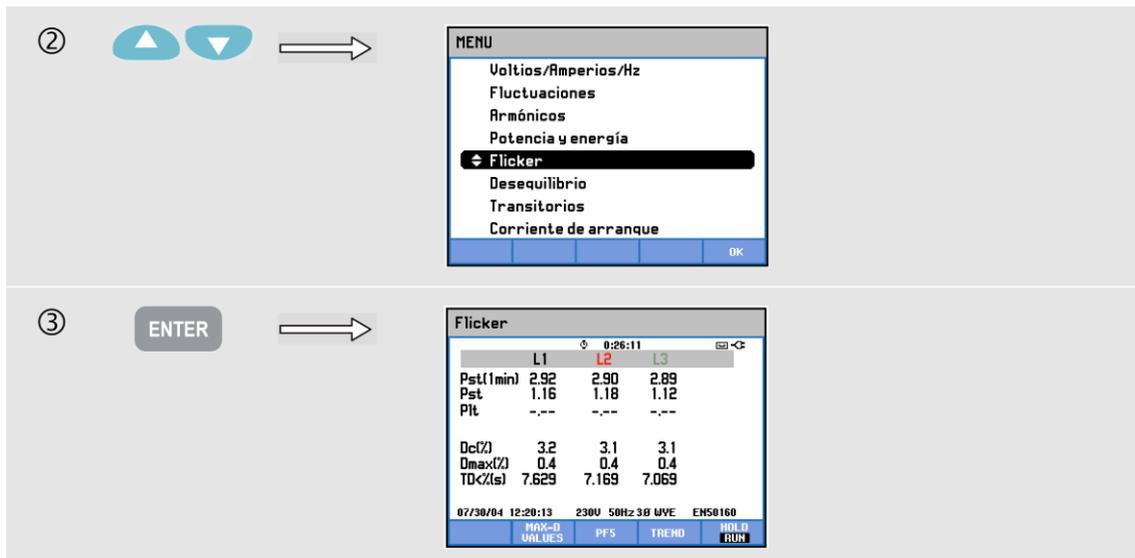
### Nota

Después de cambiar a Flicker, transcurrirá un periodo de ajuste de unos 10 segundos antes de comenzar la medida. Durante dicho periodo, aparecerá el símbolo U (Inestable) en el encabezado de la pantalla. Asimismo, el temporizador realiza una cuenta atrás desde -10 segundos. No hay ningún periodo inestable cuando se realiza la medida del flicker con un inicio programado.

### 2.7.2. Tabla

Para acceder a la pantalla de tabla de Flicker:



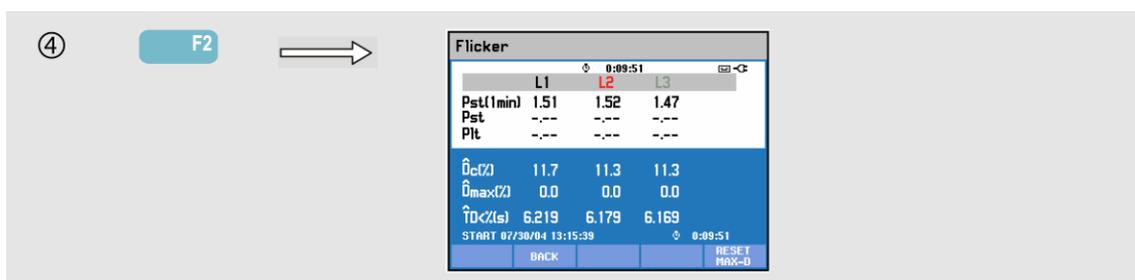


El flicker se caracteriza por: severidad a corto plazo Pst (medida en 1 minuto para ofrecer rápidamente la información, o bien medida durante 10 minutos) y severidad a largo plazo Plt (medida durante 2 horas).

En la tabla aparecen todos estos datos, así como los parámetros D relacionados CC, Dmax y TD (conforme a la norma EN61000-3-3).

Se puede activar una tabla emergente para mostrar los valores de pico de los parámetros D que se hayan producido durante la medida. Puede restablecer el valor cero de los parámetros D almacenados con la tecla de función F5.

Para acceder a la tabla emergente con los valores de pico de los parámetros D:



Pst y Plt son parámetros que muestran el flicker a lo largo de un determinado periodo de tiempo. El flicker momentáneo se muestra en el submenú PF5 y se accede a él

través de la tecla de función F3. El valor PF5 del flicker aparece como un gráfico de tendencias rápido.

Teclas de función disponibles (la tabla emergente debe estar desactivada):

F2	Esta tecla activa la tabla emergente con los valores máximos de los parámetros D.
F3	Esta tecla permite acceder a la pantalla de tendencias de PF5.
F4	Esta tecla permite acceder a la pantalla Tendencia. Consulte el siguiente apartado para obtener más información.
F5	Esta tecla cambia entre los modos de actualización de pantalla RETENCIÓN y EJECUCIÓN. Si cambia de RETENCIÓN a EJECUCIÓN, se abrirá un menú para seleccionar un inicio inmediato (AHORA) o PROGRAMADO, que le permite definir la hora de inicio y la duración de la medida.

### 2.7.3. Tendencia

Para acceder a la pantalla Tendencia de Flicker:



Los parámetros de la tabla se actualizan a lo largo del tiempo, y se graban siempre que la medida esté activada. La pantalla Tendencia muestra los cambios de estos valores a lo largo del tiempo. Todos los valores de la tabla están grabados, pero sólo se muestran las tendencias de una fila de la tabla en cada ocasión.

Pulse la tecla de función F1 para seleccionar la fila mediante las teclas de flecha. Las tendencias mostradas pueden constar de 6 pantallas.

PF5 muestra un gráfico de tendencias rápido en una pantalla, y se accede a él mediante un menú que le permite definir la duración estimada de la medida y su inicio Inmediato o Programado. Se utilizan dos líneas verticales de marcación para indicar el periodo Pst de la tendencia PF5.

Teclas de función disponibles:

F1	Permite seleccionar las filas de la tabla con las teclas de flecha hacia arriba/hacia abajo para visualizar la tendencia correspondiente a cada una. La fila seleccionada se indica en el encabezado de la pantalla.
F2	Cursor activado/desactivado.
F3	Esta tecla asigna las teclas de flecha para las operaciones con el cursor o el zoom.
F4	Esta tecla le permite volver a la pantalla de tabla.
F5	Esta tecla cambia entre los modos de actualización de pantalla RETENCIÓN y EJECUCIÓN. Si cambia de RETENCIÓN a EJECUCIÓN, se abrirá un menú para seleccionar un inicio inmediato (AHORA) o PROGRAMADO, que le permite definir la hora de inicio y la duración de la medida.

**Cursor.** Cuando el cursor está activado, los valores de Tendencia en el cursor aparecerán en el encabezado de la pantalla. Si mueve el cursor más allá del extremo izquierdo o derecho de la pantalla, se mostrará en el área de visualización la siguiente pantalla de un total de seis (no aplicable en la tendencia de PF5).

**Zoom.** Le permite ampliar o reducir la pantalla horizontal o verticalmente para ver detalles o ajustar un gráfico completo dentro del área de pantalla. El zoom y el cursor se controlan mediante las teclas de flecha.

En la mayoría de casos, la desviación y la escala ya se encuentran predefinidas para una buena visualización, pero son ajustables. Los valores de configuración de los parámetros D también son ajustables. Puede acceder al menú de ajustes con la tecla SETUP (Configurar) y la tecla de función F3 - OPCIONES.

#### **2.7.4. Sugerencias**

Utilice la tendencia del flicker de PF5 y la tensión de medio ciclo o las tendencias de corriente para localizar la fuente del flicker. Pulse la tecla de función F1 para seleccionar el flicker, la tensión y las tendencias de corriente mediante las teclas de flecha.

El Pst de 10 minutos emplea un periodo de medida más largo para eliminar la influencia de las variaciones de tensión aleatorias. También es lo suficientemente largo como para detectar interferencias de una sola fuente con un ciclo de trabajo largo, como aparatos eléctricos domésticos y bombas.

Un periodo de medida de 2 horas (Plt) resulta útil cuando puede haber más de una fuente de interferencias con ciclos de trabajo irregulares y también para equipos como soldadoras y laminadoras.

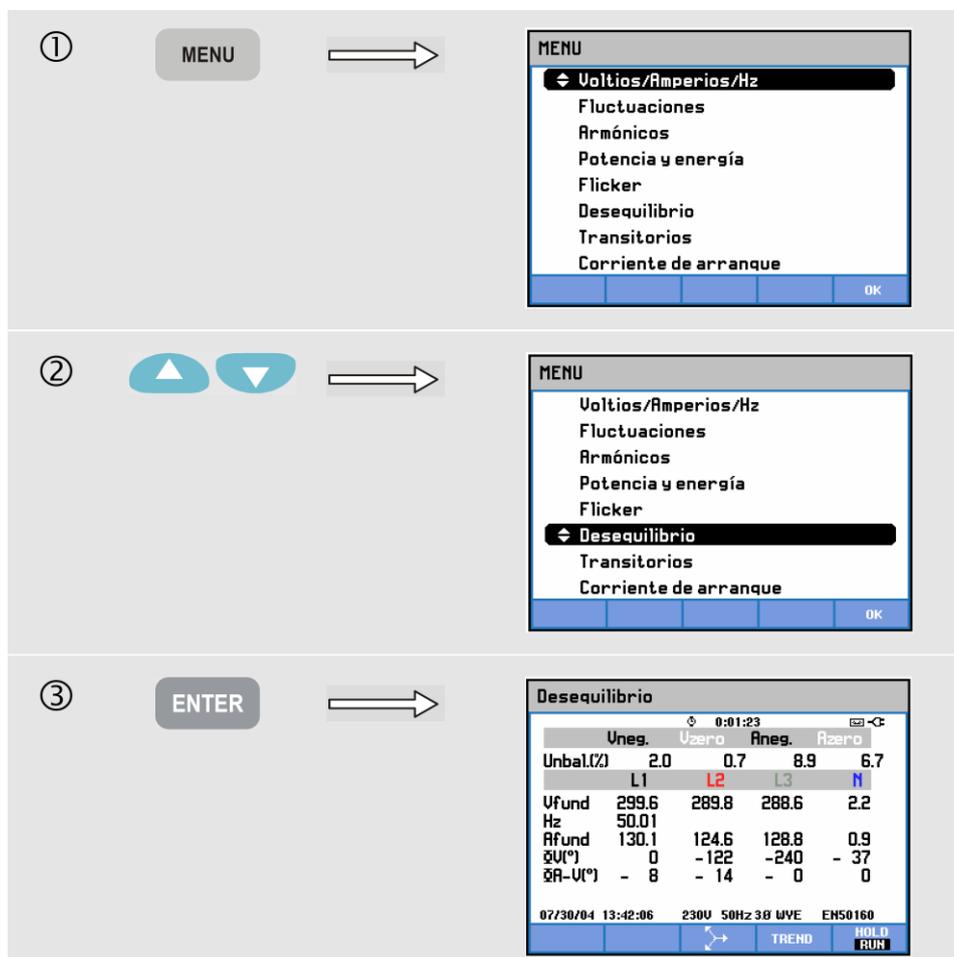
### **2.8. Desequilibrio**

#### **2.8.1. Introducción**

La pantalla Desequilibrio muestra las relaciones de fase entre la tensión y la corriente. Los resultados de las medidas se basan en el componente de la frecuencia fundamental (60 ó 50 Hz). En un sistema eléctrico trifásico, los cambios de fase entre la tensión y la corriente deberían estar próximos a  $120^\circ$ . El modo Desequilibrio ofrece una tabla de medidas, una pantalla de tendencias relacionadas y una pantalla de diagrama fasorial.

## 2.8.2. Tabla

Para acceder a la pantalla Desequilibrio:



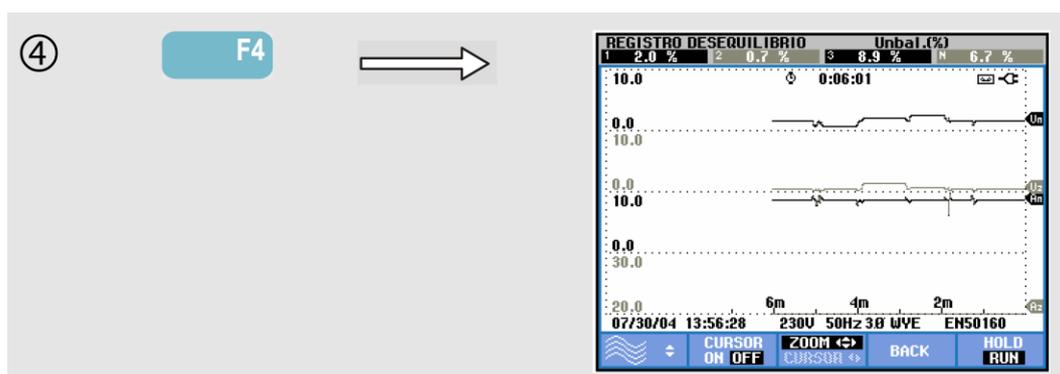
La pantalla de tabla muestra todos los valores numéricos relevantes: porcentaje de desequilibrio de tensión negativa, porcentaje de desequilibrio de tensión de secuencia cero (en sistemas de 4 conductores), porcentaje de desequilibrio de corriente negativa, porcentaje de desequilibrio de corriente de secuencia cero (en sistemas de cuatro conductores), tensión de fase fundamental, frecuencia, corriente de fase fundamental, ángulo entre las tensiones de neutro a fase relativas a la fase de referencia A/L1 y ángulos entre la tensión y corriente de cada fase. El número de lecturas depende de la configuración del cableado seleccionada.

Teclas de función disponibles:

F3	Abre la pantalla de diagrama fasorial. Consulte el siguiente apartado para obtener más información.
F4	Abre la pantalla de tendencias. Consulte el siguiente apartado para obtener más información.
F5	Cambia entre los modos de actualización de pantalla RETENCIÓN y EJECUCIÓN. Si cambia de RETENCIÓN a EJECUCIÓN, se abrirá un menú para seleccionar un inicio inmediato (AHORA) o PROGRAMADO, que le permite definir la hora de inicio y la duración de la medida.

### 2.8.3. Tendencia

Para acceder a la pantalla Tendencia de desequilibrio:



Los valores de la tabla son instantáneos y se actualizan constantemente. Los cambios que se van produciendo se registran siempre que la medida esté activa. Todos los valores de la tabla están grabados, pero sólo se muestra la tendencia de una fila de la tabla en cada ocasión. Pulse la tecla de función F1 para seleccionar la fila mediante las teclas de flecha. La tendencia mostrada puede constar de 6 pantallas.

Teclas de función disponibles:

F1	Permite seleccionar las filas de la tabla con las teclas de flecha hacia arriba/hacia abajo para visualizar la tendencia correspondiente a cada una. La fila seleccionada se indica en el encabezado de la pantalla.
F2	Activa/desactiva el cursor.
F3	Permite utilizar las teclas de flecha para las operaciones con cursor o zoom.
F4	Esta tecla le permite volver a la pantalla de la tabla.
F5	Cambia entre los modos de actualización de pantalla RETENCIÓN y EJECUCIÓN. Si cambia de RETENCIÓN a EJECUCIÓN, se abrirá un menú para seleccionar un inicio inmediato (AHORA) o PROGRAMADO, que le permite definir la hora de inicio y la duración de la medida.

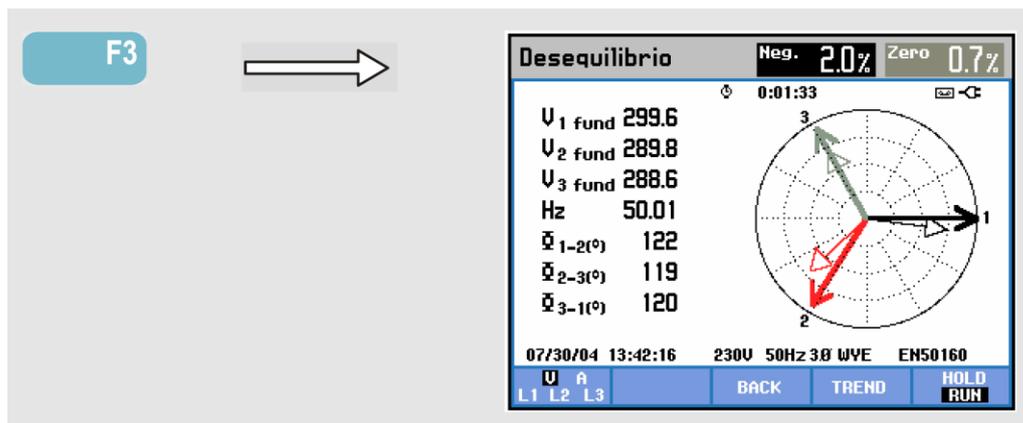
**Cursor.** Cuando el cursor está activado, los valores de la tendencia aparecerán en el encabezado de la pantalla. Si mueve el cursor más allá del extremo izquierdo o derecho de la pantalla, se mostrará en el área de visualización la siguiente pantalla de un total de seis.

**Zoom.** Le permite ampliar o reducir la pantalla horizontal o verticalmente para ver detalles o ajustar un gráfico completo dentro del área de pantalla. El zoom y el cursor se controlan mediante las teclas de flecha.

En la mayoría de casos, la desviación y la escala ya se encuentran predefinidas para una buena visualización, pero son ajustables. Puede acceder al menú de ajustes con la tecla SETUP (Configurar) y la tecla de función F3 - OPCIONES.

#### 2.8.4. Diagrama fasorial

Para acceder a la pantalla con el diagrama fasorial del desequilibrio:



Muestra la relación de fases entre tensiones y corrientes en un diagrama vectorial dividido en secciones de 30 grados. El vector del canal de referencia A (L1) se sitúa sobre el eje X positivo. Un diagrama vectorial parecido se muestra en la pantalla de diagrama fasorial. Se proporcionan otros valores numéricos: tensión negativa o porcentaje de desequilibrio de corriente, tensión de secuencia cero o porcentaje de desequilibrio de corriente, corriente o tensión de fase fundamental, frecuencia y ángulos de fase. Con la tecla de función F1, puede seleccionar lecturas de las tensiones y corrientes de todas las fases, o la tensión y corriente de una sola fase.

Teclas de función disponibles:

F1	Esta tecla permite seleccionar las señales que se van a mostrar: V muestra todas las tensiones, A muestra todas las corrientes. A (L1), B (L2), C (L3), N (neutro) muestran simultáneamente la tensión y la corriente de fase.
F3	Esta tecla le permite volver a la pantalla de la tabla.
F4	Abre la pantalla de tendencias.
F5	Cambia entre los modos de actualización de pantalla RETENCIÓN y EJECUCIÓN. Si cambia de RETENCIÓN a EJECUCIÓN, se abrirá un menú para seleccionar un inicio inmediato (AHORA) o PROGRAMADO, que le permite definir la hora de inicio y la duración de la medida.

### 2.8.5. Sugerencias

Las tensiones y corrientes de la tabla se pueden utilizar, por ejemplo, para comprobar si la energía aplicada a un motor de inducción trifásico está equilibrada. El desequilibrio de tensión produce corrientes muy desequilibradas en el cableado del estator, que provocan un sobrecalentamiento y una reducción de la vida útil del motor. Cada una de las tensiones de fase no debería diferenciarse más de un 1% de la media de las tres. El desequilibrio de corriente no debe ser superior al 10%. En caso de que el desequilibrio sea demasiado alto, utilice otros modos de medida para seguir analizando el sistema eléctrico.

Cada tensión o corriente de fase se puede dividir en tres componentes: secuencia positiva, secuencia negativa y secuencia cero.

La secuencia positiva es el componente normal tal como se presenta en sistemas trifásicos en equilibrio. El componente de secuencia negativa es consecuencia de tensiones y corrientes desequilibradas fase a fase. Este componente causa, por ejemplo, un efecto "de frenado" en los motores trifásicos, con el consiguiente sobrecalentamiento y reducción de la vida útil.

Los componentes de secuencia cero pueden aparecer en una carga desequilibrada de sistemas eléctricos de cuatro conductores y representan la corriente en el conductor N (neutro). Un desequilibrio por encima del 2% se considera demasiado elevado.

## **2.9. Transitorios**

### **2.9.1. Introducción**

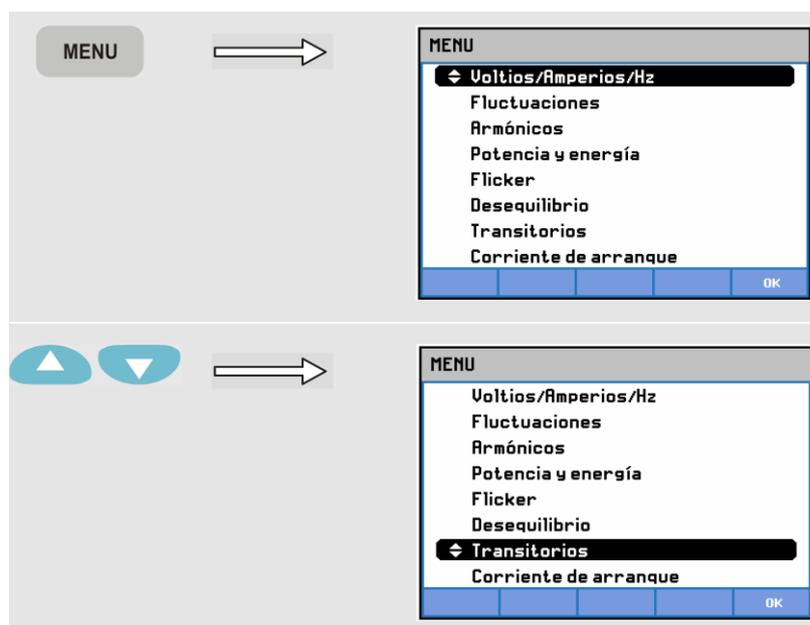
El analizador Fluke 434 puede capturar formas de onda a alta resolución durante diversas perturbaciones. El analizador ofrecerá una instantánea de las formas de onda

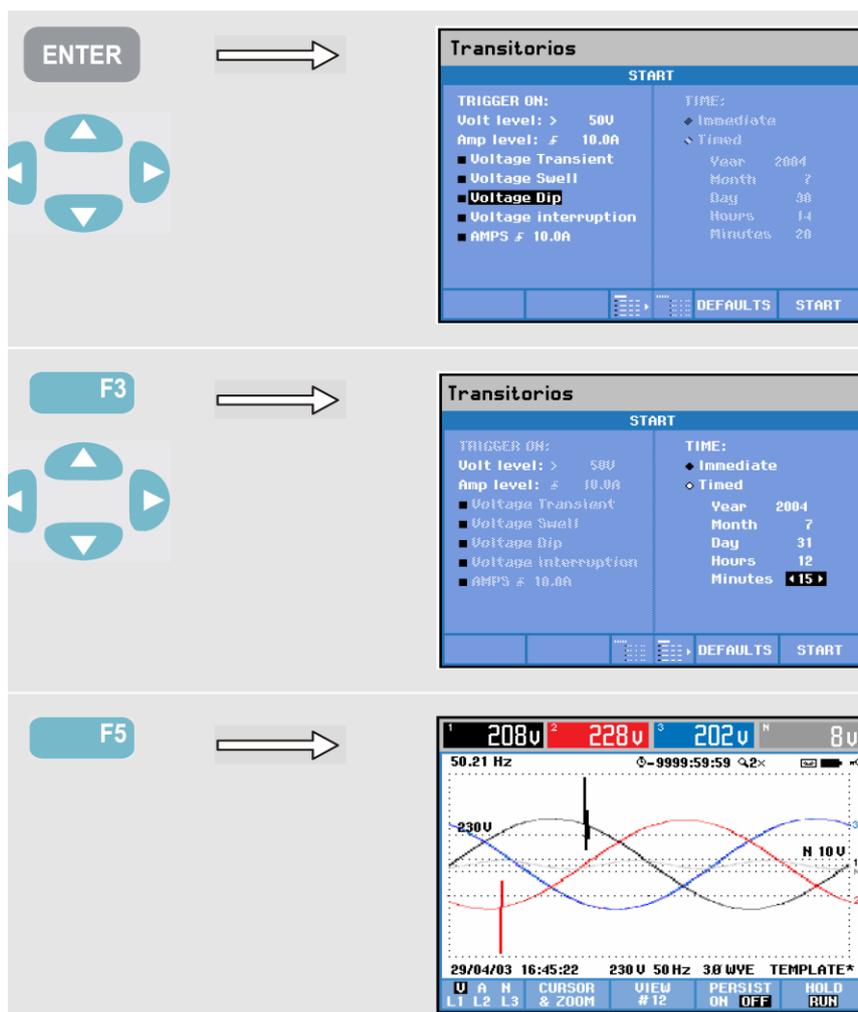
de tensión y corriente en el instante preciso en que se produzca la perturbación. Esto le permitirá ver las formas de onda durante las bajadas, subidas, interrupciones, transitorios y bajadas de corriente.

Los transitorios son picos rápidos de la forma de onda de tensión o corriente. Los transitorios pueden tener tanta energía que los equipos eléctricos sensibles pueden verse afectados o incluso pueden dañarse. La pantalla Transitorios es similar a la de osciloscopio, pero su desviación vertical es mayor para hacer visibles los picos de tensión que se superponen a la onda sinusoidal de 60 o 50 Hz. Se captura una forma de onda cada vez que la tensión (o corriente rms) supera los límites ajustables. Se pueden capturar hasta 40 eventos como máximo. La velocidad de muestreo es de 200 kS/s

### 2.9.2. Presentación de forma de onda

Para acceder a la pantalla de formas de onda de transitorios:





En el menú de inicio, seleccione un evento de disparo o una combinación de eventos de disparo, el nivel de disparo de los transitorios (Volt) y la corriente (Amp), y un inicio Inmediato o Programado de la medida.

El analizador se puede configurar para capturar formas de onda cada vez que detecte transitorios de tensión, subidas de tensión, bajadas de tensión, interrupciones de tensión o subidas de corriente. Las bajadas (caídas) y subidas son desviaciones rápidas de la tensión nominal. La duración puede extenderse desde unos pocos segundos hasta un ciclo. La tensión cae durante una bajada, mientras que aumenta con una subida. Durante una interrupción, la tensión desciende sólo un pequeño porcentaje de su valor nominal.

*Implementación de un método para desarrollar Auditorías Electroenergéticas con relación a la CALIDAD DE ENERGÍA, caso práctico: sistema eléctrico maquinaria del Centro de la Madera UNL.*

Una subida de corriente es un aumento de la corriente cuya duración puede ser de un ciclo a varios segundos. Los criterios de disparo como el umbral y la histéresis son ajustables. Estos criterios también se utilizan para la Supervisión de la calidad eléctrica: para realizar los ajustes, pulse la tecla SETUP (Configurar), seleccione 'límites' y, a continuación, pulse la tecla de función F3 - EDITAR.

Puede utilizar el cursor y el zoom para obtener más detalles de las formas de onda capturadas. Puede ajustar los límites asociados con cada tipo de evento de disparo promedio de la tecla SETUP (Configurar) y la tecla de función F3 - **OPCIONES**.

Teclas de función disponibles:

F1	Esta tecla permite seleccionar el conjunto de formas de onda mostrado: V muestra todas las tensiones, A muestra todas las corrientes. A (L1), B (L2), C (L3), N (neutro) muestran simultáneamente la tensión y la corriente de fase.
F2	Esta tecla abre el submenú para el cursor y el zoom.
F3	Permite desplazarse a través de todas las pantallas capturadas mediante las teclas de flecha hacia arriba/hacia abajo.
F4	Permite activar la persistencia, que memoriza todas las variaciones de formas de onda.
F5	Esta tecla cambia entre los modos de actualización de pantalla RETENCIÓN y EJECUCIÓN. Si cambia de RETENCIÓN a EJECUCIÓN, se abrirá un menú para seleccionar un inicio inmediato (AHORA) o PROGRAMADO, que le permite definir la hora de inicio y la duración de la medida.

### 2.9.3. Sugerencias

Las perturbaciones de un sistema de distribución eléctrico (como los transitorios) pueden provocar fallos en muchos tipos de equipos. Por ejemplo, los ordenadores se pueden reiniciar, y un equipo sujeto a un gran número de transitorios puede fallar eventualmente. Los eventos se producen intermitentemente, lo cual hace necesario supervisar el sistema durante un periodo de tiempo para localizarlos. Busque los transitorios de tensión cuando los suministros electrónicos de alimentación fallen repetidamente o los ordenadores se reinicien de forma espontánea.

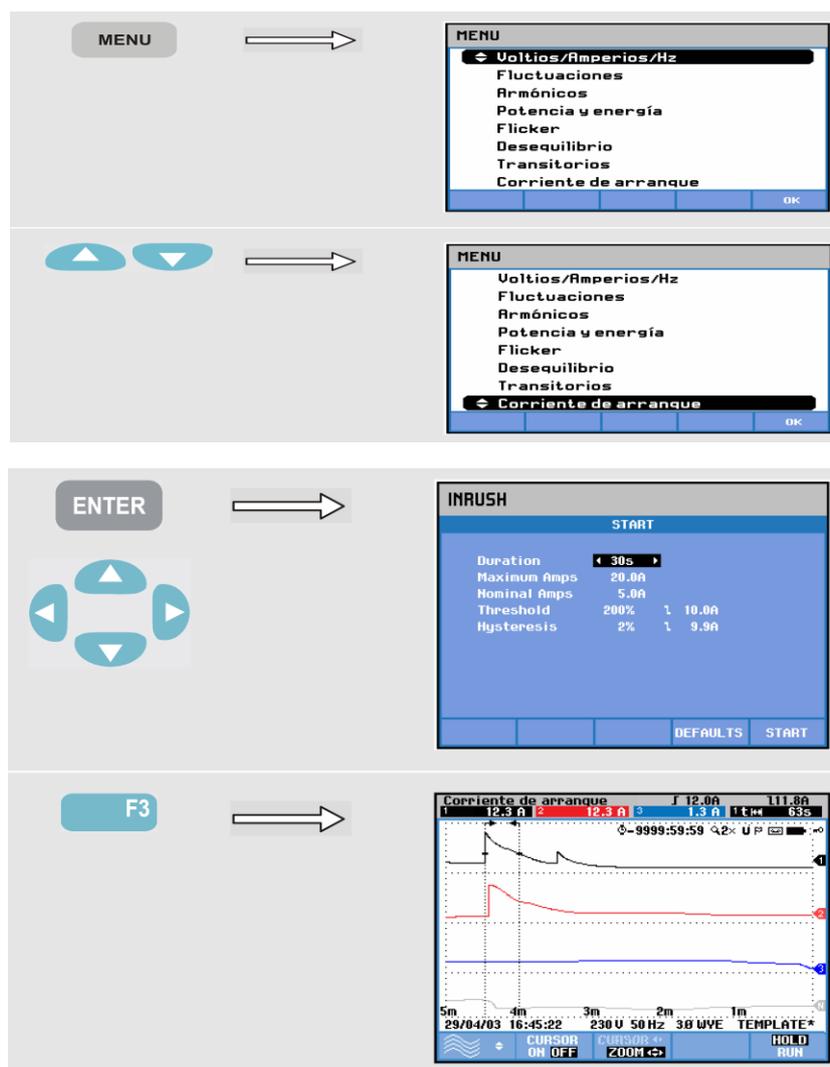
## **2.10. Corrientes de arranque**

### **2.10.1.Introducción**

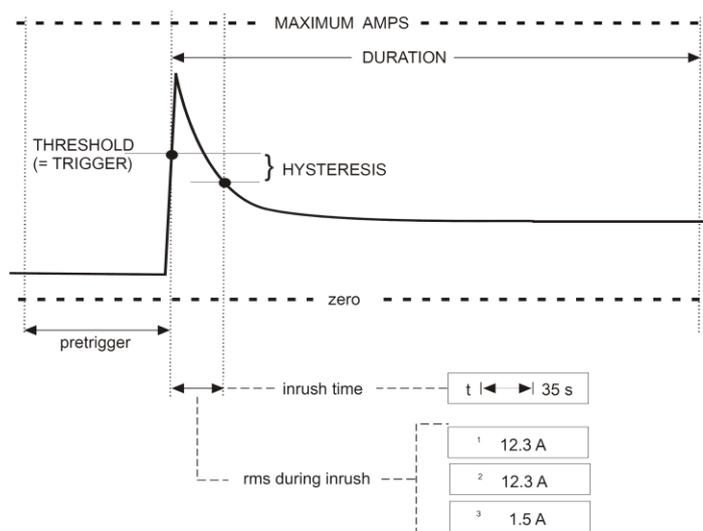
El Fluke 434 puede capturar corrientes de arranque, es decir, corrientes transitorias que se producen con una carga grande o de baja impedancia. Por lo general, la corriente se estabiliza una vez que la carga logra alcanzar un estado de funcionamiento normal. Por ejemplo, la corriente de arranque en los motores de inducción puede duplicar a la corriente de funcionamiento normal. El modo Corriente de arranque es de un "único disparo" y registra las tendencias de la tensión y la corriente tras producirse un evento de corriente (el disparo). Un evento tiene lugar cuando la forma de onda de corriente supera los límites ajustables. Los datos de la pantalla se inician desde el lado derecho. La información anterior al disparo permite observar qué ocurrió antes de la corriente de arranque.

### **2.10.2.Pantalla de tendencias de la corriente de arranque**

Para acceder a la pantalla de tendencias de la corriente de arranque:



Utilice las teclas de flechas en el menú de inicio para ajustar los límites del disparo: duración estimada, corriente máxima, corriente nominal, umbral e histéresis. La corriente máxima determina la altura vertical de las ventanas de visualización de la corriente. El umbral es el nivel de corriente que activa la captura de la tendencia. La duración estimada abarca el intervalo entre el disparo y el momento en que la corriente desciende al valor indicado por la histéresis. En la pantalla de tendencias, se señala entre dos marcadores verticales. El encabezado de la pantalla muestra el rms de todos los valores rms durante la corriente de arranque. Si el cursor está activado, aparecen los valores rms de la medida.



### Características de la corriente de arranque y relación con el menú de inicio

Utilice el cursor y el zoom para examinar detalles de las tendencias registradas.

Seleccione los canales que desea visualizar con las teclas de flecha hacia arriba/hacia abajo. Para ello, pulse la tecla de función F1.

Con la tecla SETUP (Configurar) y la tecla de función F3 - OPCIONES, puede configurar los valores predeterminados de los límites del disparo (duración estimada de la corriente de arranque, corriente máxima, corriente nominal, umbral e histéresis) y la duración y escala en la pantalla de tendencias.

Teclas de función disponibles:

F1	Permite seleccionar un conjunto de tendencias para visualizarlas con las teclas de flecha hacia arriba/hacia abajo.
F2	Activa/desactiva el cursor.
F3	Permite realizar las operaciones de cursor o zoom con las teclas de flecha.
F5	Esta tecla cambia entre los modos de actualización de pantalla RETENCIÓN y EJECUCIÓN. Si cambia de RETENCIÓN a EJECUCIÓN, se abrirá un menú para seleccionar un inicio inmediato (AHORA) o PROGRAMADO, que le permite definir la hora de inicio y la duración de la medida.

### 2.10.3.Sugerencias

Compruebe las corrientes de pico y su duración. Utilice el cursor para la lectura de valores momentáneos. Compruebe si los fusibles, los interruptores automáticos y los conductores del sistema de distribución eléctrico pueden soportar la corriente de arranque durante este período. Compruebe además si las tensiones de fase son lo bastante estables.

Las corrientes de pico elevadas pueden ocasionar que los interruptores automáticos se desconecten de forma imprevista. Medir la corriente de arranque puede ayudar a establecer los niveles de desconexión. Ya que el analizador captura la corriente de arranque y las tendencias de la tensión a la vez, puede utilizar esta medida para comprobar la estabilidad de la tensión conforme van apareciendo cargas importantes.

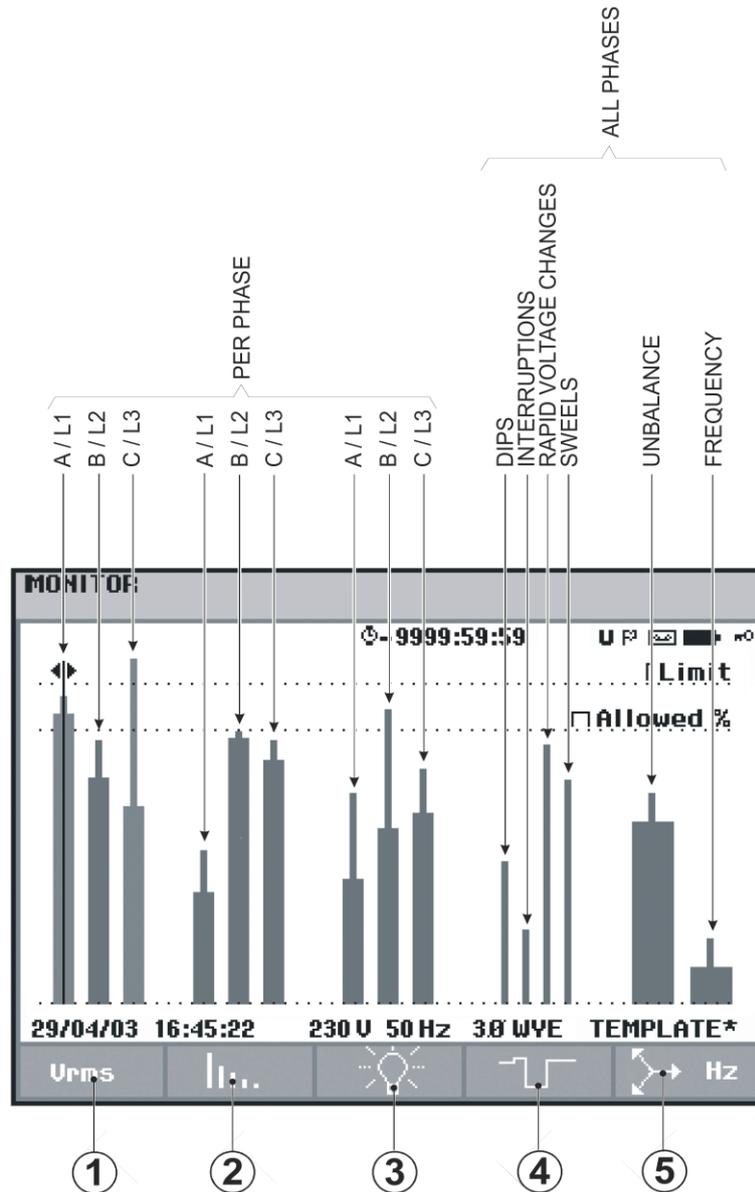
## 2.11. Supervisión de la calidad eléctrica

### 2.11.1.Introducción

La Supervisión de la calidad eléctrica o System Monitor muestran una pantalla de gráfico de barras. Esta pantalla permite comprobar si los parámetros básicos de calidad eléctrica se ajustan a los requisitos. Dichos parámetros incluyen:

1. Tensiones RMS
2. Armónicos
3. Parpadeo (Flicker)
4. Bajadas/Interrupciones/Cambios rápidos de tensión/Subidas
5. Desequilibrio/Frecuencia

La figura 16-1 muestra la pantalla y sus propiedades.



Pantalla principal de Supervisión de la calidad eléctrica

La longitud de una barra aumenta si el parámetro relacionado está alejado de su valor nominal. La barra cambia de color verde a rojo si se supera la tolerancia admitida.

Utilice las teclas de flecha hacia la izquierda/hacia la derecha para colocar el cursor en una barra determinada; los datos de la medida pertenecientes a dicha barra aparecerán en el encabezado de la pantalla.

La Supervisión de la calidad eléctrica se realiza normalmente durante un periodo largo de observación. Se accede a esta función por medio de la tecla MONITOR (Supervisión) y un menú de inicio que permite definir el inicio inmediato o programado de la medida. La duración mínima de la medida es de 2 horas, aunque uno de los periodos más frecuentes es de 1 semana.

Los parámetros de calidad eléctrica Tensiones RMS, Armónicos y Flicker cuentan con una barra para cada fase. De izquierda a derecha, estas tres barras están relacionadas con las fases A (L1), B (L2) y C (L3).

Los parámetros Bajadas/Interrupciones/Cambios rápidos de tensión/Subidas y Equilibrio/Frecuencia sólo tienen una barra para cada parámetro, que representa el rendimiento a lo largo de tres fases.

La mayoría de los gráficos de barras tienen una base más gruesa que indica los límites ajustables de tiempo relacionados (por ejemplo, el 95% del tiempo dentro del límite) y una parte superior, más estrecha, que indica el límite fijo del 100%. Si uno de los límites se supera, la barra correspondiente cambia de color verde a rojo. Las líneas horizontales de puntos que aparecen en la pantalla indican el límite del 100% y el límite ajustable.

El significado de los gráficos de barras con una base más gruesa y una parte superior más estrecha se explica a continuación. Tomemos como ejemplo la tensión RMS: en este caso, dicha tensión tiene un valor nominal de 120 V con una tolerancia de + y - 15% (rango de tolerancia entre 102 y 138 V). El analizador supervisa constantemente la tensión RMS momentánea, calculando la media de estos valores medidos a lo largo de periodos de observación de 10 minutos. Las medias de estos periodos de 10 minutos se comparan con el rango de tolerancia (en este ejemplo, 102-138 V).

El límite del 100% indica que medias de los periodos de 10 minutos deben encontrarse siempre dentro del rango (es decir, el 100% del tiempo o con una probabilidad del 100%). El gráfico de barras se volverá de color rojo si la media de un periodo de 10 minutos supera el rango de tolerancia.

Si el límite ajustable es del, por ejemplo, 95% (es decir, una probabilidad del 95%) significa que el 95% de las medias de los periodos de 10 minutos se deben encontrar dentro de la tolerancia. El límite del 95% es menos estricto que el del 100%, por lo que el rango de tolerancia relacionado normalmente es más reducido: por ejemplo, para 120 V sería + o – 10% (un rango de tolerancia entre 108 y 132 V).

Las barras de Bajadas/Interrupciones/Cambios rápidos de tensión/Subidas son estrechas e indican el número de infracciones de los límites que se han producido durante el periodo de observación. El número de infracciones permitidas es ajustable (por ejemplo, 20 bajadas por semana). La barra pasa a ser de color rojo si se supera el límite ajustado.

Puede utilizar una categoría predefinida de límites o definir una personalizada. Podemos considerar como ejemplo de una categoría predefinida aquella que se ajusta al estándar EN50160. Se pueden seleccionar hasta 6 categorías como máximo: 2 categorías instaladas de fábrica, 2 categorías que sólo puede definir el administrador mediante el software de FlukeView SW43W y 2 categorías que se pueden cambiar en el analizador.

Para seleccionar y definir los límites, pulse la tecla SETUP (Configurar), seleccione 'límites' y, a continuación, pulse la tecla de función F3 - EDITAR.

La tabla que aparece a continuación presenta los distintos aspectos de la supervisión de la calidad eléctrica:

Parámetro	Gráficos de barras disponibles	Límites	Intervalo medio
V rms	3, uno para cada fase	Probabilidad del 100 %: límite superior e inferior Probabilidad del X %: límite superior e inferior	10 minutos
Armónicos	3, uno para cada fase	Probabilidad del 100 %: límite superior Probabilidad del X %: límite superior	10 minutos
Parpadeo (Flicker)	3, uno para cada fase	Probabilidad del 100 %: límite superior Probabilidad del X %: límite superior	2 horas
Bajadas/Interrupciones/Cambios rápidos de tensión/Subidas	4, una para cada parámetro cubriendo las 3 fases	Número de eventos permitidos por semana	Basado en rms de ½ ciclo
Desequilibrio	1, cubriendo las 3 fases	Probabilidad del 100 %: límite superior Probabilidad del X %: límite superior	10 minutos
Frecuencia	1, cubriendo las 3 fases Medida en la entrada de tensión de referencia A/L1	* Probabilidad del 100 %: límite superior e inferior Probabilidad del X %: límite superior e inferior	10 segundos

### 2.11.2.Pantalla principal de calidad eléctrica

Para acceder a la pantalla principal de calidad eléctrica:



Se puede acceder a la supervisión de la calidad eléctrica por medio de la tecla MONITOR (Supervisión) y un menú para el inicio inmediato o programado. Las teclas de flecha hacia la izquierda/hacia la derecha le permiten colocar el cursor sobre un gráfico de barras determinado. Los datos de la medida pertenecientes a la barra se muestran en el encabezado de la pantalla.

Se puede acceder a datos de medida detallados por medio de las teclas de función:

F1	Tensión RMS: tabla de eventos, tendencias.
F2	Armónicos: gráfico de barras, tabla de eventos, tendencias.
F3	Flicker: tabla de eventos, tendencias.
F4	Bajadas, interrupciones, cambios rápidos de tensión y subidas: tabla de eventos, tendencias.
F5	Desequilibrio y frecuencia: tabla de eventos, tendencias.

En las secciones siguientes se explican los datos de las medidas disponibles a través de las teclas de función. Los datos se presentan como tablas de eventos, pantallas de tendencias y pantallas con gráficos de barras.

### 2.11.3.Tabla de eventos

MONITOR EVENTS HARMONICS				
START 07/30/04 14:55:49			EVENT 49/ 49	
0:10:35				
DATE	TIME	TYPE	LEVEL	DURATION
...	...	...	...	...
07/30/04	14:56:09:445	H21	0.7 %	0:00:10:000
07/30/04	14:56:09:445	H22	0.7 %	0:00:10:000
07/30/04	14:56:09:445	H24	0.7 %	0:00:10:000
07/30/04	14:56:09:445	L1 >	24.9 %	0:00:20:000
07/30/04	14:56:19:445	L1 RMS	263.1 U	0:06:10:000
07/30/04	14:56:49:445	L1 PLT	2.9	0:01:00:000
07/30/04	14:56:49:445	L2 PLT	2.9	0:01:00:000
07/30/04	14:56:49:445	L3 PLT	2.9	0:01:00:000
07/30/04	14:58:19:445	L3 RMS	253.3 U	0:04:00:000
07/30/04	15:02:49:445	L1 PLT	1.1	0:01:00:000
07/30/04	15:02:49:445	L2 PLT	1.1	0:01:00:000
07/30/04 15:06:24 230V 50Hz 3Ø WYE EN50160				
SELECTED		NORMAL	TREND	BACK
ALL		DETAIL		

Tabla de eventos

La tabla de eventos muestra los eventos producidos durante la medida con la fecha y la hora de inicio, fase y duración. La cantidad de información de la tabla se puede seleccionar con las teclas de función F2 y F3:

- El modo Seleccionados ofrece una tabla con los eventos seleccionados: Sólo V rms, Armónicos, Flicker, Bajadas/Interrupciones/Cambios rápidos de tensión/Subidas o Desequilibrio/Frecuencia.

El modo Todo ofrece una tabla con todos los eventos que le permite ver las causas y efectos de los mismos.

- El modo Normal enumera las principales características de los eventos: fecha y hora de inicio, duración, tipo de evento y magnitud.

El modo Detalle ofrece información de los umbrales que recorren cada fase de un evento.

En las tablas se utilizan las siguientes abreviaturas y símbolos:

Abreviatura	Significado	Símbolo	Significado
CHG	Cambio rápido de tensión.		Se ha superado el valor más alto del límite del 100%.
DIP	Bajada de tensión.		Se ha superado el valor más bajo del límite del 100%.
INT	Interrupción de tensión.		Se ha superado el valor más alto del límite del X%.
SWL	Subida de tensión.		Se ha superado el valor más bajo del límite del X%.
Hx	Número del armónico que ha superado sus límites.		Evento de desequilibrio.

Teclas de función disponibles:

	Cambia entre el modo Seleccionados y Todos.
	Cambia entre el modo Normal y de Detalle para la tabla de eventos.
	Abre la pantalla de tendencias. En el siguiente párrafo se explican dos formas de acceder a las tendencias.
	Esta tecla le permite volver al menú superior.

Puede acceder a las tendencias de dos formas:

1. Utilice las teclas de flecha hacia arriba/hacia abajo para seleccionar un evento de la tabla. Para acceder a las tendencias, pulse la tecla ENTER (Intro). El cursor está

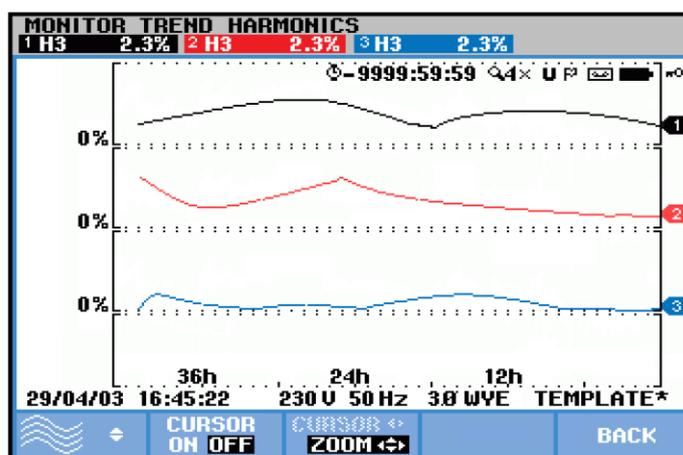
activado en la mitad de la pantalla y situado en el evento seleccionado. El zoom está establecido en 4.

2. Pulse la tecla de función F4 para ver las tendencias con los valores de las medidas más recientes. El cursor y el zoom se pueden activar posteriormente cuando tenga que utilizarlos.

Características específicas de la medida:

- Eventos de V rms: se graba un evento cada vez que un valor RMS agregado de 10 minutos supere sus límites.
- Eventos de Armónicos: se graba un evento cada vez que un THD o armónico agregado de 10 minutos supere sus límites.
- Eventos de Flicker: se graba un evento cada vez que una Plt (severidad a largo plazo) supere sus límites.
- Eventos de Bajadas/Interrupciones/Cambios rápidos de tensión/Subidas: se graba un evento cada vez que uno de los elementos supere sus límites.
- Eventos de Desequilibrio y Frecuencia: se graba un evento cada vez que un valor RMS agregado de 10 minutos supere sus límites.

#### 2.11.4. Pantalla de tendencias



Pantalla de tendencias

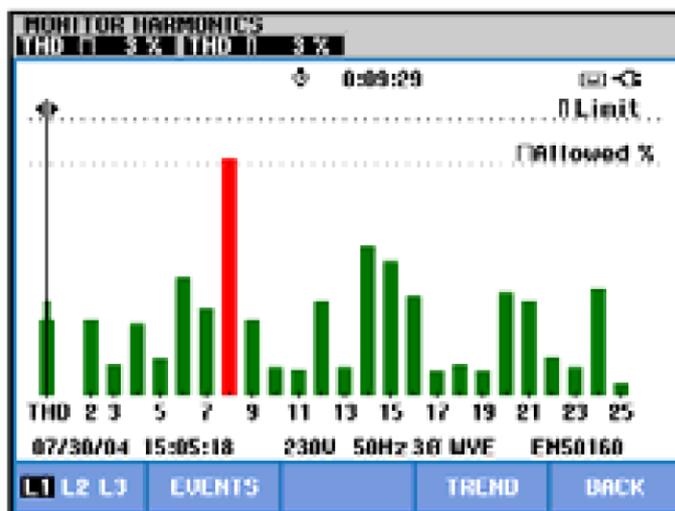
La pantalla de tendencias muestra los cambios a lo largo del tiempo de los valores de la tabla. Los detalles de las tendencias se pueden examinar por medio del zoom y el cursor.

El zoom y el cursor se controlan mediante las teclas de flecha.

Teclas de función disponibles:

F1	Permite seleccionar un conjunto de tendencias para visualizarlas con las teclas de flecha hacia arriba/hacia abajo. El conjunto seleccionado se muestra en el encabezado de la pantalla.
F2	Activa/desactiva el cursor.
F3	Permite realizar las operaciones de cursor o zoom con las teclas de flecha.
F5	Esta tecla le permite volver a la tabla de eventos.

### 2.11.5. Pantalla de gráfico de barras



Pantalla de gráfico de barras

La pantalla principal de System Monitor muestra el peor armónico de cada una de las tres fases. La tecla de función F2 abre una pantalla con gráficos de barras que muestran el porcentaje de tiempo de cada fase dentro de los límites para 25 armónicos

y la distorsión armónica total (THD). Cada gráfico de barras tiene una base más gruesa (que representa un límite ajustable, p. ej. del 95%) y una parte superior estrecha (que representa el límite del 100%). Los gráficos de barras cambian de verde a rojo si se superan los límites de dicho armónico.

Cursor: puede utilizar las teclas de flecha hacia la izquierda/hacia la derecha para colocar el cursor en un gráfico de barras determinado; los datos de la medida pertenecientes a dicha barra aparecerán en el encabezado de la pantalla.

Teclas de función disponibles:

F1	Esta tecla le permite seleccionar los gráficos de barras pertenecientes a la fase A (L1), B (L2) o C (L3).
F2	Abre la tabla de eventos.
F4	Abre la pantalla de tendencias.
F5	Esta tecla le permite volver al menú principal.

## CAPÍTULO III.

### EL CONTROL DE CALIDAD EN UN SISTEMA ELECTROENERGÉTICO

---

#### 3.1 CONCEPTO DE CALIDAD

El significado histórico de la palabra calidad es el de aptitud o adecuación al uso.

Se dice que un producto o servicio es de calidad cuando satisface las necesidades y expectativas del cliente o usuario, en función de parámetros como:

Seguridad que el producto o servicio confieren al cliente.

Fiabilidad o capacidad que tiene el producto o servicio para cumplir funciones especificadas, sin fallo y por un período determinado de tiempo.

Servicio o medida en que el fabricante y distribuidor responden en caso de fallo del producto o servicio.

La Sociedad Americana para el Control de Calidad (A.S.Q.C), define la calidad como el conjunto de características de un producto, proceso o servicio que le confieren su aptitud para satisfacer las necesidades del usuario o cliente.

Por otro lado, existen algunas confusiones en lo que a calidad se refiere. Calidad no es necesariamente lujo, complicación, tamaño, etc. Muchos productos de alta calidad son de diseño sencillo, con mínimas complicaciones. El tamaño tampoco define la calidad de un producto, es decir, por ser más grande no implica una mayor calidad. En definitiva, tendrá que ser acorde con las necesidades del cliente o usuario.

Para algunos la relación entre la calidad de un producto o servicio y el precio que el cliente debe pagar no queda suficientemente contemplada en las definiciones anteriores y prefieren definir la calidad siguiendo a Peter F. Drucker, dejando claramente indicada la relación calidad/precio, que será, en definitiva, el aspecto diferencial en el que se basará el cliente a la hora de adquirir un producto o servicio. Y por tanto podemos definir la calidad como aquello que el cliente está dispuesto a pagar en función de lo que obtiene y valora.

A partir del momento en que se hace necesario el uso de especificaciones, el concepto de calidad genera otra serie de definiciones entre las que citaremos:

- 1) Característica de calidad o propiedad de un producto o servicio que contribuya a su adecuación al uso, como por ejemplo: rendimiento, sabor, fiabilidad apariencia, etc.
- 2) Calidad de diseño o adecuación de las características de calidad diseñadas para la generalidad de usuarios.
- 3) Calidad de conformidad o calidad de fabricación que indica la fidelidad con que un producto se ajusta a lo establecido en su proyecto.

Sólo obtendremos productos o servicios de calidad cuando se cumplan totalmente los tres apartados anteriores, es decir, cuando podamos definir un conjunto de características de calidad que garanticen una total adecuación al uso por parte del cliente (se puede ver que esto es imposible de definir sin tomar en cuenta al cliente o usuario como parte interesada). Es necesario que se elabore un diseño acorde a todas estas características, determinando las especificaciones en cada caso. A partir de aquí lo que falta es fabricar el producto conforme a las especificaciones de diseño. Es decir y resumiendo, la calidad de un producto o servicio se puede entender como el nivel de excelencia que se ha escogido alcanzar para satisfacer al sector de mercado al cual

va dirigido el producto o servicio, cumpliendo las exigencias de dicho sector, y representa al mismo tiempo, la medida en que se logra dicha calidad.

Es en la década de los 70 cuando se produce el impacto japonés de los círculos de calidad (Ishikawa, 1962), propiciado por la invasión de productos de alta relación calidad/precio, que ha revolucionado definitivamente el modelo occidental dominante de dirección por objetivos. Este último modelo es de carácter piramidal, en el que de las opciones estratégicas se deducen, escalón a escalón, los objetivos particulares que las sustentan, y cada uno en la organización espera de su jefe los objetivos, de los que seguramente negociará las modalidades y los medios.

Por el contrario en el Japón, el mando intermedio está inmerso en el proyecto de la empresa con finalidades y reglas bien visibles, y en un servicio cuya función y vocación son igualmente publicadas y aceptadas en grupo. Si pide a su jefe que precise sus objetivos personales, este le responderá:

“Vd. sabe la misión que debemos cumplir. A Vd. le corresponde determinar en qué aspecto puede aportar una contribución específica al proceso general, según sus capacidades, sus experiencias anteriores o contactos actuales, podrá referirse a la calidad del producto, a la flexibilidad de la producción, al rendimiento técnico, o la formación de los hombres o a alguna nueva función apreciada por el cliente. Debe Vd. respetar las normas presentes, pero, salvo esto, todo puede perfeccionarse; a usted le toca elegir sus objetivos de progreso”.

Es en este concepto en lo que se basa su gran virtud.

Toda esta evolución ha originado la aparición de un nuevo concepto de calidad que se basa en dos aspectos igualmente importantes:

1) El **factor humano**, que afecta al comportamiento y actitud de los trabajadores, ellos son expertos en su trabajo, que influirá en gran medida en la consecución de los objetivos de calidad.

2) Los **sistemas de calidad (CALIDAD TOTAL)**, basados en la mejora permanente, inciden en la actuación sobre el proceso más que sobre el producto acabado, los costes serán menores, y existe una orientación de la calidad hacia el cliente y sus necesidades.

En la calidad se debe hallar involucrados todos los niveles de la empresa y crear una cultura de la calidad, en la que todos los integrantes de la empresa piensan y actúan en calidad (hacer las cosas bien a la primera, fomentar la comunicación, abolir la atmósfera de culpa no buscando culpables, utilizar los errores para aprender, utilizar el autocontrol, etc.). El éxito de la empresa no radica únicamente en su crecimiento, ni siquiera solamente en el triunfo económico, sino en la consecución de sus objetivos, que deben ser tanto sociales como puramente materiales.

### **3.1.1.- CALIDAD EN LAS EMPRESAS DE SERVICIOS**

En las últimas décadas estos conceptos que se han desarrollado en las empresas de producción, han comenzado a aplicarse en las empresas de servicios, incluyendo los servicios sanitarios, con los consiguientes problemas inherentes a las características concretas de los diferentes tipos de servicios.

Tradicionalmente las industrias se han clasificado en:

A) Actividades manufactureras, que consisten fundamentalmente en la transformación de las materias primas en artículos acabados, ya sea duraderos o no.

B) Actividades no manufactureras, que son todas las demás y que a su vez se dividen en:

- Industrias, como es el caso de la minería, agrícolas y construcción muy ligadas desde el punto de vista de la calidad con las empresas manufactureras, ya que se basan en la transformación de las materias primas.

- Industrias de servicios, que comprenden principalmente:

- \* Transporte (ferroviario, líneas aéreas, autobuses,...)
- \* Servicios públicos (teléfonos, energía...)
- \* Restaurantes y hoteles
- \* Comercialización (alimentación, automóviles, grandes almacenes, venta al por mayor...)
- \* Finanzas (seguros, bancos,...)
- \* Inmobiliarias
- \* Medios informativos
- \* Servicios profesionales (abogados. Médicos,...)
- \* Servicios personales (espectáculos, tintorerías, lavanderías,...)
- \* Administración pública (defensa. Sanidad, educación, cultura, servicios municipales,...)

Se considera servicio a todo aquel trabajo que se realiza para otra persona; el beneficiario del mismo puede ser un consumidor, como ocurre por ejemplo en una peluquería, restaurante, etc., una sociedad o empresa, por ejemplo las empresas de "mailing", o ambos como ocurre en el caso del suministro de energía.

Un servicio se presta porque satisface las necesidades del cliente mejor que si lo hiciera el mismo, por carencia de posibilidades técnicas (redes telefónicas,...), oferta

de alternativas más económicas y fáciles (transportes colectivos,..), o satisfacción de necesidades de índole fisiológica o psicológica (ocio, liberación de trabajos desagradables,...).

Como puede verse el término empresa de servicios abarca multitud de aspectos. Algunas de ellas están altamente tecnificadas, como son las industrias eléctricas, por contra, otras tienen un elevado componente de mano de obra, en la que los salarios representan a veces el 70% del costo global, que contrasta con el 30% en el sector de las empresas manufactureras, de aquí la importancia, entre otros aspectos, del concepto **“hacerlo bien a la primera”** como es el caso de los restaurantes o los servicios legales. Algunas de ellas realizan servicios con un alto contenido en producto, considerando a este en su acepción clásica, por el contrario, otras el servicio producido contiene un nivel muy bajo de producto. Este hecho puede ser representado como un recorrido continuo (ISO 9004-2) desde la situación en la que el servicio está directamente relacionado con el producto hasta aquella en la que en sí el servicio tiene un escaso o prácticamente nulo contenido de producto.

Una empresa de servicios es un sistema integrado de tecnologías e instalaciones especiales. La empresa vende el producto de dicho sistema a sus clientes de muy diversas formas, como por ejemplo:

- Alquiler de instalaciones o equipos, como apartamentos, automóviles, etc.
- Uso de instalaciones, como autobuses y teléfonos,
- Asesoramiento profesional, como jurídico, médico, etc.
- Prestaciones sanitarias, como servicios de hospitales.
- Mantenimiento de productos como el taller de reparaciones de automóviles.
- Liberación del trabajo propio, como en los servicios de restaurante...

Para cumplir esta gran variedad de cometidos, la empresa de servicios vende directamente al cliente, es en este apartado donde estas empresas difieren fundamentalmente de las de producción o manufactureras. Esta venta directa las pone en contacto con un gran número de clientes, así una compañía telefónica establece contacto con todos sus clientes a través de operadoras, instaladores, facturación, reparación, etc., un hotel está en permanente contacto a través del portero, recepción, camareras, servicio de comedor, telefonistas, etc. Cada uno de estos contactos implica la prestación de un servicio de buena o mala calidad y lleva consigo un gran componente subjetivo tanto por parte del cliente como de la persona que presta el servicio, además de poseer unas condiciones que no pueden repetirse, condiciones que terminan al finalizar la prestación. En todos estos aspectos radica la diferencia fundamental con las empresas de producción y la dificultad de aplicación de los conceptos de calidad total a las mismas.

En resumen, podemos decir, que el servicio reúne, fundamentalmente, tres características:

- 1) Intangibilidad, por la dificultad de aplicarles especificaciones uniformes que aseguren la garantía de calidad tal como se realiza a los objetos físicos de producción (peso, tamaño, consistencia,..), ya que en gran medida su calidad van a depender de la percepción y evaluación que de ellos realice el propio cliente.
- 2) Heterogeneidad, especialmente para aquellos servicios que implican un amplio rango de actividades, un ejemplo muy claro son los servicios asistenciales. Los resultados con frecuencia varían de proveedor a proveedor, de cliente a cliente y de día a día. Es difícil garantizar una conducta consistente o uniforme en las personas que producen el servicio.

3) Inseparabilidad de su producción y de su consumo. La calidad se alcanza en el mismo momento en que el servicio está en interacción con el cliente, y cuando la participación de este último en el proceso es intensa.

En cuanto a los componentes que influyen en el cliente para determinar la calidad de los servicios, Parasuram los representa con las siguientes variables:

**Fiabilidad**, referida a la consistencia en su correcta ejecución.

**Responsabilidad**, en cuanto a la actitud positiva y disposición facilitadora de quien proporciona el servicio.

**Competencia** o posesión de habilidades y conocimientos necesarios para ofrecer el servicio.

**Accesibilidad** o facilidad en la obtención del servicio.

**Cortesía** que incluye todos aquellos aspectos que favorecen la relación interpersonal y que estén orientados fundamentalmente al respeto y consideración hacia la otra persona.

**Comunicación** en términos de “saber escuchar” al cliente y expresar con un lenguaje adecuado a las conocimientos del interlocutor.

**Credibilidad**, significa la honestidad, prestigio y confianza que puede ofrecer la empresa, institución o persona que proporciona el servicio.

**Seguridad** o ausencia de peligro, riesgo o duda, e incluye seguridad física, financiera y/o confidencialidad.

**Conocimiento del cliente**, se refiere al esfuerzo de entender y satisfacer las necesidades del mismo. Para ello se necesita conocer los requerimientos específicos que el cliente espera del servicio.

**Tangibilidad**, comprende aquellas evidencias físicas que rodean a un servicio (aparición física de quién lo proporciona, material o equipamiento utilizado, entorno ambiental en donde se realiza, representación física del servicio...)

Como primer paso para poder valorar la calidad de un servicio, se debe realizar la definición de las características del mismo. Es una actividad que va íntimamente ligada al diseño del producto relacionado con el servicio.

A partir de la definición o diseño del producto, el equipo responsable del servicio, con el auxilio de los equipos de Marketing y Ventas, las conclusiones de los estudios de mercado, los resultados de las encuestas y cualquier otra fuente de información:

Identifica las características del servicio que afectan a las decisiones de compra del producto por el cliente.

Conceptúa esas características en atributos medibles (indicadores)

Define el valor estándar de esos indicadores.

Asigna “pesos específicos” a cada atributo.

Valora la calidad del servicio a partir de las valoraciones de cada uno de los atributos definidos y cuantificados.

Posteriormente se realiza la definición del proceso de prestación del servicio siguiendo un camino análogo a la definición del servicio en sí, utilizando fuentes de información similares. La diferencia primordial estriba en que el proceso de prestación del servicio no puede ser definido de forma tan rígida, ya que una parte importante de su calidad se basa en la actitud y aptitud de los que lo prestan.

## **3.2 - LA CALIDAD Y SU EVOLUCIÓN**

### **3.2.1. EVOLUCIÓN DEL CONCEPTO DE CALIDAD**

*Implementación de un método para desarrollar Auditorías Electroenergéticas con relación a la CALIDAD DE ENERGÍA, caso práctico: sistema eléctrico maquinaria del Centro de la Madera UNL.*

La calidad ha experimentado un profundo cambio hasta llegar a lo que hoy conocemos como **calidad total**, también denominada *Excelencia*.

En el contexto de las organizaciones industriales desde comienzos de este siglo y tal vez antes se entendía la calidad como:

*El grado en que un producto cumplía con las especificaciones técnicas que se habían establecido cuando fue diseñado.*

Posteriormente fue evolucionando el concepto de calidad, y la norma europea 66-001, la define como:

*La adecuación al uso del producto o, más detalladamente, el conjunto de propiedades y características de un producto o servicio que le confieren su aptitud para satisfacer las necesidades expresadas o implícitas.*

Más recientemente el concepto de calidad ha trascendido hacia todos los ámbitos de la organización y así actualmente se define como:

*Todas las formas a través de las cuales la organización satisface las necesidades y expectativas de sus clientes, sus empleados, las entidades implicadas financieramente y todo lo sociedad en general.*

Podemos ver que esta última definición engloba conceptualmente a la segunda y ésta a su vez a la primera.

De manera paralela, también han ido progresando los mecanismos mediante los cuales las organizaciones han gestionado la calidad.

Así, inicialmente se hablaba de **control de calidad**, departamento o función responsable de la inspección y ensayo de los productos para verificar su conformidad con las especificaciones. Estas inspecciones se realizaban en un principio

masivamente en el producto acabado y, más tarde, se fueron aplicando durante el proceso de fabricación.

En los años 50, y en consonancia con la definición de la norma europea, surgió el término “Quality Assurance” que se puede traducir como garantía o aseguramiento de la calidad y que engloba al “conjunto de actividades planificadas y sistemáticas, necesario para dar confianza de que un producto o servicio va a satisfacer los requerimientos establecidos”. Todo este ámbito se circunscribe a la certificación ISO 9000, que en su última actualización ha pasado a denominarse **gestión de la calidad** (ISO 9000:2000).

Posteriormente, y en relación a la última definición, han surgido varios términos como Total Quality Management, Company Wide Quality Control, etc., que se podría traducir y sin tener en cuenta las pequeñas diferencias entre ellas como **Calidad Total o Excelencia**.

### **3.2.1.1 Control de Calidad**

“El control de calidad es el conjunto de técnicas y actividades, de carácter operativo, utilizadas para verificar los requisitos relativos a la calidad del producto o servicio”.

### **3.2.1.2 Gestión de Calidad**

“La gestión de la calidad es el conjunto de acciones, planificadas y sistemáticas, que son necesarias para proporcionar la confianza adecuada de que un producto o servicio va a satisfacer los requisitos dados sobre la calidad”.

### **3.2.1.3 Calidad Total (Excelencia)**

“La Calidad Total o Excelencia es una estrategia de gestión cuyo objetivo es que la organización satisfaga de una manera equilibrada las necesidades y expectativas de los clientes, de los empleados, de los accionistas y de la sociedad en general”.

### **3.3 Principios de la Calidad Total – Excelencia**

Conceptos fundamentales de la excelencia en la gestión:

Orientación hacia los resultados.

Orientación al cliente.

Liderazgo y constancia en los objetivos.

Gestión por procesos y hechos.

Desarrollo e implicación de las personas.

Aprendizaje, Innovación y Mejora continuos.

Desarrollo de Alianzas.

Responsabilidad Social.

### **3.4. MODELOS DE GESTIÓN DE CALIDAD TOTAL - EXCELENCIA.**

El desarrollo de la Calidad Total a escala internacional ha dado lugar a la aparición de varios modelos de Excelencia en la Gestión. Estos modelos están preparados para servir como instrumento de autoevaluación para las organizaciones. Los organismos encargados de la gestión de estos modelos utilizan como elementos de difusión de los mismos la entrega anual de unos “Premios a la excelencia de la gestión”. Los beneficios que pueden derivarse de su utilización para las organizaciones son, entre otros, los siguientes:

Como sistemática de autoevaluación:

- Establecer una referencia de calidad para la organización.
- Detectar áreas fuertes y áreas débiles en la organización.
- Conocer el camino de la mejora continua en los aspectos que conforman el modelo.

Como candidatos al premio:

- Someterse a un diagnóstico realizado por expertos externos que aportan múltiples ideas de mejora.
- Tensionar a la organización para lograr un objetivo.
- Si se obtiene el premio, la publicidad inherente al mismo.

### **3.5. METODOLOGÍAS DE CALIDAD TOTAL Y SU RELACION CON EL MODELO EFQM**

Existen numerosas metodologías y herramientas que permiten mejorar las formas de gestionar y obtener mejores resultados. Algunas son específicas y aplicables sólo en ciertos tipos de organizaciones y otras son “universales”. Asimismo podemos decir que, en general, su puesta en práctica potencia o refuerza principalmente algunos de los 9 criterios del Modelo EFQM de Excelencia, si bien también suelen impactar o incidir en menor medida sobre el resto.

De esta forma, las Metodologías de Mejora:

- Refuerzan el liderazgo (Criterio 1) pues actúan sobre el papel a desarrollar por los líderes, modificando sus compromisos y su labor.
- Requieren cierto grado de formalización de un plan para llevarlas a cabo y deben estar al servicio de los objetivos estratégicos de la organización. Así inciden en la política y estrategia (Criterio 2).

- Impactan sobre las personas (Criterio 3) e introducen modificaciones sobre sus actitudes, aptitudes y comportamientos.
- Conllevan un mejor aprovechamiento de los recursos (Criterio 4) de uno u otro tipo
- Incrementan la eficacia y eficiencia de algunos procesos (Criterio 5).
- Mejoran los resultados en los clientes (Criterio 6), personas (Criterio 7) y sociedad (Criterio 8) y, en general, además repercuten sobre los resultados clave (Criterio 9).

### **3.6. Sistemas de Gestión de la Calidad**

#### **3.6.1. Principios de gestión de calidad**

Con el fin de conducir y operar una organización en forma exitosa se requiere que esta se dirija y controle en forma sistemática y transparente. Se puede lograr el éxito implementando y manteniendo un sistema de gestión que esté diseñado para mejorar continuamente su desempeño mediante la consideración de las necesidades de todas las partes interesadas. La gestión de una organización comprende la gestión de la calidad entre otras disciplinas de gestión.

Se han identificado ocho principios de gestión de la calidad que pueden ser utilizados por la alta dirección con el fin de conducir a la organización hacia una mejora en el desempeño.

- a) Enfoque del cliente: Las organizaciones dependen de sus clientes y por lo tanto deberían comprender las necesidades actuales y futuras de los clientes, satisfacer los requerimientos de los clientes y esforzarse en exceder las expectativas de los clientes.
- b) Liderazgo: Los líderes establecen la unidad de propósito y la orientación de la organización. Ellos deberían crear y mantener un ambiente interno, en el cual el

personal pueda llegar a involucrarse totalmente en el logro de los objetivos de la organización.

c) Participación del personal: El personal, a todos los niveles, es la esencia de una organización y su total compromiso posibilita que sus habilidades sean usadas para el beneficio de la organización.

d) Enfoque basado en procesos: Un resultado deseado se alcanza más eficientemente cuando las actividades y los recursos relacionados se gestionan como un proceso.

e) Enfoque del sistema para la gestión: Identificar, entender y gestionar los procesos interrelacionados como un sistema, contribuye a la eficacia y eficiencia de una organización en el logro de sus objetivos.

f) Mejora continua: La mejora continua del desempeño global de la organización debería ser un objetivo permanente de ésta.

g) Enfoque basado en hechos para la toma de decisión: Las decisiones eficaces se basan en el análisis de los datos y la información.

h) Relaciones mutuamente beneficiosas con el proveedor: Una organización y sus proveedores son independientes, y su relación mutuamente beneficiosa aumenta la capacidad de ambos para crear valor.

#### **3.6.1.1. Objeto y campo de aplicación**

Esta norma describe los fundamentos de los sistemas de gestión de la calidad, los cuales constituyen el objeto de la familia de normas y define los términos relacionados con los mismos.

Esta norma es aplicable a:

- a) las organizaciones que buscan ventajas por medio de la implementación de un sistema de gestión de la calidad;
- b) las organizaciones que buscan la confianza de sus proveedores en que sus requisitos para los productos serán satisfechos;
- c) los usuarios de los productos;
- d) aquellos interesados en el entendimiento mutuo de la terminología utilizada en la gestión de la calidad;
- e) aquellos quienes desarrollan normas relacionadas.

### **3.6.2 Base racional para los sistemas de gestión de calidad**

Los sistemas de gestión de la calidad pueden ayudar a las organizaciones a aumentar la satisfacción del cliente.

Los clientes necesitan productos con características que satisfagan sus necesidades y expectativas. Estas necesidades y expectativas se expresan en la especificación del producto y son generalmente denominadas como requisitos del cliente. Los requisitos del cliente pueden estar especificados por el cliente de forma contractual o pueden ser determinados por la propia organización. En cualquier caso, es finalmente el cliente quién determina la aceptabilidad del producto.

### **3.6.3 Enfoque de sistemas de gestión de calidad**

Un enfoque para desarrollar e implementar un sistema de gestión de calidad comprende diferentes etapas tales como:

- a) determinar las necesidades y expectativas de los clientes y de otras partes interesadas;

- b) establecer la política y objetivos de la calidad de la organización:
- c) determinar los procesos y las responsabilidades necesarias para el logro de los objetivos de la calidad;
- d) determinar y proporcionar los recursos necesarios para el logro de los objetivos de la calidad;
- e) establecer los métodos para medir la eficacia y eficiencia de cada proceso;
- f) aplicar estas medidas para determinar la eficacia y eficiencia de cada proceso;
- g) determinar los medios para prevenir no conformidades y eliminar sus causas;
- h) establecer y aplicar un proceso para la mejora continua del sistema de gestión de la calidad.

#### **3.6.4. Política de la calidad y objetivos de la calidad**

La política de la calidad y los objetivos de la calidad se establecen para proporcionar un punto de referencia para dirigir la organización. Ambos determinan los resultados deseados y ayudan a la organización a aplicar sus recursos para alcanzar dichos resultados. La política de la calidad proporciona un marco de referencia para establecer y revisar los objetivos de la calidad. Los objetivos de la calidad tienen que ser coherentes con la política de la calidad y el compromiso de mejora continua y su logro debe poder medirse. El logro de los objetivos de la calidad puede tener un impacto positivo sobre la calidad del producto, la eficacia operativa y el desempeño financiero y en consecuencia sobre la satisfacción y la confianza de las partes interesadas.

#### **3.6.5. Evaluación del sistema de gestión de calidad**

Cuando se evalúan sistemas de gestión de calidad, hay cuatro preguntas básicas que deberían formularse en relación con cada uno de los procesos que es sometido a la evaluación:

- a) ¿Se ha identificado y definido apropiadamente el proceso?
- b) ¿Se han asignado las responsabilidades?
- c) ¿Se han implementado y mantenido los procedimientos?
- d) ¿Es el proceso eficaz para lograr los resultados requeridos?

### **3.6.6. Sistemas de gestión de calidad y de otros sistemas de gestión**

El sistema de gestión de calidad es aquella parte del sistema de gestión de la organización enfocada en el logro de resultados, en relación con los objetivos de la calidad, para satisfacer las necesidades, expectativas y requisitos de las partes interesadas, según corresponda. Los objetivos de la calidad complementan otros objetivos de la organización tales como aquellos relacionados con el crecimiento, recursos financieros, rentabilidad, el medio ambiente y la seguridad y salud ocupacional.

## **3.7 Términos y definiciones**

### **3.7.1 Términos relativos a la calidad**

**3.7.1.1 calidad** grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos.

**3.7.1.2 requisito** necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria.

**3.7.1.3 clase** categoría o rango dado a diferentes requisitos de la calidad para productos, procesos o sistemas que tienen el mismo uso funcional.

**3.7.1.4 satisfacciones del cliente** percepción del cliente sobre el grado en que se han cumplido sus requisitos.

### **3.7.2 Términos relativos a la gestión**

**3.7.2.1 sistema** conjunto de elementos mutuamente relacionados o que interactúan.

**3.7.2.2 sistemas de gestión** sistema para establecer la política y los objetivos, y para lograr dichos objetivos.

**3.7.2.3 sistemas de gestión de la calidad** sistema de gestión para dirigir y controlar una organización con respecto a la calidad

**3.7.2.4 objetivo de la calidad** algo ambicionado, o pretendido, relacionado con la calidad

**3.7.2.5 gestiones de la calidad** actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización en lo relativo a la calidad

**3.7.2.6 controles de la calidad** parten de la gestión de la calidad orientada al cumplimiento de los requisitos de la calidad

### **3.7.3 Términos relativos a la auditoría**

**3.7.3.1 auditorías** proceso sistemático, independiente y documentado para obtener evidencias de la auditoría y evaluarlas de manera objetiva con el fin de determinar la extensión en que se cumplen los criterios de auditoría.

**3.7.3.2 programa de la auditoría** conjunto de una o más auditorías planificadas par un periodo de tiempo determinado y dirigidas hacia un propósito específico.

**3.7.3.3 criterios de la auditoría** conjunto de políticas, procedimientos o requisitos utilizados como referencia.

**3.7.3.4 evidencia de la auditoría** registros, declaraciones de hechos o cualquier otra información que son pertinentes para los criterios de auditoría y que son verificables.

**3.7.4. Términos relativos al aseguramiento de la calidad para los procesos de medición.**

**3.7.4.1 sistema de control de las mediciones** conjunto de elementos interrelacionados o que interactúan necesarios para lograr la confirmación petrológica y el control continuo de los procesos de medición.

**3.7.4.2 Proceso de medición** conjunto de operaciones que permiten determinar el valor de una magnitud

**3.7.4.3 Confirmación petrológica** conjunto de operaciones necesarias para asegurar que el equipo de medición cumple con los requisitos para su uso previsto.

**3.7.4.4 Equipo de medición** instrumento de medición, software, patrón de medición, material de referencia y/o equipos auxiliares o combinación de ellos necesarios para llevar a cabo un proceso de medición.

**3.7.4.5 función metrológica** función con responsabilidad en la organización para definir e implementar el sistema de control de las mediciones.

## **3.8 Aspectos de Calidad**

### **Calidad de Energía**

La Calidad de Energía puede resumirse como la combinación de las variaciones en la tensión, corriente y frecuencia del sistema eléctrico que afectan adversamente al equipo eléctrico y electrónico.

*Implementación de un método para desarrollar Auditorías Electroenergéticas con relación a la CALIDAD DE ENERGÍA, caso práctico: sistema eléctrico maquinaria del Centro de la Madera UNL.*

La Calidad de Energía debe asegurar la continuidad y la confiabilidad de operación de la tecnología al servicio de su empresa.

Cualquier desviación de los estándares de calidad (127 V, 60 Hz) y la presencia de Problemas de energía eléctrica significa que la Calidad de la Energía no es buena.



Una mala Calidad de Energía puede originarse en las deficiencias en la línea comercial que alimenta la instalación y/o a una inapropiada instalación eléctrica.

El usuario mismo puede provocar una mala Calidad de la Energía al poner en marcha una instalación eléctrica sin

tomar en cuenta el consumo de energía de los equipos que serán conectados a ella y al conectar equipo electrónico sin realizar las modificaciones necesarias en la instalación. En resumen, la carga es lo que determina un nivel aceptable en Calidad de Energía.

Algunos síntomas de problemas en la Calidad de Energía pueden ser:

Sistemas de control electrónico que se detienen inesperadamente.

Reinicio de los sistemas de manera frecuente.

Sobrecalentamiento de transformadores.

Fallas inexplicables de motores y sistemas eléctricos.

La Calidad de Energía se irá haciendo cada vez más necesaria a medida que se incrementen los avances en microelectrónica y automatización, los controles electrónicos remplacen a los electromecánicos y los procesos de manufactura requieran 24 horas de operación continua sin mantenimiento.

La Calidad de Servicio se medirá considerando los aspectos siguientes:

**3.8.1. Calidad del Producto:**

- a) Nivel de voltaje
- b) Perturbaciones de voltaje
- c) Factor de Potencia

**3.8.2. Calidad del Servicio Técnico:**

- a) Frecuencia de Interrupciones
- b) Duración de Interrupciones

**3.8.3. Calidad del Servicio Comercial:**

- a) Atención de Solicitudes
- b) Atención de Reclamos
- c) Errores en Medición y Facturación

**3.8.4. Información**

El Distribuidor debe implementar y mantener una base de datos con la información sobre los componentes de la red asociados a la alimentación eléctrica de cada

Consumidor, esto es:

Red de AV.

Subestación de distribución AV/MV.

Circuito de MV.

Centros de transformación MV/BV

Circuito de bajo voltaje y ramal al que está conectado.

Identificación del cliente (número de suministro).

La tarea del levantamiento de la información necesaria para la determinación de los índices de calidad en las diversas etapas de control, será responsabilidad del Distribuidor. La información recopilada, deberá ser suficiente para permitir al CONELEC controlar el cumplimiento de las disposiciones establecidas en el Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad, en la presente Regulación y en el Contrato de Concesión.

El levantamiento de la información, su procesamiento y análisis, comprenderá:

Las mediciones y/o registros de cada uno de los aspectos identificados.

La organización de una base de datos auditable que constituya el soporte de la información anterior;

El cálculo de los índices de calidad para cada uno de los parámetros; y

La información relacionada con los desvíos a los límites

Toda la información sobre mediciones, pruebas y su procesamiento, deberá almacenar el Distribuidor por un período no inferior a tres años y estar a disposición del CONELEC.

Definición de las Etapas de Aplicación

A fin de permitir a los Distribuidores adecuarse a las exigencias de calidad del servicio, la aplicación de la presente Regulación se ajustará a lo previsto en la Segunda Disposición Transitoria del Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad.

#### **3.8.4.1. Calidad del servicio y tensiones normales.**

Nuestra civilización se ha hecho electro dependiente, concebimos la energía eléctrica como algo natural, nos sorprenderíamos si el sol se apagara... nos sorprendemos y quedamos ansiosos e interrogantes cuando falta la energía eléctrica.

Inclusive nos hemos hecho exigentes con las características de la energía eléctrica, hemos comenzado a apreciar su calidad y exigirla, así como no se admite su pérdida, no se acepta su degradación.

La disponibilidad para los usuarios de energía eléctrica exigió grandes obras de generación, transmisión, mientras la distribución, cuando no se exigía calidad, fue un poco la Cenicienta. Hoy se comienza a observar que también la red de baja tensión merece ingeniería e inversión correcta porque la calidad depende de toda la cadena.

La tensión normal esta definida con forma sinusoidal (con reducidos apartamientos), con dada frecuencia y dada amplitud.

Tenemos que definir dos conceptos, calidad del producto, tensión (amplitud, caídas de tensión permanentes, transitorias, frecuentes, parpadeo, flicker), frecuencia (depende de la generación), forma de onda (sinusoidal pura, deformación ligada a armónicas).

Calidad del servicio, esta está ligada a la continuidad (que no haya interrupciones, largas, breves, muy breves - huecos de tensión), a como en general la empresa atiende a los clientes, a la imagen que la empresa que distribuye energía debe tener (o pretende).

La red de distribución debe entonces también incluir conceptos de optimo, y para forzar esto, el estado, al dar la concesión fija multas por apartamiento del optimo definido (y esperado), estas multas son costos adicionales que también influyen en el diseño económico de la red.

Veamos rápidamente cada una de las características de la tensión:

Amplitud, con la red se debe asegurar que la tensión de que dispone cada usuario, este comprendida entre limites dados, + / - cierto porcentaje. Se trata de que todos los

usuarios tengan durante una parte muy importante del tiempo una tensión dentro de estos límites.

Caídas de tensión limitadas, esto se resuelve a nivel de diseño, en cierto momento (mínima carga) cerca del transformador, el primer usuario tiene máxima tensión, y el que está más distante en otro momento (máxima carga) tiene mínima tensión, la sección de los cables debe producir diferencias entre los usuarios contenidas, para cumplir las condiciones de tensión, la reactancia de los cables, aunque menor, también influye en la caída, las cargas influyen en valor y factor de potencia (esta se convierte en una exigencia para los usuarios).

Variaciones de tensión, hay que fijar una política de funcionamiento en media tensión, para contener las variaciones en el lado de baja tensión a medida que evoluciona la carga, la variación de la carga ocurre durante el día por las variaciones de consumo de los usuarios, durante los años los usuarios evolucionan en número (aumentan) y en valor (aumento de la carga individual) la red debe soportar estas variaciones con comodidad, ya que no se debe (ni puede) estar permanentemente adaptándose a los incrementos de carga.

Parpadeo, flicker, son variaciones de tensión originadas por ciertos usuarios con ciertos tipos de cargas, y que afectan a otros que sufren las consecuencias, las características de la red (impedancias) pueden exaltar o reducir este fenómeno.

Forma de onda, armónicas, ciertos usuarios inyectan armónicas, estas (si no hay elementos que las filtren) llegan a los generadores y deforman (distorsionan) las tensiones a lo largo de su camino, menores impedancias (red más generosamente dimensionada) ayudan a la menor distorsión, la calidad fija también ciertas situaciones armónicas límites en la red. Como se propagan y hasta donde influyen las armónicas

es un tema que debe ser estudiado con mediciones identificando los puntos críticos y trasladando las experiencias a los nuevos diseños.

Continuidad del servicio, por distintas razones ocurren fallas en la red que interrumpen el servicio, según como sea la estructura de la red eléctrica, pueden existir facilidades para poder retomar el servicio más rápidamente, al menos en parte de la red. Por ejemplo, si la red es mallada, con mallas abiertas, es posible transferir rápidamente una parte de la carga aprovechando la capacidad sobrante de otra parte de red. Los tiempos de transferencia se pueden reducir, con automatismos y telecomandos que son por otra parte una ulterior mayor inversión.

Huecos de tensión, ciertos eventos como fallas o descargas, y maniobras, que se producen en la red causan perturbaciones (grandes caídas de tensión o falta) que duran tiempos muy breves (fracciones de segundos, pocos ciclos) pero que afectan a ciertas cargas especialmente cuando tienen una elevada componente de electrónica.

Las tensiones normales fueron fijadas inicialmente por las empresas que realizaron las primeras redes de distribución de energía, luego fueron adoptados por los institutos de normalización de los distintos países, debiendo respetarlos los fabricantes de aparatos y los que prestan servicio público, la normalización se fue extendiendo cubriendo áreas geográficas muy amplias.

Hace algunos años, la Comunidad Económica Europea, resolvió cambiar la tensión normal para unificar el valor usado en el continente y el valor adoptado en las islas (Británicas), es así que entre 220/380 y 240/420 se adoptó 230/400 que con alguna tolerancia permitía en el tiempo unificar la tensión en toda Europa.

Lo interesante de este esfuerzo es que los aparatos que se comercializan en toda Europa (y zona de influencia económica) no requieren conmutador para adaptarlos a

la tensión (como ocurría cuando las tensiones eran 220 V y 240 V respectivamente, con diferencia de 10%) y ese es un menor costo para toda la sociedad.

Este simple concepto muestra la enorme importancia que tiene la normalización para el desarrollo.

Las normas de calidad que se han desarrollado en los últimos años han sumado a la característica de amplitud (que es la histórica) todas las otras relacionadas con las armónicas, la frecuencia, etc. que definen en detalle todas las exigencias.

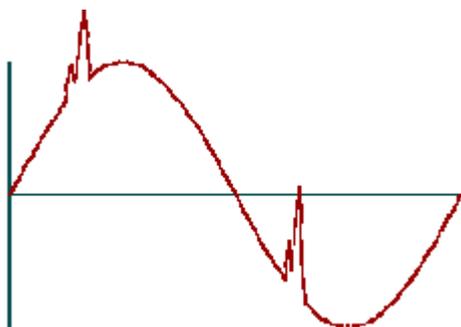
### 3.8.5 Aspectos sobre la Calidad de la Energía Eléctrica

El término "calidad de energía eléctrica" se emplea para describir la variación de la tensión, corriente, y frecuencia en el sistema eléctrico.



Históricamente, la mayoría de los equipos son capaces de operar satisfactoriamente con variaciones relativamente amplias de estos tres parámetros. Sin embargo, en los últimos diez años se han agregado al sistema eléctrico un elevado número de equipos, no tan tolerantes a estas variaciones, incluyendo a los controlados electrónicamente.

Algo del control se hace directamente a través de electrónica de conversión de potencia, como son impulsores de ca, cd, y fuentes de energía conmutadas, además del equipo electrónico que está en los controles periféricos, como computadoras y controladores lógicos programables (PLC's). Con la disponibilidad de estos complejos controles, se desarrolló un control de procesos mucho más preciso, y un sistema de protección mucho más sensible; lo que hace a éstos aún más susceptibles a los efectos de los disturbios en el sistema eléctrico.



Los disturbios en el sistema, que se han considerado normales durante muchos años, ahora pueden causar desorden en el sistema eléctrico industrial, con la consecuente pérdida

de producción. Adicionalmente, deben tomarse en cuenta nuevas medidas para desarrollar un sistema eléctrico confiable, mismas que anteriormente no se consideraron significativas.

Es importante darse cuenta de que existen otras fuentes de disturbios que no están asociadas con el suministro eléctrico de entrada. Estas pueden incluir descargas electrostáticas, interferencia electromagnética radiada, y errores de operadores. Adicionalmente, los factores mecánicos y ambientales juegan un papel en los disturbios del sistema. Estos pueden incluir temperatura, vibración excesiva y conexiones flojas. Aunque estos pueden ser factores muy importantes, no se discutirán en el presente artículo.

#### **3.8.5.1. Disturbios en el Sistema.**

Los disturbios en el sistema son variaciones generalmente temporales en la tensión del sistema. Que pueden causar mala operación o fallas del equipo. La variación de frecuencia puede ocasionalmente ser un factor en los disturbios del sistema, especialmente cuando una carga es alimentada por un generador de emergencia u ocurre un desequilibrio entre la carga de la planta industrial y la generación debido a la pérdida del suministro eléctrico. Sin embargo cuando el sistema eléctrico del usuario está interconectado a una red de potencia relativamente fuerte, la variación de frecuencia resulta a veces de preocupación insignificante.

### 3.8.5.2. Disturbios por Sobretensiones Transitorias.

Las sobretensiones transitorias se refieren a variaciones en la forma de onda de tensión, que dan como resultado condiciones de sobretensión durante una fracción de ciclo de la frecuencia fundamental. Las fuentes comunes de estos transitorios son los rayos, operación de los dispositivos de interrupción de los sistemas eléctricos y el arqueado de conexiones flojas o fallas intermitentes.

Las consideraciones claves se resumen como sigue:

1. Para equipo eléctrico tradicional estas sobretensiones han sido manejadas diseñando el equipo para soportar sobretensiones de magnitudes de varias veces la tensión pico normal y al mismo tiempo aplicar pararrayos y algunas veces capacitores para frente de onda, con objeto de asegurar que las tensiones no excedieran los niveles de diseño del equipo.
2. El equipo electrónico generalmente no tiene la misma capacidad de aguante como los equipos eléctricos más tradicionales. De hecho el uso de pararrayos que limitan los transitorios a dos o tres veces la tensión nominal pico puede no proporcionar una protección adecuada a este equipo. En ese caso, los dispositivos de protección contra frente de onda para equipo electrónico pueden necesitar reactores en serie, capacitores en paralelo y/o dispositivos electrónicos, además de pararrayos resistivos no lineales, para proporcionar una protección adecuada. Cuando no se logra esta protección pueden ocurrir fallas o mal funcionamiento.

3. La conmutación de bancos de capacitores, ya sea en la planta industrial o en la red del sistema eléctrico puede causar el funcionamiento defectuoso de algunos equipos. En años recientes se ha vuelto un problema común asociado con el disparo inexplicable de muchos impulsores de ca pequeños. Muchos de estos impulsores están diseñados para desconectarse de la línea por una sobretensión del 10 al 20 % con duración de una fracción de ciclo. Ya que muchos bancos de capacitores de empresas eléctricas son conmutados diariamente, este problema podría ocurrir en forma muy frecuente. Este indeseable problema de disparo puede usualmente remediarse agregando un reactor en serie con el dispositivo sensible, o modificando su característica de disparo. Otras soluciones pueden incluir la reducción del transitorio en el banco de capacitores. La operación de los capacitores se asocia también ocasionalmente, con el funcionamiento defectuoso o falla de otros equipos además de los controladores.

### 3.8.5.3. Disturbios por bajo voltaje momentáneo

Las caídas de tensión momentáneas de 60 Hz se han vuelto un problema común en los años recientes, produciendo efectos que van desde el parpadeo de relojes digitales en los hogares hasta procesos industriales interrumpidos.



Esta es una condición que típicamente ocurre cuando se inicia una falla en el sistema eléctrico y dura hasta que la falla sea eliminada por un dispositivo de sobrecorriente. La falla puede ocurrir en la planta industrial o en el sistema de la empresa eléctrica. Este tipo de condición puede ocurrir también durante el arranque de motores grandes.

Muchos productos eléctricos no están hechos para ajustarse a estas condiciones de bajo voltaje temporal. Esta condición temporal tiende a ocurrir en el orden de diez veces más frecuentemente que una interrupción total de energía. Los factores importantes al tratar con bajas tensiones momentáneas se resumen como sigue:

1. En una planta industrial las lámparas de descarga de alta intensidad (HID) frecuentemente son los equipos más sensibles al bajo voltaje. Típicamente se extinguen a tensiones en el rango del 85 al 90 % de la nominal por periodos tan cortos como de 1 ciclo, y toman varios minutos para reencender. Una forma de minimizar este efecto es utilizar alumbrado HID que tenga capacidad de reencendido instantáneo, o utilizar bulbos de cuarzo con lámparas de HID. El bulbo de cuarzo enciende inmediatamente y se apaga aproximadamente 10 minutos después. Cualquiera de los dos métodos podría emplearse en aproximadamente el 10 % de los lugares con alumbrado por HID en una planta industrial, para proporcionar un alumbrado temporal hasta que las luces HID vuelvan a encenderse. Es posible también obtener balastros regulados que pueden ajustarse a la baja de tensión hasta del 50 %.
2. Los PLC's que se utilizan para controlar dispositivos tales como impulsores de cd y de ca pueden apagar los dispositivos cuando hay tensiones del orden del 80 a 85% de la nominal. Esto puede mejorarse, para condiciones

momentáneas de bajo voltaje, proporcionando control instantánea de tensión para el PLC a través de un regulador o una fuente de alimentación ininterrumpible (UPS).

3. Los impulsores de ca y cd están típicamente diseñados para operación continua con variaciones de tensión de +10% a -5% hasta -15%. Fuera de este rango el impulsor puede no ser capaz de mantener la velocidad u otros parámetros que son críticos para el proceso, y que pueden llevar a un paro. La duración y magnitud de la caída de tensión que puede causar que eso suceda varía de dispositivo a dispositivo. Adicionalmente, aún si el impulsor estuviera diseñado para ajustarse a esta condición, el producto que se está haciendo en el proceso puede resultar dañado, o sufrir en su calidad al grado de que no sea aceptable para su uso. Sin embargo, la inercia del motor ayudará a sobrellevar satisfactoriamente ese tipo de eventos. Si el proceso no es afectado por esta condición de transitorio, entonces pueden darse consideraciones para reparar el impulsor con re arranque automático. (La seguridad y el daño a los equipos son factores determinantes para decidir si el re arranque automático es apropiado).
4. Las bobinas de contactores de motores generalmente se desactivan para tensiones en el rango de 50 a 75% con duraciones de 1-5 ciclos. Si es necesario para condiciones momentáneas de bajo voltaje, esto puede mejorarse proporcionando regulación de tensión instantánea a la bobina.
5. Si el 100 % de los bajos voltajes incluyen tensiones del 90 % o menos, los estudios del sistema han demostrado típicamente que en forma aproximada:

- El 30% de los bajos voltajes incluyen tensiones del 80 % o menos;
- El 15 % de los mismos abarcan tensiones de 70 % o menos;
- El 5 % de ellos incluyen tensiones del 60% o menos.

Estos valores ilustran cómo las mejoras relativamente menores en la capacidad de adaptación pueden reducir significativamente la cantidad de disturbios por bajo voltaje. Por ejemplo, la mejora de la capacidad de adaptación de un dispositivo particular desde 80 a 70 % típicamente recortaría el número de eventos de disturbio en un 50 %. Yendo de 80 a 60 % reduciría el número en más del 80 %.

6. El 80% de estos eventos tienen duraciones de menos de 0.2 - 0.5 segs. Los sistemas de transmisión tienden a tener tiempos de eliminación más rápidos que los sistemas de distribución, pero esto está en función de las prácticas de coordinación de protecciones de la empresa eléctrica.

Para diseñar la capacidad adecuada de adaptación en un equipo eléctrico es importante conocer la magnitud, duración y frecuencia de ocurrencia que se espera para las condiciones de bajo voltaje momentáneo. Las instalaciones alimentadas por la red de distribución de empresas eléctricas tienen más posibilidad de tener eventos de mayor duración y frecuencia, en comparación con las alimentadas por sistemas de transmisión. La empresa eléctrica local sería capaz de proporcionar información más detallada para un punto particular de servicio. Dependiendo de las circunstancias la empresa eléctrica puede ser capaz de reducir la cantidad de eventos mejorando el podado de los árboles, agregando guardas contra animales, mejorando la conexión a tierra, con pararrayos, y con métodos revisados de coordinación contra

sobrecorrientes. La duración de los eventos puede también reducirse revisando la coordinación de sobrecorriente existente.

#### 3.8.5.4. Interrupciones de Servicio

La pérdida completa de energía en una instalación es generalmente de un orden de magnitud menos frecuente que un disturbio por voltaje bajo momentáneo. Sin embargo, si la frecuencia es suficientemente significativa, entonces deben tomarse las medidas para tener una fuente alterna disponible en base conveniente.



#### 3.9.5.5. Normas Industriales

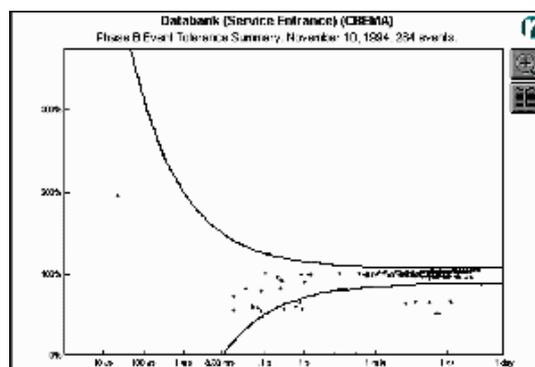
Los disturbios en el sistema fueron un factor en el diseño de sistemas de alimentación para computadoras a finales de los 60's y 70's. Sólo en los últimos 5 ó 10 años fue que los controles por computadora se han hecho comunes en todas partes del sistema eléctrico. Consecuentemente, muy pocas normas tratan con la definición de variaciones de tensión de corto tiempo aceptables, pero se ha trabajado para desarrollar normas en esta área. Las normas significativas con respecto a variación de tensión se resumen como sigue:

Las variaciones de tensión en estado estacionario son definidas por la norma ANSI C84.1. Para tensiones de servicio hasta de 600 V, se espera que la tensión normal de servicio esté dentro de  $\pm 5\%$  de la nominal, con variaciones de tanto como  $+5.8\%$  hasta  $-8.3\%$  para períodos cortos. Las variaciones aceptables para otras tensiones del sistema se dan en la Norma ANSI C84.1.

La Publicación de Normas NEMA N°. MG-1 motores y Generadores (Sección-12.45) establece que "los motores polifásicos de CA deberán operar satisfactoriamente bajo condiciones de operación a carga nominal cuando el desbalance de tensión en las terminales del motor no exceda del 1%". La sección I-14.5 de la misma norma proporciona una curva de reducción de carga para desbalances de tensión mayores: 90% con desbalance de 3% y 75% con desbalance de 5%. No se recomienda la operación de motores para desbalances de tensión de más de 5%. La Norma ANSI C84.1 recomienda que "los sistemas de suministro eléctrico deberán estar diseñados y operar para limitar el desbalance máximo

de tensión al 3 % cuando se mida en el medidor de la empresa eléctrica, bajo condiciones sin carga. "

A través de los años se han desarrollado curvas de parpadeo, que proveen guías



CURVA "CBEMA"

sobre los límites de variaciones de tensión en cargas de cambio rápido ya que éstas afectan a otros equipos en el sistema. Una de las cargas de mayor interés han sido los hornos de arco, así como muchos otros tipos de cargas que varían con mucha frecuencia. Estas variaciones de tensión están generalmente en el rango de 0.5 a 6%, que puede variar en frecuencia desde 10/s hasta 1/hr.

El proyecto de Norma IEEE 1250 proporciona una buena discusión de disturbios momentáneos y algunas guías para la atenuación de estos problemas. Este documento no recomienda límites.

Los voltajes bajos temporales a frecuencia fundamental, las cuales llegan a caer a un 88.3% de lo especificado por la Norma ANSI 84. 1, pueden dar como resultado la

interrupción de la operación de algún equipo. No existen normas relacionadas con este tipo de disturbios; pero si hay una curva incluida en la Norma ANSI/IEEE 446, el libro naranja, que es un buen punto de referencia; Esta curva fue desarrollada subsecuentemente hacia la curva CBEMA (Computer Business Equipment Manufacturers Association), como una guía en el diseño de fuentes de alimentación para computadoras. Se trabaja actualmente para considerar los requerimientos sobre disturbios de tensión de corta duración en la ANSI C84. 1. (Fueron desprendidos del documento en 1982). La Norma IEEE 493, el libro dorado, se revisa para incluir un capítulo sobre métodos para predecir la cantidad y magnitud de los bajos voltajes esperados en cualquier punto de interés sobre el sistema eléctrico. Además, el grupo de trabajo IEEE P1346 trabaja para desarrollar un consenso amplio de acuerdo a cuestiones de compatibilidad.

La protección de equipo de baja tensión contra sobretensiones transitorias se trata en las Normas ANSI/IEEE C62 [9]. Las normas existentes incluyen: ANSI/IEEE C62.41, Recommended Practice on Surge Voltages in Low-Voltage ac Power System y ANSI/IEEE C62.45, Guide on Surge Voltage in Low-Voltage ac Power Circuits. Se trabaja también para proveer guías sobre los dispositivos de protección contra sobretensiones, que serán incluidos en los documentos C62.42, C62.43 y C62.64, sin embargo, no hay normas sobre niveles de aguante al impulso para muchos de los equipos de baja tensión.

### **3.9 Calidad de la Energía Eléctrica**

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

Frecuencia constante

Las desviaciones respecto a los estándares de calidad ocasionan problemas en los equipos eléctricos.

Actualmente en el Ecuador se cuenta con la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE) aprobada en Octubre de 1997, 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 onda de corriente sinusoidal original y perturban la operación de estos mismos equipos, provocando además, calentamientos excesivos y pérdidas de energía en máquinas eléctricas, conductores y demás equipos del sistema eléctrico. El problema no sólo puede sufrirlo el propio usuario propietario de equipos generadores de

armónicas, sino que a través de las líneas de distribución y de transmisión puede propagarlo a otros usuarios de la red eléctrica.

Los parámetros de calidad de producto definidos por la Norma Técnica de Calidad, son los siguientes:

**Tensión:** Las tolerancias admitidas sobre las tensiones nominales de los puntos de entrega, en todas las etapas y en todos los niveles de tensión, es de hasta el  $\pm 5.0\%$  de las tensiones nominales de tales puntos.

**Frecuencia:** Variaciones sostenidas de frecuencia

**Perturbaciones:**

**a) Tensiones armónicas individuales:** El Factor de Distorsión total de tensiones armónicas (THD) no debe superar el 3% para tensiones mayores de 60 kV y 5 % para tensiones menores de 60 kV.

**b) Flicker**

### 3.9.1 Calidad de Energía vs. Mala Calidad de Energía

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 (Armónicos)
- Frecuencia constante

Investigaciones llevadas a cabo en estos últimos años, acerca del correcto desempeño de las instalaciones eléctricas, han permitido establecer este nuevo concepto.

Cualquier desviación de estos estándares de calidad que ocasione problemas en los equipos eléctricos instalados, recibe el nombre de Mala Calidad de Energía

### **¿Dónde puede estar el origen de esta Mala Calidad?**

Puede tener 2 orígenes: El primero, en la acometida de la red eléctrica que alimenta la instalación, por deficiencias del suministro. El segundo, en la propia instalación.

Los equipos electrónicos modernos (computadoras, variadores de frecuencia, UPS balastos electrónicos) presentan un comportamiento de carga no lineal a diferencia de otros equipos que presentan carga lineal (iluminación, calefactores eléctricos, motores). Normalmente la energía que requieren los equipos de carga lineal es de 60 Hz, de frecuencia y 220 voltios.

Sin embargo los equipos electrónicos requieren de una energía de más eficiencia llamada "switch mode" o Modo de interrupción, que funciona a manera de pulsaciones que no tienen forma de onda de voltaje sinusoidal. Estos modernos equipos necesitan de un dispositivo electrónico que convierte la corriente alterna en corriente directa. Aproximadamente el 50% de la energía eléctrica pasa por este dispositivo antes de ser finalmente aprovechada. No obstante, estos dispositivos tienen efectos secundarios que son los que ocasionan la mala calidad de energía.

### **¿Cuáles son los Problemas que genera la mala Calidad de Energía?**

- Generación de corrientes armónicas
- Fugas de corrientes en la red de tierra
- Variaciones de voltaje

Estos fenómenos técnicos ocurren por dos razones principalmente:

- La instalación de equipo electrónico en un ambiente determinado sin haber hecho las modificaciones necesarias en la instalación eléctrica, de tal manera

que no hay un equilibrio entre el consumo de energía y la instalación que soporta este consumo.

- La construcción de edificaciones sin el conocimiento de la carga eléctrica que se requerirá para las necesidades de consumo de energía de los equipos que serán instalados.

## CAPÍTULO IV.

### EL PROCESO DE LA AUDITORÍA ELECTROENERGÉTICA

#### 4.1 ¿QUE ES UNA AUDITORÍA?

Aunque mucha gente utiliza el término auditar, no siempre es aplicado de manera consistente. Esto es debido a que las personas utilizan palabras basadas en sus experiencias previas o en lo que han leído. Una auditoría significa una de dos cosas:

Qué tan completo se encuentra algo, o

La realización de una actividad siguiendo las reglas.

Puede realizarse una auditoría para verificar si todo está presente y correcto. Auditar los registros significa verificar si existen todos los registros necesarios. También significa que se han revisado estos registros y que no hay errores. Cuando se utiliza de esta manera, una auditoría no es otra cosa más que una inspección al 100 por ciento.

El otro significado de la palabra auditoría involucra la manera en que se hace una cosa. Estudiamos una actividad para verificar si fue realizada de acuerdo a las reglas.

El análisis resultante dirá a las partes interesadas si la actividad fue realizada de acuerdo con los arreglos preestablecidos y si esos fueron los adecuados para lograr el resultado deseado.

#### 4.2 MODELO GENERAL DE LA AUDITORÍA

Muchas organizaciones utilizan el proceso de traer a personas ajenas a ellas, para dar mayor confianza a los interesados. Todos estos esquemas de auditoría poseen algunas características comunes.

Primero debemos contar con los requisitos para el artículo, la actividad o la organización. A esto se lo llama las bases de la auditoría. También debemos contar con hechos relacionados cómo aplicar estos requisitos. A esto se lo llama evidencia. Cuando uno compara los hechos con los requisitos se obtiene una observación, que puede ser buena o mala. Hasta aquí, todo esto es muy parecido a una inspección. Pero los auditores van más allá. Ellos analizan estas observaciones para encontrar patrones, llamados hallazgos. A menudo también se les pide a los auditores que reúnan todas las observaciones, hallazgos, apariencias, olores y con ello obtengan conclusiones. Su producto, el informe, es presentado para que lo utilicen las partes interesadas.

### **4.3 DEFINICIÓN DE AUDITORÍA**

La norma internacional conjunta sobre auditorías de calidad y del ambiente ISO 19011:2002, "Guías para la auditoria de sistemas de calidad y/o gestión ambiental," define auditoría como:

Un proceso sistemático, independiente y documentado para obtener evidencia capaz de ser interpretada y evaluada objetivamente para determinar la extensión en la que el criterio auditor ha sido cumplido.

El Instituto de Auditores Internos ha definido a la auditoría interna como:

Una actividad de consultoría independiente, que establece una confianza objetiva, que esta diseñada para añadir valor y mejorar las operaciones de una organización. Apoya a que una organización logre sus objetivos, al brindar un acercamiento sistemático disciplinado para evaluar y mejorar la eficacia del riesgo administrativo, el control y los procesos del gobierno.

Se puede decir que la auditoria es el proceso de comparación de la realidad con los requisitos.

#### **4.4 PRINCIPIOS DE LA GESTION**

Sin tener en cuenta los bienes o servicios producidos, todos los sistemas de gestión incluyen cuatro actividades fundamentales:

- 1.- Planeación
- 2.- Productividad
- 3.- Medición
- 4.- Mejoramiento

#### **4.5 REGLAS FUNDAMENTALES PARA LA REALIZACIÓN DE UNA AUDITORÍA**

Para poder proporcionar a otros la información que desean, las auditorías de calidad deben seguir estas cuatro reglas básicas:

- 1.- Las auditorías deben proporcionar información para tomar decisiones fundamentadas.
- 2.- Los auditores deben ser calificados para realizar su labor.
- 3.- Las mediciones deben realizarse de acuerdo con los requisitos definidos.
- 4.- Las conclusiones deben estar basadas en hechos.

#### **4.6 LA ADMINISTRACIÓN DE ENERGÍA DENTRO DE LA EMPRESA**

Durante los últimos años, las empresas han visto como la energía ha pasado de representar un factor marginal en su estructura de costos a ser un capítulo importante en la misma debido al incremento paulatino en su precio. Han tenido que afrontar el reto de disminuir la participación de la energía en los costos, o por lo menos mantener su mismo nivel.

Para ello, es preciso conocer claramente el tipo y la cantidad de energía que se utiliza en cada uno de los procesos que conforman la operación industrial y determinar las acciones pertinentes para abaratar los costos de producción por concepto de energía, sin afectar la calidad ni la cantidad de producción.

El ahorro y uso eficiente de la energía es el eje central de la estrategia en cualquier Programa de Ahorro de Energía ya que mejoran la competitividad, amplían el horizonte energético y liberan recursos económicos para destinarlos a otras actividades productivas.

La experiencia en la aplicación de los programas de ahorro de energía ha demostrado que con el incremento en la eficiencia energética se obtienen beneficios económicos adicionales a la reducción en el coste de la energía, junto con la posibilidad de incrementar la producción y la reducción de emisiones contaminantes.

Para ilustrar esta idea podría considerarse el caso de una planta en la que se eliminan completamente las fugas de vapor. Con ello se reduce el consumo de combustibles en la caldera, el consumo de agua y el de productos químicos para su tratamiento.

Aplicado a la industria, el concepto de Administración se encarga de la planificación, dirección y seguimiento de los esfuerzos individuales encaminados hacia el mejor uso de los recursos de la industria, también conocidos como elementos de producción. La

energía es un recurso natural vital en la actividad industrial actual y como tal debe ser considerado.

Es por ello que la Administración de la Energía debe estar firmemente apoyada por un programa de conservación de energía, encargado de reducir el despilfarro (ahorro), la mejor utilización por parte de los consumidores (uso racional) y la sustitución de fuentes energéticas. En pocas palabras, este programa se enfoca a mantener en la planta la más alta eficiencia en el consumo, distribución, transformación y conservación de recursos energéticos.

Así, la definición e implantación de un Programa de Ahorro de Energía se inserta dentro de un programa global de Administración de la Energía a nivel de empresa. Este Programa de Ahorro de Energía requiere de un soporte adecuado para identificar y evaluar las oportunidades existentes en la industria.

El ahorro de energía no puede llevarse a cabo si no se conoce dónde y cómo se está utilizando, para lograr la eficiencia en su consumo. En la mayoría de los casos, el establecimiento de este punto de partida requiere de una inspección y de un análisis energético detallado de los consumos y pérdidas de energía, que generalmente se le conoce como Diagnóstico Energético.

El Diagnóstico Energético es una herramienta técnica utilizada en la evaluación del uso eficiente de la energía, sin embargo, no podría "per se" alcanzar ahorros significativos y a largo plazo sin el respaldo de un programa de ahorro de energía dentro de la empresa. Tal programa asegura la infraestructura técnica, administrativa y financiera para llevar a cabo con éxito las medidas tanto de Conservación, Uso Eficiente y Sustitución Energética, como de Ahorro de Energía.

Para desarrollar eficientemente y con éxito un Programa de Ahorro de Energía en una empresa deben cumplirse las siguientes condiciones:

- Compromiso en recursos y tiempo, tanto de la gerencia como del personal de la empresa para implementar y desarrollar un programa energético con esfuerzo permanente.
- Debe existir una base de datos consistente, sobre consumos energéticos de la empresa.
- Los proyectos viables deben ser evaluados de acuerdo con las normas y técnicas financieras de la compañía.
- El Programa de Ahorro de Energía debe manejarse como cualquier programa gerencial o administrativo de la empresa.

En resumen, un Programa de Ahorro de Energía en una empresa implica un compromiso y una organización permanente y a largo plazo, que se integre a la administración diaria de la empresa, mientras que el Diagnóstico Energético representa una intervención temporal. En realidad, no puede existir uno sin el otro: por un lado, el Programa de Ahorro de Energía sienta las bases y desarrolla un plan de acción para un Diagnóstico Energético; y por otro lado, aunque el Diagnóstico identifique ahorros potenciales, solamente dentro del contexto de un Programa de Ahorro de Energía bien estructurado pueden realizarse y alcanzarse tales ahorros.

#### **4.7. PROGRAMA DE AHORRO DE ENERGÍA**

Cualquier Programa de Ahorro de Energía que pretenda alcanzar los objetivos y metas planteadas en su implementación inicial requiere la ejecución de diferentes

etapas básicas, (tabla 1) sin las cuales el aprovechamiento de los recursos (humanos y económicos) dedicados al mismo puede no ser el óptimo.

TABLA 1. PASOS EN UN DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

ETAPA N° 1 - Compromiso de la Gerencia.

ETAPA N° 2 - Recolección de datos y análisis

ETAPA N° 3 - Diagnóstico Energético.

ETAPA N° 4 - Formación del personal.

ETAPA N° 5 - Planificación del presupuesto para Inversiones.

ETAPA N° 6 - Realización de proyectos.

ETAPA N° 7 - Seguimiento, control y evaluación

### **ETAPA N° 1 – Compromiso de la Gerencia**

El compromiso de la alta Gerencia de la empresa es una premisa fundamental, no sólo para iniciar el programa sino para asegurar su ejecución, calidad y garantía de continuidad.

Las áreas específicas de compromiso de la alta gerencia deberán incluir los siguientes aspectos:

1. Constituir un Comité de Ahorro de Energía responsable de implementar y coordinar el Programa de Ahorro de Energía en la Empresa, el cual puede estar interrelacionado con el establecimiento de otros comités, tales como: de Control de Calidad, de Ahorro de Agua y de Control del Medio Ambiente.
2. Nombrar a una persona responsable del comité, con la jerarquía y autoridad suficiente para garantizar la realización del programa. La involucración y el compromiso de todas las áreas necesarias y la comunicación eficiente entre ellas será la base para lograr alcanzar los objetivos del programa
3. Establecer metas de ahorro de energía dentro de la empresa.
4. Comprometer recursos tanto económicos como humanos, para poder soportar el Programa de Ahorro de Energía.
5. Difundir las metas del Programa de Ahorro de Energía, dentro y fuera de las instalaciones de la planta y en las oficinas de la empresa, relacionando a los empleados que estén involucrados y estimulándolos en base a resultados.

## **ETAPA N° 2 – Recolección de datos y Análisis**

Para estructurar eficientemente el programa de ahorro de energía dentro de la empresa, se deberá contar con una base de datos completa y detallada de los consumos energéticos. Esta base de datos será fundamental dentro del programa, tanto para definir áreas de oportunidad hacia donde se destinarán recursos, como para realizar el seguimiento y control del mismo y evaluar el logro de los ahorros esperados.

La recolección de datos estará enfocada a los siguientes aspectos:

- Clasificación de las áreas productivas por sistemas y equipos intensivos en consumos de energía.

- Consumo mensual de electricidad y combustibles de la planta e instalaciones administrativas.
- Producción mensual a nivel de empresa.

Estos datos permitirán elaborar información gráfica que describirá y aportará índices de variación mensual, lo cual implica ya un primer ejercicio de análisis estadístico. En estas gráficas se podrán observar, de la misma forma, las variaciones y desviaciones en el consumo programado que deberán explicarse con la operación actual de la empresa. Por ejemplo, la necesidad de explicar un aumento en el consumo de energía durante un mes en el cual no aumentó la producción, deberá conducir al análisis detallado de las causas que originaron esta desviación.

Conforme el Programa de Ahorro de Energía se vaya implementando, la información recabada del consumo de energía deberá ser más detallada para poder analizar los costos específicos, ya sea por áreas productivas o por procesos funcionales de la empresa. Eventualmente, será necesario obtener mayor detalle de datos que permitirán un control más preciso y cercano de estos procesos, como por ejemplo:

- Consumos diarios o semanales, en lugar de mensuales, con la producción correspondiente,
- Consumos por línea o área de producción, y
- Consumos y producción por máquinas o sistemas individuales, tales como calderas, vapor de proceso, aire comprimido, etc.

La recolección y el análisis de datos deberán representar un elemento fundamental para relacionar la producción con el consumo de energía, tanto a nivel global, como a nivel de procesos. En este análisis se podrán obtener índices energéticos, los cuales

servirán para el desarrollo y análisis de otros indicadores. Los índices energéticos pueden ser usados para cálculos de planificación y presupuesto; además de proporcionar las bases para la justificación financiera al implementar medidas de ahorro de energía e inversiones de capital.

### **ETAPA N° 3 Diagnóstico Energético**

El Diagnóstico Energético es indispensable para desarrollar las bases técnicas y financieras del Programa de Ahorro de Energía. Las metas de un Diagnóstico Energético deberán ser las siguientes:

- Recopilar y organizar los datos de producción y consumos energéticos disponibles a través de facturas energéticas y la instrumentación ya existente en la planta.
- Identificar los potenciales y las medidas que pueden realizarse para lograr ahorros de energía, y prioritarias desde el punto de vista de rentabilidad para la empresa.
- Desarrollar un plan para realizar las medidas de ahorro y asegurar el mantenimiento de los ahorros a largo plazo.

### **ETAPA N° 4 – Formación del personal**

La formación del personal de la empresa es fundamental para lograr el éxito de un Programa de Ahorro de Energía. Dentro de las áreas de mayor importancia se incluyen:

- Formación de ingenieros y técnicos en los análisis y las tecnologías de conservación de energía.
- Formación del personal de mantenimiento en prácticas y programas de mantenimiento adecuado.
- Formación de los operadores para alcanzar una operación óptima de los equipos, con respecto a la eficiencia energética, así como a la productividad.
- Formación y concienciación del personal general de la planta para la toma de responsabilidades personales de los desperdicios evidentes de energía, apagando luces innecesarias, cerrando llaves de agua y sacando fuera de operación equipos cuando éstos no se necesiten.

### **ETAPA N° 5 – Planificación del presupuesto para inversiones**

La asignación de recursos para implementar y realizar los proyectos y las medidas de ahorro energético debe hacerse desde una perspectiva global del desarrollo de la empresa. En este sentido, la alta gerencia tendrá que aprobar cualquier gasto importante del ahorro energético.

El Diagnóstico Energético puede identificar una gran cantidad de medidas de ahorro de energía, tanto de bajo costo, como de inversión importante. Al respecto, la gerencia deberá tomar decisiones para obtener recursos y poder realizar diferentes proyectos de ahorro. Por ejemplo, medidas de bajo costo pueden pagarse del presupuesto de mantenimiento, y aprovecharse el tiempo del mismo personal del departamento de mantenimiento.

Inversiones más altas posiblemente tendrían que esperar la planificación del presupuesto anual para conseguir el monto de los recursos financieros requeridos para la inversión. Dependiendo de la cantidad de mano de obra requerida, y las otras prioridades de la empresa, estos proyectos pueden ocupar el mismo personal de la planta o tendría que agregarse al presupuesto la contratación de fuerza laboral del exterior.

Sin embargo, pueden visualizarse proyectos más grandes y complejos para incrementar la eficiencia de la planta, como son los de sustitución de calderas ineficientes, instalación de una línea de producción más eficiente o la construcción de un sistema de cogeneración. En estos casos, sería recomendable la contratación de una firma de ingeniería especializada, que efectúe un estudio objetivo y un diseño adecuado. Para proyectos de esta magnitud, la empresa puede que tenga que buscar financiación externa o de terceros.

## **ETAPA N° 6 – Realización de proyectos**

Una vez que las medidas de ahorro de energía han sido identificadas y las inversiones de capital aprobadas a nivel de presupuesto, se procede a la fase de realización. Aunque éste es un paso lógico, es sin embargo el de mayor importancia y que muchas veces no se logra llevar a cabo.

Este paso requiere de liderazgo y responsabilidad, y de nuevo debe involucrar a la alta gerencia de la empresa.

Como se mencionó anteriormente, muchas recomendaciones pueden ser implementadas con recursos propios: cambios en la operación de equipos,

programación para mantenimiento, aislamiento de tuberías y equipos, etc. y otras más implicarán reunir a consultores y fabricantes externos. En todos los casos se deberá elaborar un programa de trabajo preciso, que permita administrar y supervisar la realización de los proyectos.

### **ETAPA N° 7 – Seguimiento, control y evaluación**

La etapa de seguimiento, control y evaluación es el paso final en un Programa de Ahorro de Energía. Esta etapa asegura que todos los elementos del programa se llevan a cabo; en realidad, esta etapa completa las actividades del Comité de Ahorro de Energía de la Empresa. Por ejemplo, el procedimiento de recolección y análisis de datos posiblemente tendría que ser modificado para poder analizar el impacto de ciertas medidas de conservación ya implementadas

El seguimiento asegura que la gerencia siempre mantiene conocimiento de la situación energética de la planta y su impacto sobre los costos de producción, lo cual permite planear nuevas intervenciones técnicas.

Algunos de los componentes del seguimiento, control y evaluación incluyen:

- Seguimiento de los costos de energía y datos de consumos, incluyendo un informe mensual resumiendo los índices energéticos, y explicando cualquier desviación de la meta o del promedio de los últimos meses.
- Control del uso óptimo de fuentes de energía.
- Seguimiento de tendencias en los índices energéticos a través del tiempo.
- Evaluación de necesidades de reajuste o de redefinición de metas.
- Evaluación para determinar si el Programa de Ahorro de Energía continúa avanzando o empieza a estancarse.

## 4.8. DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

El Diagnóstico Energético permite realizar el análisis detallado en una empresa industrial, comercial o de servicios y establecer las bases para la toma de decisiones sobre la realización de proyectos de ahorro de energía.

### 4.8.1. OBJETIVO DEL DIAGNOSTICO ENERGÉTICO

El objetivo final es la identificación de medidas técnicas y administrativas rentables para el ahorro de energía en toda la empresa. Para llegar a ese objetivo, deben emplearse las siguientes metas:

- El análisis preliminar de datos sobre consumos, costos de energía y de producción para mejorar el entendimiento de los factores que contribuyen a la variación de los índices energéticos de la planta.
- Obtener el balance energético global de la planta, así como balances energéticos específicos de los equipos y líneas de producción intensivas en consumos de energía para su cuantificación.
- Identificar las áreas de oportunidad que ofrecen potencial de ahorro de energía.
- Determinar y evaluar económicamente los volúmenes de ahorro alcanzables y las medidas técnicamente aplicables para lograrlo.
- Analizar las relaciones entre los costos y los beneficios de las diferentes oportunidades dentro del contexto financiero y gerencial de la empresa, para poder priorizar su implementación.

- . Desarrollar un plan de acción para la realización de todos los proyectos de ahorro de energía, incluyendo fechas, metas y responsabilidades; tal plan de acción permitirá dar continuidad al Programa de Ahorro de Energía de la Empresa.

#### **4.8.2. PERSONAL**

La experiencia y capacidad del personal que realice el Diagnóstico Energético es el factor que define su éxito.

Algunos de los requisitos que debe cumplir este personal son los siguientes:

- . Experiencia de haber trabajado en varias industrias.
- . Sentido práctico y conocimiento del funcionamiento de equipos.
- . Conocimiento de instrumentación, sus aplicaciones y sus limitaciones.
- . Buena base en los principios de ingeniería.
- . Buen carácter para tratar con la gente.
- . Compromiso con su trabajo.

El equipo de trabajo básico requerido para hacer el Diagnóstico Energético se compone de: un experto en el proceso y equipos de la planta, un experto en energía térmica y un experto en energía eléctrica. Normalmente, el experto térmico o el de proceso asumen la función de coordinador.

El experto en procesos debe conocer los detalles de la operación y producción, y los principios de eficiencia energética aplicados al proceso. Una persona experimentada en el proceso de producción de papel, por ejemplo, puede aplicar su conocimiento en casi cualquier papelera; de igual manera un solo experto puede cubrir toda la rama agroalimentaria debido a que los procesos están formados por equipos y tecnologías similares; en la industria química existen procesos muy específicos, por lo tanto

conviene asegurarse de la experiencia del experto en el proceso particular de que se trate.

El experto en energía térmica debe tener amplios conocimientos teóricos y prácticos, así como sobre el diseño y la operación de equipos que utilizan energía térmica: calderas, quemadores, sistemas de vapor y condensados, hornos, secaderos, evaporadores, sistemas de refrigeración, etc.

El experto en energía eléctrica debe tener amplios conocimientos teóricos y prácticos, así como de sistemas eléctricos y de equipos que utilizan energía eléctrica: generadores, transformadores, motores, sistemas de velocidad variable, compresores, ventiladores, bombas, etc.

Los auditores energéticos tienen que saber aprovechar de manera correcta los datos de instrumentos fijos existentes en la instalación y de instrumentos portátiles para uso temporal. Al mismo tiempo, tienen que estar siempre conscientes de las limitaciones de ambos tipos de instrumentos. Un buen auditor confirma la validez de cada dato o medición, y está siempre tratando de verificar y comprobar cada dato, a través de mediciones adicionales, o bien a través de balances de energía o masa, de su experiencia o de las leyes de la física. El auditor debe, igualmente, usar sus conocimientos y su criterio cuando recoja o interprete los datos relacionados con el uso de energía para interpretarlos adecuadamente.

#### **4.8.3. PASOS A SEGUIR PARA REALIZAR UN DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO**

Con el fin de proporcionar una metodología de trabajo consistente, a continuación se describen en 8 pasos, las actividades mayores involucradas en un Diagnóstico Energético.

TABLA 2. PASOS EN UN DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

Paso N° 1 –	Planificar el Diagnóstico.
Paso N° 2 –	Recopilar y revisar datos.
Paso N° 3 –	Completar trabajo preparatorio.
Paso N° 4 –	Trabajo de campo y mediciones.
Paso N° 5 –	Revisión y análisis de datos.
Paso N° 6 –	Identificación y análisis de oportunidades y medidas de ahorro de energía.
Paso N° 7 –	Revisar conclusiones con personal de la empresa.
Paso N° 8 –	Elaborar informe definitivo.

### **Paso N° 1: Planificar el Diagnóstico**

Este primer paso tiene lugar antes de las visitas de campo y se realiza en la oficina.

Su objetivo es asegurar que el equipo esté bien preparado y organizado, para poder maximizar el aprovechamiento del tiempo que se invierta en la realización del Diagnóstico Energético. Se deberán revisar todos los antecedentes y juntar toda la información disponible sobre la instalación, para poder hacer una planificación adecuada del trabajo. Dentro de esta información puede incluirse:

- Una copia de posibles diagnósticos energéticos realizados anteriormente.
- Información general sobre la instalación (cuestionario básico, incluyendo información sobre tamaño de la planta, tipos de líneas de producción y productos

principales, consumos energéticos anuales, costos de combustibles y tarifas eléctricas aplicables, etc.).

- Informes de comunicaciones con el personal de la planta y actas de las reuniones mantenidas.
- El contrato con la planta para la realización del Diagnóstico Energético y sus requerimientos.
- El personal técnico (auditores) disponible y su experiencia.
- La capacidad y disponibilidad del personal que opera las instalaciones.

El resultado de la revisión y evaluación de toda esta información debería de conducir a un plan de trabajo, incluyendo el cronograma, para la ejecución del Diagnóstico Energético.

Este plan de trabajo incluirá los alcances del Diagnóstico Energético en la planta, la identificación de las tareas (los siguientes pasos) a realizar con los expertos responsables para cada una de ellas, y el tiempo y presupuesto que se debe aplicar a cada tarea. Asimismo, se debe identificar la posible instrumentación que será utilizada para obtener datos durante el Diagnóstico Energético y asegurarse de su estado, a fin de tomar las medidas necesarias para que esté en condiciones adecuadas en el momento en que se requiera su utilización.

## **Paso N° 2: Recopilar y revisar datos**

Si ya se ha efectuado algún Diagnóstico Energético previo, este paso no llevará mucho tiempo. Sin embargo, aún en este caso, es absolutamente necesario que todos los datos existentes se revisen y comprueben con el personal adecuado de la planta.

Si no se ha llevado a cabo anteriormente un Diagnóstico Energético, la recopilación de datos y su revisión con el personal de la planta tomarán más tiempo. Deben reunirse datos de todo aquello relacionado con el uso de la energía en la planta, incluyendo a título de orientación, pero no exclusivo, lo siguiente:

- Consumos mensuales, correspondientes a los últimos 12 meses de operación, de las diferentes energías utilizadas en la planta.
- Producción de la planta durante los periodos correspondientes.
- Propiedades y consumos de materias primas, horarios típicos de operación de la planta.
- Identificación de los principales equipos consumidores de energía.
- Características y capacidades de los equipos consumidores de energía en la planta, incluyendo sistemas de vapor y electricidad, y líneas de producción.
- Proyectos para el futuro, como por ejemplo, cambios de procesos, incrementos en la capacidad de producción, etc.

En empresas con un Programa de Ahorro de Energía bien diseñado y establecido, esta información es fácil de obtener. Pero si no cuenta con datos disponibles, el tiempo para obtenerla será mayor.

La mayoría de estos datos se pueden obtener a través de entrevistas con el personal adecuado de la planta, y a través de las observaciones hechas en un recorrido por la misma.

### **Paso N° 3: Completar trabajo preparatorio**

El objetivo de este paso es la preparación de todo lo necesario para la recogida de datos sobre la operación de la instalación. Trabajando en colaboración con el personal

de la instalación, el equipo auditor asegura que todo esté preparado para el trabajo detallado del diagnóstico y las mediciones.

Los siguientes son algunos de los aspectos importantes a revisar por los auditores:

1. Requerimientos de instrumentación, que dependen de los siguientes factores: tipo de datos necesarios a medir, procedimientos de medición a emplear, ubicación de los puntos para toma de datos y disponibilidad de instrumentación en la instalación o en el mercado.
2. Que todos los instrumentos a emplear reciban el mantenimiento requerido o se reparen si es necesario.
3. Asegurar que todos los lugares donde se van a tomar mediciones estén accesibles y listos para las mismas.
4. Prever que las fechas y tiempos de las mediciones no interfieran con la operación del equipo a ser medido, ni con las operaciones de la planta en general. Asimismo, las fechas seleccionadas para las mediciones deben ser representativas de días normales de operación de la planta.

#### **Paso N° 4: Trabajo de campo y mediciones**

El objetivo del trabajo de campo es obtener datos e información operacional de los equipos y sistemas en la instalación. Este paso se enfoca a la investigación detallada de la operación de los mayores consumidores de energía en la planta.

El trabajo consta de tres partes principalmente: entrevistas, inspección y mediciones.

#### **Entrevistas**

Con base en la estructura y complejidad de la organización de la empresa se deciden las entrevistas a realizar.

TABLA 8. PUNTOS A CUBRIR EN ENTREVISTAS CON PERSONAL DE LA PLANTA

#### ADMINISTRADOR O COORDINADOR

El objeto de la entrevista es conocer:

1. Estructura administrativa de la empresa y lugar del coordinador de energía dentro de la organización de la planta.
2. La postura de la empresa hacia el ahorro de energía, si existe un programa interno de ahorro de energía, cuales son sus metas.
3. Los criterios para la toma de decisiones sobre inversiones para proyectos de mejora de la eficiencia energética.
4. El estado de avance del programa de ahorro de energía, incluyendo:
  - . ¿Se ha realizado un diagnóstico energético? ¿Cuándo?
  - . ¿Existe una base de datos relativa a la energía?
  - . ¿Qué oportunidades de ahorro de energía se han identificado?
  - . ¿Existe un plan de implementación de medidas de ahorro?

- . ¿Por qué no se han realizado todas las oportunidades de ahorro identificadas?
- . ¿Existen procedimientos adecuados de seguimiento, evaluación y control?
- . ¿Qué acciones subsiguientes se toman para mantener y mejorar la eficiencia de energía e identificar nuevas oportunidades?

5. Información técnica detallada sobre la planta, incluyendo:

- . Nombre y localización de los departamentos en operación; sus funciones y horarios de trabajo.
- . Producción de cada departamento; energía utilizada en cada departamento; equipos y sistemas de mayor consumo de energía dentro de cada departamento.
- . Diagrama de flujo de los procesos principales.
- . Instrumentación instalada relacionada con la energía.
- . Rendimientos de los equipos principales; modificaciones realizadas, como cambio de combustibles o incremento de capacidad.
- . Capacidad máxima de la planta y la proyección de consumo de energía

TABLA 9. PUNTOS A CUBRIR EN ENTREVISTAS CON PERSONAL DE LA PLANTA

INGENIERO DE PLANTA O DE MANTENIMIENTO

Muchas veces es esta misma persona quien toma la posición de coordinador de energía. Entre otras cosas, el ingeniero de planta puede suministrar datos relativos a detalles físicos de la planta complementarios a los anteriormente mencionados. Por ejemplo:

- Condiciones de los equipos; problemas en su operación
- Sistemas de control existentes en los equipos importantes.
- Procedimientos de mantenimiento empleados.

#### DIRECTOR O JEFE DE OPERACIONES Y/O DE PRODUCCIÓN

Esta persona usualmente conoce la información que falta sobre la operación de los equipos y las condiciones necesarias para cumplir con los objetivos de producción. Además, es interesante conocer su punto de vista, muchas veces bien diferente del de las personas anteriormente mencionadas:

- Especificaciones de los materiales antes y después del proceso de producción.
- Especificaciones finales del producto.
- Condiciones actuales de operación, incluyendo régimen de producción, calidad, temperaturas, presiones y duración de ciclos de producción.
- Condiciones de operación óptimas, y dificultades en su caso para obtenerlas.
- Condiciones de los equipos; problemas en su operación.

En ocasiones es necesario hablar directamente con los operadores de los equipos y sistemas de producción para obtener los datos completos y sobre todo, para sensibilizarse sobre las condiciones de operación y problemas existentes.

#### DIRECTOR ADMINISTRATIVO O FINANCIERO

Cualquier dato que falte sobre costos de energía, horarios de operación, informes de producción y similares puede ser generalmente obtenido en el departamento administrativo. Esta persona también conocerá los criterios

financieros para la toma de decisiones en la planta, aspecto importante para evaluar posteriormente las oportunidades de ahorro de energía.

## **Inspección de la planta**

Después de las entrevistas iniciales, se efectúa una inspección de las instalaciones de la planta, a fin de evaluar objetivamente sus condiciones y los procedimientos de operación, asimilando al mismo tiempo el flujo del proceso. Los posibles pasos a seguir para realizar la inspección se muestran en la tabla 10.

El objetivo de la inspección es conseguir y verificar información relativa a:

### **1. Flujos de materias primas y energía en la planta.**

El primer elemento de análisis es determinar cuánta materia prima y energía fluye a través de la planta. Los siguientes aspectos deben identificarse:

- Entrada de materias primas y áreas de almacenamiento.
- Entrada de energía primaria a la planta, incluyendo subestaciones, transformadores, áreas de almacenamiento de combustibles, medidores y sistemas de distribución, etc.
- Tipos de energía y materias primas utilizadas para cada área de producción.
- Almacenamiento y expedición del producto final.
- Acondicionamiento y reciclaje del material de desperdicio.

Esta información debe permitir elaborar un diagrama de flujo de materia y energía en la planta.

## **2. Sistemas de mayor consumo de energía.**

Debido a que el tiempo disponible para la realización del Diagnóstico Energético es generalmente limitado por consideraciones financieras, conviene concentrarse en los principales consumidores de energía dentro de la planta:

- Equipos de servicio, como calderas y calentadores de agua.
- Equipos de proceso, como secaderos y hornos.
- Sistemas de generación eléctrica y motores eléctricos grandes.
- Sistemas de calefacción y enfriamiento.
- Sistemas de distribución de vapor y condensados.
- Sistemas de distribución de aire comprimido y otros fluidos.

Durante estas actividades es recomendable hablar con el personal de operación, para obtener información sobre mejoras o problemas potenciales detectados. Observando la operación de los diferentes equipos o líneas de proceso, preguntándose quién está a cargo de la operación, y bajo qué criterios toma las decisiones que afectan a los consumos energéticos, la productividad o la calidad del producto, se podrán evaluar todos los aspectos relativos al consumo de energía en la instalación.

El tiempo empleado en examinar cada sistema, equipo o línea de proceso deberá estar basado en la cantidad relativa y tipo de energía consumida.

## **3. Instrumentación instalada.**

Es importante conocer la instrumentación instalada, incluyendo los equipos de medición de las compañías de suministro externo. Conociendo la instrumentación existente se podrán tomar decisiones más concretas sobre las mediciones adicionales a realizar.

Es difícil comprobar la fiabilidad de la instrumentación, pero a través de los balances a realizar se pueden identificar errores o inconsistencias en algunos instrumentos.

#### **4. Procedimientos utilizados para elaborar informes de consumos energéticos de producción y de operación.**

Si hay instrumentación instalada para medir el consumo de energía, el equipo auditor deberá evaluar la efectividad y utilidad de los datos que se registran, o bien proponer algún procedimiento alternativo que permita obtener los datos de forma más adecuada para su análisis.

Los procesos de producción están generalmente regulados y se dispone de información sobre volúmenes producidos por periodo de tiempo. Estos datos existen en los informes de producción. Examinando estos documentos y analizando las condiciones de la operación se puede llegar a identificar posibles oportunidades de ahorro de energía.

#### **5. Oportunidades evidentes de ahorro de energía.**

La inspección de la instalación puede mostrar oportunidades para mejorar el uso de la energía y evitar derroches:

- Superficies calientes descubiertas, o con aislamiento en malas condiciones.
- Fugas de vapor, agua, combustible, aire u otros fluidos costosos.
- Sistemas de iluminación funcionando innecesariamente.
- Equipos operando innecesariamente.
- Sistemas de control mal ajustados o en mal funcionamiento.

Antes de recomendar medidas correctivas, el auditor deberá comprobar con personal de operación o de producción que en realidad son aplicables y sostenibles.

TABLA 10. PASOS A SEGUIR EN LA INSPECCIÓN VISUAL DE LA PLANTA

1. Seleccionar una persona de la planta para que acompañe al equipo auditor durante la inspección.
2. Obtener un diagrama de la planta; señalar los departamentos principales y los flujos de materia prima y energía, incluyendo:
  - . Material recibido y áreas de almacenamiento
  - . Entrada de energía primaria, localización de medidores, áreas de almacenamiento.
  - . Áreas principales de producción, acompañadas de los tipos de energía y materiales utilizados.
  - . Departamentos de almacenamiento y expedición del producto final.
  - . Áreas de tratamiento del material de desperdicio y los sistemas de reciclaje.
3. Identificar y evaluar los sistemas de mayor consumo de energía, y lugares para mediciones potenciales.
  - . Equipos importantes como secaderos, calderas, hornos, etc.
  - . Sistemas de ventilación y calefacción.
  - . Sistemas de refrigeración y enfriamiento.
  - . Sistemas de distribución de vapor y condensados
  - . Sistemas de distribución de aire comprimido, agua, etc.
4. Observar y revisar la operación de la instrumentación relacionada con la energía.
  - . Medidores de compañías suministradoras.
  - . Instrumentos de las operaciones involucradas en los procesos.

5. Observar los procedimientos para los informes de energía y de producción.
  - . Registros, diagramas, etc.
  - . Análisis y mediciones efectuados.
  
6. Identificar oportunidades de conservación evidentes.
  - . Falta de aislamiento; fugas en los sistemas de vapor, agua, aire comprimido, combustible.
  - . Análisis y mediciones efectuados.
  - . Sistemas de control mal ajustados o en mal funcionamiento.

## Mediciones

La toma de mediciones durante la realización del Diagnóstico Energético tiene tres objetivos:

1. Complementar los datos recopilados de la planta, para que se tenga un mejor respaldo técnico en áreas donde la información de la planta no está disponible.
2. Comprobar la operación de los equipos importantes, logrando una mejor base para las estimaciones de ahorro potenciales y proporcionando una idea objetiva de la eficiencia de la planta.
3. Apoyar a la elaboración del balance energético global de la planta.

Algunos de los posibles instrumentos de medición a utilizar durante un Diagnóstico Energético se indican en la tabla 11.

La cantidad de las mediciones y los equipos a medir quedan al criterio del equipo auditor, y dependen de la situación de la planta, la existencia de datos confiables y el tiempo disponible. Las mediciones típicas que se suelen llevar a cabo son:

- Eficiencias de combustión de calderas, hornos y otros equipos consumidores de combustible, mediante el empleo de analizadores de gases.
- Temperaturas de paredes y superficies de equipos y tuberías calientes, Utilizando termopares o pirómetros ópticos, para lograr una buena estimación del ahorro potencial al instalar o mejorar el aislamiento.
- Temperaturas de gases de chimenea y líquidos de desperdicio, utilizando termopares y con objeto de obtener una idea del potencial térmico recuperable que se está desperdiciando.
- Estado de trampas de vapor, por medio de equipos de ultrasonido. Se mide un número de trampas que servirá como muestra en los cálculos de ahorro.
- Factor de potencia.
- Carga promedio de motores eléctricos grandes, para evaluar la posibilidad de cambio del motor por uno más pequeño y evitar las pérdidas a baja carga.

TABLA 11. POSIBLES INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN PARA EL DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>· Analizador químico de gases de combustión.</li><li>· Analizador electrónico de gases de combustión.</li><li>· Dispositivo para prueba de humo (si no viene incluido arriba).</li></ul> |
|--|

- . Indicador electrónico de temperatura (termopar tipo J o K), con sondas de aire, de superficie,...
- . Medidor de flujo de aire o gases.
- . Manómetro.
- . Amperímetro.
- . Vatímetro.
- . Medidor de factor de potencia.
- . Pirómetro óptico o de infrarrojo.
- . Cronómetro.
- . Analizador Calidad de Energía Fluke 434

### **Paso N° 5: Revisión y análisis de datos**

Antes de terminar su estancia en la instalación, el equipo auditor debe revisar todos los datos recopilados y repetir cualquier parte de la recolección de información donde encuentre inconsistencia o imprecisiones significativas, para poder iniciar el análisis de los mismos.

Este análisis puede tomar varias formas, dependiendo de la cantidad y precisión de los datos:

- . Datos de consumo y producción se pueden analizar por medio de gráficas para apreciar mejor las variaciones relativas.
- . Si hay muchos datos bajo condiciones similares, un análisis estadístico puede permitir establecer la operación típica o normal.
- . Calculando balances energéticos de los equipos o sistemas que se midieron en la planta. Donde sea posible, se deberían comprobar los datos de dos mediciones o fuentes independientes.

- . Calculando eficiencias, como por ejemplo de combustión, basadas en las mediciones puntuales efectuadas en la planta.

### **Paso N° 6: Identificación, análisis de oportunidades y medidas de ahorro de energía**

Todas las actividades descritas en los pasos anteriores deberían conducir a la identificación de oportunidades y medidas para el ahorro de energía.

Las oportunidades de ahorro de energía se identifican sobre la base de la experiencia de los auditores, antecedentes existentes en instalaciones similares, referencias bibliográficas, etc., y siempre a través del análisis detallado de los sistemas de la instalación en particular. Para cada oportunidad detectada se deben identificar las medidas necesarias para aprovecharla y su rentabilidad en base al costo de realización y ahorros esperados.

Las medidas de ahorro se clasifican, generalmente, en tres categorías:

- Medidas sin costo, o de bajo costo, que tienen un periodo de recuperación muy corto (por ejemplo, 6 meses). Estas medidas afectan normalmente a cambios en la operación, mejoras en mantenimiento y procedimientos para racionalizar el uso de la energía.
- Medidas de inversión media, que muchas veces implican mejoras o cambios de equipos, y con periodos de recuperación de 6 meses a 2 años.
- Medidas de inversión mayor, como por ejemplo cambios de equipo importante o de líneas de producción. Estas medidas pueden tener periodos de recuperación de 18 meses o superiores y normalmente, por el monto de la inversión requerida, pueden justificar estudios de factibilidad antes de ser realizadas.

### **Paso N° 7: Revisar conclusiones con personal de la empresa**

Para asegurar que la empresa tenga la disposición de aceptar las recomendaciones del equipo auditor y confirmar que todas las recomendaciones son aplicables a sus condiciones particulares, es recomendable que se revisen las conclusiones del diagnóstico con el personal de la empresa antes de llevarlas a un informe final.

### **Paso N° 8: Elaborar informe definitivo**

La preparación del informe es un paso sumamente importante: el informe es el producto final del Diagnóstico Energético.

Al presentar los resultados y las conclusiones del diagnóstico, el informe debería de convertirse en un plan de acción para la empresa en su Programa de Ahorro de Energía. Este informe también deberá de presentar todos los datos energéticos básicos de la planta en una forma consistente, para que se puedan comparar los parámetros energéticos de diferentes plantas.

Como plan de acción, el informe debe contener un cronograma para la ejecución de la serie de medidas recomendadas, prioritarias según su rentabilidad y el nivel de inversión requerida.

## **4.9. EL INFORME DEL DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO**

Como el informe es el único resultado inmediato del Diagnóstico Energético, su redacción y presentación es de gran importancia.

**El informe debe contener tres secciones:**

1. El resumen, dirigido al ejecutivo y otras personas con poder de decisión. Representa un sumario conciso de las conclusiones del Diagnóstico y contiene la lista de medidas recomendadas, el plan de acción, resumen financiero y comentarios generales sobre la existente y futura operación de la planta.
2. La presentación técnica, dirigida a los ingenieros y técnicos de la empresa, con la explicación clara, concisa y lógica de cada una de las recomendaciones, y la manera de llevarlas a la práctica
3. Los apéndices o anexos, recopilando toda la información de apoyo utilizada en los cálculos técnicos y financieros. Aquí se incluyen diagramas, mediciones, curvas de operación de equipos, cotizaciones, memorias de cálculo y demás datos empleados.

En la Tabla 12 se presenta el contenido de un informe típico de un Diagnóstico Energético.

TABLA 12. EJEMPLO DEL ÍNDICE DEL INFORME FINAL DE LA AUDITORÍA  
ENERGÉTICA

0. Resumen Ejecutivo
. Antecedentes
. Resumen de recomendaciones con costos y beneficios
. Plan de acción
1. Descripción de la Planta
2. Hipótesis y Bases de Cálculo
. Precios de energías (combustible, electricidad)
. Precios de otros parámetros (mano de obra, mantenimiento)
. Bases de cálculos financieros (tasa de rentabilidad, plazo de amortización)
3. Consumo Energético y Balances Energéticos
. Datos durante el período de referencia (consumos energéticos, producción)
. Balances de energía (térmica, eléctrica,...)
. Análisis de la variación de los consumos específicos energéticos
4. Recomendaciones

#### 4.1. Oportunidades de Ahorro de Energía Inmediatas de Bajo Costo o Sin Costo:

- . acción concreta
- . descripción y antecedentes
- . beneficios
- . costos de inversión
- . rentabilidad financiera
- . contexto técnico
- . plan de acción

#### 4.2. Oportunidades de Ahorro de Energía Requiriendo Inversión

(presentación igual al 4.1)

#### 4.3. Oportunidades de Ahorro de Energía Requiriendo Inversión Importante

(presentación igual al 4.1)

#### 4.4. Programa Global de Ahorro de Energía (serie de medidas)

- . rentabilidad financiera
- . plan de acción: definición de responsabilidades
- . monitoreo y supervisión.

## ANEXOS

#### 4.9.1. RESUMEN DEL INFORME

La finalidad del resumen es permitir a la alta Gerencia de la empresa conocer los resultados importantes del Diagnóstico Energético en unas pocas páginas, y entender de inmediato el alcance, el costo y los beneficios de las recomendaciones.

La parte clave del resumen es una tabla indicando las medidas propuestas, cada una con su inversión requerida, sus ahorros esperados y su periodo de recuperación (Tabla 13). El orden de presentación de las medidas corresponde al orden de realización recomendado: **(Ejemplo)**

TABLA 13. RESUMEN DE MEDIDAS PROPUESTAS

Nº	MEDIDA DE AHORRO	AHORRO DE ENERGÍA		AHORRO ECONÓMICO (EURO/año)	INVERSIÓN (EURO)	TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN (meses)
		DIRECTA	PRIMARIA (TEP/AÑO)			
1	LAMINACIÓN Ajuste del exceso de aire al 5% en los hornos de vigas galopantes para el calentamiento de los blooms de CC	11.907.000 Nm3 gas/año	9.526	40.484	-	-
2	ACERIA Adopción del sistema EBT de colada por el fondo en tres hornos eléctricos de arco	11.8500 Kwh./año	2.962	1.645.965	1.980.000	15
3	ACERIA Aumento de las tensiones secundarias de los transformadores de los hornos eléctricos de arco	23.068.000 Kwh./año	6.209	1.366.605	1.800.000	16

4	ACERIA Instalación de dos hornos cuchara para metalurgia secundaria y potenciación de las tecnologías de fusión rápida y escoria espumosa en los HEA Se incluyen las medidas anteriores n° 2 y n° 3	158.000.000 Kwh./año	38.220	6.662.860	8.180.000	15
---	---	-------------------------	--------	-----------	-----------	----

### **CAPÍTULO 1: Descripción de la planta**

En este capítulo se describe la manera general como se llevó a cabo el Diagnóstico Energético, incluyendo la presentación de la organización administrativa y técnica de la empresa, la descripción de los procesos de producción y las características de operación de la instalación auditada.

### **CAPÍTULO 2: Hipótesis y Bases de cálculo**

Este capítulo contiene la información básica que se obtuvo y que sirvió como base de los cálculos y análisis que se discuten en el informe. Se recomienda el uso de tablas para presentar los datos económicos como precios de energías primarias (combustibles, electricidad,...), precios de servicios (vapor, aire comprimido,...), etc.

Se deben incluir en este capítulo los parámetros que se emplean para los cálculos financieros y de coste - beneficio de las recomendaciones, como por ejemplo la tasa de rentabilidad mínima requerida por la empresa para autorizar inversiones.

### **CAPÍTULO 3: Consumo energético y Balances energéticos**

Incluye la información sobre energía y producción en la instalación. Este capítulo debe permitir entender la operación de la instalación y compararla con otras similares. Es

esta información la que sirve como base de todos los cálculos de ahorro y de inversión que se presentan en el capítulo 4 del informe.

El capítulo 3 se divide normalmente en tres secciones:

1. Consumos de energía durante el periodo de referencia, relacionados con datos de producción durante el mismo periodo. Estos datos se presentan en forma global para toda la instalación y desglosados para los diferentes procesos o áreas de interés.
2. Cálculos y balances de energía, tanto eléctrica como térmica. Si existen datos, o si se han calculado como parte del Diagnóstico, se presentan también balances de energía particulares de algunos procesos importantes.
3. Índices energéticos globales y/o de diferentes áreas de la instalación, con relación a los volúmenes de producción.

## **CAPÍTULO 4: Recomendaciones**

Todas las recomendaciones, sobre oportunidades de ahorro y las medidas propuestas, incluyendo comentarios sobre como hacer más eficiente la operación se incluyen en este capítulo.

Cabe mencionar que existen dos maneras de presentar las medidas de ahorro correspondientes a las oportunidades identificadas:

- Cada medida de forma independiente de las demás. Se presenta sencillamente una lista de oportunidades y es el cliente el que debe priorizar su realización.
- En el orden de realización recomendado por los auditores. En este caso, la realización de cada oportunidad supone que todas las anteriores ya están

realizadas o en vías de realización. El resultado, más que una lista de oportunidades es un plan de acción.

Se sugiere utilizar la segunda manera, ordenando las medidas en base a la experiencia del auditor y su conocimiento de la situación en la instalación. Esto facilita la planificación para la etapa de realización y permite estimar los ahorros potenciales.

Cada medida de ahorro debe documentarse para contener:

**Acción concreta:** una definición clara y concisa de las acciones a tomar para asegurar el logro de los ahorros previstos; incluyendo una lista de pasos requeridos para implementar la medida.

**Descripción y antecedentes:** la descripción de la situación actual, qué es lo que se encontró, como se midió, y por qué se recomienda esta medida.

**Beneficios:** presentación de todos los beneficios que va a obtener la empresa al implementar la medida, incluyendo ahorros en energía térmica y/o eléctrica, suposiciones y la memoria de cálculo del ahorro, restando en su caso aumentos en consumos de algunas energías u otros costos que se incrementarían al implementar la medida.

**Costos de inversión:** detalles de los costos requeridos para realizar la medida, incluyendo equipos, ingeniería, instalación, impuestos, y otros costos.

**Rentabilidad Financiera:** para medidas que requieren baja inversión, la rentabilidad financiera se puede definir sencillamente con el periodo simple de recuperación en años. Para medidas con periodos de recuperación de dos años o más, se sugiere agregar un análisis de flujo de caja, y calcular la tasa interna de retorno.

Contexto técnico: a veces la implementación de una medida puede afectar a otras medidas, o requiere de alguna consideración especial. En esta sección se describen estas interrelaciones y consideraciones.

Plan de acción: se presentan los pasos a seguir en la realización del proyecto o de la medida recomendada, con su programación, para poder estimar el tiempo total de la realización.

## **CAPITULO 5: Programa global de ahorro de energía**

En ocasiones, se resumen todas las medidas en un programa global de ahorro de energía para la compañía. Se presenta la rentabilidad financiera del programa, como también un plan de acción para implementarlo.

Esta presentación del programa debe incluir tanto la parte técnica como la administrativa. Es muy importante describirlo de la manera más clara, directa y aplicable a la empresa. La discusión incluirá la definición de responsabilidades de las personas involucradas en la realización del programa, incluyendo la supervisión del programa, la implementación técnica, y el seguimiento y monitorización.

## **ANEXOS**

En los anexos o apéndices del informe se agregan datos de apoyo, como por ejemplo esquemas de la planta, datos recopilados durante el trabajo de campo, mediciones, y otros datos intermedios que se utilizan en los cálculos del Diagnóstico, información técnica sobre algunos equipos recomendados y estimaciones de costos o cotizaciones (si los hay disponibles) de proveedores.

---

## CAPÍTULO V.

### APLICACIÓN DE LA AUDITORIA ELECTROENERGÉTICA, MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL EQUIPO FLUKE 434

---

Para realizar la aplicación práctica con el equipo Fluke 434, se procede a instalarlo: en el Centro de la Madera perteneciente a la Universidad Nacional de Loja, ubicado en sector de la Argelia; desde el 09 de mayo hasta el 15 de mayo del 2006.

Pasos que se siguieron para realizar el diagnóstico energético:

#### **1.- Planificación del Diagnóstico.**

**Este primer paso tiene lugar antes de las visitas de campo y se realiza en la oficina.**

El Centro de la Madera por ser un lugar en la que los trabajos se lo realizan esporádicamente, hubo que hacer una recopilación de datos sobre la maquinaria instalada y la coordinación del tiempo en que iban a realizar trabajos con la utilización mayoría de equipos. Además se pidió información sobre tamaño del Centro, el tiempo que viene funcionando, historial de consumo eléctrico (Cuadro que se Anexa).

El objetivo es asegurar que el equipo esté bien preparado y organizado, para poder maximizar el aprovechamiento del tiempo que se invirtió en la realización del Diagnóstico Energético.

#### **La capacidad y disponibilidad del personal que opera las instalaciones.**

El resultado de la revisión y evaluación de toda esta información nos llevó a implementar un plan de trabajo, incluyendo el cronograma, para la ejecución del

*Implementación de un método para desarrollar Auditorías Electroenergéticas con relación a la CALIDAD DE ENERGÍA, caso práctico: sistema eléctrico maquinaria del Centro de la Madera UNL.*

Diagnóstico Energético. Este plan de trabajo y el cronograma se lo hizo en base al funcionamiento de toda la maquinaria existente en el Centro de la Madera, para lo cual nos mencionaron que se encontraban haciendo llegar troncos de pino para utilizar el aserradero de montaña, que es el que tiene el motor de mayor capacidad.

Como este diagnóstico energético es en relación al parámetro Calidad de Energía que tiene este Centro, y el equipo que se va a utilizar es el Fluke 434 al mismo que se lo calibró para realizar las tomas de datos de acuerdo a las Normas del Conelec en relación a Calidad de Energía.

## **2.- Recopilar y Revisar Datos**

### **Características y capacidades de los equipos consumidores de energía en la planta:**

Se realizó la recopilación de datos del tipo de maquinaria instalada y el tipo de carga a la que se encontraba cada equipo, así mismo se hizo la revisión de datos de placa a los motores, el tipo y forma en que se encontraba la instalación. A que nivel de tensión se encontraban instalados para realizar la calibración del equipo Fluke 434 y poder realizar el Diagnóstico Energético.

Con la revisión de datos se pudo establecer que el motor que mueve al aserradero de montaña es el de mayor capacidad que opera en este Centro, ya que su potencia es de 60 HP.

Estos datos se anexan en el cuadro de cargas.

### 3.- Completar Trabajo Preparatorio

Se realizó la preparación de todo lo necesario para la recogida de datos sobre la operación de este Centro y trabajando en colaboración con el personal que labora aquí.

Los siguientes son algunos de los aspectos importantes que se revisaron:

1. Requerimientos de instrumentación, que dependen de los siguientes factores:  
Tipo de datos necesarios a medir, procedimientos de medición a emplear, ubicación de los puntos para toma de datos y disponibilidad de instrumentación en la instalación o en el mercado.

En este paso como es el equipo Fluke 434 el que se utilizará en este diagnóstico, y los datos son referentes a Calidad de Energía, el procedimiento de medición que se utiliza es el calibrado de acuerdo a la Norma del Conelec 004/01 y la ubicación del instrumento de medición fue en el Tablero Principal.



2. Que todos los instrumentos a emplear reciban el mantenimiento requerido o se reparen si es necesario.

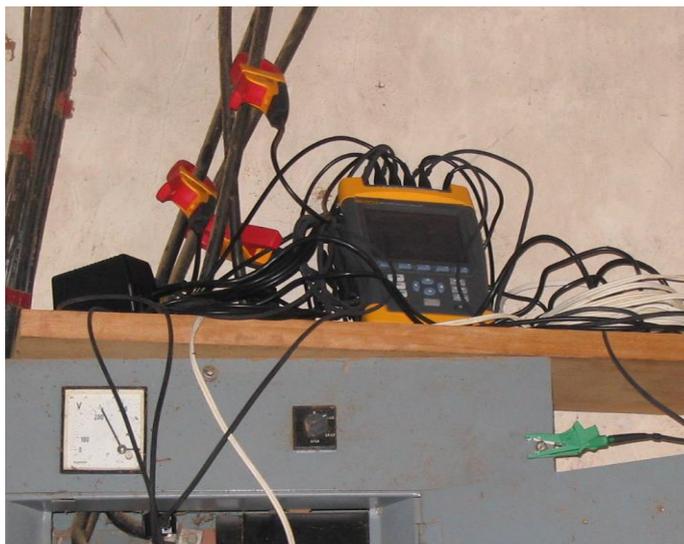
Se hizo el pedido de que se realice un mantenimiento preventivo para poder realizar este diagnóstico energético, pero como este Centro es un área de trabajo con madera, la limpieza en la maquinaria no fue al 100%.

El mantenimiento preventivo estaba relacionado a: ajuste de bandas, limpieza de motores, contactores, reajuste de conexiones.



3. Asegurar que todos los lugares donde se van a tomar mediciones estén accesibles y listos para las mismas.

Por el tipo de instalación que se encuentra en este Centro y no es el adecuado: ya que el calibre de conductores no es el apropiado a la capacidad de los motores y sus instalaciones se encuentran deterioradas, conexiones flojas, cables recalentados y sistemas de arranque directos (Cuadro Anexo); además por no trabajar todos los motores, sino uno a la vez por la disponibilidad del personal la toma de mediciones sólo se lo hizo en el Tablero Principal.



4.- Prever que las fechas y tiempos de las mediciones no interfieran con la operación del equipo a ser medido, ni con las operaciones de la planta en general.

Asimismo, las fechas seleccionadas para las mediciones deben ser representativas de días normales de operación de la planta.

En este paso, se hizo el pedido para que cuando se haga la toma de datos con el equipo Fluke 434, deberían estar en funcionamiento la mayoría de maquinaria instalada en el Centro de la Madera, principalmente el aserradero de montaña que es el de mayor consumo eléctrico.



#### 4.- Trabajo de campo y mediciones.

El objetivo del trabajo de campo es obtener datos e información operacional de los equipos y sistemas en la instalación.

En este paso se tomaron los diferentes datos de las máquinas instaladas en el Centro de la Madera, así mismo se hizo las entrevistas correspondientes al personal encargado del funcionamiento de dicha planta.

Se anexa Levantamiento Eléctrico Actual.

El objetivo de la entrevista con el Administrador de la Planta fue:

a.- Conocer la estructura administrativa del Centro y si tenían un coordinador de energía dentro de la organización de la planta.

Existe una sola persona encargada en la administración de este Centro de trabajo y no tienen una persona encargada en la coordinación del ahorro de energía.

b.- Que postura tenía el Centro con relación al ahorro de energía, si existe un programa interno y cuales son sus metas.

Por el tipo de maquinaria instalada en este Centro y el alto consumo eléctrico del mismo, la postura de ellos en relación al ahorro de energía es que sea posible aplicar este sistema en el Centro; y desearían tener un programa propio que les permitirá mejorar su producción.

c.- Los criterios para la toma de decisiones sobre inversiones para proyectos de mejora de la eficiencia energética.

Están dispuestos a realizar las inversiones necesarias en proyectos a ahorro y eficiencia energética.

d.- El estado de avance del programa de ahorro de energía:

- No se ha realizado un diagnóstico energético.
- No tienen una base de datos relacionados al consumo de energía mensual.
- No tienen un plan de implementación de medidas de ahorro.
- No existe un procedimiento adecuado de seguimiento, evaluación y control.
- Con la evaluación que se haga a este centro, las acciones inmediatas que se implementarán es identificar los sitios de mayor ineficiencia y tomar los correctivos necesarios para lograr una eficiencia en la energía.

e.- Información técnica detallada sobre la planta:

- El Centro de la Madera está conformado por una sola área de trabajo, en la cual se encuentran instaladas las máquinas en una secuencia definida para el proceso y elaboración de los productos.
- Como se mencionó anteriormente al ser una sola área de trabajo, existe poco personal que labora, y su horario es de doble jornada: 8:00 a 13:00 y de 15:00 a 18:00h.

- El proceso de transformación de la madera es como sigue: Ingresan en troncos hacia el aserradero de montaña, el cual la transforma en tablonos y vigas.

Luego pasa al sistema de secado, que puede ser en forma natural (secado al aire libre), y en forma artificial en la utilización del horno.

Una vez secado la madera se lo lleva hacia la canteadora, para luego ingresar a la sierra circular y finalmente al cepillado; dándonos material semielaborado listo para ser utilizado de diferentes maneras.

A este material semielaborado se lo utiliza para obtener un producto terminado según los requerimientos o necesidades; por medio del uso de machimbradora, tupy, despuntadora, lijadora, torno y sierra caladora.

### **Inspección de la planta**

Después de las entrevistas iniciales, se efectuó la inspección a las instalaciones del Centro de la Madera, a fin de evaluar objetivamente sus condiciones y los procedimientos de operación, asimilando al mismo tiempo el flujo del proceso mencionado anteriormente.

El objetivo de la inspección fue conseguir y verificar la información sobre:

- Utilización y transformación de la materia prima en este caso la madera.
- Verificación del modo de almacenamiento del producto en forma bruta (troncos), y una vez transformada en tablonos y vigas (apilamiento).

### **Levantamiento del Proceso Eléctrico**

- La obtención de la energía para el funcionamiento del Centro es con una línea del Alimentador Primario Cajanuma # 24-11, sección del Sicap 11614 a un nivel de voltaje de 13.8 Kv y de aquí se deriva un tramo aéreo 3x2(4) AWG ACSR que alimenta a un

banco de transformadores de 3x37.5 Kva convencionales en conexión Y/Y, en el lado secundario tenemos un nivel de tensión de 208/120v, un sistema de protección de 3 fusibles NH de 200 Amp., y la red de B/T con conductor de Cu # 2/0 AWG TW (4x2/0) que llega a un tablero principal de distribución y protección de los diferentes circuitos.



- El sistema de medición de la energía que tiene este Centro se lo obtiene a través de un contador electromecánico de 220 V / 5 A con medición indirecta por medio de T/C de 200 / 5 A.



- Se verificó la secuencia del flujo de producción y procesos en este Centro.
- No tienen definido un área de almacenamiento de producto final.

*Implementación de un método para desarrollar Auditorías Electroenergéticas con relación a la CALIDAD DE ENERGÍA, caso práctico: sistema eléctrico maquinaria del Centro de la Madera UNL.*

- Los desperdicios que genera este Centro lo eliminan por medio de venta al público, incineración y como abono de terrenos de cultivo.
- Este Centro posee solamente un instrumento de medición que es un voltímetro y que se encuentra instalado en el Tablero Principal de Distribución.



- En la inspección realizada se pudo observar que la mayoría de los motores el sistema de control no es el adecuado, no disponen de protecciones y falta de mantenimiento; por lo tanto el rendimiento no es el óptimo.



## Mediciones

Debido a que el tiempo disponible para la realización del Diagnóstico Energético es generalmente limitado por las consideraciones de trabajo y por el número de personal que labora dentro de la planta; la utilización de la maquinaria es una sola a la vez. Por lo que la medición se lo realizó en forma puntual en este caso en el Tablero Principal de alimentación.

La toma de mediciones durante la realización del Diagnóstico Energético se lo realizó por medio del Equipo Fluke 434 en relación a la Calidad de Energía; que de acuerdo a la norma del Conelec se lo realizó en un periodo de 7 días.



## 5.- Revisión y análisis de datos

De los datos obtenidos con el equipo Fluke 434 y en comparación con la Norma del Conelec en relación a Calidad de Energía presentamos el siguiente análisis:

- **Valor de Voltaje Nominal**
- Calibrado: 108 a 132 V
- Medido: Línea 1 = 132.6V      Línea 2 = 133.3V
- Resultado: Valor fuera de Norma
- **Armónicos**
- Calibrado: Máximo 8%



## CONCLUSIONES:

Al hacer el análisis del reporte de calidad se puede concluir que:

- Al producir el arranque del motor de la sierra de montaña, éste provoca una bajada brusca del nivel de voltaje y un desbalance de fases por el tipo de arranque del motor.
- CONSUMOS.- Cuando el sistema de operación del Centro de la Madera esta sin utilización; durante la media noche se produce un sobre voltaje, el mismo que es generado desde la fuente de alimentación en este caso por la Empresa Eléctrica suministradora del servicio eléctrico.
- Estos cambios producen una serie de efectos nocivos para la calidad de energía y principalmente para los sistemas de control y mando que son los que mayor tiempo se encuentran conectado a la fuente de alimentación de este Centro de Trabajo.
- El sistema de transformación no tiene seccionadores fusible ni pararrayos.
- El sistema de medición de Energía Eléctrica es electromecánico, por lo que la Empresa Eléctrica realiza un cálculo de Demanda Máxima por el tipo de carga instalada.

## RECOMENDACIONES:

- Se recomienda que en el Circuito de Transformación se coloque e instale juego de seccionadores y pararrayos.
- Así mismo se recomienda cambiar el sistema de medición indirecto al de estado sólido, forma 9S tipo A1R+ Clase 20. El mismo que permitirá establecer la demanda máxima real.
- Se recomienda modificar las instalaciones internas que alimentan a los varios motores de las diferentes maquinarias que se utilizan en este Centro, para lograr una mayor eficiencia en el trabajo.
- De la misma manera se recomienda mejorar los tipos de arranque y control que tienen dichos motores.
- Por los sobre voltajes presentados durante la media noche se recomienda desconectar de la red principal en baja tensión todo el equipo del Centro de la Madera a través de un Disyuntor: Tipo caja moldeada, 240V, 25 KA, 500 A / 3 polos motorizado; motor 220 Vac, bobina de apertura y de cierre.
- Se debe aplicar un sistema de mantenimiento preventivo programado.
- Realizar un mantenimiento correctivo, referente a implementación de sistemas de protección y control de cada motor.
- Modificar el sistema de alimentación eléctrica a los diferentes motores.
- Para el aserradero de montaña que tiene un motor de 60 Hp se debe implementar un sistema de arranque Y /  $\Delta$  adecuado para reducir las variaciones de voltaje y corriente que genera; que afecta al resto de equipo e instalaciones que posee este Centro.

Se Anexa cuadros de Cálculo de conductores, protecciones y control recomendados para cada uno de los motores, además: situación actual, diagrama unificar y situación propuesta.

### **7.- Revisar conclusiones con personal de la empresa**

Se realizó en análisis conjunto con personal del Centro de la Madera en relación a las recomendaciones que son necesarias implementarlas en el mejoramiento de este Centro; las mismas que están limitadas por el presupuesto anual que se encuentra asignada y que no es suficiente para la ejecución de estas recomendaciones.

## **2.3 Declaración teórica**

## **2.4 Tipo de investigación**

## 2.5 Planteamiento de hipótesis y variables.

### 2.5.1 Hipótesis.

#### 2.5.1.1 Hipótesis general

---

Si se cuenta con equipos y métodos adecuados para realizar auditorías electroenergéticas se incidirá positivamente en los procesos de investigación que se desarrollan en la carrera.

---

#### 2.5.1.2 Hipótesis específicas

### 2.5.2 Variables

---

Con el desarrollo de este trabajo de investigación es posible alcanzar el diseño de un sistema de control de energía y auditorías electroenergéticas del Centro de la Madera ubicado en la Universidad Nacional de Loja, con el fin de mejorar la eficiencia de

operación de dicho centro, se incrementa la cultura tecnológica y operativa, se dispone de grandes volúmenes de información a los que se accede de forma instantánea, entre otras.

### 2.2.1.2 Hipótesis específicas.

---

1. El equipo seleccionado que satisface los requerimientos técnicos, nos permitirá realizar auditorías confiables en calidad de energía.
2. Es posible desarrollar una metodología para la ejecución de Auditorías Electroenergéticas en Calidad de Energía en base a las regulaciones del CONELEC.
3. Si se realiza un Auditoría Electroenergética en Calidad de Energía, en el Centro de la Madera se evidenciará los factores que inciden en las pérdidas técnicas de energía eléctrica.
4. Es posible el desarrollo de guías para prácticas en laboratorio de Auditorías Electroenergéticas que tomen en consideración la metodología propuesta.
5. Con una adecuada difusión en Calidad de Energía, el usuario final estará en capacidad de exigir servicios de mejor calidad.

### III DISEÑO METODOLÓGICO.

#### 3.1 Diseño de la Investigación.

---

Esta investigación es de tipo descriptiva en primer paso ya que se va a investigar una nueva tecnología de aplicación en la industria y mas específicamente en Auditorías de energía eléctrica, ya que en nuestro país esta tecnología esta en aras de desarrollo y en nuestra provincia aun no se a implantado. Luego en la segunda parte se describe el método de realización de las auditorías electroenergéticas en cualquier planta o industria local o del país por lo cual la investigación pasa a ser de orden descriptivo.

#### 3.2 Construcción metodológica del objeto de investigación. (MOMENTO 1)

#### 3.3 Elaboración del proyecto de investigación. (MOMENTO 2)

#### 3.4 Metodología para la ejecución de la investigación.

---

Los datos necesarios para realizar la ejecución del proyecto se recopilaran en la ciudad de Loja, Ecuador, en los predios del Centro de la Madera ubicado en la Universidad Nacional de Loja.

Se buscará planos del centro de la madera, catálogos de máquinas con los que cuenta para tener una mejor visión del sistema trabajo.

En el Centro de la Madera se procederá a entrevistar a los empleados encargados de la operación y mantenimiento del establecimiento, con el fin de reconocer el

funcionamiento de la misma, luego se procederá a reconocer los posibles problemas y dificultades en la operación. Se tomará mediciones que no consten en planos, fotografías y videos de los distintos componentes que conforman el centro. Así como se registrará los datos de placas de las máquinas que conforman los diferentes grupos en el proceso de labor con la madera como: corte, cepillado, etc. Identificando los componentes de cada uno de ellos.

De existir, se procederá a identificar los instrumentos de medición que se utilizan para la supervisión de los grupos de trabajo.

Se determinará el procedimiento en la toma, tipo y frecuencia de datos en los diferentes tipos de parámetros, con que se la está haciendo, la forma de registro de estos parámetros, así como la seguridad que conlleva realizar esta operación.

Mediante entrevistas al personal; se obtendrá los valores límites de los diferentes parámetros que pueden mostrar una operación fuera de lo normal en las máquinas, y que requieren de un tratamiento de maniobra inmediata para estabilizar el sistema de trabajo.

Una vez obtenidos todos los parámetros necesarios y realizados la evaluación respectiva, se procederá a la utilización del equipo Fluke 434 para realizar la Auditoría Electroenergética donde nos dará los datos que colaborarán a la ejecución de este proyecto de tesis.

### 3.5 Métodos y Técnicas de investigación.

---

#### 3.5.1 Métodos

- **Método Inductivo.**

Mediante el estudio preliminar de la temática de este proyecto de tesis, y la aplicación practica en el centro de la madera, la auditoria arrojó entre las conclusiones mas relevantes la implantación de sistemas automáticos de control energético, como por ejemplo: mejoras de factor de potencia, armónicos, etc.

#### **Método Deductivo.**

- **Método Experimental.**

#### 3.5.2 Técnicas.

---

- **Técnica de la Entrevista.**
- **Encuesta.**
- **Cuestionario.**
- **Técnica de la Observación.**

La observación es un factor primordial en este anteproyecto de tesis ya que se tendrá que tener bien claro y detallado el flujo tecnológico del sistema que se va a utilizar,

esto con el fin de no dejar ningún factor que a la hora de ejecutar este proyecto pueda influir en la efectividad del mismo.

### **3.6 Metodología para operacionalizar las variables y verificar las hipótesis.**

#### **3.6.1 Matriz de operacionalización de las variables.**

---

### **HIPÓTESIS.**

Con el desarrollo de este trabajo de investigación es posible alcanzar el diseño de un sistema de supervisión y control de los parámetros físicos y eléctricos del Centro de la Madera ubicado en la Universidad Nacional de Loja, con el fin de mejorar la eficiencia de operación de dicho centro, se incrementa la cultura tecnológica y operativa, se dispone de grandes volúmenes de información a los que se accede de forma instantánea, entre otras.

VARIABLES	INDICADORES	INDICES	ITEMS
Con el desarrollo de este trabajo de investigación	<p>Sistema de auditorías electroenergéticas en calidad de energía.</p> <p>Supervisión y control de los equipos eléctricos en un Centro de Control, ubicado en las instalaciones del Centro de la Madera.</p> <p>Implantación de un sistema automático de control.</p>		
Es posible alcanzar el diseño de un sistema de supervisión y control de los parámetros físicos y eléctricos del Centro de la Madera, con el fin de mejorar la eficiencia de operación de dicho Centro, se incrementa la cultura tecnológica y operativa, se dispone de grandes volúmenes de información a los que se accede de forma instantánea, etc.	<p>Operación más eficiente, se puede determinar situaciones anormales, ya sea de alarmas, de disparo de dispositivos, etc. para tomar acciones correctivas en caso de que los valores de estos parámetros estén fuera del límite normal de funcionamiento.</p> <p>Crear una base de datos de los parámetros que intervienen en el proceso de supervisión y control del Centro.</p> <p>Crear guías de práctica para utilización del equipo en control de Calidad de Energía.</p> <p>Demostración la efectividad del sistema antes de ser implantado.</p>		

### 3.6.2 Verificación de hipótesis.

### 3.7 Población y muestra.

### 3.8 Aplicación y recopilación de instrumentos.

Todos los datos necesarios serán tomados del centro de la madera durante el tiempo necesario y las veces que se requiera tanto a equipos, como también del personal administrativo, operación y mantenimiento del centro por medio de encuestas, opiniones vertidas por los mismos, etc. Las mediciones de parámetros eléctricos se hará con la utilización del equipo Fluke 434 y mas herramientas necesarias.

### 3.9 Procesamiento de la información.

El procesamiento de la información se lo hace en la computadora una vez bajado los datos del equipo Fluke 434 con el Sofward que viene con el mismo. Este programa nos permite detallar los tipos de fallas que se pueden encontrar en las diferentes instalaciones que se están realizando el Control de Energía.

## IV ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

### 4.1 Recursos.

#### 4.1.1 Humanos.

---

- Personal de operación del Centro de la Madera.
- Personal administrativo del Centro y Área a cargo
- Ejecutores del Proyecto

#### 4.1.2 Económicos.

---

- Adquisición de bibliografía
- Asistencia a Seminarios y Cursos de Calidad de Energía
- Seminarios y Cursos virtuales de Calidad de Energía
- Cámara fotográfica digital.
- Scaneado de fotos.
- Fotocopias.
- Horas uso de Internet.

- Impresión de consultas.
- Impresiones del documento.
- Gastos en la compra del Equipo Fluke 434
- Gastos económicos incurridos en varios.

#### 4.1.3 Materiales.

---

- Computadora de escritorio y portátil.
- Memorias portátiles
- Impresora a color.
- Papel de impresión.
- Cartuchos de tinta para impresión.
- Disquetes
- Discos Ópticos para Grabación.
- Toner de Impresión Láser
- Equipo Fluke 434
- Juego de herramientas para electricista

#### 4.1.4 Tecnológicos.

---

- Software AutoCAD 2006.
- Software Matlab 6.5.

- Software equipo Fluke 434
- Software Office XP.
- Software Power Translator de GLOBALINK.
- Herramientas Gráficas.
- Motores de búsqueda en Internet
- Catálogos de instrumentación y control de varias firmas importantes.

#### 4.2 Presupuesto.

---

Recopilación de la Información.	1,500
Materiales de oficina	600
Consultas Bibliográficas	300
Equipo Fluke 434	8,000
Uso de Computadora portátil e impresora	300
Uso de DVD	50
Contrastación de Hipótesis	150
Talento	500
Imprevistos	650
	<hr/>
<b>Total</b>	<b>UDS. 12,050</b>

## Bibliografía.

---

- ENCICLOPEDIA DE MANUALES PARA INGENIERÍA ELÉCTRICA. CEAC.
- CATÁLOGOS 1998 Y 2002 DE LA NATIONAL INSTRUMENTS.
- CONJUNTO DE MANUALES DE LABVIEW DE LA NATIONAL INSTRUMENTS.
- Publicaciones del Programa de Ahorro de Energía del Ministerio de Energía y Minas del Ecuador. Junio 2001.
- Herramientas para la Planificación de Procesos de Sistemas de Supervisión, Control y Adquisición de Datos. Dic 1994. Asunción García Fuertes, Manuel Cocera Villalba, Javier de Lope Asiain.
- Auditoria Principios y Procedimientos. Arthur W. Holmes. Utehua. México.
- Principios de Auditoria. Walter B Meigs. Diana. Mexico.
- DOCUMENTOS DEL PRIMER SEMINARIO DE DISTRIBUCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA, Latacunga 2000.
- CONJUNTO DE MANUALES Matlab DE MathWorks. Inc.
- Sistemas de Control Automático. Benjamín Kuo. Prentice Hall.
- Metodología de la Programación. Wilman Yaguana, UTPL, Loja- Ecuador.
- Catálogo de Productos de la Compañía Distribuidora de Productos Eléctricos e Industriales Nacional OTESA, Ecuador.
- Internet. Sitios relacionados al tema
- Normas y leyes - Monografias\_com.htm / Normas iso 9000.htm
- Regulación N° CONELEC – 004/01

## REPORTE DE CALIDAD ENERGÍA:

Start: 09/05/2006 10:20:21

End: 15/05/2006 17:34:30

Instrument: FLUKE DM: SERIAL NUMBER

User: **Centro de la Madera UNL**

Date: 05/15/06

Time: 17:34:29

Config: 3Ø WYE

Freq: 60 Hz

Vnom: 120.0

### Limits: DEFAULT

#### Limit Summary:

RMS	> 108.0 V < 132.0 V	95.0 % of time
THD	< 8 %	100 % of time
Plt	< 1	95.0 % of time
Dip	< 108 V	20 / week
Swell	> 132 V	20 / week
Unb.	< 2 %	95.0 % of time
Plt	> 59.4 Hz < 60.6 Hz	99.5 % of time

Monitor Duration: 6 days

*Implementación de un método para desarrollar Auditorías Electroenergéticas con relación a la CALIDAD DE ENERGÍA, caso práctico: sistema eléctrico en la maquinaria del Centro de la Madera UNL.*

Monitor Start: 05/09/06

### Supply Voltage Variations :

L1 RMS Voltage:	95.0 % Value = 130.0 V	100 % Value = 132.6 V	FAIL
L2 RMS Voltage:	95.0 % Value = 130.8 V	100 % Value = 133.3 V	FAIL
L3 RMS Voltage:	95.0 % Value = 129.3 V	100 % Value = 131.8 V	PASS

### Voltage Harmonics:

<b>L1 THD:</b>	<b>100 %</b>	<b>Value = 3.4 %</b>	<b>PASS</b>
H2:	95.0 % Value = 0.2 %	100 % Value = 0.1 %	PASS
H3:	95.0 % Value = 1.1 %	100 % Value = 0.8 %	PASS
H4:	95.0 % Value = 0.1 %	100 % Value = 0.0 %	PASS
H5:	95.0 % Value = 2.2 %	100 % Value = 1.0 %	PASS
H6:	95.0 % Value = 0.0 %	100 % Value = 0.0 %	PASS
H7:	95.0 % Value = 0.8 %	100 % Value = 0.6 %	PASS
H8:	95.0 % Value = 0.0 %	100 % Value = 0.0 %	PASS
H9:	95.0 % Value = 0.6 %	100 % Value = 0.4 %	PASS
H10:	95.0 % Value = 0.0 %	100 % Value = 0.0 %	PASS
H11:	95.0 % Value = 0.4 %	100 % Value = 0.2 %	PASS
H12:	95.0 % Value = 0.0 %	100 % Value = 0.0 %	PASS
H13:	95.0 % Value = 0.2 %	100 % Value = 0.2 %	PASS
H14:	95.0 % Value = 0.0 %	100 % Value = 0.0 %	PASS

*Implementación de un método para desarrollar Auditorías Electroenergéticas con relación a la CALIDAD DE ENERGÍA, caso práctico: sistema eléctrico en la maquinaria del Centro de la Madera UNL.*

H15: 95.0 % Value = 0.1 %	100 % Value = 0.1 %	PASS
H16: 95.0 % Value = 0.0 %	100 % Value = 0.0 %	PASS
H17: 95.0 % Value = 0.1 %	100 % Value = 0.1 %	PASS
H18: 95.0 % Value = 0.0 %	100 % Value = 0.0 %	PASS
H19: 95.0 % Value = 0.1 %	100 % Value = 0.1 %	PASS
H20: 95.0 % Value = 0.0 %	100 % Value = 0.0 %	PASS
H21: 95.0 % Value = 0.1 %	100 % Value = 0.1 %	PASS
H22: 95.0 % Value = 0.0 %	100 % Value = 0.0 %	PASS
H23: 95.0 % Value = 0.1 %	100 % Value = 0.1 %	PASS
H24: 95.0 % Value = 0.0 %	100 % Value = 0.0 %	PASS
H25: 95.0 % Value = 0.1 %	100 % Value = 0.1 %	PASS
<b>L2 THD: 100 %</b>	<b>Value = 2.9 %</b>	<b>PASS</b>
H2: 95.0 % Value = 0.2 %	100 % Value = 0.1 %	PASS
H3: 95.0 % Value = 0.9 %	100 % Value = 0.8 %	PASS
H4: 95.0 % Value = 0.1 %	100 % Value = 0.0 %	PASS
H5: 95.0 % Value = 1.8 %	100 % Value = 0.9 %	PASS
H6: 95.0 % Value = 0.0 %	100 % Value = 0.0 %	PASS
H7: 95.0 % Value = 0.8 %	100 % Value = 0.5 %	PASS
H8: 95.0 % Value = 0.0 %	100 % Value = 0.0 %	PASS
H9: 95.0 % Value = 0.8 %	100 % Value = 0.5 %	PASS
H10: 95.0 % Value = 0.0 %	100 % Value = 0.0 %	PASS
H11: 95.0 % Value = 0.4 %	100 % Value = 0.2 %	PASS

*Implementación de un método para desarrollar Auditorías Electroenergéticas con relación a la CALIDAD DE ENERGÍA, caso práctico: sistema eléctrico en la maquinaria del Centro de la Madera UNL.*

H12: 95.0 % Value = 0.0 %	100 % Value = 0.0 %	PASS
H13: 95.0 % Value = 0.3 %	100 % Value = 0.3 %	PASS
H14: 95.0 % Value = 0.0 %	100 % Value = 0.0 %	PASS
H15: 95.0 % Value = 0.2 %	100 % Value = 0.1 %	PASS
H16: 95.0 % Value = 0.0 %	100 % Value = 0.0 %	PASS
H17: 95.0 % Value = 0.1 %	100 % Value = 0.1 %	PASS
H18: 95.0 % Value = 0.0 %	100 % Value = 0.0 %	PASS
H19: 95.0 % Value = 0.1 %	100 % Value = 0.1 %	PASS
H20: 95.0 % Value = 0.0 %	100 % Value = 0.0 %	PASS
H21: 95.0 % Value = 0.1 %	100 % Value = 0.1 %	PASS
H22: 95.0 % Value = 0.0 %	100 % Value = 0.0 %	PASS
H23: 95.0 % Value = 0.1 %	100 % Value = 0.1 %	PASS
H24: 95.0 % Value = 0.0 %	100 % Value = 0.0 %	PASS
H25: 95.0 % Value = 0.1 %	100 % Value = 0.1 %	PASS
<b>L3 THD: 100 %</b>	<b>Value = 3.1 %</b>	<b>PASS</b>
H2: 95.0 % Value = 0.2 %	100 % Value = 0.1 %	PASS
H3: 95.0 % Value = 0.7 %	100 % Value = 0.5 %	PASS
H4: 95.0 % Value = 0.1 %	100 % Value = 0.0 %	PASS
H5: 95.0 % Value = 2.2 %	100 % Value = 1.1 %	PASS
H6: 95.0 % Value = 0.0 %	100 % Value = 0.0 %	PASS
H7: 95.0 % Value = 0.7 %	100 % Value = 0.5 %	PASS
H8: 95.0 % Value = 0.0 %	100 % Value = 0.0 %	PASS

*Implementación de un método para desarrollar Auditorías Electroenergéticas con relación a la CALIDAD DE ENERGÍA, caso práctico: sistema eléctrico en la maquinaria del Centro de la Madera UNL.*

H9: 95.0 % Value = 0.5 %	100 % Value = 0.5 %	PASS
H10: 95.0 % Value = 0.0 %	100 % Value = 0.0 %	PASS
H11: 95.0 % Value = 0.4 %	100 % Value = 0.2 %	PASS
H12: 95.0 % Value = 0.0 %	100 % Value = 0.0 %	PASS
H13: 95.0 % Value = 0.2 %	100 % Value = 0.2 %	PASS
H14: 95.0 % Value = 0.0 %	100 % Value = 0.0 %	PASS
H15: 95.0 % Value = 0.1 %	100 % Value = 0.1 %	PASS
H16: 95.0 % Value = 0.0 %	100 % Value = 0.0 %	PASS
H17: 95.0 % Value = 0.1 %	100 % Value = 0.1 %	PASS
H18: 95.0 % Value = 0.0 %	100 % Value = 0.0 %	PASS
H19: 95.0 % Value = 0.1 %	100 % Value = 0.1 %	PASS
H20: 95.0 % Value = 0.0 %	100 % Value = 0.0 %	PASS
H21: 95.0 % Value = 0.0 %	100 % Value = 0.0 %	PASS
H22: 95.0 % Value = 0.0 %	100 % Value = 0.0 %	PASS
H23: 95.0 % Value = 0.1 %	100 % Value = 0.1 %	PASS
H24: 95.0 % Value = 0.0 %	100 % Value = 0.0 %	PASS
H25: 95.0 % Value = 0.1 %	100 % Value = 0.1 %	PASS

**Flicker:**

L1 Plt: 95.0 %	Value = 0.3	PASS
L2 Plt: 95.0 %	Value = 0.2	PASS
L3 Plt: 95.0 %	Value = 0.3	PASS

**Supply Voltage Dips, Interruptions, Swells and Rapid Voltage Changes:**

Number of Dips:	4	PASS
Number of Interruptions:	0	PASS
Number of Swells:	5	PASS
Number of Rapid Voltage Changes:	1	PASS

**Supply Voltage Unbalance:**

Unbalance: 95.0 %      Value = 32.8 %      FAIL

**Power Frequency:**

Hz: 99.5 % Value = 59.9 Hz    100 % Value = 60.1 Hz      PASS

**Detailed Event List:**

05/09/2006 21:22:21.117: L3,RAPIDVOLTCHANGE,0:00:00:766

05/10/2006 00:26:25.302: L2,SWELL,3:21:59:888

05/10/2006 00:26:25.302: L2,SWELL,UP,132.0V

05/10/2006 03:48:25.190: L2,SWELL,DOWN,128.8V

05/10/2006 08:20:21.023: L3,PLT,4:00:00:000

05/10/2006 08:20:21.023: L3,PLT,UP,1.3

05/10/2006 12:20:21.023: L3,PLT,DOWN,0.1

05/10/2006 14:20:21.023: L3,PLT,2:00:00:000

*Implementación de un método para desarrollar Auditorías Electroenergéticas con relación a la CALIDAD DE ENERGÍA, caso práctico: sistema eléctrico en la maquinaria del Centro de la Madera UNL.*

05/10/2006 14:20:21.023: L3,PLT,UP,1.2  
05/10/2006 16:20:21.023: L3,PLT,DOWN,0.7  
05/10/2006 22:42:39.013: L2,SWELL,6:32:40:135  
05/10/2006 22:42:39.013: L2,SWELL,UP,132.0V  
05/10/2006 22:50:21.023: L2,RMS,2:40:00:000  
05/10/2006 22:50:21.023: L2,RMS,UP,132.1V  
05/10/2006 22:50:21.023: L2,RMS,UP,132.1V  
05/10/2006 23:05:35.204: L1,SWELL,UP,132.0V  
05/10/2006 23:10:21.023: L1,RMS,0:10:00:000  
05/10/2006 23:10:21.023: L1,RMS,UP,132.1V  
05/10/2006 23:10:21.023: L1,RMS,UP,132.1V  
05/10/2006 23:20:21.023: L1,RMS,DOWN,131.3V  
05/10/2006 23:20:21.023: L1,RMS,DOWN,131.3V  
05/10/2006 23:50:21.023: L1,RMS,0:50:00:000  
05/10/2006 23:50:21.023: L1,RMS,UP,132.0V  
05/10/2006 23:50:21.023: L1,RMS,UP,132.0V  
05/11/2006 00:19:34.713: L3,SWELL,UP,132.0V  
05/11/2006 00:40:21.023: L1,RMS,DOWN,131.6V  
05/11/2006 00:40:21.023: L1,RMS,DOWN,131.6V  
05/11/2006 01:36:36.577: L3,SWELL,DOWN,129.6V  
05/11/2006 01:37:02.929: L1,SWELL,DOWN,129.6V  
05/11/2006 01:30:21.023: L2,RMS,DOWN,131.5V  
05/11/2006 01:30:21.023: L2,RMS,DOWN,131.5V

*Implementación de un método para desarrollar Auditorías Electroenergéticas con relación a la CALIDAD DE ENERGÍA, caso práctico: sistema eléctrico en la maquinaria del Centro de la Madera UNL.*

05/11/2006 05:15:19.148: L2,SWELL,DOWN,129.5V

05/11/2006 08:20:21.023: L3,PLT,2:00:00:000

05/11/2006 08:20:21.023: L3,PLT,UP,1.3

05/11/2006 10:20:21.023: L3,PLT,DOWN,1.0

05/11/2006 16:20:21.023: L3,PLT,2:00:00:000

05/11/2006 16:20:21.023: L3,PLT,UP,1.1

05/11/2006 18:20:21.023: L3,PLT,DOWN,0.1

05/11/2006 22:46:09.376: L2,SWELL,6:26:08:790

05/11/2006 22:46:09.376: L2,SWELL,UP,132.0V

05/11/2006 22:50:21.023: L2,RMS,0:10:00:000

05/11/2006 22:50:21.023: L2,RMS,UP,132.3V

05/11/2006 22:50:21.023: L2,RMS,UP,132.3V

05/11/2006 23:00:21.023: L2,RMS,DOWN,131.9V

05/11/2006 23:00:21.023: L2,RMS,DOWN,131.9V

05/12/2006 05:12:18.166: L2,SWELL,DOWN,129.6V

05/12/2006 09:33:33.072: L1,DIP,0:00:00:409

05/12/2006 09:33:33.072: L1,DIP,DOWN,98.4V

05/12/2006 09:33:33.075: L2,DIP,DOWN,97.8V

05/12/2006 09:33:33.459: L2,DIP,UP,110.7V

05/12/2006 09:33:33.481: L1,DIP,UP,111.9V

05/12/2006 08:20:21.023: L1,PLT,2:00:00:000

05/12/2006 08:20:21.023: L1,PLT,UP,1.8

05/12/2006 08:20:21.023: L2,PLT,2:00:00:000

*Implementación de un método para desarrollar Auditorías Electroenergéticas con relación a la CALIDAD DE ENERGÍA, caso práctico: sistema eléctrico en la maquinaria del Centro de la Madera UNL.*

05/12/2006 08:20:21.023: L2,PLT,UP,1.6

05/12/2006 10:20:21.023: L1,PLT,DOWN,0.7

05/12/2006 10:20:21.023: L2,PLT,DOWN,0.6

05/12/2006 16:01:58.287: L1,DIP,0:00:00:941

05/12/2006 16:01:58.287: L1,DIP,DOWN,107.5V

05/12/2006 16:01:59.228: L1,DIP,UP,110.9V