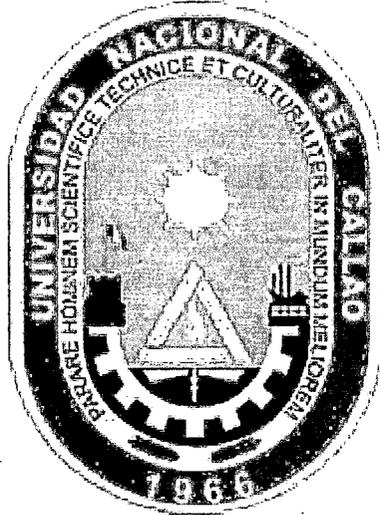


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA
Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica



TESIS

TITULO: "INFLUENCIA DE LA SOBRE TENSION ELÉCTRICA, EN LA CALIDAD DE SUMINISTRO"

AUTORES:

- ✓ PÁCARA MILLA, Yhonathan Diego
- ✓ TICONA HUAMAN, Jorge Armando
- ✓ TELLO LLANOS, Joahmed Allen

ASESOR:

Ing. CESAR AUGUSTO SANTOS MEJÍA

Bellavista – Callao

2013

Mg. Ing. Santiago Linder Rubiños Jiménez

Presidente

Ing. Roberto Enrique Solis Farfán

Secretario

Ing. Edgar del Águila Vela

Vocal

Jorge Armando Ticona Huamán

Bachiller

DEDICATORIA

Dedicamos la presente tesis:

A Dios por mostrarnos día a día que con humildad,
paciencia y sabiduría todo es posible.

A nuestros padres y hermanos quienes con su amor,
apoyo y comprensión incondicional estuvieron siempre
a lo largo de nuestra vida estudiantil; a ellos que
siempre tuvieron una palabra de aliento en los
momentos difíciles y que han sido incentivos de
nuestras vidas.

INDICE

	Pág.
CARATUALA	1
HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACION	2
DEDICATORIA	3
INDICE	4
PROLOGO	7
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
I. PLANTEAMIENTO INICIAL DE LA INVESTIGACION	11
1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	11
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	11
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	11
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACION	12
1.5. LIMITACIONES Y FACILIDADES	12
1.6. HIPÓTESIS	13
II. FUNDAMENTO TEORICO	13
2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	13
2.2. FUNDAMENTO TEÓRICO	14
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	25
A. ACTUALIDAD DE LA CALIDAD DE SUMINISTRO ELÉCTRICO	29
B. DISEÑO DE LAS REDES DE DISTRIBUCION ELÉCTRICA EN EL PERÚ	44

III.	NORMATIVA PERUANA APLICADA A LA CALIDAD DE SUMINISTRO.	56
3.1.	REGLAS GENERALES	56
3.2.	FRECUENCIA, NIVELES DE TENSIÓN EN SISTEMAS DE CORRIENTE ALTERNA (A) Y REQUERIMIENTOS DE SUMINISTRO EN LOS PUNTOS DE ENTREGA	58
3.3.	MEDIDAS DE PROTECCIÓN EN LAS ESTACIONES DE SUMINISTRO ELÉCTRICO	59
IV.	PROBLEMÁTICA NACIONAL POR LA SOBRE TENSION ELÉCTRICA EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN	60
4.1.	CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA	60
4.2.	DÓNDE PUEDE ORIGINARSE LA MALA CALIDAD DE ENERGÍA.	63
4.3.	ARMÓNICAS	63
4.4.	SOLUCIÓN A ESTOS PROBLEMAS	63
4.5.	EFFECTOS DE LAS CORRIENTES ARMÓNICAS	64
4.6.	FLUCTUACIONES DE VOLTAJE	69
4.7.	ARMÓNICOS EN EL SISTEMA	70
V.	METODOLOGIA	
5.1.	RELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	74
5.2.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	74
5.3.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	74
5.4.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	75
5.5.	ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN	75
5.6.	POBLACIÓN Y MUESTRA	75
5.7.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	75
5.8.	PROCEDIMIENTO ESTADÍSTICO Y ANÁLISIS DE DATOS	76

VI. RESULTADOS	77
6.1.RESULTADOS PARCIALES	77
6.2.RESULTADOS FINALES	77
VII. DISCUSION DE RESULTADOS	78
7.1. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS CON LOS RESULTADOS	77
7.2.CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS CON OTROS ESTUDIOS	
SIMILARES.	77
VIII. CONCLUSIONES	78
IX. RECOMENDACIONES	80
X. BIBLIOGRAFIA	81
ANEXOS	82
• CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	82
• PRESUPUESTO DEL TRABAJO DE INVESTIGACION	83
• MATRIZ DE CONSISTENCIA	84

PRÓLOGO

El presente trabajo surge con el deseo de querer analizar y profundizar el estudio de las sobre tensiones, y el efecto de estas en la calidad de energía y/o calidad de suministro. Este propósito de contribuir en el conocimiento de este tema la influencia de los niveles de sobre tensión eléctrica, en la calidad de suministro, nos ha permitido reunirnos (Los del grupo de tesis), en la Universidad para de esta manera analizar la normatividad vigente y comparar la aplicación de la misma en diferentes casos prácticos de los trabajos en la industria eléctrica, a nivel de distribución (clientes regulados).

Aquí vamos a profundizar el estudio de la sobre tensión y su influencia en la calidad de suministro, para ello tomaremos como referencia datos claves de algunas empresas de distribución (LUZ del SUR y EDELNOR), para de esta manera poder comparar el número de interrupciones, fallas, cumplimiento de la norma versus el nivel de satisfacción del usuario y la calidad de suministro (en general).

Ha sido un reto para nosotros poder converger en el desarrollo de este análisis, ya que requiere poner en práctica muchas áreas de la ingeniería, sin embargo hemos concluido con éxito la elaboración de esta tesis, en la que ha sido necesario desarrollar, siete (07) capítulos cuyos contenidos son:

El capítulo I, presenta el planteamiento inicial del problema, una descripción de los objetivos generales, justificaciones y limitaciones para el desarrollo de la investigación. En este capítulo se presenta el proyecto de manera metodológica siguiendo el lineamiento de la investigación descriptiva, aplicada y científica.

El capítulo II, presenta el desarrollo del marco teórico que enriquece los conocimientos para el análisis de las sobre tensiones y su influencia en la calidad de energía, se presentan primero las características principales del suministro, normatividad vigente, los diferentes tipo de interrupciones, los niveles de satisfacción del usuario regulado, para finalmente hablar de la preocupación de los niveles de sobre tensión eléctrica.

Con ello hablaremos de la Actualidad de la calidad de suministro eléctrico y el diseño de las redes de distribución eléctrica en el Perú.

El capítulo III, se hace el análisis de la normativa peruana aplicada a la calidad de suministro, para ello comparamos los niveles de cumplimiento con la calidad de servicio ofertada por los concesionarios, para de esta manera evaluar cómo influyen los niveles de sobre tensión en la calidad de suministro.

El capítulo IV, describe la problemática nacional por sobre tensión eléctrica en las redes de distribución, hablaremos de características de las redes y la saturación de la misma que impide la confiabilidad y calidad de servicio al usuario final.

El capítulo V, se presenta la solución mediante una secuencia metodológica, relación entre variables y descripción del tipo de investigación.

El capítulo VI, se muestra los resultados obtenidos de la investigación, para ello mostramos cuadros comparativos de niveles de satisfacción de calidad de suministro, normativa aplicada y niveles de sobretensión.

El capítulo VII, se presenta la contratación de los resultados teóricos con los resultados de la investigación, esto validad para la hipótesis que hemos planteado, para el desarrollo de la solución del problema.

El capítulo VIII, presenta la conclusiones que se obtuvieron en el desarrollo del presenta trabajo.

El capítulo IX, se hace las recomendaciones del trabajo y futuras mejoras que se pueden aplicar.

Finalmente en el Capítulo X, se presentan las fuentes bibliográficas de consulta para el desarrollo del presenta trabajo de Investigación, así como los anexos correspondientes.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es aportar sobre la influencia de los niveles de sobre tensión eléctrica en la calidad de suministro, para ello desarrollaremos un análisis de la normatividad vigente, buscaremos casos prácticos de niveles de sobretensión eléctrica, número de interrupciones en el usuario final (regulados), y finalmente la calidad de suministro ofrecida por el concesionario.

Profundizaremos sobre el estudio de la sobre tensión y su influencia en la calidad de suministro, para ello tomaremos como referencia datos claves de algunas empresas de distribución (LUZ del SUR y EDELNOR), para de esta manera poder comparar el número de interrupciones, fallas, cumplimiento de la norma versus el nivel de satisfacción del usuario y la calidad de suministro (en general).

Mostraremos los resultados obtenidos para poder formular propuestas de mejoras en las redes eléctricas de distribución para de esta manera poder mejorar la calidad de suministro y los niveles de satisfacción del usuario final.

Se debe tener en cuenta que este análisis es del tipo descriptivo y permitirá generar un aporte para futuras investigaciones.

ABSTRACT

The aim of this work is to contribute to the influence of the voltage levels on the quality of supply for it will develop an analysis of current regulations, case studies seek power surge levels, number of interruptions in the end-user (regulated), and finally the quality of provision offered by the dealer.

Deepen the study of stress and its influence on the quality of delivery we will take it as a reference for key data some distribution companies (and EDELNOR SOUTH LIGHT), to thus be able to compare the number of interruptions, faults, compliance with the standard versus the level of user satisfaction and quality of supply (in general).

We show the results in order to make proposals for improvements in electricity distribution networks in this way to improve the quality of provision and levels of end user satisfaction.

It should be noted that this analysis is descriptive and will generate a contribution for future research.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. DETERMINACION DEL PROBLEMA

Como es sabido, el problema de calidad de suministro se mide en función al número de interrupciones que se realizan constantemente, ello nos da como consecuencia daños a los equipos electrodomésticos y/o electrónicos, y esto ocasionado por los niveles de sobre tensión, que es el problema que queremos dar a conocer y plantear una solución.

El uso inadecuado de la energía eléctrica por parte de los usuarios afecta la calidad de tensión.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Considerando que:

- ✓ Se cuenta con información sobre la normatividad vigente.
- ✓ Se cuenta con información de casos prácticos.
- ✓ Conocimiento de la teoría de sobre tensiones.
- ✓ Conocimiento de la teoría de calidad de energía.

Se formula el problema con la siguiente interrogante:

¿Cómo afecta los niveles de sobre tensión eléctrica, en la calidad de suministro?

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

a. OBJETIVO GENERAL

- Conocer el sistema de normativas con respecto a la prestación de servicio público de electricidad.
- Dar una solución económica y eficiente a los desniveles de tensión.
- Proteger los equipos eléctricos ante acontecimientos de este tipo.
- Brindar información a los usuarios sobre el uso adecuado de la energía eléctrica y el conocimiento para identificar las diferentes perturbaciones que afectarían a la calidad de la energía eléctrica de tensión.

b. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las causas de las interrupciones de fluido eléctrico.
- Proponer una metodología para el análisis y control de la calidad del producto de la energía eléctrica.

1.4 JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACIÓN

Actualmente la calidad de tensión de los productos en los sistemas de distribución eléctrica, aún no alcanzan los niveles estándares exigidos por las Normas, existiendo todavía problemas en la capacidad de las instalaciones y falta de confiabilidad en el suministro eléctrico; por tanto para los proveedores del servicio, se ha convertido en un reto alcanzar los niveles de tolerancia exigidos.

Por otro lado la falta de información de los usuarios no permite administrar adecuadamente la energía, y no presentan un reclamo a la empresa concesionaria por la calidad.

1.5 LIMITACIONES Y FACILIDADES

a. Limitaciones

- ✓ El incumplimiento de la norma por algunas empresas informales.
- ✓ La no existencia de un control a nivel del usuario sobre las atenciones inmediatas de acuerdo a norma de las interrupciones.
- ✓ El poco conocimiento de los daños ocasionados por la sobre tensión eléctrica.

b. Facilidades

- ✓ Se encontró con un asesor preparado para este tema de análisis, que nos ha servido de apoyo para las diferentes consultas que surgieron en el desarrollo de la investigación.
- ✓ Se encontró una amplia bibliografía referente al tema de sobre tensión y calidad de suministro.
- ✓ Se contó con disponibilidad de los ambientes de la FIEE para reunirnos y desarrollar esta investigación.

1.6 HIPOTESIS

En virtud de lo comentado sobre este tema de tesis planteamos la siguiente hipótesis:

a. HIPOTESIS PRINCIPAL

El estudio de la Influencia de la sobre tensión, permitirá mejorar la calidad de suministro eléctrico, para el usuario regulado.

b. HIPOTESIS SECUNDARIA

- ✓ Determinando las causas de las interrupciones de fluido eléctrico, se podrá prevenir las interrupciones del fluido eléctrico
- ✓ Con una metodología para el análisis y control de la calidad del producto de la energía eléctrica, se mejorará la calidad de servicio de electricidad.

II. FUNDAMENTO TEORICO

2.1. Antecedentes del Estudio

El suministro de energía eléctrica a los usuarios, está regido por la ley del servicio público y su reglamento, en donde se especifican los límites superior e inferior del voltaje de suministro en el punto de entrega al usuario. La entrega de voltajes fuera de estos límites se considera anomalía o deficiencia del suministro.

Históricamente, la calidad de la energía no ha sido un problema mayor, hasta hace poco tiempo, en forma genérica, se consideraba que excepto por la continuidad, el suministro para la mayoría de los usuarios de la energía eléctrica era completamente satisfactorio. Sin embargo, el incremento masivo que se ha tenido en la utilización de equipo basado en electrónica de potencia, ha creado un doble problema para el suministrador:

1. En primer lugar, este equipo, en común con cualquier dispositivo que incorpora electrónica de potencia, es sensible a las variaciones rápidas del voltaje, como son los abatimientos del voltaje (deficiencias del voltaje suministrado).
2. En segundo lugar, este tipo de equipo genera distorsión armónica y bajo ciertas condiciones, puede deteriorar la magnitud y forma de onda del voltaje suministrado, a tal grado que sea inadecuado para la mayoría de los usuarios que comparten esa misma fuente de suministro.

2.2 Fundamento Teórico:

La sociedad actual es dependiente del comportamiento de sus dispositivos motorizados e informatizados. Cuando suceden anomalías en el suministro de la energía eléctrica, el comportamiento de estos sistemas se ve afectado, los beneficios económicos y de bienestar que proporciona la tecnología se eliminan y se desprenden numerosos problemas, tanto para la empresa suministradora como para sus usuarios. El suministrador, usualmente atribuye los problemas a anomalías en la instalación del usuario, mientras que el usuario, normalmente asocia los problemas a deficiencias en las redes de suministro. En la mayoría de las veces, ambos olvidan las limitaciones que tienen los equipos electrónicos sensibles para operar en el ambiente de las redes eléctricas tradicionales de ambos.

Por lo anterior, el conocimiento de las características de la calidad de la energía de los sistemas eléctricos del suministrador y del usuario es esencial para establecer acciones económicas, tanto por parte del suministrador como del usuario, que permitan el control de los efectos no deseables. Existen tres cambios fundamentales en la naturaleza de la carga del usuario y del sistema de potencia, que conciernen a la calidad de la energía:

1. La microelectrónica ha producido una creciente categoría de cargas a nivel residencial, comercial e industrial, que son muy sensibles a las variaciones de la calidad de la energía. Los esquemas de diseño de integración a gran escala y a muy gran escala de los microprocesadores modernos, han resultado en dispositivos más rápidos, más complejos y con mayor capacidad de memoria para una misma superficie. La lógica para estos circuitos requiere de niveles de tensión y de energía menores, reduciendo el consumo de potencia y por lo tanto, los requerimientos de ventilación.
2. La electrónica de potencia ha producido una nueva generación de dispositivos de alta capacidad y bajo costo, lo que ha extendido su utilización. Sin embargo, estos mismos dispositivos producen perturbaciones en la calidad de la energía, a los cuales la microelectrónica es sensible. Se estima que la porción de la energía eléctrica total generada para aquellas cargas procesadas por electrónica de potencia se incrementará de un nivel actual de 10 - 20 % al 50 - 60% en el año 2015.
3. Mientras que estos cambios dramáticos se están dando en las cargas, las empresas eléctricas y los clientes industriales continúan aplicando capacitores para la corrección del factor de potencia, para controlar el voltaje y reducir el flujo de reactivos. Estos capacitores influyen en los muchos tipos de problemas de calidad de la energía, ya que son como una "coladera" para corrientes de alta frecuencia y pueden mejorar la situación o agravarla significativamente, al incrementar los niveles de armónicos, dependiendo de los parámetros del sistema.

La proliferación de las cargas y fuentes no lineales se ha dado en ausencia de normas completas que limiten las señales armónicas, que el sistema de potencia debe ser capaz de soportar y que las empresas eléctricas puedan absorber. Esta situación conduce a problemas de calidad de la energía, tanto para las empresas eléctricas como para sus clientes: la caracterización de las fuentes de "energía sucias" y los requisitos de "energía limpia" para cargas sensibles. Lo anterior, demanda el establecimiento de guías y normas que seguramente requerirán de evaluaciones técnicas y económicas exhaustivas.

Adicionalmente a los tres cambios descritos anteriormente, los problemas de calidad de energía se han agravado, debido a la combinación de las siguientes tendencias:

- a) Una mayor utilización de equipo para procesamiento de datos y comunicaciones.
- b) Los equipos eléctricos modernos se han vuelto más sensibles al voltaje: los diseños y componentes están en sus límites; se acabaron los diseños sobrados.
- c) El número de disturbios eléctricos se ha incrementado, pues la demanda ha crecido más rápido que la generación.

En la literatura técnica aparecen cada vez con mayor frecuencia, estadísticas que se han llevado a cabo en industrias u otro tipo de cargas, con objeto de caracterizar los problemas de calidad de la energía. Por ejemplo, el porcentaje de los disturbios que se presentan como depresiones de voltaje ("sags"), sobretensiones, impulsos, distorsiones de la onda sinodal, etcétera. También es preocupación actual cuantificar las magnitudes y duraciones de estos disturbios, que afectan a los diferentes tipos de cargas, principalmente aquéllas que hacen uso intensivo de la electrónica de potencia.

Estos son algunos resultados de encuestas realizadas en diferentes industrias, referentes a la operación de los sistemas:

- a. Un poco más del 62% de los disturbios fueron depresiones de voltaje con duración menor a medio segundo (30 ciclos). Típicamente, estas depresiones son resultado de condiciones de falla: un corto circuito en el sistema de la empresa suministradora, descargas atmosféricas, ramas de árbol o pequeños animales. Las depresiones de voltaje también son resultado del arranque de un motor, aunque estas sub tensiones comúnmente son mayores en duración de 30 ciclos y el voltaje asociado no es tan bajo. La magnitud y duración de la depresión de voltaje determina la magnitud del daño al equipo sensible.

- b. Aproximadamente el 21% de los disturbios fueron impulsos de voltaje transitorios. La conexión y desconexión de cargas ocasiona estos impulsos. Normalmente no representan un problema hasta que sobrepasan el 200 ó 300 % del voltaje rms. El impulso es una elevación transitoria con duración menor a medio ciclo. Otras causas comunes de impulsos son: descargas atmosféricas cercanas, descargas estáticas y arqueo entre contactos.

- c. Las interrupciones constituyeron el 14% de los disturbios. Ningún sistema es invulnerable a las interrupciones, éstas son ocasionadas por corto circuitos, descargas atmosféricas, mal funcionamiento del equipo, accidentes automovilísticos, excavaciones en sistemas subterráneos, etcétera.

- d. Las sobretensiones de voltaje representaron el 2%.

Tipos de problemas de la calidad de la energía eléctrica

La fuente de un problema de la calidad de la energía eléctrica frecuentemente origina un *disturbio* o *variación en la calidad de la energía eléctrica*. El disturbio puede entonces afectar la operación de los equipos del usuario final. Lo anterior puede ser confuso. Para tratar de evitar la confusión, el ingeniero en calidad de la energía eléctrica separa un problema en tres partes: fuentes (eventos que inician el problema), causas y efectos de la calidad de la energía.

La habilidad para definir y entender los diversos tipos de problemas de la calidad de la energía eléctrica da el conocimiento necesario para prevenirlos y resolverlos. La naturaleza de la variación en las componentes básicas de la onda sinusoidal, esto es, voltaje, corriente y frecuencia, identifica el tipo de problema, siendo las depresiones de voltaje en redes de distribución el tipo más común. A manera de ejemplo, los resultados encontrados en un estudio llevado a cabo en 1976 en Virginia del Norte se muestran en la tabla 1.1, en ese año hubo un promedio de 40 días tormenta por año (Bingham, 2000, Pág. 1).

Tabla: Causas de depresiones de voltaje en un sistema de distribución

Causa	No. de ocurrencias	Porcentaje
Viento y rayos	37	46%
Falla en el equipo de la compañía	8	10%
Accidente de construcción o de tráfico	8	10%
Animales	5	6%
Ramas de árboles	1	2%
Desconocida	21	26%
Total	80	

Las variaciones de la calidad de la energía eléctrica caen en dos categorías básicas:

1. **Disturbios: Depresiones, elevaciones, interrupciones, transitorios impulsivos y transitorios oscilatorios.**

Son medidos disparando sobre una anomalía en el voltaje o en la corriente. Los voltajes transitorios, por ejemplo, pueden ser detectados cuando la magnitud pico excede un umbral especificado. Las variaciones de voltaje eficaz pueden ser detectadas cuando la variación eficaz excede un nivel especificado.

2. **Variaciones de estado estacionario: Sobre voltajes, bajos voltajes, fluctuaciones del voltaje (flicker), distorsión armónica.**

Éstas incluyen las variaciones normales del voltaje eficaz y la distorsión armónica. Estas variaciones deben ser medidas muestreando el voltaje y/o la corriente a través del tiempo. La información es presentada mejor como una tendencia de la cantidad (por ejemplo, distorsión del voltaje) a través del tiempo y luego analizada usando métodos estadísticos (por ejemplo, nivel de distorsión promedio).

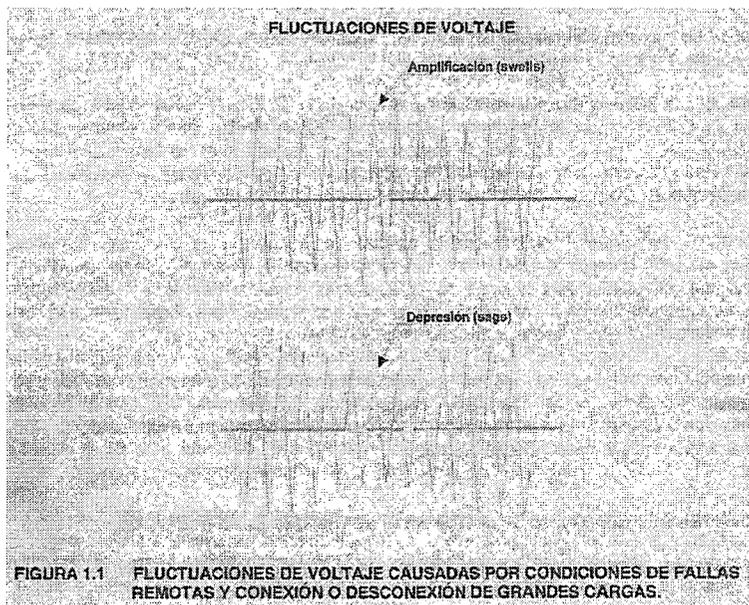
Las fuentes mayores de problemas de calidad de la energía eléctrica pueden ser divididas en dos categorías, dependiendo de la localización de la fuente en relación con el equipo de medición de la energía:

- ✓ Una categoría es en el lado del suministro de energía e incluye maniobras de conmutación (switching), fallas en el sistema de potencia y descargas atmosféricas.
- ✓ La otra categoría es en el lado del usuario e incluye cargas no lineales, puesta a tierra deficiente, interferencia electromagnética (EMI) y electricidad estática.

A continuación se presentan algunas fuentes de disturbio, efectos y posibles soluciones para algunos problemas de la calidad de la energía eléctrica (Kennedy 2000, Pág. 34; Melhorn y Mc Granaghan, 1995, Pág. 1364).

Efectos: Parpadeo en lámparas, irritación.

Ejemplos de soluciones acondicionadoras de potencia: Compensadores estáticos de VAR.



Nota: Las tecnologías de almacenamiento de energía se refieren a una variedad de tecnologías alternativas de almacenamiento de energía que pueden ser usadas para alimentación de reserva como parte del equipo acondicionador de potencia (por ejemplo, almacenamiento de energía magnética superconductora, capacitores, volantes, baterías).

Las depresiones de voltaje, las elevaciones de voltaje y las interrupciones son clasificadas como *variaciones RMS* o *variaciones del valor eficaz del voltaje*. El valor RMS se obtiene al elevar al cuadrado los datos muestreados, promediarlos y después obtener la raíz cuadrada. El valor RMS de una forma de onda periódica es el valor que producirá la misma pérdida de potencia en una resistencia pura que si

se aplicara un voltaje continuo a la resistencia. Para una senoide pura el valor eficaz es igual a 0.7071 veces el valor máximo, que es el valor medido por los voltímetros de CA comunes. Con ondas distorsionadas, se debería usar un medidor de valor eficaz real (true RMS) o las lecturas que se obtengan puede que no sean representativas de lo que está sucediendo en el circuito.

En Dranetz-BMI (s/f) se da una lista de los disturbios de potencia más comúnmente encontrados:

a) Depresiones de voltaje

Síntomas

- Computadoras: el sistema se bloquea, el sistema se cae, errores y pérdida de datos.
- Control de procesos: pérdida del control, el sistema deja de operar.
- Motores: sobrecalentamiento, daño de contactos.
- Disparo de ASD.
- Alumbrado: salida reducida, la descarga de alta intensidad se extingue.

Causas probables

- Liberación de fallas en cualquier lado del medidor: clima, fuego, árboles, animales, personas, equipo.
- Arranque de motores grandes.
- Sistema de distribución sub-dimensionado.

Soluciones típicas

- Acondicionadores de potencia:
- Transformadores de voltaje constante (CVT).
- Grupos motor-generador.
- UPS (en línea, fuera de línea, interactivas en línea).
- Arranque escalonado de motor,
- Dimensionar la infraestructura apropiadamente.

b) Sobre voltajes transitorios

Síntomas

- Computadoras: el sistema se bloquea, errores y pérdida de datos, daño de componentes.
- Control de procesos: pérdida del control.
- Motores: daño al aislamiento, disparo de ASD.

Causas probables:

- Rayos
- Switchero de capacitores
- Fallas con arqueo
- Switchero de cargas.

Soluciones típicas:

- Supresores de sobre voltaje transitorio (TVSS).
- Acondicionadores de potencia con TVSS.
- UPS con TVSS.
- Inductores.

c) Interrupciones

Síntomas

- Todo el equipo eléctrico sale de operación.

Causas probables

- Falla del equipo
- Disparo de dispositivos de seguridad
- Accesorios de líneas de potencia flojos o rotos.

Soluciones típicas:

- UPS (en línea, fuera de línea, interactivas en línea).
- Generadores de respaldo.

d) Armónicas

Síntomas

- Neutros y transformadores de distribución sobrecalentados
- La distorsión del voltaje puede causar errores de tiempo
- Disparo de relevadores de falla a tierra (GFR)

Causas probables

- Cargas no lineales
- Computadoras monofásicas
- Fuentes electrónicas de potencia
- ASD

Soluciones típicas:

- Neutros sobredimensionados y dedicados.
- Filtros.
- Transformadores K-nominados

e) Ruido eléctrico EMI/RFI/EMF

Síntomas

- Errores de datos
- Ruido en monitores o pantalla ondulante
- Errores en control de procesos

Causas probables

- Motores / soldadoras
- Puesta a tierra inadecuada
- Dispositivos electrónicos

Soluciones típicas:

- Cargas separadas.
- Transformador de aislamiento.
- Puesta a tierra-blindaje adecuados.
- Algunos acondicionadores de potencia.
- Algunas UPS.
- Algunos TVSS.

f) Problemas de alambrado y Puesta a tierra

Síntomas

- Computadoras: el sistema se bloquea, errores y pérdida de datos, daño de componentes.
- Dispositivos de seguridad: disparo de relevadores de falla a tierra(GFR), disparo de interruptores de circuito, falla en la operación por puesta a tierra pobre
- Mala operación del equipo

Causas probables

- Trabajo gradual
- Expansión rápida
- Diagramas eléctricos no actualizados
- Falta de mantenimiento
- Alambrado de aluminio
- Porcentaje grande de cargas armónicas
- Especificaciones de puesta a tierra de fabricantes

Soluciones típicas:

- Efectuar una inspección del alambrado y de la puesta a tierra.
- Mantener actualizados los diagramas unifilares.
- Especificar equipo con menos armónicas.
- Efectuar un mantenimiento regular.
- Revisar el sistema completo.

2.3 Definición de Términos Básicos:

✓ **Calidad Suministro:**

Es la normalización del suministro eléctrico mediante reglas que fijan los niveles, parámetros básicos, forma de onda, armónicos, niveles de distorsión armónica, interrupciones, etc.

✓ **Sub Tensión:**

Es un corto incremento en el voltaje, aunque con menor fuerza que un pico.

✓ **Sobre Tensión:**

También denominada "pico de tensión", la sobretensión eléctrica es un aumento repentino y breve del voltaje y/o corriente a una carga conectada. Puede originarse dentro o fuera de la vivienda, edificio Industrial o comercial.

✓ **Interrupciones:**

Una Interrupción eléctrica es una situación en la que la tensión de alimentación en el punto de entrega es inferior al 1% de la tensión declarada en cualquiera de las fases de alimentación.

✓ **Flickers:**

Es un disturbio en la amplitud de la tensión, es de tipo conducido, no simétrico (distinto en cada fase), cuya principal consecuencia es la variación del brillo de las lámparas incandescentes, que causa molestia visual, y que produce cansancio.

✓ **Transitorios impulsivos (disturbio transitorio)**

- **Fuentes:** Descargas atmosféricas, descargas electrostáticas, entrada/salida (switcheo) de cargas, conexión/desconexión (switcheo) de capacitores.
- **Método de caracterización:** Magnitud pico, tiempo de elevación, duración.
- **Efectos:** Destruyen los chips de computadoras y reguladores de televisores.
- Ejemplos de soluciones acondicionadoras de potencia: Aparta rayos, supresores de sobre voltaje transitorio, filtros, transformadores de aislamiento.

✓ **Transitorios oscilatorios (disturbio transitorio)**

- **Fuentes:** Switcheo de líneas y/o cables, switcheo de capacitores, switcheo de cargas, fallas remotas en el sistema.
- **Método de caracterización:** Formas de onda, magnitud pico, componentes de la frecuencia.
- **Efectos:** Destruyen los chips de computadoras y reguladores de televisores.
- Ejemplos de soluciones acondicionadoras de potencia: Aparta rayos, supresores de sobre voltaje transitorio, filtros, transformadores de aislamiento.

✓ **Depresiones (sags) y elevaciones (swells) del voltaje (disturbio RMS)**

- **Fuentes:** Fallas remotas en el sistema, sistemas de protección (interruptores, fusibles), mantenimiento.
- **Método de caracterización:** Valor eficaz contra tiempo, magnitud, duración.
- **Efectos:** Sobrecalentamiento de motores, fallos en computadoras, salida de ASD (Impulsores de velocidad ajustable <Adjustable Speed Drives>).
- Ejemplos de soluciones acondicionadoras de potencia:
Transformadores ferro resonantes, tecnologías de almacenamiento de energía, fuentes de potencia interrumpible (UPS).

✓ **Interrupciones (disturbio RMS)**

- **Fuentes:** Protecciones del sistema (interruptores, fusibles), mantenimiento.
- **Método de caracterización:** Duración.
- **Efectos:** Pérdida de producción, salida de operación del equipo.
- Ejemplos de soluciones acondicionadoras de potencia: Tecnologías de almacenamiento de energía, fuentes de potencia ininterrumpida (UPS), generación de respaldo.

✓ **Sobre voltajes / Bajos voltajes (variación de estado estacionario)**

- **Fuentes:** Arranque de motores, variaciones de la carga, tiro de carga.
- **Método de caracterización:** Valor eficaz contra tiempo, estadísticas.
- **Efectos:** Se acorta la vida de los motores y de los filamentos de las lámparas.
- Ejemplos de soluciones acondicionadoras de potencia: Reguladores de voltaje, transformadores ferro resonantes.

✓ **Distorsión armónica (variación de estado estacionario)**

- **Fuentes:** Cargas no lineales, resonancia del sistema.
- **Método de caracterización:** Espectro armónico, distorsión armónica total, estadísticas.
- **Efectos:** Sobre calentamiento de transformadores y motores, operación de fusibles y disparo de relevadores de protección, mala operación de medidores.
- Ejemplos de soluciones acondicionadoras de potencia: Filtros activos y pasivos, transformadores con cancelación de componentes de secuencia cero.

✓ **Fluctuaciones del voltaje (variación de estado estacionario)**

Significa una disminución momentánea en la magnitud del voltaje RMS, con una duración que va desde 10 ms (0.6 ciclos) hasta 2.5 seg. (150 ciclos), causado por una falla remota en algún lugar del sistema de potencia. También existen las elevaciones de tensión ("swells"), que no son tan comunes. Las condiciones de alto o bajo voltaje pueden representarse en circuitos durante la desconexión de cargas de gran tamaño o durante períodos de sobrecargas, respectivamente.

Una depresión severa se define como aquella menor que el 85% de la tensión nominal. Si estas condiciones se presentan con frecuencia o durante períodos prolongados, pueden dar lugar a envejecimiento de componentes electrónicos en sistemas digitales y errores durante el almacenamiento o lectura de la información. Su presencia puede, algunas veces, detectarse visualmente al presentarse "parpadeo" o disminución del nivel de iluminación en lámparas, o reducción "encogimiento" del área de despliegue en monitores de televisión o computadoras.

- ✓ **Fuentes:** Cargas intermitentes, arranque de motores, hornos de arco.
- ✓ **Método de caracterizarlo:** Magnitud de la variación, frecuencia de ocurrencia, frecuencia de la modulación.

A.ACTUALIDAD DE LA CALIDAD DE SUMINISTRO ELÉCTRICO

La electricidad como forma de energía

En el Complejo Energía-Combustible la forma de energía más versátil es, indudablemente, la energía eléctrica, lo que está dado por la facilidad de su uso en cualquier proporción, su accesibilidad y posibilidad de conversión, de manera relativamente sencilla, a otros tipos de energía. A ello es preciso agregar la facilidad de su transportación económica a grandes distancias y en grandes bloques, todo lo que le ha dado, desde la época de su primera implementación práctica, una preferencia indiscutible y un lugar sin competencia en la vida que llamamos moderna.

¿Qué parámetros se incluyen en el concepto de Calidad?:

- Confiabilidad del servicio
- Desviaciones de la frecuencia
- Desviaciones y fluctuaciones tensión
- Desviaciones de la tensión nominal o de trabajo
- Fluctuaciones rápidas de la tensión (flicker)
- Modulaciones en la onda de tensión
- Sobretensiones
- Distorsión de la onda de tensión y corriente
- Contenido de armónicos superiores en las ondas de tensión y corriente
- Asimetría de las tensiones trifásicas

En lo referido a las perturbaciones de la tensión:

- Depresión, “bajón” de tensión (dip) es una reducción repentina seguida por una recuperación después de un corto período de tiempo (desde unos pocos ciclos hasta unos pocos segundos).
- El bajón de tensión se caracteriza por el valor rms debajo de determinado umbral que generalmente se toma como 90% de la tensión de referencia U_{ref} parametrizándose por la profundidad del bajón de tensión ΔU y por la duración de éste Δt .
- Las interrupciones de tensión es el bajón para 1-10% de U_{ref} y se caracterizan sólo por la duración.
- Las perturbaciones de tensión son consideradas:
 - $\Delta t < T/2$ transitorias
 - $T/2 < \Delta t < 30T$ instantáneas
 - $30T < \Delta t < 3$ s momentáneas
 - 3 s $< \Delta t < 1$ min temporales
 - $\Delta t > 1$ min sostenida

¿Por qué la importancia de este tema en la actualidad?

- ✓ La sociedad y la industria actual poseen una penetración de altísimo grado en cuanto a equipamiento electrónico de diversas generaciones, vinculados al control de procesos, accionamiento, procesamiento de datos, comunicaciones y transmisión de información, dispositivos domésticos, comerciales y de entretenimiento entre otros.
- ✓ Los fabricantes de este equipamiento, en un mercado competitivo, diseñan el burden de sus equipos en el nivel de los normados por el sistema, de manera que las desviaciones dentro de esos límites no afectan el funcionamiento.

- ✓ El uso extendido y progresivo de fuentes alternativas de energía no convencional, como la eólica y la solar, usualmente utilizan generadores con inversores, esquemas híbridos en muchos casos conectados a las redes de distribución. El proceso de conversión de DC a AC conlleva la generación de armónicos.
- ✓ En el mundo la electricidad se trata como una mercancía en un mercado con características peculiares, desde los centralizados hasta los desregulados, por ello, la definición de parámetros de calidad permiten determinar las características de competitividad del producto de determinado suministrador.
- ✓ Una insuficiente calidad en el suministro de la energía eléctrica afecta, en mayor o menor grado, a otras tecnologías y procesos industriales, donde las pérdidas económicas que se generan por este concepto pueden llegar a ser importantes.
- ✓ La deficiente calidad en el suministro provoca una operación ineficiente e impropia, entre otros, en las redes eléctricas, conducente a averías o incremento en los costos de operación, los que, al final, redundan en pérdidas para las compañías del servicio eléctrico.

Algunas de las implicaciones de las deficiencias en la calidad del suministro eléctrico

- ✓ Con parámetros de tensión diferentes a los nominales o de trabajo ocurre la aceleración del envejecimiento del aislamiento de los equipos eléctricos, como consecuencia de un calentamiento más intenso y en una serie de casos como resultado del reforzamiento de procesos de ionización. De aquí se deriva una intensificación de las tasas de averías.
- ✓ Las desviaciones de tensión conllevan a un aumento del calentamiento de motores eléctricos con momentos constantes de carga (carga tipo transportador, elevador etc.), acelerando el envejecimiento del aislamiento.

- ✓ La elevación de la tensión por encima de la nominal conlleva a la disminución del tiempo de vida útil de lámparas.

Implicaciones de las deficiencias en la calidad del suministro eléctrico

- ✓ La asimetría en la tensión también conlleva al calentamiento adicional del equipamiento de fuerza y disminuye su vida útil. Este defecto también influye negativamente en el funcionamiento de algunos esquemas de protecciones por relés, provocando operaciones erráticas y sacando de funcionamiento equipos.
- ✓ La aparición de variaciones rápidas en la asimetría de las tensiones trifásicas, características en circuitos donde están conectados hornos de acero por arco eléctrico, conllevan a la variación de los momentos de torque en los motores eléctricos, lo que es causa de aparición de esfuerzos adicionales en las cabezas de las bobinas de las máquinas, su vibración y tensiones de fatiga en elementos mecánicos constructivos del propio motor y el accionamiento, lo que trae como resultado una disminución de su tiempo de vida.
- ✓ Las variaciones de la tensión actúan de diferente manera en los distintos tipos de equipamiento eléctrico.
- ✓ Por ejemplo, en las baterías de condensadores utilizados para la compensación de potencia reactiva provoca procesos transitorios que conducen a la sobrecarga de los condensadores por corriente y en casos por tensión, como resultado de lo cual la batería puede salir de servicio en un período, a veces, significativamente rápido en dependencia de la magnitud de la perturbación.

- ✓ En el caso de los motores las variaciones de tensión conducen al calentamiento adicional y a la variación del momento al eje. Los bajones de tensión para los motores asincrónicos tienden a frenarlos y a procesos de re-arranques, pudiendo llegar a situaciones de disparo de protecciones, sobretodo, cuando trabajan simultáneamente grupos de motores.
- ✓ La presencia de armónicos superiores conducen a la aceleración del envejecimiento del aislamiento, al calentamiento adicional de las partes conductoras de los equipos e instalaciones, al incremento de las pérdidas de energía en las redes, a la operación errática de los esquemas de protecciones eléctricas, al envejecimiento acelerado de las baterías de condensadores provocando su fallo, etc.
- ✓ La presencia de armónicos superiores también implican el aumento de las pérdidas parásitas e históricas en los núcleos de motores y transformadores, tanto del sistema eléctrico como de los propios consumidores. De igual manera crean interferencias en los servicios de comunicaciones y transmisión de datos.
- ✓ La práctica ha demostrado el incremento del error en las lecturas de metros contadores de energía del tipo de inducción ante la presencia de armónicos, además de daños mecánicos producidos por los armónicos de orden $3n+2$ cuando estos son significativos, lo que recomienda la no utilización de este tipo de metro en redes o consumidores contaminados.
- ✓ La reducción de la frecuencia conduce a una disminución de la productividad de los accionamientos eléctricos, al trabajo inestable de equipos electrónicos, de mediciones y de sistemas de protecciones. En las centrales termoeléctricas tiene también influencia en las vibraciones de las turbinas, las que tienen bandas estrictas de variaciones admisibles de este parámetro.
- ✓ La experiencia de los sistemas industriales ha demostrado una dependencia entre la disminución de la confiabilidad y la disminución de los parámetros de
- ✓ calidad del suministro eléctrico.

- ✓ La disminución de la tensión en determinados niveles trae como consecuencia el aumento de las demandas de potencia reactiva de los equipos eléctricos, esto conduce al aumento de las pérdidas de energía en las redes y al empeoramiento progresivo de las condiciones de tensión.
- ✓ La presencia de armónicos superiores en los sistemas implica el aumento de pérdidas en las líneas y la aparición de posibles condiciones de resonancia que provocan sobretensiones permanentes y transitorias en eventos de conmutación.

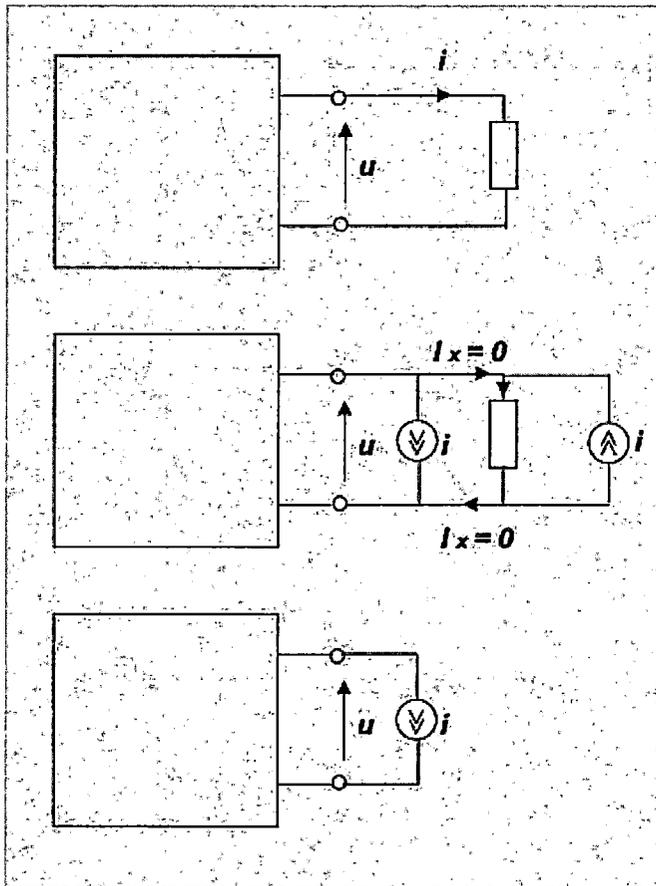
Equipamiento	Depresiones de tensión		Sobretensiones	Armónicos	Desbalance	Fluctuaciones de tensión
	<0.5s	>0.5s				
<i>Motores asincrónicos</i>		■		■	■	
<i>Motores sincrónicos</i>		■		■	■	
<i>Actuadores</i>		■				
<i>Accionamiento de velocidad</i>	■	■	■	■	■	
<i>Dispositivos de procesamiento de datos, control numérico</i>	■	■	■	■	■	

Equipamiento	Depresiones de tensión		Sobretensiones	Armónicos	Desbalance	Fluctuaciones de tensión
	<0.5s	>0.5s				
<i>Hornos de inducción</i>			■			
<i>Iluminación</i>			■	■		■
<i>Bancos de capacitores</i>			■	■		
<i>Transformadores</i>			■	■		
<i>Inversores</i>	■	■			■	
<i>Interruptor</i>			■	■		
<i>Cables</i>			■	■		

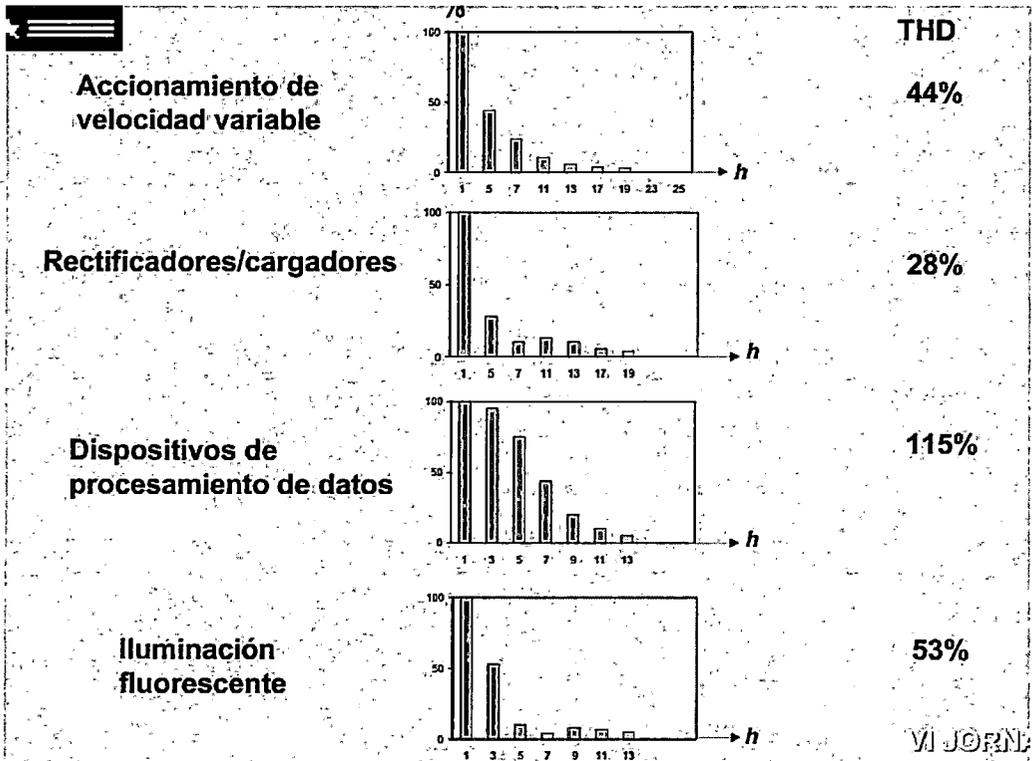
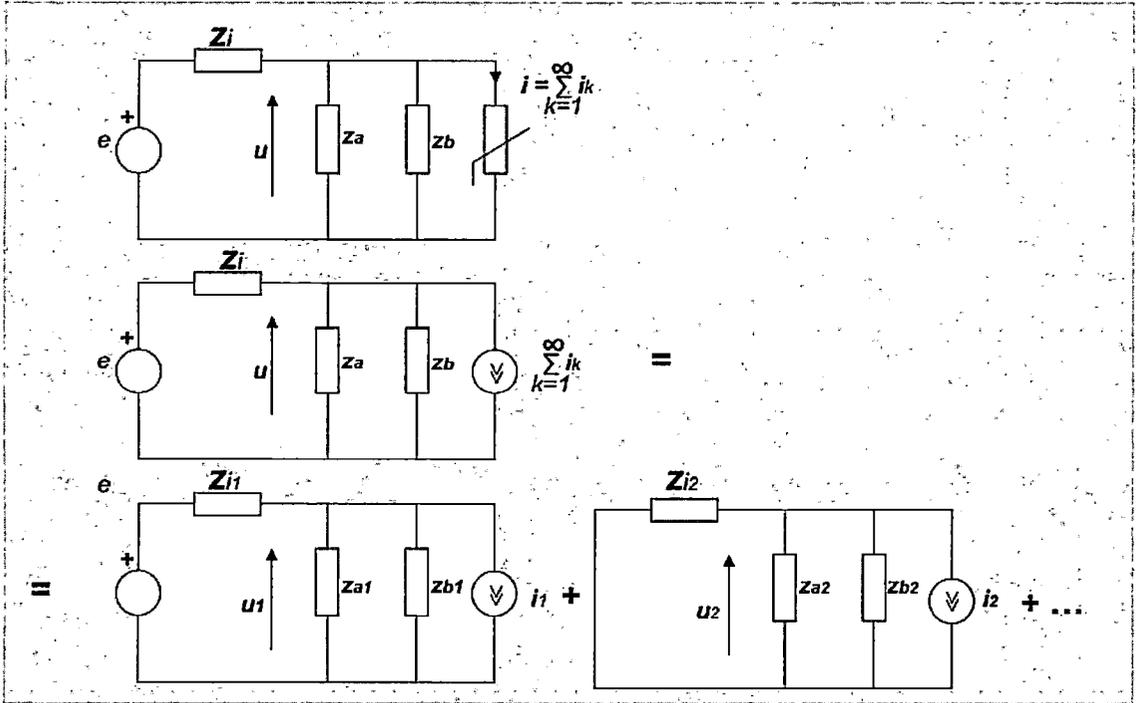
Consumidores contaminantes de la red

- ✓ Existen consumidores altamente contaminantes de la red, al tener equipos, en muchos casos de envergadura, que significan cargas alinéales grandes generadoras de armónicos, tales son los casos de los hornos de fundición por arco eléctrico, los equipos de soldadura por arco, los equipos numéricos, los equipos de cómputo, los laminadores, etc.
- ✓ Las fuentes alternativas de energía no convencional, como la eólica y la solar, usualmente utilizan generadores con inversores, esquemas híbridos en muchos casos conectados a las redes de distribución. El proceso de conversión de DC a AC conlleva la generación de armónicos.

¿Por qué las cargas alinéales son contaminantes de la red eléctrica?



¿Por qué las cargas alinéales son contaminantes de la red eléctrica?



Contaminantes de la red con las perturbaciones de la tensión

- ✓ Situaciones que conllevan a altas corrientes, causando caídas de tensión en las impedancias de la red.
- ✓ Fallas en los circuitos de transmisión y distribución.
- ✓ Re cierres automáticos en los esquemas de protecciones de la red.
- ✓ Conexión y desconexión de grandes cargas (motores asincrónicos, hornos por arco eléctrico, máquinas de soldar, calderas eléctricas, etc.) en función de las potencias de cortocircuito en los puntos de instalación.
- ✓ Fallas del aislamiento.
- ✓ Condiciones de ferro resonancia.
- ✓ Fallas longitudinales en el del neutro de los sistemas.
- ✓ Sobre compensación de potencia reactiva
- ✓ Conmutaciones en los sistemas de transmisión y distribución.
- ✓ Descargas atmosféricas (impactos directos e inducidos).

Responsabilidad en el aseguramiento de la calidad del Servicio Eléctrico

- ✓ El papel principal en la calidad del servicio eléctrico recae, por supuesto, en la empresa del servicio público, la que debe mantener los parámetros de tensión y frecuencia en los valores nominales o de trabajo en todo momento, pero tienen una incidencia muy importante los propios consumidores, causantes de contaminación de la red, desde los consumidores del sector residencial hasta los grandes consumidores industriales.
- ✓ La contaminación del sector residencial hacia la red es fundamentalmente de carácter extensivo, pues el peso relativo de un solo consumidor es insignificante.

Indicadores de la Calidad de la Energía y su cálculo

- ✓ Desviación de la tensión (fluctuación lenta)
- ✓ $\Delta U = (U - U_{nom}) / U_{nom} * 100$
- ✓ Fluctuación rápida de tensión (parpadeo, flicker)
- ✓ $P_{st} = (0.0314 P_{0.1} + 0.0525 P_1 + 0.0657 P_3 + 0.28 P_{10} + 0.08 P_{50})$
- ✓ P_{st} índice de severidad del flicker de corta duración $P_{0.1}$, P_1 , P_3 , P_{10} , P_{50} niveles de efecto flicker que se sobrepasan durante el 0.1%, 1%, 3%, 10%, 50% del tiempo total del período de observación
- ✓ Bajón de tensión por debajo del 90% del U_{ref} caracterizado por la magnitud efectiva y la duración:

- $\Delta t < T/2$ transitorias
- $T/2 < \Delta t < 30T$ instantáneas
- $30T < \Delta t < 3$ s momentáneas
- $s < \Delta t \leq 1$ min temporales
- $\Delta t > 1$ min sostenida

- ✓ Distorsión de la onda de tensión (o corriente)
- ✓ $V_i' = (V_i / V_{nom}) * 100$, Valor porcentual de la tensión del armónico.
- ✓ $Thd = (\sum V_i) / V_{nom}$ distorsión total de armónicos
- ✓ V_i valor efectivo de los armónicos superiores
- ✓ Asimetría de la tensión

$K_2 = 100 * U_2 / U_1$ coeficiente de secuencia negativa

$$U_1 = 0.33 (U_{ab} + U_{bc} + U_{ca})$$

$$U_2 = 0.62 (U_{dmax} - U_{dmin})$$

U_{dmax} y U_{dmin} mayor y menor desbalance entre las magnitudes de tensión $K_0 =$

$173 U_0 / U_1$ coeficiente de secuencia cero

Normas para valorar la Calidad del Suministro de Energía Eléctrica

Las normas establecidas por el IEC al respecto son:

- ✓ IEC 60050-161
- ✓ IEC 61000-2-1
- ✓ IEC 61000-3-2
- ✓ IEC 61000-3-6
- ✓ IEC 61000-3-7
- ✓ IEC 61000-4-7
- ✓ IEC 61000-4-13
- ✓ IEC 61287-2-TS
- ✓ IEC 61642
- ✓ IEC 61786

En ella se han considerado los siguientes fenómenos perturbadores:

- ✓ Armónicos
- ✓ Inter-armónicos
- ✓ Fluctuaciones de tensión
- ✓ Caídas de voltajes e interrupciones cortas del suministro
- ✓ Desbalances de tensión
- ✓ Señales principales
- ✓ Variaciones de frecuencia
- ✓ Componentes de DC en los sistemas de AC

Nivel de calidad del suministro eléctrico

- ✓ La IEC 60050-161 establece como compatibilidad electromagnética, a la habilidad de un equipo o sistema de funcionar satisfactoriamente en su entorno electromagnético sin introducir perturbaciones electromagnéticas intolerables a nadie en ese entorno.

- ✓ Una vía de asegurar los niveles de compatibilidad es especificar los límites de emisiones del usuario con suficiente margen por debajo de los niveles de compatibilidad, lo que es posible en las instalaciones grandes según IEC 61000-3-6 e IEC 61000-3-7.
- ✓ En baja tensión se establecen límites de emisión para familias de equipos (IEC 61000-3-2)
- ✓ A partir de los niveles de inmunidad del equipamiento se pueden esperar niveles apropiados de comportamiento del sistema a perturbaciones en diferentes clases de entornos electromagnéticos, como por ejemplo podría ser, sólo con propósitos indicativos (no como norma):
 - ✓ Perturbación Clase1 Clase2 Clase3
 - ✓ Variación de tensión $\Delta U/U_n$ + - 8% + - 10% +10% - 15%
 - ✓ Bajón de tensión
 - ✓ $\Delta U/U_n$ 10%-100% 10%-100% 10%-100%
 - ✓ Δt (cantidad de semi-ciclos) 1 1-300 1-300
 - ✓ Interrupciones cortas ninguna - ≤ 60
 - ✓ Desbalances (U_2/U_1) 2% 2% 3%
 - ✓ Variaciones de frecuencia $\Delta f/f_n$ + - 1% + - 1% + - 2%

Normas para valorar la Calidad del Suministro de Energía Eléctrica

Es muy utilizada la norma IEEE-519-92 que referentes a la emisión de armónicos de tensión establece las siguientes prescripciones:

Distorsión de tensión de Distorsión total la tensión en los Armónicos individuales, %
 thd, %Hasta 69 kV 3.0 5.0, 69-161 kV 1.5 2.5, Más de 1.0 1.5

Para bajas tensiones se establecen valores normativos mayores que los de arriba indicados, siendo los valores máximos del thd hasta 1kV de 6% para los impares y 3% para los pares.

La distorsión de corrientes en sistemas de transmisión > 161 kV, la citada norma los estipula de la siguiente manera:

Número de orden de los armónicos individuales I_{cc}/I_{carga} <11 ; $11 < h < 17$ $17 < h < 23$; $23 < h < 35$; $35 < h$;

T_{hd} < 50 2.0 1.0 0.75 0.3 0.15 2.5 > 50 3.0 1.5 1.15 0.45 0.22 3.75

Nota: los armónicos pares se limitan al 25% de los impares, en el caso de K_2 y K_0 se establecen los valores de 2% como normal y 4% como máximo para ambos en cualquier nivel de tensión.

Acciones para mejorar la Calidad del Suministro de la Energía Eléctrica

- ✓ Una dirección importante en la regulación de la calidad de la energía se realiza en el propio consumidor.
- ✓ Las variaciones de carga que provocan grandes afectaciones en los sistemas radican en los propios consumidores, estas variaciones afectan el comportamiento de todo el sistema y en especial, del resto de las cargas conectadas en la barra del mismo consumidor.
- ✓ El punto donde se logra mayor economía en la implementación de medidas para mejorar la calidad del servicio es en las barras del usuario de tal manera se precisa de una compensación adecuada de la carga reactiva del consumidor, para lo cual ha de disponerse por parte de éste de los bancos de capacitores requeridos, con el sistema de regulación adecuada para lograr un alto factor de potencia estable que, cuando la carga varía en un amplio margen, se requiere de bancos regulados.
- ✓ La práctica actual en estos casos es el empleo de SVC

Control sobre los parámetros de calidad

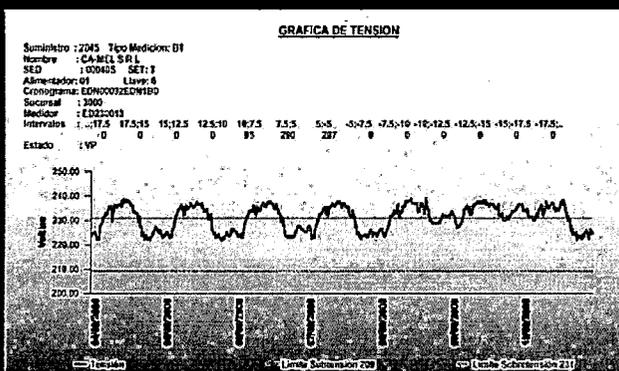
- ✓ Los órganos regulatorios de los países establecen diferentes regulaciones y normas para la actividad del control de las empresas del servicio eléctrico sobre los parámetros de calidad de la energía suministrada. Estas normas

estipulan las bases estadísticas que se deben llevar, la forma de hacer las mediciones y muestreos, los instrumentos que deben ser utilizados en ese propósito y el análisis sobre las desviaciones estadísticas, de manera tal que sirvan de base a las auditorías que aquellos realizan y además, que puedan servir como base de evidencias ante distintas reclamaciones de las partes protagonistas del servicio eléctrico en cada país.

- ✓ El marco regulatorio del país en cuanto al Sistema
- ✓ Electro-energético Nacional está en actual revisión
- ✓ No existe una plena conciencia en productores, distribuidores y consumidores sobre la importancia extrema de darle un seguimiento, control y estipulaciones rígidas a este tema.
- ✓ Puede realmente decirse que hoy día la calidad en la energía suministrada es eficiente y en ello inciden tanto los productores y distribuidores.
- ✓ Algunos consumidores son especialmente contaminantes en grado superlativo, con grandes afectaciones al sistema, al resto de los consumidores y a él mismo.

CALIDAD DE SUMINISTRO, PONER GRAFICAS

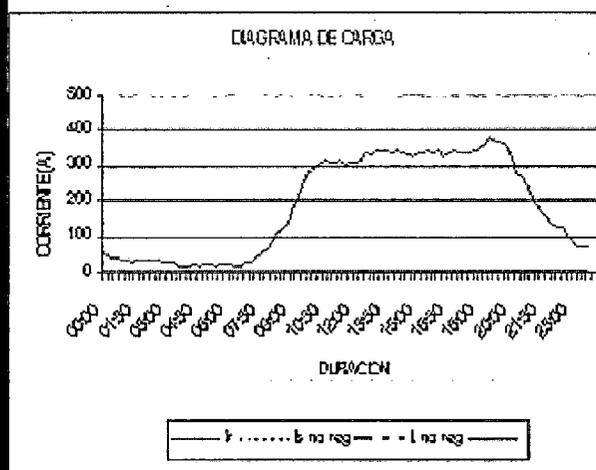
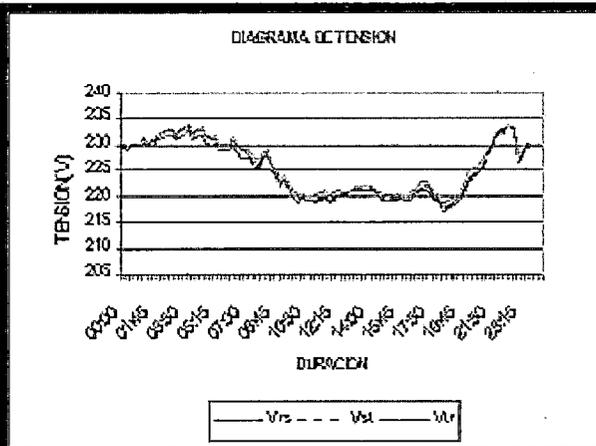
Medición de Tensión de Forma Grafica



Medición de Tensión Tipo Registro

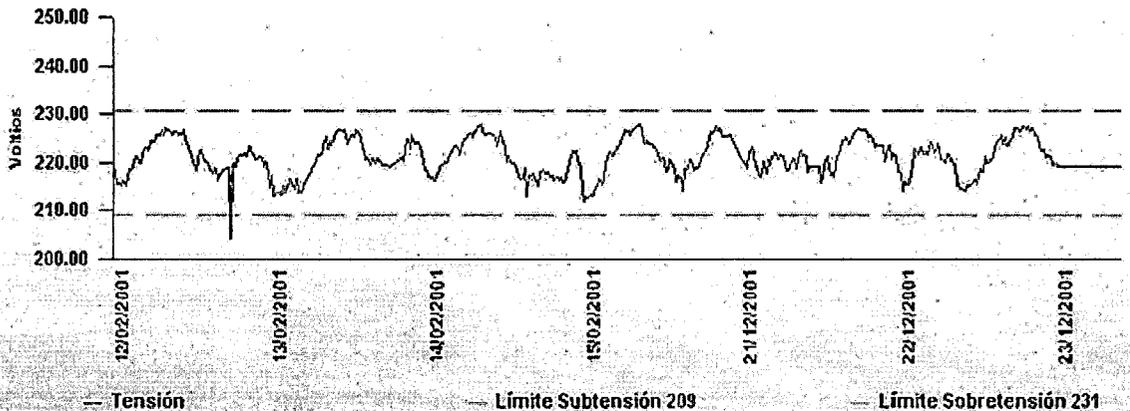
Fecha	Hora	V-Med R	V-Max R	V-Min R	(EV) R	Arq (%)	Flick(%)	Actual
01/06/00	11:30	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	A
01/06/00	11:45	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	A
01/06/00	12:00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	A
01/06/00	12:15	219.29	219.70	217.72	0.000	2.54	0.00	
01/06/00	12:30	219.46	219.85	217.35	0.000	2.53	0.00	
01/06/00	12:45	219.43	220.59	218.11	0.000	2.47	0.00	
01/06/00	13:00	220.59	221.37	219.93	0.000	2.49	0.00	
01/06/00	13:15	220.39	221.29	219.49	0.000	2.72	0.00	
01/06/00	13:30	220.29	221.37	219.01	0.000	2.96	0.00	
01/06/00	13:45	219.54	220.39	218.70	0.000	3.10	0.00	
01/06/00	14:00	219.15	220.19	219.44	0.000	3.13	0.00	
01/06/00	14:15	219.22	220.82	218.11	0.000	3.13	0.00	
01/06/00	14:30	219.24	219.59	217.19	0.000	3.40	0.00	
01/06/00	14:45	217.05	219.00	216.42	0.000	3.49	0.00	
01/06/00	15:00	217.92	219.03	217.00	0.000	3.51	0.00	
01/06/00	15:15	217.92	218.08	217.00	0.000	3.44	0.00	
01/06/00	15:30	217.33	219.00	216.59	0.000	3.38	0.00	
01/06/00	15:45	219.73	220.19	217.79	0.000	3.10	0.00	
01/06/00	16:00	219.76	220.53	218.74	0.000	3.17	0.00	
01/06/00	16:15	220.07	220.52	219.15	0.000	3.09	0.00	
01/06/00	16:30	219.87	220.59	219.15	0.000	2.95	0.00	
01/06/00	16:45	220.26	220.91	219.43	0.000	2.90	0.00	
01/06/00	17:00	220.07	220.59	218.03	0.000	3.01	0.00	
01/06/00	17:15	220.33	220.78	219.87	0.000	3.17	0.00	

SED		03939A	
TIPO	AEREA		
SUBTIPO	BIPOSTE		
SET ALIM	P27		
FECHA DE REGISTRO	29-10-01		
TRANSFORMADOR			
KVA NOMINAL	250		
KARDEX	102-02948		
MARCA	DELCROSA		
TENSION DE CC	0,00		
AÑO FABRICACION	1981		
TIPO	0		
DISYUNTOR MT	0		
DISYUNTOR BT	0		
TENSION (V)	10500..9500/230		
CORRIENTE (A)	14,5/827		
POSICION TAP	2		
DATOS DE REGISTRO			
TENSION (V)	MIN	MAX	217,4 234,1
CORRIENTE (A)	383		
POTENCIA(KVA)	MIN	MAX	7,2 144,7
FACTOR DE USO TRANSF.	58%		
FACTOR DE CARGA CABLE COI	40%		
TIEMPO SIN SOBRECARGA	24	HRS/DIA	
TIEMPO CON SOBRECARGA	0	HRS/DIA	
DIAGNOSTICO			
TRANSFORMADOR	NORMAL		
CABLE DE COMUNICACIÓN	NORMAL		



GRAFICA DE TENSION

Suministro : 171950 Tipo Medicion: BT
 Nombre : VIDAURAZAGA PALMIRA RISCO VDA DE
 SED : 02399A SET: M
 Alimentador: 11 Llave: 1
 Cronograma: EDH01122EDH1B0
 Sucursal : 3000
 Medidor : ED230033
 Intervalos : ..;17,5 17,5;15 15;12,5 12,5;10 10;7,5 7,5;5 5;5 -5;-7,5 -7,5;-10 -10;-12,5 -12,5;-15 -15;-17,5 -17,5;..
 Estado : 1



B. DISEÑO DE LAS REDES DE DISTRIBUCION ELÉCTRICA EN EL PERÚ

El mercado peruano de distribución eléctrica está conformado por 22 empresas que cubren un igual número de zonas de concesión, de las cuales 5 se encuentran actualmente bajo control privado. En tal sentido, la participación del Estado en los activos, facturación y número de clientes del sector es de 37%, 31% y 51%, respectivamente.

La actividad de distribución eléctrica no fue ajena a la ola de reformas experimentada por el sector energía a inicios de la década pasada. Los efectos en este caso también fueron positivos. Así, por ejemplo, la cobertura eléctrica nacional pasó de 55% en 1993 a 74% en 2001, mientras que las pérdidas de energía se redujeron de 21.8% a 10.8% durante el mismo período. En términos de las tarifas, las reformas también tuvieron resultados favorables para los consumidores.

El mercado regulado de electricidad, conformado por aquellos clientes con un consumo menor a 1 MW, representa cerca del 53% de los despachos de energía y 67% de la facturación. La diferencia en cada caso corresponde al mercado de clientes libres. Las ventas de energía a clientes finales llegaron a US\$1,153 millones en el 2001.

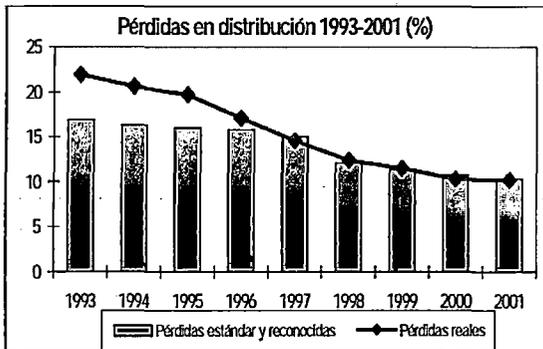
En el segmento regulado las tarifas son fijadas por Osinerg sobre la base de un modelo que replica el funcionamiento de un mercado eficiente y competitivo. Esto hace que los flujos futuros de las distribuidoras sean más predecibles que los de otros negocios, a pesar de que siempre existe el riesgo de una interferencia política en el organismo regulador.

En el mercado libre se permite la competencia entre distribuidoras y generadoras. No obstante, tal competencia es en la práctica limitada debido a que se ha producido una concentración natural de las últimas en los clientes grandes.

En los últimos años, se han desarrollado tecnologías que permiten la transmisión de voz y datos a través de las redes eléctricas. La implementación comercial de tal tecnología representaría una gran oportunidad para las distribuidoras.

1. Introducción

El sector de energía eléctrica peruano comprende tres actividades distintas identificadas por la legislación relevante: la generación, la transmisión y la distribución. Esta última comprende el transporte de la energía desde las redes de alta tensión hasta los centros de consumo a mediana y baja tensión. Los principales activos requeridos para llevar a cabo esta actividad son: (i) las redes de transmisión de bajo voltaje, que cubren toda el área de concesión, y (ii) los transformadores, que se encuentran en las subestaciones, y que sirven para reducir los niveles de tensión de la energía eléctrica hasta 380V ó 220V para el uso del cliente final.



En la actividad de distribución eléctrica confluyen dos características particulares que la hacen diferente de muchos otros productos o mercados. En primer lugar, el bien que ofrece, la energía eléctrica, es un servicio básico,

indispensable para el desenvolvimiento de la economía y otras actividades. En segundo lugar, se trata de un monopolio natural. Esto último, a su vez, debido a que el producto no es almacenable, a que se requieren grandes montos de inversión específica para su desarrollo y sobre todo, a que la distribución se basa en un sistema de redes de transmisión. Esta característica implica que la forma más eficiente de llevar a cabo la actividad es mediante un monopolio regulado, ya que la competencia supondría la instalación de redes paralelas, lo que se traduciría en mayores costos de operación que terminarían pagando los usuarios. Por esta razón, a diferencia de lo que sucede en la mayoría de sectores, en éste las tarifas vienen determinadas por medio de un esquema regulado que busca replicar los resultados de una estructura de mercado competitiva y eficiente. Esta regulación es indispensable si se considera que, tal como se ha dicho, la energía eléctrica es un bien básico.

A nivel cuantitativo, el mercado peruano de distribución eléctrica está conformado por 22 empresas que cubren un igual número de zonas de concesión. A diciembre del 2001, estas empresas atendieron a 3,45 millones de clientes a nivel nacional,

vendiendo 10'515,991 MW-h. (Mega watts-hora). En general, el Perú presenta uno de los niveles más bajos de consumo per cápita de energía de la región, sólo superior a Bolivia, lo que da todavía un margen importante de crecimiento a pesar de que la cobertura eléctrica se encuentra a niveles relativamente altos considerando las características geográficas de nuestro país. Por otro lado, cabe mencionar que la eficiencia del sector ha aumentado considerablemente en los últimos años, lo que se refleja en la reducción de las pérdidas de energía de niveles de 21.8% en 1993 a 10.8% al IVT01.

Cabe resaltar que las principales causas de las pérdidas son los consumos clandestinos o fraudulentos, así como las deficiencias en la medición.

Estas pérdidas se producen principalmente en las redes secundarias o de baja tensión.

2. Reformas

El sector eléctrico peruano estuvo en manos del Estado por aproximadamente dos décadas. En 1972, durante el Gobierno Militar, se estatizaron todas las empresas vinculadas al sector.

Durante este periodo, las empresas eléctricas operaron bajo un esquema verticalmente integrado, es decir, las actividades de generación, transmisión y distribución se efectuaban por una misma compañía. Sin embargo, la participación directa del Estado en el sector trajo consigo un alto grado de politización en la determinación de tarifas y en su manejo corporativo en general, lo que repercutió en un alto grado de ineficiencias. Así, a inicios de los noventa, las empresas eléctricas se encontraban en una difícil situación financiera que les impedía la ejecución de inversiones necesarias para ampliar la cobertura y la calidad del servicio, requisito indispensable para el desarrollo económico. De hecho, todo el sector se encontraba en ese entonces sumido en una grave crisis. En lo que a la actividad de distribución en particular refiere, en 1993 la cobertura eléctrica a nivel nacional alcanzaba a tan sólo 55%, mientras que las pérdidas de energía, tal como se ha comentado ya, llegaban a 21.8%.

Posteriormente, en 1992, se promulgó la Ley de Concesiones Eléctricas (LCE), la que contemplaba una serie de reformas estructurales que apuntaban a la modernización del sector. Bajo este nuevo esquema, el sector privado tomaría un

rol preponderante, cambiando así el paradigma del “Estado Empresario” por el de “Estado Regulador”. En este contexto, los dos pilares fundamentales del proceso de reformas fueron: (i) la privatización, indispensable para el ingreso del sector privado y (ii) el establecimiento de un esquema tarifario adecuado, que diera señales apropiadas para la asignación de recursos.

No obstante, en el caso particular de las privatizaciones en el sector de distribución eléctrica, los avances del proceso han sido hasta la fecha relativamente limitados. Así, si bien es cierto que las dos empresas distribuidoras más importantes, Luz del Sur y Edelnor, fueron exitosamente privatizadas, la mayoría de las empresas existentes en el sector se mantiene en manos del Estado. Sin embargo, cabe mencionar que ello también responde a los problemas que surgieron en el proceso de privatización de las empresas eléctricas del norte (Electrocentro, Hidrandina, Electronorte y Electronoroeste), que obligaron a la reversión de dicho proceso y a la eventual realización de uno nuevo. De esta forma, en la práctica, las únicas empresas distribuidoras eléctricas en manos privadas son 5 (Luz del Sur, Edelnor, Electro Sur Medio, Edechancay y Edecañete) de las 22 existentes, aunque, como ya mencionamos, son las más importantes del sector. En el cuadro adjunto se pueden apreciar los principales resultados de las privatizaciones de empresas distribuidoras (nótese que sólo se incluyen las ventas a operadores estratégicos y no a trabajadores u otros inversionistas privados).

En el cuadro adjunto a la página anterior se pueden apreciar las principales características de la estructura de propiedad en el sector. Un aspecto importante a resaltar es que el Estado sigue siendo un actor muy importante en el mismo. En este sentido, la participación del Estado en los activos, la facturación y el número de clientes, es de 37%, 31% y 51%, respectivamente. Adicionalmente, el problema es mayor si consideramos que las empresas pendientes de privatizar son justamente aquellas que requieren un mayor grado de inversiones debido a que cuentan con menores niveles de cobertura.

Privatización de empresas distribuidoras

	Operador	Año	Monto (US\$ MM)	% partic.	Pago por cliente (US\$)	Clientes (miles)
Edelnor	Distrilima	1994	294	60	470	626
Luz del Sur	Ontario Quinta	1994	354	60	708	500
Edechancay	Distrilima	1995	10.3	60	N.A.	N.A.
Edecañete	Luz del Sur	1996	8.6	100	N.A.	N.A.
Electro Sur Medio	HICA	1996	51	100	591	87
Electrocentro	Rodriguez Banda	1998	33	30	437	250
Hidrandina	Rodriguez Banda	1998	68	30	788	287
Electronorte	Rodriguez Banda	1998	22	30	521	142
Electronoroeste	Rodriguez Banda	1998	23	30	472	165

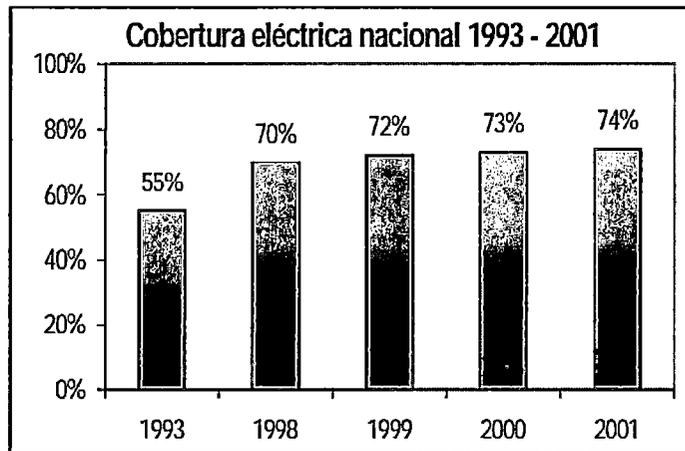
Fuente: CTE

Estructura del sector distribución (privado vs estatal)

	Activos (S/ MM) 1/	(%)	Facturación (US\$)	(%)	Clientes (miles)	(%)
Luz del Sur	1,479	30%	299.6	34%	682	20%
Edelnor 2/	1,464	30%	273.3	31%	867	25%
Electro Sur Medio	112	2%	28.0	3%	112	3%
Edecañete	21	0%	4.4	0%	23	1%
Privado	3,076	63%	605.2	69%	1,684	49%
Hidrandina	357	7%	64.5	7%	349	10%
Electrocentro	315	6%	35.8	4%	296	9%
Seal	229	5%	37.5	4%	212	6%
Electro Sur Este	198	4%	18.6	2%	193	6%
Electronoroeste	179	4%	32.5	4%	198	6%
Electro Puno	152	3%	9.2	1%	99	3%
Electronorte	134	3%	25.0	3%	169	5%
Electrosur	95	2%	12.0	1%	86	2%
Electro Oriente	89	2%	23.4	3%	111	3%
Electro Ucayali	26	1%	10.6	1%	34	1%
Emseusa	10	0%	0.5	0%	4	0%
Emsemsa	5	0%	0.5	0%	5	0%
Coelvisa	5	0%	1.7	0%	1	0%
Sersa	3	0%	0.4	0%	4	0%
Electro Tocache	2	0%	0.4	0%	4	0%
Chavimochic			0.3	0%	3	0%
Electro Pangoa			0.1	0%	1	0%
Estatal	1,796	37%	272.7	31%	1,768	51%
Total	4,873	100%	878.0	100%	3,453	100%

1/. Medidos por el VNR (Valor Nuevo de Reemplazo)

2/. Incluye Edechancay



Los resultados del proceso de reformas iniciado en 1992 con la promulgación de la LCE han sido altamente favorables para el sector de energía eléctrica en general y para la actividad de distribución en particular. Al cierre del 2001, la cobertura eléctrica había alcanzado el 74%, mientras que las pérdidas de energía se habían reducido a 10.8%. En lo que se refiere a los precios, las tarifas finales han tenido también un comportamiento favorable para el consumidor. Si bien esto en su mayor parte ha sido producto de la reducción de las tarifas degeneración, también ha contribuido la mejora en la eficiencia de las distribuidoras. En cualquier caso, entre 1993 y 1994 se produjo un sinceramiento de las tarifas eléctricas con el fin de incrementar los niveles de cobertura, eficiencia y calidad del servicio. A pesar de ello, el crecimiento de la tarifa promedio de la electricidad estuvo por debajo de la inflación, notándose incluso a partir de 1996 una tendencia decreciente en la tarifa residencial y comercial, y desde 1998 en la tarifa industrial.

3. Marco legal y funcionamiento del mercado

Reconociendo las características intrínsecas del sector distribución, la legislación peruana establece la necesidad de regular sus tarifas y monitorear permanentemente a las empresas, lo que está a cargo del Organismo Supervisor de las Inversiones en Energía (Osinerg). Sin embargo, para el caso de los clientes de mayor envergadura, la legislación incluye la posibilidad de la competencia entre distintos ofertantes, al permitir el abastecimiento directo por parte de las generadoras. En este sentido, el consumidor final de energía eléctrica es catalogado como cliente libre o regulado, dependiendo de si su demanda de potencia supera o no los 1,000 kW, respectivamente. Para el caso de los clientes libres, la ley reconoce que ellos poseen una suficiente escala como para tener un

poder de negociación razonable con su proveedor de energía y además ser un cliente potencial atractivo para las generadoras. Así, los clientes libres pueden elegir entre ser abastecidos por las empresas distribuidoras de su área de concesión o directamente por alguna de las empresas generadoras. Por el contrario, los clientes regulados (con demanda de potencia menor a 1,000 kW) se ven obligados a adquirir la energía de las distribuidoras la formación de precios en este mercado depende del tipo de cliente al cual nos referimos. En el caso del mercado de clientes libres, las distribuidoras compiten directamente con las generadoras, por lo que los precios son fruto de las negociaciones con los clientes. Por el contrario, las tarifas del mercado regulado son determinadas por OSINERG (antes por la Comisión de Tarifas Eléctricas - CTE).

En general, como ya explicamos, el procedimiento de cálculo de las tarifas busca conseguir niveles adecuados de eficiencia en un ambiente exento de competencia, aunque sin pasar por alto la necesidad de que existan incentivos económicos suficientes para atraer el capital privado requerido para efectuar las inversiones necesarias. En esta línea, ante la ausencia de competencia efectiva o potencial, los cálculos de tarifas se basan en un modelo financiero que utiliza los parámetros de costos de una empresa modelo eficiente y competitiva en el ámbito internacional. Así, en términos generales, la tarifa que se determine será suficiente para hacer rentable el negocio a una empresa con estándares adecuados de eficiencia. Con esta metodología se busca incentivar a los operadores a implementar las últimas mejoras tecnológicas, ya que los eventuales costos relacionados con sus ineficiencias serían asumidos por la propia empresa, es decir, no serían trasladados a los consumidores a través de un incremento en las tarifas.

Por otro lado, con respecto a los incentivos económicos, la legislación busca dar cierta certeza sobre los retornos de las inversiones en el sector, para lo cual se establece que las tarifas deben ser determinadas de forma tal que otorguen una rentabilidad de 12% sobre los activos de una "empresa eficiente" equivalente. Sin embargo, la LCE incluye también otro factor adicional que aumenta la seguridad de las inversiones en el sector, el cual consiste en la posibilidad de ajustar las tarifas que se derivan del cálculo de la empresa eficiente en el caso de que la "TIR real estimada" que obtendrían las empresas bajo los cálculos iniciales caiga por debajo del 8% o supere el 16%. En caso sucediese lo anterior, las tarifas se ajustarían de forma tal que la rentabilidad real estimada de las empresas estuviera

en dicho rango. Así, en la práctica, el método utilizado no utiliza un “benchmarking” o una comparación “pura” con una empresa eficiente, sino que también se toma en consideración la realidad particular y las características de las instalaciones de cada empresa.

En cuanto a la determinación de las tarifas, el precio pagado por los usuarios se compone de dos elementos: (i) la tarifa en barra, que es el precio al que la distribuidora compra la energía de las empresas generadoras (incluyendo los costos de transmisión) y (ii) el Valor Agregado de Distribución (VAD), que corresponde al monto de la tarifa destinado a cubrir el pago por los servicios de distribución eléctrica. Cabe recordar que lo anterior aplica solamente a los clientes regulados, ya sean estos residenciales, comerciales o industriales. Así, es interés nuestro analizar la forma como se calcula el VAD, ya que de él dependerán los ingresos y rentabilidad de las empresas distribuidoras.

Como ya lo mencionamos, el cálculo del VAD y consecuentemente, el de las tarifas eléctricas al consumidor final, parte de la base de una “empresa modelo eficiente”. Sin embargo, el VAD también considera los costos derivados de las pérdidas estándares de distribución en potencia y energía, así como los costos asociados a la atención del usuario. El proceso de cálculo de tarifas parte de la estimación del costo de inversión correspondiente a renovar los activos con equipos de última tecnología que puedan prestar los mismos servicios que ofrece la empresa distribuidora. Este costo es denominado Valor Nuevo de Reemplazo (VNR). Cabe mencionar que, el cálculo del VNR también toma en cuenta las características de cada zona de concesión.

Esto intenta incorporar el hecho de que la densidad poblacional es uno de los principales determinantes de los costos de inversión, ya que, por ejemplo, el costo individual de atender a clientes en una zona tuguizada es menor que la requerida será atender a clientes más alejados entre sí. Con ese fin, la regulación contempla cuatro sectores típicos de distribución de acuerdo a su densidad poblacional. De esta forma, la metodología busca que los costos estimados se ajusten a la realidad de cada empresa.

Posteriormente, a partir de los VNR obtenidos se determinan las tarifas de forma tal que el retorno sobre el VNR sea de 12%. Luego de ello, como ya mencionamos, se procede a verificar y eventualmente a ajustar, si la TIR que

obtendría la empresa "real" con dichas tarifas se encuentra dentro del rango de entre 8% y 12%. Si la rentabilidad estimada con los datos reales de la empresa está dentro del rango ya mencionado, los VAD se fijan a dichos niveles, mientras que si sucede lo contrario, se ajusta de forma tal que la rentabilidad real se encuentre en el límite superior o inferior de dicho rango.

En conclusión, la metodología de cálculo de las tarifas eléctricas da un alto grado de certeza sobre los flujos futuros de la empresa y hace que éstos sean más estables que los de la mayoría de empresas de otros sectores económicos. Sin embargo, ello no quiere decir que la legislación garantice una rentabilidad real para la empresa, ya que ésta puede ser más o menos eficiente que los parámetros establecidos por el regulador. Así, por ejemplo, una empresa puede mostrar resultados negativos si sus pérdidas de energía son mayores a las reconocidas por la regulación. También si sus demás costos, administrativos, financieros o de otra índole, son mayores a los parámetros considerados como eficientes por el regulador.

Por último, cabe mencionar que este esquema tarifario implica ciertos riesgos de orden regulatorio, ya que existe la posibilidad de que los fijadores de precios no calculen de forma adecuada los componentes de la tarifa en perjuicio de las distribuidoras. Obviamente, dentro de las causas posibles de errores de este tipo siempre podrá estar presente el factor político.

4. Evolución reciente

Las ventas de energía eléctrica a clientes finales alcanzaron los 16,417 GW-h. Durante el 2001, de los cuales el 52.7% correspondió al mercado regulado y el 47.3% al mercado libre. A nivel de ingresos generados, la facturación por dicho concepto alcanzó los US\$1,153 millones, de los que US\$775 millones (67.2%) corresponden al mercado regulado y US\$378 millones (32.8%) al mercado libre.

En lo que respecta al número de clientes, el 99.99% de los mismos (3,45 millones) corresponden a clientes regulados, mientras que los clientes libres llegaron a 237, equivalentes al 0.01% del total. En los cuadros adjuntos se muestra la evolución reciente de los principales indicadores del sector eléctrico.

Como ya explicamos, las ventas al mercado regulado corresponden íntegramente a las empresas distribuidoras, ya que ellas cuentan con el monopolio natural y legal sobre los clientes de dicho segmento. Por el contrario, el mercado de clientes libres es disputado entre las empresas distribuidoras y generadoras. Sin embargo, en el 2001, la participación de las generadoras dentro del mercado libre ha sido bastante superior a la de las distribuidoras, con un despacho de 5,901 GW-h de energía y una facturación de US\$275 millones en comparación con los 1,861 GW-h y US\$103 millones de las distribuidoras.

Esta mayor participación de las generadoras es explicada por su concentración en clientes de gran tamaño, especialmente aquellos que demandan energía en alta tensión, mientras que, por el contrario, las distribuidoras suelen atender principalmente a clientes medianos. Esto se evidencia en el monto promedio anual facturado por cliente libre de las empresas generadoras, el cual llega a US\$4.9 millones, lo que contrasta con los US\$0.6 millones de los clientes libres de las distribuidoras.

En cuanto a la facturación por tipo de uso, cabe mencionar que el rubro que consume más energía es el industrial, con 43.3% del total, seguido por el residencial, con 35.9%, el comercial, 16.3%, y el de alumbrado público, 4.5%. En general, el segmento donde las distribuidoras enfrentan competencia es el industrial, aunque la misma se limita a un reducido número de empresas con demandas de potencia superiores a 1,000 kW y especialmente, a aquellas que demandan energía a alta y muy alta tensión. Por el contrario, el sector residencial y el alumbrado público son segmentos atendidos exclusivamente por distribuidoras, mientras que en el sector comercial, la competencia también es baja debido al menor tamaño de los clientes.

En lo que concierne al mercado residencial, como es obvio, el mayor número de clientes se concentra en los rangos más bajos de consumo, es decir, entre 0 y 30kW-h (35%) y entre 31 y 100 kW-h (33%). Por el contrario, el número de clientes que consumen entre 301 y 500 kW-h llega a tan sólo 4% del total. Así, una de las principales características del sector residencial son los bajos niveles de consumo de la población, lo que se traduce en un alto potencial de crecimiento. Por su parte, en lo que se refiere a los ingresos generados por el sector residencial, es importante resaltar que, a pesar de que el número de clientes con consumos menores a 100 kW-h representa 68% del total, los ingresos generados para las distribuidoras por ellos llegan a tan sólo el 25.4%. Por el contrario, los

clientes que consumen más de 300 kW-h representan alrededor del 33.7% de los ingresos generados por el sector residencial, a pesar de que en número de clientes llegan tan sólo al 7% del total.

Otra característica del mercado eléctrico peruano es su alto nivel de concentración regional. En este sentido, las estadísticas por departamento muestran claramente cómo el mercado regulado está centrado en Lima. Así, el monto de energía vendida a clientes regulados en Lima durante el 2001 representó el 66.9% del total nacional y el monto facturado llegó a 64.5%, seguido muy de lejos por Arequipa y La Libertad.

Con respecto a la estructura financiera del sector, el Balance General consolidado de las distribuidoras al 2001 evidencia el alto monto de inversiones requerido para llevar a cabo la actividad, lo que se refleja en el elevado nivel de activos fijos con respecto a activos corrientes. Sin embargo, las grandes inversiones han sido financiadas principalmente con patrimonio, lo que se refleja en el reducido endeudamiento patrimonial (0.40).

En cuanto a las cuentas del Estado de Ganancias y Pérdidas, se estima que los ingresos del sector en el 2001 alcanzaron los S/.3,224 millones. Asimismo, los gastos habrían llegado a S/.2,754 millones, lo que es equivalente al 85% de los ingresos en dicho periodo. El principal componente de los gastos corresponde a la compra de energía (S/.1,778 millones o 65% del total), seguida por provisiones, servicios a terceros y cargas de personal. La utilidad operativa del ejercicio 2001 alcanzó los S/.472 millones y la meta, los S/.336 millones. Esto representa un margen operativo de 14.6% y un margen neto de 10.4%.

Indicadores comerciales del sector eléctrico

Periodo	Ventas (GW.h)	Facturación (US\$ MM)	Número de clientes
1999	14,648	1,003	3,217,048
2000	15,525	1,112	3,358,633
2001	16,417	1,153	3,452,688

Fuente: Osinerg

Ventas y facturación por tipo de mercado 2001

Mercado	Concepto	Monto
Libre	Ventas (GW.h)	7,762
	Facturación (US\$ MM)	378
Regulado	Ventas (GW.h)	8,655
	Facturación (US\$ MM)	775

Fuente: Osinerg

Facturación 2001 (US\$ MM)

Industrial	499.9	43.3%
Residencial	413.5	35.9%
Comercial	188.0	16.3%
Alumbrado	51.8	4.5%
Total	1,153.2	100.0%

Fuente: Osinerg

Particip. por clientes y facturación 2001

	N° clientes (% total)	Factur. (% total)
de 0 a 30 KW.h	35%	5%
de 31 a 100 KW.h	33%	20%
de 101 a 150 KW.h	12%	15%
de 151 a 300 KW.h	13%	26%
de 301 a 500 KW.h	4%	14%
más de 500 KW.h	3%	19%

Fuente: Osinerg

Mcdo regulado: por departamento 2001

	Ventas (GW.h)	Fact. (US\$)	N° clientes (miles)
Lima	5,792	499	1,578
Arequipa	362	34	207
La Libertad	328	31	190
Piura	327	27	170
Ica	306	24	104
Lambayèque	219	21	127
Ancash	201	19	124
Junín	153	17	159
Cusco	149	14	140
Loreto	117	16	58
Tacna	107	8	57
Puno	88	8	99
Ucayali	88	11	34
San Martín	66	8	61
Huánuco	49	5	43
Tumbes	49	4	28
Cajamarca	48	5	54
Pasco	46	4	39
Moquegua	40	4	29
Ayacucho	39	5	46
Amazonas	37	4	29
Apurímac	20	2	44
Huancavelica	13	1	21
Madre de Dios	13	2	9
Total	8,655	775	3,453

III. NORMATIVA PERUANA APLICADA A LA CALIDAD DE SUMINISTRO.

El objetivo del Código Nacional de Electricidad Suministro, es establecer las reglas preventivas que permitan salvaguardar a las personas (de la concesionaria, o de las contratistas en general, o terceros o ambas) y las instalaciones, durante la construcción, operación y/o mantenimiento de las instalaciones tanto de suministro eléctrico como de comunicaciones, y sus equipos asociados, cuidando de no afectar a las propiedades públicas y privadas, ni el ambiente, ni el Patrimonio Cultural de la Nación.

Estas reglas contienen criterios básicos que son considerados necesarios para la seguridad del personal propio (de la empresa concesionaria, de las contratistas y subcontratistas) y del público, durante condiciones especificadas. Este Código no es un compendio de especificaciones de diseño ni manual de instrucciones.

3.1 REGLAS GENERALES

Todas las líneas de suministro eléctrico y de comunicaciones así como el equipo eléctrico asociado serán diseñadas, construidas, operadas y mantenidas cumpliendo con los requerimientos de estas reglas. Deberá tenderse a disponer de instalaciones en armonía con el medio ambiente, tratando de mantener –en lo práctico posible- el equilibrio con el ornato en particular, y cumplir con las demás normas técnicas y recomendaciones de las entidades gubernamentales competentes según corresponda, siempre y cuando no se contraponga con el marco legal vigente.

- ✓ El Titular es responsable frente al Estado y ante terceros respecto al cumplimiento de este Código, sea que lo haga por sí mismo o mediante Contratistas (o subcontratistas). El Contratista responde frente al Titular por el cumplimiento de este Código.
- ✓ En caso de incumplimientos originados por violaciones posteriores causados por terceros, el afectado deberá recurrir al uso de los dispositivos legales, y comunicar la transgresión al OSINERGMIN y a otras autoridades pertinentes involucradas en el tema en particular.
- ✓ Con respecto a los detalles no incluidos en estas reglas, el diseño, la construcción, operación y el mantenimiento deberán ser efectuados de conformidad con métodos aprobados y reconocidos apropiados a las

- ✓ condiciones locales y serán informados con debida anterioridad a los responsables de la aprobación, supervisión, construcción o del mantenimiento de las líneas de suministro eléctrico o de comunicaciones y de los equipos.
- ✓ El personal instalador o trabajador especializado deberá ser calificado y competente; y los responsables de la supervisión, construcción, operación, mantenimiento o fiscalización, deberán verificar su calidad de mano de obra.
- ✓ Los materiales y productos referidos en este Código deberán cumplir con las Normas Técnicas Peruanas –en los casos que éstas respondan a las exigencias de las normas internacionales de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) – u otras que sean reconocidas y respondan a exigencias internacionales. En caso que las Normas Técnicas Peruanas requieran ser complementadas, utilizar las anteriormente indicadas. Y en la situación particular, que no existan ninguna de las anteriores, se utilizarán normas específicas que sean de uso internacional.
- ✓ Cuando en el Código se haga referencia a normas de otros países o de entidades especializadas, tales como ANSI, IEEE, NFPA, etc.; también podrán considerarse en lugar de ellas o ser complementadas con las normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) correspondientes o equivalentes.

3.2 FRECUENCIA, NIVELES DE TENSIÓN EN SISTEMAS DE CORRIENTE ALTERNA (C.A.) Y REQUERIMIENTOS DE SUMINISTRO EN LOS PUNTOS DE ENTREGA

Los sistemas de corriente alterna (AC) deberán tener una frecuencia nominal de 60 Hz y deberán cumplir las reglas indicadas a continuación; en casos en que no se especifique o no estén comprendidos en esta regla, se deberá cumplir con la norma de la Dirección General de Electricidad (norma DGE) correspondiente.

Niveles de tensión

Podrá continuar utilizándose los niveles de tensión existentes y las tensiones recomendadas siguientes (véase la definición Nivel de Tensión):

✓ **Baja Tensión:**

380 / 220 V - 440 / 220 V

✓ **Media Tensión:**

20,0 kV (*) - 22,9 kV - 33 kV - 22,9 / 13,2 kV - 33 / 19 kV

✓ **Alta Tensión:**

60 kV - 138 kV - 220 kV

✓ **Muy Alta Tensión:**

500 kV

(*) Tensión nominal en media tensión considerada en la NTP-IEC 60038: "Tensiones normalizadas IEC".

RECOMENDACIÓN: Para reducir situaciones de riesgo, en el radio de influencia de subestaciones contiguas, no deberá mantenerse sistemas eléctricos de diferentes características para el mismo nivel de tensión, por ejemplo, que subsistan sistemas de 380/220 V con neutro con puesta a tierra múltiple y 220 V sin neutro, esta situación sólo se mantendrá durante el tiempo requerido para su reemplazo dentro del cronograma comprometido con OSINERGMIN.

NOTA: El sistema monofásico con retorno total por tierra de la configuración en Media tensión 22,9/ 13,2 kV, es una alternativa de aplicación en los proyectos de Electrificación Rural.

3.3 MEDIDAS DE PROTECCIÓN EN LAS ESTACIONES DE SUMINISTRO ELÉCTRICO

Tipos de recintos de protección

En las salas y espacios en los cuales se encuentran instalados el equipo y los conductores de suministro eléctrico deberán colocarse cercos, pantallas, tabiques o paredes de tal modo que formen un recinto que limite la posibilidad de entrada a personas no autorizadas o la interferencia de las mismas con el equipo ubicado dentro. Deberán mantenerse cerradas las entradas que no sean vigiladas por el encargado autorizado.

En cada entrada deberá exhibirse una señal de seguridad. En las estaciones de suministro eléctrico cercadas se deberá exhibir una señal de seguridad en cada lado del ambiente. Los cercos metálicos, que son utilizados para cercar las estaciones de suministro eléctrico que tengan conductores eléctricos o equipo con partes eléctricas expuestas y energizadas, deberán tener una altura de no menos de 2,20 m en todo el perímetro y serán puestos a tierra de acuerdo con la Sección 3. Los requerimientos de altura del cerco pueden cumplir con cualquiera de los siguientes aspectos:

- ✓ Estructura del cerco, 2,20 m o más de altura.
- ✓ Una combinación de 1,90 m o más de estructura del cerco y una extensión que utiliza tres o más hileras de alambre de púas para alcanzar una altura total del cerco no menos de 2,20 m.
- ✓ Otros tipos de construcción, tales como material no metálico, que presentan barreras equivalentes para el escalamiento u otras entradas no autorizadas.

NOTA: Las subestaciones de distribución tales como subestaciones del tipo mono poste, biposte, compacta pedestal, compacta bóveda, no requieren cercos

Pararrayos (Protección contra Sobretensiones)

En caso de que sean necesarios los descargadores de sobretensiones (pararrayos fase a tierra), éstos deberán de estar ubicados tan cerca como resulte práctico al equipo que van a proteger.

Deberá tenerse en cuenta lo que se desea proteger, la influencia de la altitud de instalación, sistema de aterramiento, el tipo de conexión del sistema eléctrico, el manejo de energía y la importancia de la influencia del medio circundante al dispositivo de protección.

Tabla 190
Distancias de separación entre descargadores de sobretensión en distribución

Tensión nominal de la línea (kV)	Separación respecto a tierra (mm)		Separación entre descargadores de sobretensión (mm)	
	Instalación interior	Instalación exterior	Instalación interior	Instalación exterior
2,3	130	160	200	300
6,6	160	190	210	320
10,0	180	210	230	340
13,2	240	290	290	380
23,0	240	290	290	410
30,0	320	390	370	480

NOTA: Véase la Parte 4, referente a los espacios de escalamiento y de trabajo.

IV. PROBLEMÁTICA NACIONAL POR LA SOBRE TENSION ELÉCTRICA EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN

4.1 CALIDAD DE 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 Perú 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:

- a. **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.

b. **Frecuencia:** Variaciones sostenidas de frecuencia

c. **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

4.2 DÓNDE PUEDE ORIGINARSE LA MALA CALIDAD DE ENERGÍA.

Puede tener dos 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) utilizan un dispositivo de electrónica de potencia (diodos, transistores y tiristores) que convierten la corriente alterna en corriente directa y trabajan en un modo de interrupción (switching), que funciona a manera de pulsaciones que no tienen forma de onda de voltaje sinusoidal.

Aproximadamente el 50% de la energía pasa por estos dispositivos antes de ser finalmente aprovechada.

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

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.

4.3 ARMÓNICAS

Son frecuencias enteras o múltiplos de números enteros de frecuencias fundamentales. Cuando estas se combinan con las ondas sinusoidales fundamentales forman una onda distorsionada, repetitiva, no sinusoidal.

Equipos de consumo no lineal como computadoras y televisores debido al empleo de un circuito de rectificación o fuente de poder, generan corrientes armónicas que pueden ocasionar problemas de distorsión lo cual se refleja en:

- Operación errática de equipo computarizado
- Sobre calentamiento de equipo y conductores
- Falla prematura de equipos
- Disparo de interruptores

4.4 SOLUCIÓN A ESTOS PROBLEMAS

- Mantener baja la impedancia eléctrica
- Preparar el circuito para que sea capaz de asimilar el contenido de corrientes armónicas que el equipo instalado va a generar
- Balancear correctamente las cargas en los conductores/fases (3) del suministro.

Por ejemplo es común observar en grandes edificios que se deja un tablero de uso exclusivo para conectar computadoras y equipos electrónicos. Si el tablero es trifásico, se tendrá en las tres fases un consumo como el de la tabla siguiente y por el neutro circularán las armónicas impares múltiplos de 3, observando que las corrientes en el neutro son superiores a los valores de fase, situación que, si no es prevista por el proyectista producirá problemas. Normalmente el conductor de neutro no tiene protección de sobrecarga.

	Corriente(A rms)
Fase A	410
Fase B	445
Fase C	435
Neutro	548

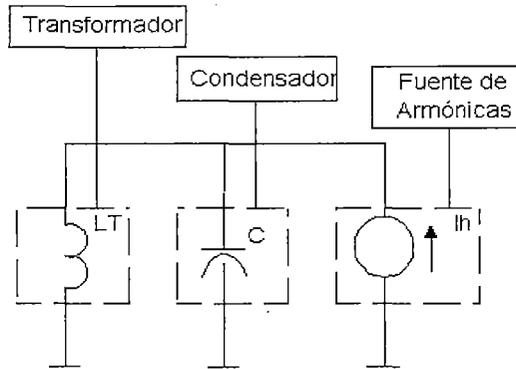
4.5 EFECTOS DE LAS CORRIENTES ARMÓNICAS

A. Resonancia de condensadores de compensación del factor de potencia

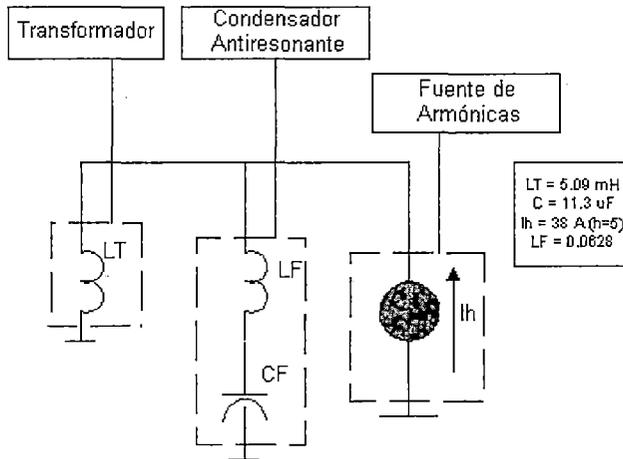
Los condensadores aumentan la distorsión de un sistema y contribuyen a producir el fenómeno de resonancia, es decir, un aumento de la distorsión enormemente elevado, que termina por hacer colapsar condensadores o transformadores, si es que las protecciones no operan debido precisamente a la presencia de armónicas en el sistema.

La solución del problema consiste en agregar una inductancia en serie con el condensador de compensación reactiva como se muestra en la figura adjunta. Si bien, la distorsión puede disminuir levemente, lo más relevantes es que desaparecen los riesgos de resonancia. Los condensadores anti resonantes tienen precios superiores.

B. Circuito equivalente armónico de un sistema con condensadores de compensación de factor de potencia



C. Compensación de potencia reactiva anti resonante



INCREMENTO DE PÉRDIDAS

Las corrientes armónicas producen un incremento de las pérdidas. En el caso del transformador se producen dos pérdidas relevantes:

- Las pérdidas proporcionales a la resistencia de los arrollamientos y a la suma al cuadrado de las corrientes fundamentales y armónicas.

- Las pérdidas por corrientes parásitas que son proporcionales al cuadrado de la corriente armónica y al cuadrado del orden de la armónica.

En cables y conductores de cobre sólo la primera de ellas está presente y por tanto, es relativamente simple calcularlas con los procedimientos conocidos.

Para el caso de transformadores el cálculo es más complicado. De no existir datos fidedignos las pérdidas por corrientes parásitas son un 15% de las pérdidas por resistencia en los arrollamientos.

ERRORES DE INSTRUMENTOS

La presencia de armónicas afecta severamente la lectura de los instrumentos.

A. Instrumentos de aguja de tipo electrodinámico

Su principio de funcionamiento es tal que indican el verdadero valor efectivo (truerms) de la onda. Dado que emplean inductancias y sólo consideran usualmente hasta la armónica 5 en forma fidedigna.

B. Instrumentos digitales con rectificador a la entrada

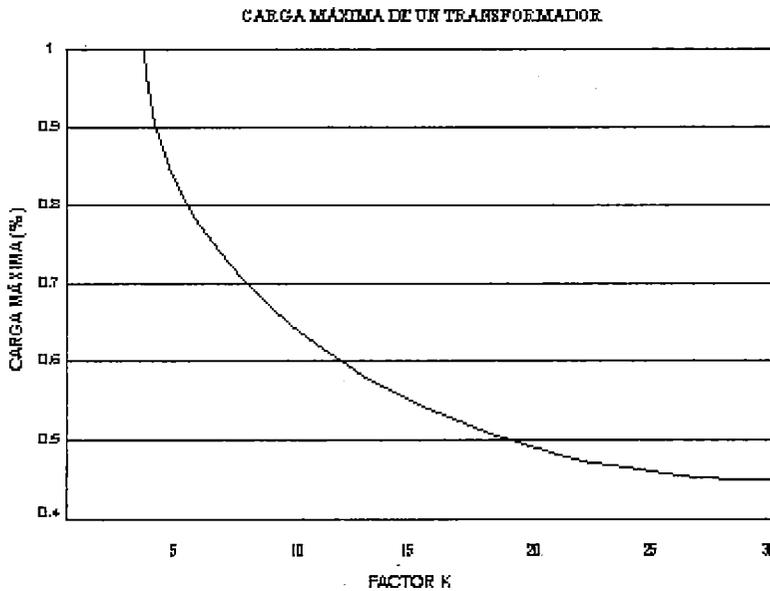
Miden el valor medio de la onda rectificada. Si la onda tiene armónicas, el instrumento mide un valor inferior al valor eficaz. En la medición de corrientes como las registradas en las computadoras, el instrumento mide un 30% menos que el valor efectivo (rms).

C. Instrumentos de verdadero valor efectivo (true rms)

Son instrumentos digitales, que emplean un sensor que registra la elevación de temperatura por una resistencia por la cual circula corriente a medir. Por tanto, el instrumento mide el verdadero valor efectivo de la corriente o voltaje, incluyendo todas las armónicas.

D. Instrumentos para medir armónicas

Para determinar el contenido armónico, no existe otro procedimiento que emplear un medidor de armónicas, los que en general despliegan en pantalla las formas de onda, el valor de la fundamental, de cada armónica, el valor efectivo, el valor máximo y la distorsión total.



FUGAS DE CORRIENTE EN LA RED DE TIERRA

Algunos equipos electrónicos filtran la corriente alterna porque tienen un consumo no lineal. El voltaje filtrado aparece como corrientes en el sistema de tierra que tienen frecuencias muy altas (hasta 100 kHz) y que no están sincronizadas con la fundamental de 60 Hz. Estas corrientes que provienen de diferentes equipos se combinan en su desplazamiento hacia tierra. El resultado de esto son las fugas que se encuentran en los principales puntos de tierra. Originalmente la puesta a tierra tiene el propósito de seguridad, hoy adicionalmente debe estar preparada para recibir corrientes adicionales. El mal funcionamiento de la conexión a tierra puede ocasionar:

- Shocks eléctricos.
- Interferencias con los equipos.

REGULACIÓN DE VOLTAJE

La regulación de voltaje es una de las características relevantes de la calidad de la red eléctrica.

La causa principal para definir las variaciones de voltaje, con respecto al valor nominal, se relaciona con garantizar el funcionamiento de equipos en rangos específicamente determinados. Los equipos que son más afectados por una mala regulación de voltaje son las luminarias (que disminuyen su vida útil cuando el voltaje crece) y los motores eléctricos (que aumentan sus pérdidas y arrancan con dificultad cuando el voltaje es bajo).

Las variaciones típicas de voltaje son las siguientes:

- Pico de alto voltaje.
- Caídas de voltaje.
- "Parpadeo" de voltaje.

Prevenir o solucionar estos problemas

- Circuitos dedicados para equipo electrónico especial con sus correspondientes instalaciones de back up como por ejemplo UPS.
- Empleo de conductores adecuadamente dimensionados.
- Compensación del factor de potencia.
- Un sistema de conexión a tierra con un buen diseño y mantenimiento.
- Instalación de eliminadores de sobretensión para protección de áreas claves.

4.6 FLUCTUACIONES DE VOLTAJE

- ✓ Las fluctuaciones de voltaje no sólo incrementan momentáneamente las pérdidas I^2R por calor sino que en mayor grado afectan el funcionamiento, rendimiento y vida útil de los equipos conectados al sistema. Estas fluctuaciones son causadas principalmente por grandes cargas fluctuantes como los equipos de soldadura.

- ✓ El primer método básico para manejar el problema y reducir sus efectos sería instalar un alimentador o subestación separada para este tipo de cargas; este método tiende a aislar eléctricamente la carga fluctuante de la carga que requiere voltaje uniforme.

- ✓ Si esto no fuera posible, la variación brusca de corriente deberá limitarse a un mínimo, el arranque de motores con voltaje reducido ayuda a reducir la caída de voltaje lo mismo que la corriente de arranque. Existen varios métodos de arranque a voltaje reducido y su selección para el caso determinado depende del tamaño y tipo de carga, niveles de fallo y otras consideraciones. Si las fluctuaciones persisten es recomendable utilizar equipos de regulación de voltaje de alta velocidad, como un transformador estabilizador de voltaje delante del equipo de soldadura.

- ✓ La fuente de voltaje para los equipos de soldadura no deberá variar más del 10%, por debajo del valor nominal durante la soldadura. Una fuente de energía inadecuada puede causar una soldadura lenta o incluso malas soldaduras. Este punto adquiere mayor importancia cuando la carga de soldadura representa una porción considerable de la carga total de la planta.

4.7 ARMÓNICOS EN EL SISTEMA

Un armónico es una componente sinodal de una señal periódica que tiene una frecuencia que es un múltiplo entero de la frecuencia fundamental.

Entre los efectos producidos por los armónicos, se encuentran:

- Calentamiento en cables transformadores y máquinas rotatorias.
- Errores en los medidores tipo inducción
- Aparición de sobretensiones armónicas; lo que ocasiona fallas, especialmente en bancos de condensadores
- Mal funcionamiento de los equipos electrónicos de control, de protección, de medida y de telecomunicación.

Los efectos de los armónicos pueden eliminarse reduciendo la magnitud de las corrientes o voltajes armónicos que se producen en el sistema. La reducción puede hacerse mediante la instalación de filtros o mediante conexión de la carga a un nivel de tensión para el cual el efecto de los armónicos sea menos considerable.

El objetivo de un filtro de armónicos es proporcionar una trayectoria a tierra de baja impedancia para los armónicos de voltaje o corriente, con el fin de facilitar su circulación a tierra y prevenir su propagación en el resto del sistema.

En la actualidad dependemos cada vez más de la energía eléctrica en nuestra vida cotidiana. Ya no es sólo nuestra fuente de iluminación en horas nocturnas.

Todo nuestro confort, gracias a los aparatos electrodomésticos, así como nuestras actividades comerciales e industriales, está total y absolutamente ligado al uso de la energía eléctrica.

Tanto nos hemos acostumbrado a su uso, que ya pasa desapercibida su absoluta necesidad en nuestras actividades diarias. Sólo la falta de ella, nos devuelve a la realidad y a su importancia.

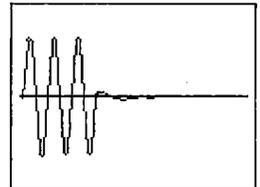
Es llamativo, entonces, el común desconocimiento sobre las características de su generación, su distribución, y por sobre todo, los problemas que a menudo suelen presentarse en su utilización.

En ésta nota pretenderemos explicar los más frecuentes problemas de la energía eléctrica tal como la recibimos en nuestros hogares, oficinas, fábricas, empresas, etc.

ENUMERAREMOS A CONTINUACIÓN LOS PROBLEMAS ENERGÉTICOS MÁS COMUNES Y QUE PROVOCAN MAYORES DAÑOS:

1. Falta total del suministro por períodos prolongados (cortes).

Causas: Tareas de reparación o mantenimiento de la compañía eléctrica, caída o rotura de cables, fusibles o disyuntores activados por sobrecargas o cortocircuitos, etc.



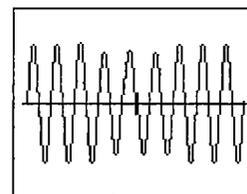
2. Falta total del suministro por períodos muy breves (micro cortes).

Causas: Maniobras de transferencia en las centrales de distribución de energía (puede derivar en cambios importantes de la tensión luego del micro corte).

SOLUCION: Un sistema de energía ininterrumpida (UPS)

3. Baja o muy baja tensión de la energía suministrada en forma permanente.

Causas: Por lo general debido a la caída en líneas de distribución sobrecargadas de forma continua. Baja capacidad de suministro de la compañía eléctrica.



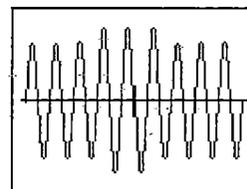
4. Baja o muy baja tensión de la energía suministrada en forma intermitente.

Causas: Conexión de cargas de alto consumo transitorio (eje. motores), que producen una baja de tensión momentánea debido a líneas de distribución inadecuadas.

SOLUCION: Un Regulador de voltaje ó una UPS con Regulador integrado.

5. Alta o muy alta tensión de la energía suministrada en forma permanente.

Causas: Inadecuada elección de los pasos de un transformador de distribución, por lo general, para compensar la caída en una línea de gran longitud y consumo. Cargas desequilibradas que modifican la corriente en el conductor de neutro.



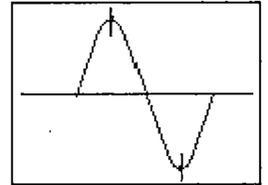
6. Alta o muy alta tensión de la energía suministrada en forma intermitente.

Causas: Desconexión de cargas importantes. Conductor de neutro dañado.

SOLUCION: Un Regulador de voltaje ó una UPS con Regulador integrado.

7. Sobre tensiones muy elevadas y de muy corta duración (picos transitorios).

Causas: Suelen ser consecuencia de descargas atmosféricas en la línea, así como por el encendido o apagado de cargas como motores, transformadores, etc.



SOLUCION: Un regulador de voltaje que posea limitadores de picos transitorios, una UPS con igual tipo de protección de entrada, ó un transformador de aislamiento con protectores y filtros.

V. METODOLOGIA

5.1. Relación entre las variables de Investigación

Se describe un modelo de estudio que nos permite identificar las variables dependientes e independientes las cuales se utilizaran para el estudio de esta problemática a investigar.

5.2. Operacionalización de Variables

De acuerdo al desarrollo del presente trabajo se identificó las variables que se emplean el desarrollo de la influencia de la sobre tensión en la calidad de suministro, son:

Variable dependiente

- ✓ Calidad de Suministro Eléctrico

Variable Independiente

- ✓ La Tensión Eléctrica

5.3. Tipo de Investigación

- ✓ El presente trabajo es una investigación del tipo descriptiva y experimental en el ámbito de la calidad de energía y por ende todas las variables que se involucran en los niveles de satisfacción del cliente regulado.
- ✓ La investigación es hipotética pues parte de una hipótesis para demostrar la solución del problema de investigación planteado.
- ✓ La investigación es deductiva pues parte de algo particular y poco a poco mediante el análisis se van integrando más recursos para de esta manera obtener una idea general.
- ✓ La investigación realizada es del tipo transversal y que se realiza en un solo momento temporal y no hay continuidad en el tiempo tiene un inicio y un final.

5.4. Diseño de Investigación

Para el desarrollo del presente trabajo se cuenta con todos los implementos necesarios tanto en información bibliográfica como en datos estadísticos según el nivel de necesidad que se tenga, tanto es así, que la estructura que planteamos esta resumida en tres procesos, Análisis de la información, proceso de la información y presentación de resultados.

Cada uno de estos procesos involucra los niveles de sobre tensión y su influencia en la calidad de suministro eléctrico.

5.5. Etapas de la Investigación

En función a la problemática planteada en el presente trabajo de investigación se plantea:

- ✓ Definir problema
- ✓ Seleccionar o establecer diseño
- ✓ Recolección de datos
- ✓ Análisis e interpretación de resultados.

5.6. Población y muestra

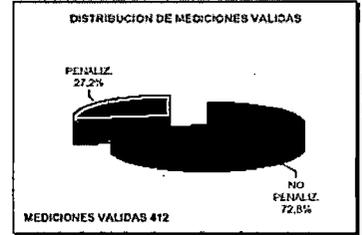
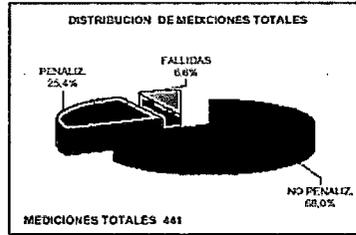
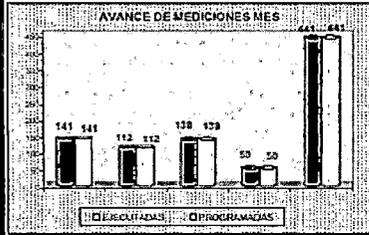
La población está constituida por la provincia del callao, en particular el distrito de bellavista, estratificado y la muestra se determinara y tendrá la misma concepción que la población en cuanto a los porcentajes correspondientes estas se muestran en el siguiente cuadro, respecto al niveles de sobretensión registrados en las subestaciones de la concesionaria así como otros cuadros que nos han servido para el análisis.

5.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Los datos se captaron mediante un cuestionario de preguntas y análisis estadístico aplicado a los usuarios de la energía eléctrica y estudiantes de ingeniería eléctrica de la provincia del callao, así como del distrito de bellavista en particular, así como el acceso al portal de transparencia de las concesionarias para poder obtener la información necesaria, que se muestra a continuación:

Resultado Mensual de Mediciones de Tensión

	EST	HT	MEDICIONES			TOTAL MEDIC. E. CUBIDAS	MEDICIONES PROGRAMADAS	BASISOS	ALTERNAT. VOS	PORCENT. E. CUBIDAS	PORCENT. PENALIZADAS	PORCENT. FALLIDAS	COMPENSACION (US\$)
			NO PENALIZ.	PENALIZ.	FALLIDAS								
A	EST	15	64	43	4	111	111	101	10	100%	30.7%	3.0%	113.75
	HT	30	8	5	1	12	12	10	2	100%	41.7%	8.3%	48.58
	TOTAL	45	72	48	5	123	123	111	12	100%	36.0%	4.3%	164.96
B	EST	23	47	25	4	76	76	60	16	100%	39.6%	5.3%	37.04
	HT	35	9	7	2	15	15	10	5	100%	46.7%	13.3%	13.04
	TOTAL	58	56	32	6	91	91	70	21	100%	43.0%	9.3%	60.98
C	EST	70	83	27	8	118	118	111	7	100%	22.9%	0.9%	28.13
	HT	35	3	3	1	7	7	6	1	100%	42.9%	14.3%	3.16
	TOTAL	105	86	30	9	125	125	117	8	100%	33.4%	5.1%	31.29
D	EST	10	29	1	2	32	32	30	2	100%	3.1%	0.3%	0.11
	HT	32	15	3	3	18	18	16	2	100%	0.0%	0.0%	-
	TOTAL	42	44	4	5	50	50	46	4	100%	2.0%	1.0%	0.11
TOTAL	EST	151	223	96	18	337	337	322	15	100%	28.5%	5.0%	137.03
	HT	32	15	15	4	31	31	28	3	100%	44.1%	14.8%	66.08
	TOTAL	183	238	111	22	368	368	350	18	100%	36.3%	10.0%	203.11



Para ello se utilizó las siguientes técnicas:

- ✓ Encuesta
- ✓ Visitas de campo
- ✓ Bibliografías sobre normativa de suministro

También los siguientes instrumentos:

- ✓ Analizador de Armónicos
- ✓ Otros.

5.8. Procedimiento estadístico y análisis de datos

Se utilizara la estadística descriptiva y la diferencial por medio de sus indicadores tales como:

- ✓ Rendimiento de energía promedio en distintos lugares,
- ✓ Variación del consumo de energía,
- ✓ Conocimiento de la población sobre la calidad de energía.

VI. RESULTADOS

6.1. Resultados Parciales

Para la solución de la problemática planteada hemos conseguido demostrar mediante comparaciones técnicas y de análisis de la muestra (datos tomados de la red), que las sobre tensiones perjudican la calidad de energía y por ende la calidad del suministro.

6.2. Resultados Finales

Como resultado final hemos conseguido concluir que existe una implicancia directa entre la sobre tensión y la mala calidad de suministro, gracias a ello hemos generado algunas recomendaciones generales.

VII. DISCUSION DE RESULTADOS

7.1. Contrastación de hipótesis con los resultados

Según la hipótesis planteada como: El estudio de la Influencia de la sobre tensión, permitirá mejorar la calidad de suministro eléctrico, para el usuario regulado, se tiene que este estudio realizados nos lleva a comprobar que la sobre tensión genera una mala calidad de suministro eléctrico y un estudio a conciencia sobre la normatividad vigente y su aplicación permitirá que se mejore la calidad de suministro.

7.2. Contrastación de resultados con otros estudios similares.

Se han encontrado estudios conducentes a formular las normas, esto para una proyección de 20 años, así como el estudio de metodologías para el cumplimiento de la NTCSE, en tal sentido existe una preocupación por la calidad de suministro y los daños ocasionados por la falta de inversión que no satisface el crecimiento de la demanda generando, sobretensiones.

VIII. CONCLUSIONES

Habiéndose demostrado que:

- ✓ La Calidad en el Suministro de la Energía Eléctrica es un tema de importancia vital, tanto para el productor y distribuidor de energía eléctrica como para los consumidores del sistema.
- ✓ La no observancia de los indicadores requeridos de Calidad de la Electricidad implica el crecimiento de averías, pérdidas y daños económicos que, por significativo en unos casos y continuados en otros, representan una pérdida general para la economía del país que requiere de acciones planificadas y controles permanentes.
- ✓ En la actualidad el marco regulatorio del país en cuanto al mercado de la electricidad, no es riguroso en este tema. Además de ello, no están implementados en las organizaciones de las redes eléctricas programas de trabajo que lleven un control permanente de los consumidores contaminantes de la red, el grado de contaminación y el acuerdo de medidas para limitar los efectos nocivos que ello implica.
- ✓ La Calidad del Suministro de la Energía Eléctrica es una responsabilidad, en primer lugar, de las empresas del servicio público en este sector, quienes son gestoras de este servicio y por tanto, de la calidad del mismo. Sin embargo, por la incidencia que tienen en los consumidores y por ser estos los que tienen una incidencia prioritaria en la contaminación de la red, resulta para ellos

también una responsabilidad importante a observar, la que se refrenda en un marco regulatorio y se realiza a través de los contratos de compra venta del servicio.

- ✓ Hoy día están implementadas acciones que tienden a corregir esta situación, las que no sólo implican acciones legales y organizativas sino también inversiones puntuales, fundamentalmente en los consumidores contaminantes, las que pueden ser de envergadura en dependencia del caso concreto.

- ✓ Para todas las acciones que se vayan a ejecutar es preciso, ante todo, implementar normas bien fundamentadas, basadas en la experiencia internacional en este tema, siendo los trabajos y normas del IEC un punto de partida importante para la organización de esta actividad.

IX. RECOMENDACIONES

Para investigaciones futuras se recomienda lo siguiente:

1. El objetivo de la norma es que los suministros reciban una buena calidad de producto aceptable y técnicamente posible, pero también es importante contemplar la supervisión de las inversiones que realizan las distribuidoras en forma anual, en lo que respecta a una alternativa para planificar las mediciones y correctivos de sus suministros, todo ello con una auditoría de osinergmin.
2. Existen a la fecha mediciones que han sido penalizadas y las distribuidoras a la fecha no hacen un correctivo sobre estas observaciones realizadas, osinergmin debería agregar a la norma plazos para estas mediciones pendientes, manteniendo su rol de supervisor.
3. Planeamiento para nuevos proyectos y obras, estos a su vez deben salvaguardar la calidad de suministro.
4. Siempre las puestas en servicio de nuevos transformadores de distribución generan distorsión en el sistema (*SOBRE TENSIONES*), es por ello que se debe realizar la prueba de relación de transformación.
5. Se debe difundir los parámetros de las normas de NTCSE para que el usuario final pueda hacer sus reclamos con sus respectivos fundamentos.
6. Los proyectos de instalaciones eléctricas deben ser revisados por un ingeniero especialista del tema, ya que por nuestro estudio comprobamos que, tenemos una baja calidad del servicio eléctrico por un mal diseño y/o malas instalaciones eléctricas.

X. BIBLIOGRAFIA

- 1) OSINERGMIN, Procedimiento Supervisión de la Operación de los Sistemas Eléctricos Procedimiento N° 074-2004-OS/CD, Resolución de Consejo Directivo Organismo Supervisor de inversión en Energía Osinerg N°074-2004-OS/CD, Lima, 2004
- 2) OSINERGMIN, *Documento de Trabajo N° 19-GFE*, Corporación Gráfica Noceda S.A., Lima, 2009
- 3) OSINERGMIN, Escalas de Multas y Sanciones de la Gerencia de Fiscalización Eléctrica – Anexo 13 (Res. N°590-2007-OS/CD)
- 4) OSINERGMIN, *Benchmarking de indicadores de calidad del suministros y atención comercial a nivel de capital de países de Latinoamérica*, Lima, 2009 – Informe Final.
- 5) Ministerio Energía y Minas, *Norma Técnica de la Calidad de los Servicios Eléctricos*. D.S. N° 020-97-EM Lima, 1997.
- 6) Decreto Ley No 25844, *Ley de Concesiones Eléctricas y su Reglamento*, aprobado por Decreto Supremo No 009-93-EM.
- 7) *Instituto de Energía Eléctrica – Dr. Ing. Pedro Mercado.*
- 8) http://es.wikipedia.org/wiki/Sector_el%C3%A9ctrico_en_el_Per%C3%BA
- 9) http://www.cybertesis.edu.pe/sisbib/2007/aguilas_bj/pdf/aguilas_bj.pdf
- 10) <http://www.madrid.org/cs/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&blobheadertype=Content-Disposition&blobheadervalue1=filename%3DGUIA+BASICA+DE+LA+GENERACION.pdf&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1181215450713&ssbinary=true>

ANEXOS

- Cronograma de Actividades.
- Presupuesto del trabajo de Investigación.
- Matriz de consistencia

ANEXO 01

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

El cronograma de Actividades está relacionado con las etapas de la investigación.

PROYECTO DE TESIS													
Título: Influencia de la sobre tensión eléctrica, en la calidad de Suministro													
Actividades	Año	Meses											
		O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	
1. Planteamiento del Problema	2012	X											
2. Elaboración del Marco Teórico	2012		X										
3. Calidad de Suministro	2012			X	X								
4. Influencia y Análisis de la sobre tensión eléctrica.	2013					X	X						
5. Metodología de Diseño	2013							X					
6. Resultados	2013								X				
7. Discusión de Resultados	2013								X				
8. Edición del Trabajo	2013									X			
9. Presentación de los Resultados Sustentación	2013									X	X	X	

ANEXO 02

PRESUPUESTO

1. Asesoría.....	S/. 1500.00
2. Materiales.....	S/. 500.00
3. Útiles de Escritorio.....	S/. 500.00
4. Impresión.....	S/. 800.00
5. Asesoría.....	S/. 2000.00
6. Otros.....	S/. 2000.00
TOTAL.....	S/. 6800.00

ANEXO 03

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES
INFLUENCIA DE LA SOBRE TENSION ELECTRICA, EN LA CALIDAD DE SUMINISTRO	<p>¿Cómo afecta la deficiencia de calidad de energía eléctrica de tensión a los equipos eléctricos?</p> <p>¿Será la norma de prestación de servicio público de electricidad un factor importante en la calidad de servicio de energía eléctrica en los usuarios de Lima y Provincia?</p> <p>¿La falta de orientación o conocimiento?</p> <p>1.- ¿Cómo las interrupciones del fluido eléctrico influye en la calidad de servicio público de electricidad en los usuarios de Lima y provincias?</p> <p>2.- ¿Cómo la falta de una metodología para el análisis y control de la calidad de la energía eléctrica impide prevenir las interrupciones del fluido eléctrico en Lima y Provincias?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Conocer el sistema de normativas con respecto a la prestación de servicio público de electricidad.</p> <p>Dar una solución económica y eficiente a los desniveles de tensión.</p> <p>Proteger los equipos eléctricos ante acontecimientos de este tipo.</p> <p>Brindar información a los usuarios sobre el uso adecuado de la energía eléctrica y el conocimiento para identificar las diferentes perturbaciones que afectarían a la calidad de la energía eléctrica de tensión.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>Determinar las causas de las interrupciones de fluido eléctrico.</p> <p>Proponer una metodología para el análisis y control de la calidad del producto de la energía eléctrica.</p>	<p>HIPOTESIS PRINCIPAL</p> <p>El estudio de la Influencia de la sobre tensión, permitirá mejorar la calidad de suministro eléctrico, para el usuario regulado.</p> <p>HIPOTESIS SECUNDARIA</p> <p>Determinando las causas de las interrupciones de fluido eléctrico, se podrá prevenir las interrupciones del fluido eléctrico.</p> <p>Con una metodología para el análisis y control de la calidad del producto de la energía eléctrica, se mejorará la calidad de servicio de electricidad.</p>	<p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>Calidad de Suministro</p> <p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>Sobre Tensión Eléctrica.</p>	<p>Caída de postes. Rotura de cables Terremotos, incendios, inundaciones, etc. Colapso de edificaciones.</p> <p>Inadecuada Instalación de Media y Baja Tensión.</p> <p>Ley de Concesiones eléctricas</p>