

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**CALIDAD DE ENERGÍA DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DE
PLÁSTICOS**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE :

INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR :

EMILIO ABDEL PALOMINO HERENCIA

**PROMOCIÓN
1988 – II**

**LIMA – PERÚ
2006**

**CALIDAD DE LA ENERGÍA DE UNA PLANTA
INDUSTRIAL DE PLÁSTICOS**

A mis padres, esposa e hijos

SUMARIO

En el Capítulo I se hace una descripción de la Planta Industrial, que versa, principalmente sobre el Sistema Eléctrico; se hace mención del suministro eléctrico, las características de los transformadores de distribución, del sistema de compensación reactiva; se calcula la potencia instalada, la máxima demanda y refiere sobre la potencia contratada no regulada como cliente libre. Se trata de manera especial sobre las fuentes y los efectos de la Distorsión Armónica.

El Capítulo II presenta Bases Conceptuales y Normas Aplicables a la Calidad de Energía que son necesarias para entender de manera apropiada el análisis y los resultados del estudio.

En el capítulo III se describen las mediciones realizadas en la Planta Industrial y se analiza los valores de los parámetros eléctricos de interés presentándose cuadros resumen de resultados.

En el capítulo IV se explica el modelo y los resultados de la simulación del sistema eléctrico mediante el programa "Winharmo" y las medidas correctivas que haya lugar a aplicar.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones del estudio.

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	3
DESCRIPCION DE LA PLANTA INDUSTRIAL	
1.1 Generalidades.	3
1.2 Proceso Productivo.	3
1.2.1 Materia Prima	3
1.2.2 Proceso De Extrusión	4
1.2.3 Proceso De Inyección.	4
1.2.4 Control De Calidad.	4
1.3 Sistema Eléctrico.	5
1.3.1 Suministro Eléctrico	5
1.3.2 Transformadores De Distribución.	6
1.3.3 Sistema De Compensación Reactiva.	7
1.3.4 Potencia Instalada.	7
1.3.5 Máxima Demanda.	8
1.3.6 Potencia Contratada.	10
1.3.7 Fuentes De Distorsión Armónica.	10
1.3.8 Efectos De La Distorsión Armónica.	17
CAPITULO II	
BASES CONCEPTUALES Y NORMAS APLICABLES	
2.1 Bases Conceptuales.	21
2.1.1 Calidad De La Energía.	21
2.1.2 Onda Sinusoidal Pura Y Distorsionada.	21
2.1.3 Valor Eficaz RMS	23
2.1.4 Máxima Demanda	23
2.1.5 Factor De Potencia	24
2.1.6 Armónicos	24
2.1.7 Tensiones y Corrientes Periódicas	25
2.1.8 Distorsión Armónica	26
2.1.9 Perturbaciones De La Onda Eléctrica.	28

2.1.9 Perturbaciones De La Onda Eléctrica.	28
2.2 Normas Aplicables.	28
2.2.1 Norma Americana IEEE 519-92	28
2.2.2 Norma Peruana NTCSE	33
2.2.3 Norma Europea EN 61000-3-2	36

CAPITULO III

EVALUACION DE LAS MEDICIONES

3.1 Descripción De Las Mediciones	39
3.2 Análisis De Las Mediciones De Armónicos.	39

CAPITULO IV

SIMULACIÓN DEL SISTEMA ELECTRICO

4.1 Modelamiento Del Sistema Eléctrico.	42
4.1.1 Descripción Del Modelo Del Sistema Eléctrico	42
4.2 Resultado De La Simulación Del Sistema Eléctrico.	44
4.2.1 Factor de Distorsión Total Por Armónicas (THD).	44
4.2.2 Características De Respuesta En Frecuencia.	44

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
---------------------------------------	-----------

ANEXO	49
--------------	-----------

BIBLIOGRAFIA	
---------------------	--

INTRODUCCIÓN

“Calidad de Energía” es un término que comúnmente se ha utilizado para referirse a la variación de corriente, tensión y frecuencia en los sistemas eléctricos.

Históricamente, la mayoría de los equipos instalados en los sistemas eléctricos han operado satisfactoriamente, aún frente a variaciones significativas de estos tres parámetros. Sin embargo en los últimos años se han incorporado a estos sistemas gran cantidad de equipos que no son tolerantes a estas fluctuaciones.

Se trata de equipos, basados en aplicaciones electrónicas, que si bien, han permitido la automatización y uso más eficiente de la energía eléctrica, así como el aumento de productividad en los procesos industriales, también han originado una situación problemática.

Estos equipos producen distorsión por armónicas de onda de tensión y corriente que generan perturbaciones en el desempeño de los equipos, causando además calentamiento excesivo en transformadores, motores, condensadores, conectores, y convertidores entre otras máquinas, equipos y/o dispositivos, afectando el funcionamiento de múltiples sistemas como los de alumbrado, comunicaciones, mediciones y protección.

La planta industrial, objeto de este estudio, ocupa un área de 40.000m² incluyendo las áreas de producción y administración. Pertenece a una empresa privada que se dedica a la producción y comercialización de tuberías y accesorios de PVC y tuberías de diámetros diversos de polietileno de alta densidad (HDP).

El aumento de carga no planificada ha originado problemas en el sistema eléctrico como, el colapso de un transformador de potencia de 1000kva, mal registro de los medidores de energía, calentamiento y colapso prematuro de los motores eléctricos, mal desempeño de los equipos convertidores (Drive de velocidad), reducción de la vida útil de los equipos de iluminación, disparo de los equipos de protección, afectando los niveles de productividad lo cual se refleja en pérdidas económicas.

En este sentido, existe la necesidad de realizar diversos estudios que permitan en primer lugar un ordenamiento de la Planta Industrial y en segundo lugar delinear su crecimiento.

Un estudio de calidad de energía sobre las distorsiones por armónicos contribuiría a ambos aspectos: primero, porque permitirá conocer en que condiciones trabaja el Sistema Eléctrico de la Planta Industrial, segundo, porque serviría de base para presentar reclamo a la empresa suministradora de energía eléctrica, si los resultados del estudio dan mérito a ello y, tercero, porque permitirá diagnosticar en que grado es responsable la distorsión por armónicos, de la problemática del sistema eléctrico en la Planta Industrial; y, por lo tanto, en cada caso, tomar las decisiones que correspondan.

Este estudio comprende el reconocimiento del Sistema Eléctrico de Potencia y de su Sistema de Utilización, así como el manejo de equipos, software y técnicas de análisis de Ingeniería Eléctrica.

De esta manera, en el estudio, se hace una revisión del Sistema Eléctrico que comprende el suministro eléctrico y su distribución a través de transformadores, así como de los equipos no lineales y de compensación reactiva, y, en general, de toda máquina y/o equipo que consume energía eléctrica en la Planta Industrial.

Asimismo, se efectúan mediciones empleando equipos Analizadores de Redes y se realiza la simulación y análisis del sistema eléctrico empleando el programa Winharmo, para todo lo cual se toma en cuenta bases conceptuales y normas aplicables.

CAPITULO I DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA INDUSTRIAL

1.1 Generalidades.

La planta industrial ocupa un área de 40.000m² incluyendo las áreas de producción y administración. Pertenece a una empresa privada que se dedica a la producción y comercialización de tuberías y accesorios de PVC y tuberías de diámetros diversos de polietileno de alta densidad (HDP).

La empresa presenta al mercado productos innovadores para el transporte de fluidos en la agricultura y minería tales como: Novadren, Novaloc y Novafort, los cuales tienen características propias.

La producción es sometida a un riguroso control de calidad de acuerdo a las normas ASTM, contando la empresa con certificación ISO9001, ISO14001 y OSHAS 18001, normas de calidad de producto, de protección del medio ambiente y de seguridad, respectivamente

1.2 Proceso productivo.

En la fig. 1.1 se muestra un diagrama de distribución de procesos de la planta industrial.

1.2.1 Materia prima.

La materia prima es almacenada en silos de gran volumen; de 114TM para PVC y de 34TM para carbonato; siendo los agregados almacenados en ambientes confinados, por seguridad del personal.

Para ser procesada la materia prima pasa por una etapa de pesaje, de acuerdo a las fórmulas de mezclado suministradas por el laboratorio de control de calidad; esta etapa se realiza con balanzas electrónicas controladas mediante controladores lógicos programables (PLC); luego pasa por una etapa de cocinado a 120°C para después ser enfriada hasta 45°C de temperatura.

La materia prima procesada es almacenada en silos de 80TM de volumen, que alimentan a las áreas de extrusión e inyección mediante un sistema de vacío controlado automáticamente por PLC.

1.2.2 Proceso de Extrusión

Es realizado con máquinas extrusoras de alta eficiencia, cuya temperatura de proceso es de 240°C. La masa plastificada de PVC atraviesa una matriz que da forma a la tubería para enseguida ser enfriada con agua a 12°C de temperatura.; luego, se le da longitudes normalizadas en el sistema de corte, para finalmente pasar por un proceso de embonado.

1.2.3 Proceso de Inyección

Cuenta con máquinas inyectoras de alta eficiencia controladas en forma automática mediante PLC. Este sistema realiza el proceso de producción de accesorios de medidas y formas diversas, usando moldes y/o matrices.

1.2.4 Control de Calidad

Esta área garantiza la calidad del producto mediante inspección del proceso y realizando pruebas en el laboratorio basados en las normas de fabricación ASTM e ITINTEC. La planta industrial cuenta también con sistemas auxiliares de aire comprimido, sistema de enfriamiento de agua, sistema de vacío, sistema de transporte de material e iluminación.

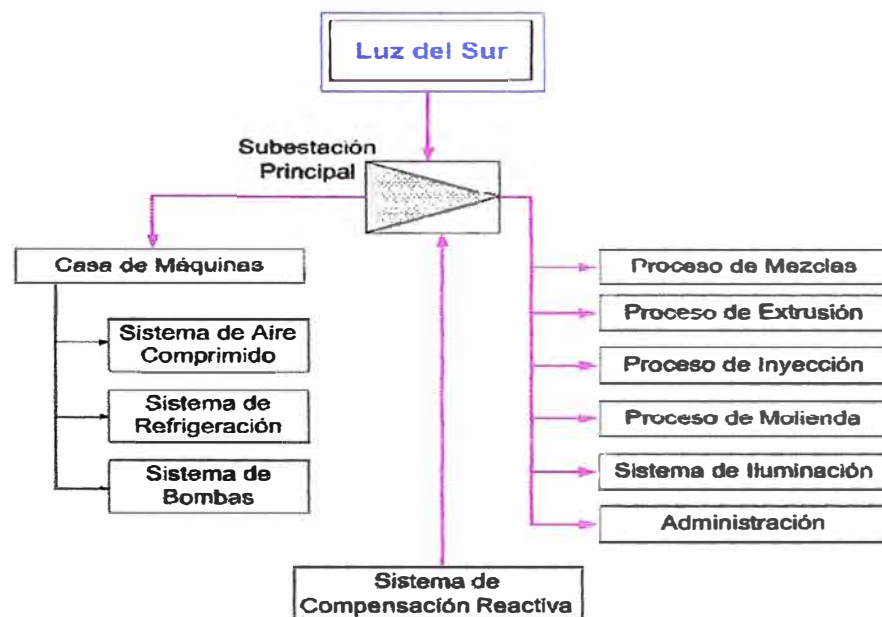


Fig. 1.1 Diagrama De Distribución de Procesos

1.3 Sistema Eléctrico

En la fig. 1.2 se muestra un diagrama de distribución de las instalaciones.

1.3.1 Suministro Eléctrico

a) De La Empresa Distribuidora.

El suministro de energía eléctrica es en 10KV (Media Tensión), a través de un alimentador subterráneo que llega a una celda del cual se derivan a dos transformadores en 10KV. Cada celda de transformación es de 1000kVA, 10/0.460kV, 60Hz, 3 ϕ . De estas dos unidades se alimenta a un sistema de barras independientes a 460 V, 60Hz, 3 ϕ , que son enlazadas mediante un interruptor QE de 1200A para la puesta paralelo de los transformadores.

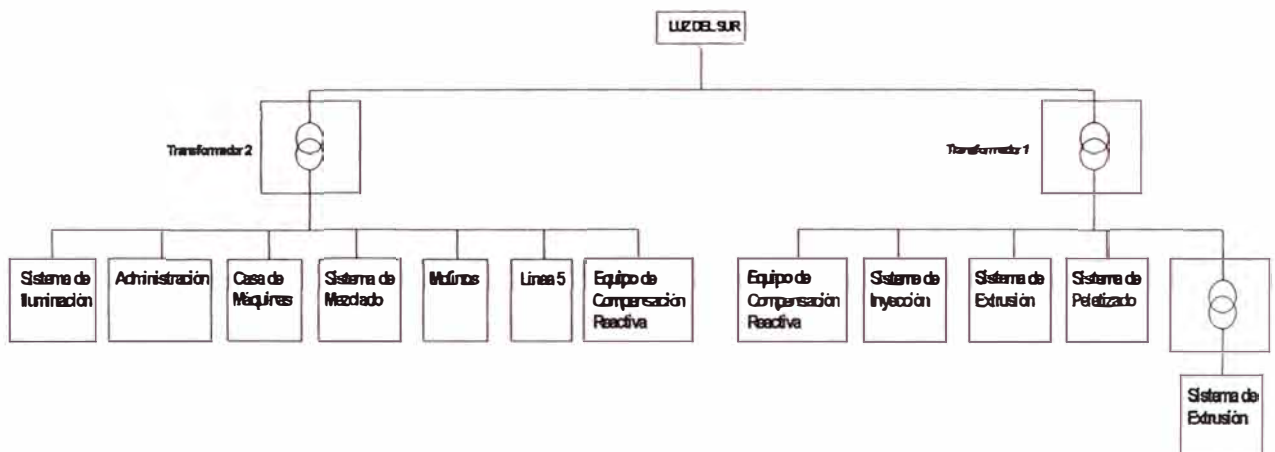


Fig. 1.2 Diagrama De Distribución De Las Instalaciones

b) Grupos Electrógenos de Emergencia.

Para los casos de emergencia se cuenta con dos grupos electrógenos diesel; Grupo caterpillar de 320KW, 460V, 60Hz, 3 Φ para las cargas de producción, que alimenta a las barras mediante el interruptor QG de 800A. Grupo Penta de 150kW, 230V, 60Hz, 3 Φ para las cargas de alumbrado, planta y oficinas.

1.3.2 Transformadores De Distribución.

Desde la celda de 10KV, los transformadores de distribución son alimentados mediante dos seccionadores de potencia de 400A, cada unidad con fusibles de 100A.

Los transformadores de distribución son del tipo seco, para ser instalados en ambientes secos del tipo interior con grado de protección IP31; IP21; IP00, según las normas IEC, 76 y IEC 726, con enfriamiento natural, o con ventilación forzada mediante ventiladores.

Los devanados están controlados por temperatura con 6 sondas de PTC (2 por fase), con control electrónico (convertidor tipo Z), con 3 contactos (control de ventiladores, alarma y disparo) alimentados en 24 V, 240 V CA.

Los devanados tienen forma convencional, el primario conformado por bobinas hechos de platina de cobre impregnado con resina trihal por el método de vacío, para dar su hermeticidad (encapsulado).

Tabla N° 1.1 Características De Los Transformadores De Distribución

Concepto	N° 1	N° 2
- Potencia nominal	1000 kVA	1000 kVA
- Tensión primaria	10,000 kV	10,000 kV
- Corriente primario	57.7A	57.7A
- Tensión secundaria	460 V	460 V
- Corriente secundaria	1255A	1255A
- Tensión de corto circuito	6%	6%
- Grupo de conexión	DYN 11	DYN11
- Refrigeración	ANAN	ANAN
- Marca	TRIHAL	TRIHAL
- Peso	2300 kg	2300 kg
- Tipo	SECO	SECO
- Instalación Interior I	I	I
- Tipo (elevador: su/reductor: sd)	sd	sd
- Regulación sin tensión	+2.5 - 5%	+2.5 - 5%
- Tensión primaria de aislamiento	12 kV	12 kV
- Tensión impulso tipo rayo (1.2/ μ s)	75 kV	75 kV
- Pérdidas en vacío	2000W	2000W
- Pérdidas en carga a 120°C.	10,000W	10,000W
Condiciones de operación altura máxima sobre nivel del mar.	1000 m	1000 m
Temperatura ambiente máxima	40°C	40°C
Temperatura media diaria	30°C	30°C
Temperatura media anual	20°C	20°C

En la fig. 1.2 se muestra el transformador que alimenta a la celda de barras (acometida N° 2 baja tensión), denominado molinos, mezclas y servicios, mediante un interruptor automático tipo masterpact QG2 de corriente nominal de 2500 A; 75ka de 380/460V; de esta barra están conectados todos los cargas de producción y servicios auxiliares.

Del transformador N° 1 se alimenta al sistema de barras de carga de extrusoras e inyectoras mediante, interruptor automático masterpact QG1 de corriente nominal de 2500A, 460V, 75KA de capacidad de ruptura.

1.3.3 Sistema de Compensación Reactiva.

El sistema cuenta con dos bancos de condensadores automáticos tipo varplus M1, clase H para 460V / 60Hz.

La capacidad total de cada banco es de 420 KVAR, programados cada banco para 7 escalones de potencia, cada escalón de 60KVAR, controlado con regulador Circutor, programados en 1: 1: 1: que indica que cada escalón tiene igual potencia.

El equipo controla el factor de potencia de la instalación conectando y desconectando los escalones con finalidad de mantener el $\cos\phi$ próximo al valor programado.

El equipo tiene un sistema de FCP (FAST Computarizado), programa que controla la secuencia de conexión de los escalones minimizando la gran cantidad de maniobras.

Estas maniobras realiza el regulador tomando en cuenta que si los escalones tienen igual potencia, en demanda conecta al escalón que tiene mucho tiempo desconectado y cuando hay exceso de demanda se desconecta el que lleva más tiempo conectado.

1.3.4 Potencia Instalada.

En general cada línea de producción está conformada por equipos que involucran motores 3 ϕ de inducción, motores DC, resistencias de calefacción y equipos auxiliares de control y regulación. La planta también cuenta con

cargas auxiliares de considerable potencia y con cargas de alumbrado de planta y oficinas. Para el cálculo, por línea de producción y equipo, se ha usado las relaciones siguientes:

$$P_{iE} = \sum \text{carga inductiva} + \sum \text{carga resistiva} \quad (1.1)$$

$$P_{iL} = \sum P_{iE} + \sum \text{cargas móviles} \quad (1.2)$$

Donde:

P_{iE} : Potencia instalada del equipo.

P_{iL} : Potencia instalada de línea de producción.

En las Tablas N° 1.2 y N° 1.3 se muestran la relación de cargas por líneas de producción y su respectiva potencia instalada.

En conclusión la potencia instalada de la planta es 3,343 KW.

1.3.5 Máxima Demanda.

Para estimar la Máxima Demanda se ha tomado en cuenta la forma de operación de cada equipo que conforman las líneas de producción en cada área productiva.

Así, se asignó un factor de demanda por equipo, luego se estimó un factor de demanda promedio para cada línea productiva.

Para cargas de alumbrado y oficina se ha tomado las recomendaciones del C.N.E. Sistema de Utilización, para asignar un factor de demanda y para estimar un factor de simultaneidad de operación del sistema de la planta.

Al aplicar el factor de simultaneidad de operación: $F_s = 0.8$ a las cargas de las líneas de producción correspondientes a la Celdas de Acometidas N° 1 y N° 2, que se muestran en la Tabla N° 1.2 y Tabla N° 1.3, se obtiene las Máximas Demandas por línea de 922KW y 766kW, respectivamente.

Por lo tanto, la Máxima Demanda total calculada por este método es de 1.688KW, siendo el factor de potencia de 0,97, la potencia aparente es de 1740KVA.

Tabla N° 1.2 Relación De Cargas De la Celda De Acometida N° 1

Carga N°	Descripción	Potencia Instalada		Potencia Total Kw	Máxima Demanda Kw	Factor De Demanda FD
		Inductiva	Resistiva			
		Kw	Kw			
1	Corrugadora corma	70	10	80	49	0.70
2	Extrusora km d-110	162	130	292	174	0.60
3	Extrusora maris	198	128	320	192	0.60
4	Extrusora kmd2 – 90	90	56	147	86	0.60
5	Extrusora kmd 2 – 60	65	56	122	73	0.60
6	Extrusora b 110	135	120	255	153	0.60
7	Extrusora henchel (71)	71	12	83	50	0.60
8	Extrusora amut	114	53	167	100	0.60
9	Extrusora bausano	26	10	36	22	0.60
10	Extrusora brasil	50	10	60	36	0.60
11	Inyectora engel 100 tn	22	8	30	18	0.60
12	Inyectora engel 100 tn	21	8	29	17	0.60
13	Inyectora engel 125 tn	27	10	37	22	0.60
14	Inyectora engel 150 tn	38	15	50	30	0.60
15	Inyectora engel 300 tn	24	8	30	18	0.60
16	Inyectora reed i 200 tn	24	8	30	18	0.60
17	Inyectora reed ii 200 tn	33	10	93	26	0.60
18	Inyectora reed 300 tn	8	100	108	64	0.60
	No valoc					
TOTAL				1,969	1153	

Tabla N° 1.3 Relación de Cargas de la Celda de Acometida N° 2

Cargas N°	Descripción	Potencia Instalada Kw	Máxima Demanda Kw	Factor De Demanda
1	TA - Planta y Servicios.	64	38.0	0.6
2	TA – Oficinas y Servicios	160	112.0	0.7
3	Sala de maquinas chilleres y	270	216.0	0.7
4	Compresoras.	140	98.0	0.7
5	Granulador N° 1	52	31.0	0.6
6	Granulador N° 2	52	31.0	0.6
7	Pulverizador	70	42.0	0.6
8	Mezclador Enfriador	191	133.0	0.7
9	Bombas de Agua	264	158.0	0.6
10	Sistema de Carga a silos	32	19.0	0.6
11	Sistema de Mezclado	67	40.0	0.6
12	Sistema de Extrusión	25	15.0	0.6
13	Sistema de Inyección	30	18.0	0.6
14	Sistema de Fuerza	2	1.6	0.6
15	Ascensor	1	0.8	0.6
16	Bomba Contra incendio	7	4.2	0.6
TOTAL		1,427	957.6	

1.3.6 Potencia Contratada.

La Potencia Contratada está definida como: “La cantidad máxima de energía que la empresa suministradora se obliga a entregar mensualmente al cliente; y este tiene derecho a retirar en el punto de entrega, la cantidad de energía en Kwh que resulta de multiplicar la potencia contratada por el número de horas de cada mes calendario”

La empresa para su planta de producción y sistemas auxiliares, por razones de máxima demanda ha ingresado al mercado eléctrico no regulado como cliente libre.

Dentro del marco legal, según ley de concesiones eléctricas: como la Máxima Demanda es variable y supera los 1000 kW se ha estimado una potencia contratada en dos etapas:

- Potencia contratada en hora punta (HP) es de 1150 kW
- Potencia contratada en horas fuera de punta (HPF) de 1250kW

Este sistema tarifario es conveniente cuando la máxima demanda es variable, evita las penalizaciones por exceso de potencia de demanda y energía eléctrica.

Dentro del marco de calidad de energía la empresa suministradora está comprometida en informar al cliente cuando le solicite la calidad de energía suministrada.

1.3.7 Fuentes De Distorsión Armónica

En la planta existen numerosas cargas no lineales compuesto básicamente por las siguientes:

a) Convertidores estáticos:

Entre las cargas no lineales de este tipo se encuentran los reguladores o variadores de velocidad, para motores de corriente alterna y corriente continua. En la Tabla N° 1.4 se muestra la relación de estos equipos.

1. Variadores de Velocidad DC.

Un variador de velocidad típico consiste en tres partes básicas: controles del operador, controlador del variador y el motor DC. Ver fig. 1.3.

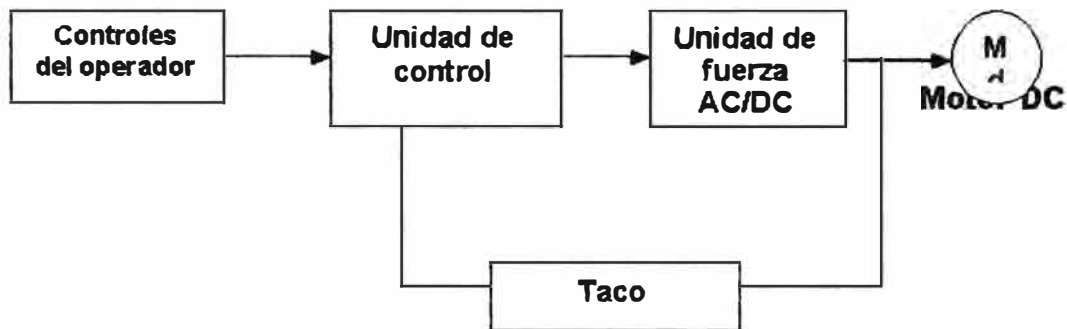


Fig. 1.3 Sistema De Variador De Velocidad

Los controles del operador le permiten arrancar y parar el motor, y también regular la velocidad del variador, con un simple potenciómetro.

Los variadores de velocidad están constituidos con rectificadores controlados de 6 pulsos en dos cuadrantes cuya función principal es de convertir la corriente alterna (AC) en corriente continua (DC) regulando el nivel de tensión de salida a través del control de fase, es decir variando el ángulo de disparo. Los tiristores son activados mediante la aplicación de un pulso corto al terminal de puerta y conectado por línea, es decir que cuenta con la tensión de suministro para apagar su dispositivo después de la conducción. Ver fig. 1.4

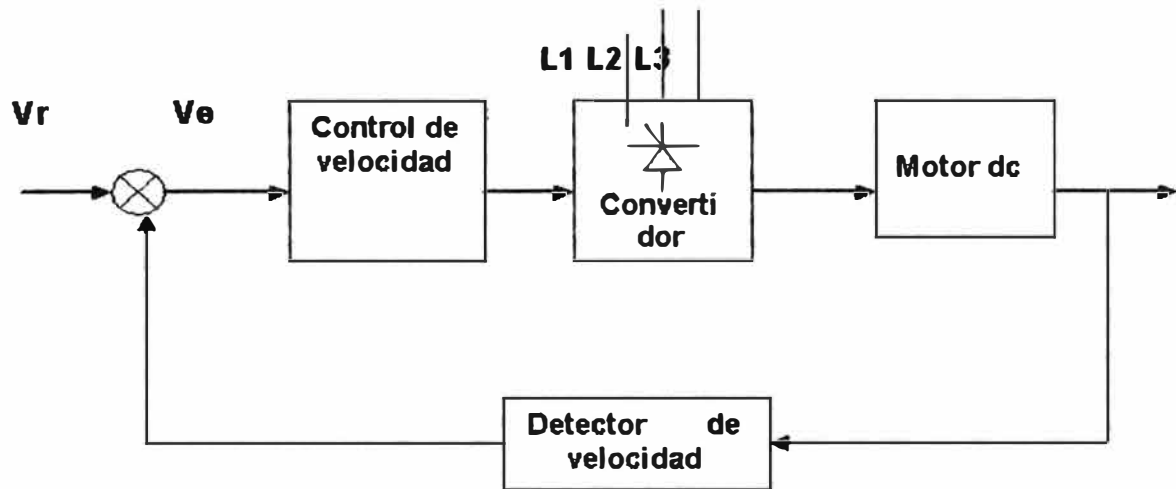


Fig. 1.4 Diagrama De Bloques Del Regulador De Velocidad De Un Motor DG

Donde:

V_r = Velocidad de referencia

V_e = Error de velocidad

V_c = Velocidad controlada

V_a = Velocidad aplicada al motor

ω = Tórque de salida

Tabla N° 1.4 Relación De Convertidores

Tipo	Numero de Equipos	Marca	Características	Alimentación Alterna		Capacidad De Salida			
						Potencia	Voltaje	Corriente	
DC	1	Quantum	Rectificador 3 ϕ de 6 pulsos con SCR en 2 cuadrantes	460	87	30/60	25/53	500	107
DC	2	Quantum	Rectificador 3 ϕ de pulsos con SCR en 2 cuadrantes	460	143	50/100	41/87	500	173
DC	3	Quantum	Rectificador 3 ϕ , de 6 pulsos con SCR en 2 cuadrantes	460	211	75/150	62/12 9	500	257
DC	4	Euroterm	Rectificador 3 ϕ de 6 pulsos 2 cuadrantes con SCR	460	105	75	57	500	180
DC	5	Electrónica Santerno	Rectificador 3 ϕ , de 6 pulsos con SCR de 2 cuadrantes	220	186	150	120	500	215
DC	6	Typact Moller	Rectificador 3 ϕ , de 6 pulsos con SCR de 2 cuadrantes	380	155	100	73	500	185
DC	7	Euroterm	Rectificador 3 ϕ , 6 pulsos con SCR de 2 cuadrantes	460	87	60	53	500	115
DC	8	Danfoss	Rectificador de 6 pulsos con SCR y inversor de 6 pulsos con IGBT.	380	60	30	25	500	75
AC		Simovert	Rectificador de 6 pulsos con SCR inversor de 6 pulsos con IGBT.	440	124	75	56	500	95

Un convertidor tipo puente completo controlado, trabaja en 2 cuadrantes debido a que la tensión de salida puede tener polaridad negativa o positiva. Ver fig. 1.5

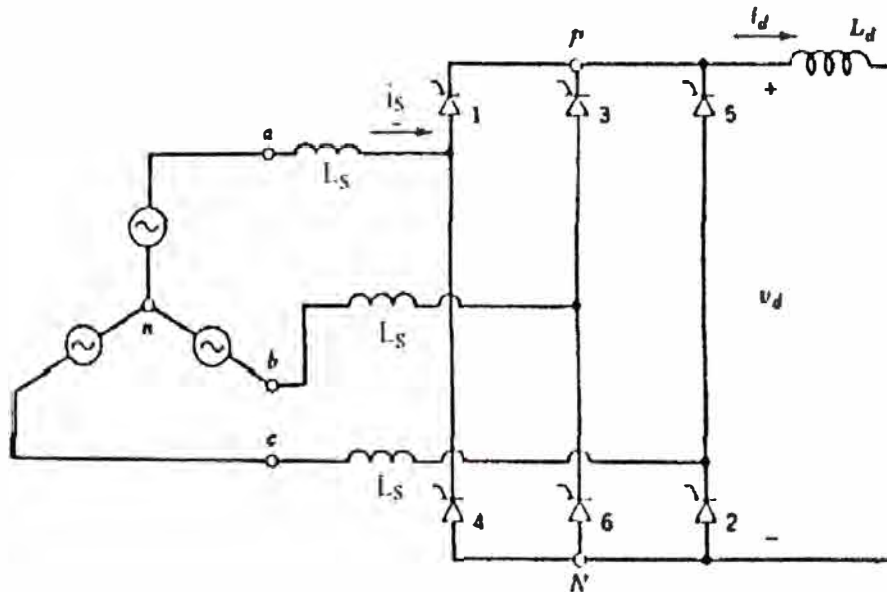


Fig.1.5 Rectificador Puente Trifásico De 6 Pulsos

Los armónicos producidos por los convertidores se encuentran relacionados con su número de pulsos que es el número de ciclos de rizado en la tensión de salida continua por ciclo de tensión de entrada alterna.

Los armónicos y sus magnitudes teóricas están dados por la siguiente relación.

$$h = (n \times p) \pm 1 \quad (1.3)$$

$$I_h = I_{fund} / h \quad (1.4)$$

h = Orden de armónicos

n = número entero

p = número de pulsos del convertidor

I_{fund} = Corriente fundamental

I_h = Corriente armónica.

2. Variadores de Velocidad AC

Las características de un variador de velocidad AC es la de convertir la entrada alterna en DC que, luego pasa a una etapa de filtrado y después a una etapa de Inversión a AC que alimenta al motor. Ver fig. 1.6.

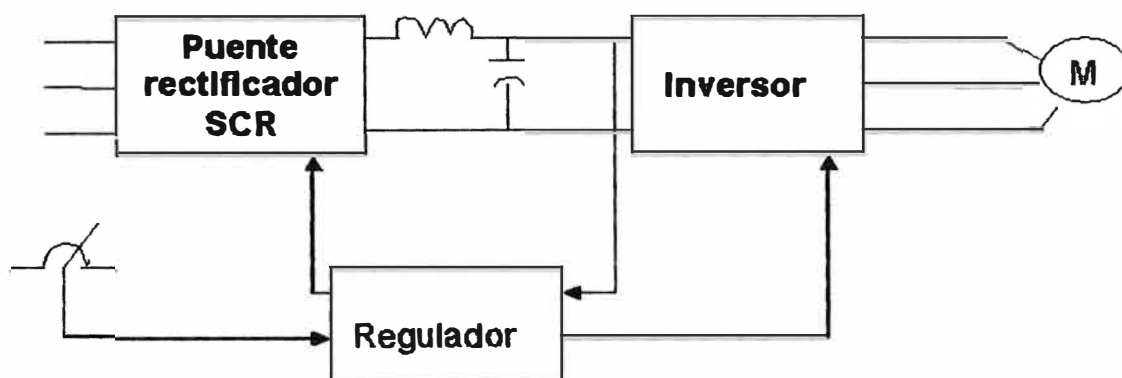


Fig.1.6 Diagrama De Bloques De Un Variador De Velocidad De Motor De Corriente Alterna

En este caso se tiene variadores de velocidad modulado por ancho de pulso PWM.

Este variador tiene como unidad de Conversión de fuerza a una Fuente de Diodos; rectificador que provee al circuito intermedio de tensión, luego esta tensión entra a una etapa de filtrado LC pasa bajo; la salida de tensión y frecuencia es controlado electrónicamente por técnicas de modulación de pulso. Ver fig. 1.7.

El variador como etapa de Inversión cuenta con un dispositivo de potencia de IGBTs On y of y además tiene incorporado un micro procesador para la regulación de velocidad que es manejado con mucha efectividad.

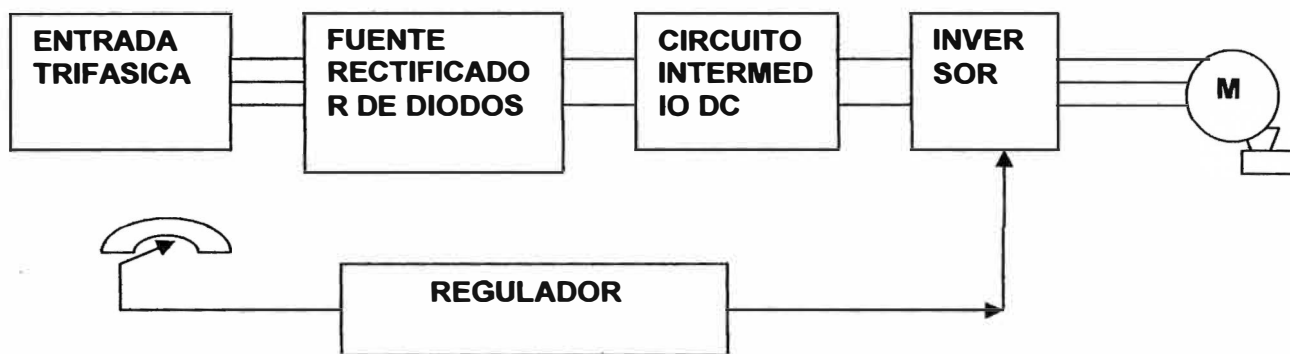


Fig.1.7 Unidad De Conversión De Energía De Un PWM De 6 Pulsos

Los armónicos producidos están relacionados con las señales de control aplicados para la generación de pulsos.

Los armónicos están dados por la siguiente relación :

$$m_f = f_{sw} / f \quad (1.5)$$

f_{sw} : Frecuencia de onda portadora como señal de control

f : frecuencia de Onda de control senoidal

$$h = i(m_f), \pm j \quad (1.6)$$

i, j = Números naturales que cumple.

Si i es impar " j " \pm será par

Si i es par " j " será impar.

En la fig. 1.8 se muestran las diversas formas de onda a la salida del convertidor PWM.

b) Transformadores de potencia

Los armónicos se originan debido a la Característica de la Curva de Magnetización del núcleo de los transformadores. Está relacionado con la corriente de magnetización de su núcleo y son mayores cuando el transformador trabaja por encima de su rango nominal de operación; en este caso los componentes armónicos de la corriente de magnetización se incrementan predominando la 3ra, 5ta y 7ma armónica.

c) Motores eléctricos

Los armónicos se originan por la variación de la reluctancia magnética producto de las ranuras en el estator y el rotor. Los armónicos resultantes no son significativos.

d) Iluminación

Esta conformada por gran cantidad de lámparas de descarga que cuentan con elementos de encendido: como balastos, arrancadores, condensadores. Estos equipos generan armónicos del orden 3ro, 5to y 15avo.

Gran cantidad de equipos de computadoras, equipos PLC existentes en la instalación también contribuyen en la generación de armónicos.

1.3.8 Efectos De La Distorsión Armónica.

Los efectos que producen la distorsión armónica es sustantiva y se puede listar los siguientes:.

a) Por efecto de la corriente.

- Se produce pérdidas y/o caídas de tensión en los cables.
- Sobrecalentamiento de transformadores que se traduce en la pérdida gradual de su aislamiento.
- En los motores se producen quemaduras y oscilaciones mecánicas.

Forma De Onda De Un PWM

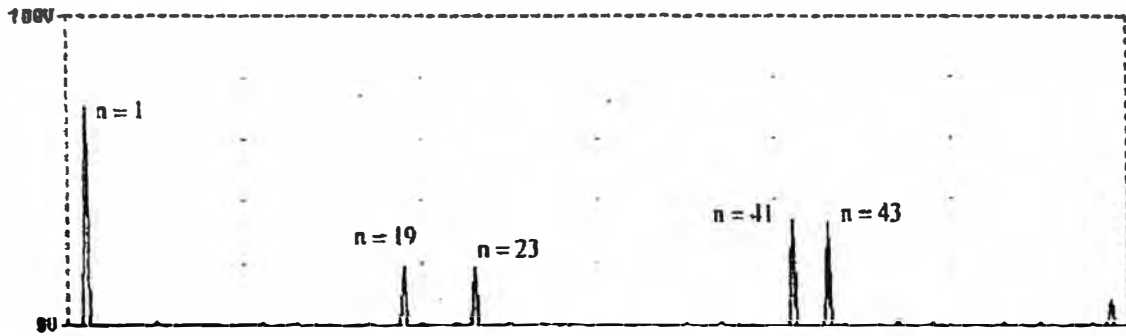


Figura 1.1 Espectro armónico de la tensión por fase de la carga V_{an}

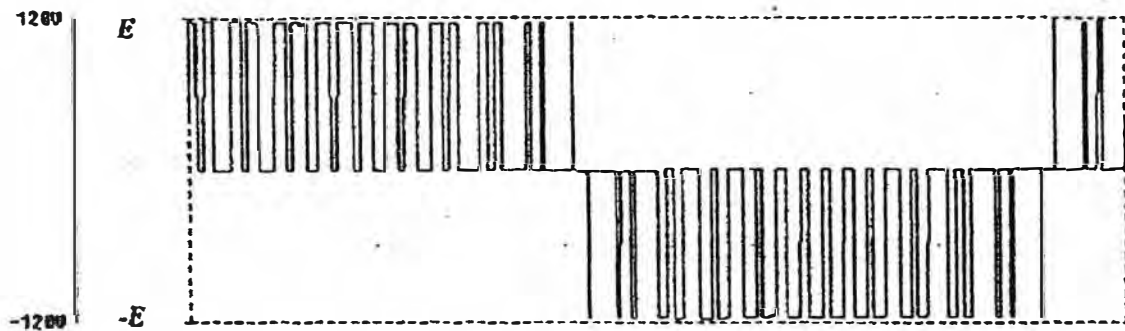


Figura 1.2 Tensión de Línea V_{ab}

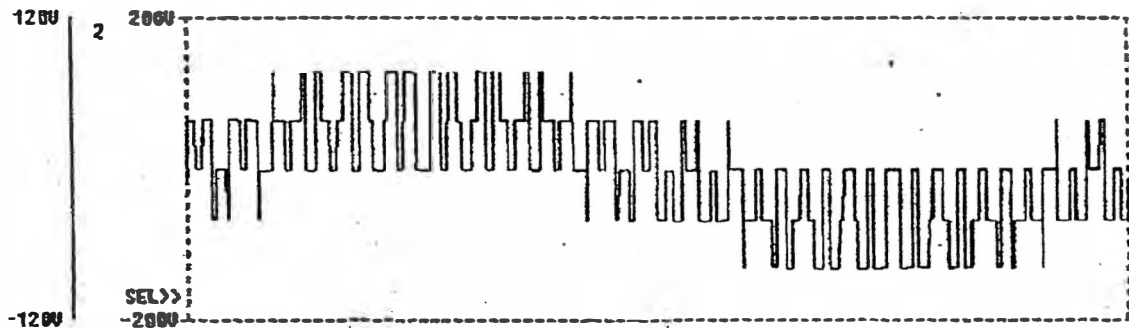


Figura 1.3 Tensión por fase (V_{an}) en la carga

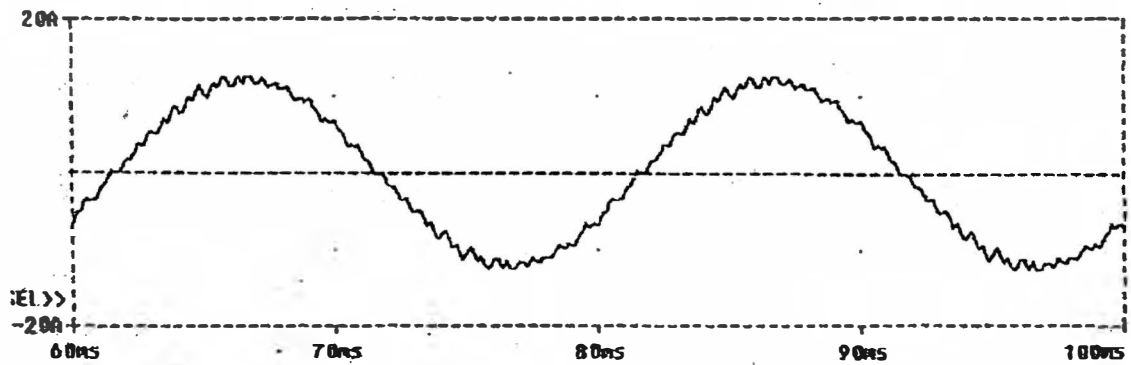


Figura 1.4 Corriente por fase de la carga (i_a)

FIG1.8 Diversas Formas De Onda De Salida De Un PWM

b) Por efecto de la tensión.

La distorsión armónica produce pérdidas en las componentes de los transformadores, motores, condensadores, salida de interruptores automáticos de protección originadas por una sobretensión.

c) Por efecto de tensión y corriente:

Se manifiestan en los equipos de la manera siguiente:

- **Convertidores y Cargas Electrónicas.-** Se produce calentamiento del SCR; desfase de los ángulos de disparo debido a la operación del control por los armónicos.
- **Equipos De Medición E Instrumentación .-** No son afectados y presentan precisión.
- **Equipos De Protección.-** Salida de interruptores de potencia; apertura de los equipos de protección de sobretensión. En el caso de del sistema de protección por Onda Portadora puede operar erróneamente obstaculizando la señal portadora.
- **Sistema de Control (PLC).-** Operación errónea.
- **Lámparas de Iluminación.-** Colapso prematuro.
- **Transformadores.-** Colapso del transformador. Caso ocurrido con transformador de 1000 KVA en la planta.

- **Sistema de Protección.-** Salida de interruptores de potencia que alimentan a la barras de distribución de las cargas. Originan grandes pérdidas económicas a las empresas.
- **Motores eléctricos.-** Colapso por causas no previsibles. Originan grandes gastos económicos a las empresas.
- **Variadores de Velocidad.-** Salida de operación, produciéndose paradas de líneas de producción.

CAPITULO II BASES CONCEPTUALES Y NORMAS APLICABLES

2.1 Bases Conceptuales

Con el propósito de entender de manera apropiada el desarrollo del análisis y resultados del estudio se ha considerado necesario presentar algunas consideraciones conceptuales sobre el tema.

2.1.1 Calidad De La Energía

Nivel de desviación de la magnitud, forma de onda o frecuencia de la tensión y/o corriente eléctrica, que de manera permanente o transitoria (interrupciones) afectan al desempeño de la transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica.

2.1.2 Onda Sinusoidal Pura Y Distorsionada.

La fig. 2.1 muestra una onda sinusoidal pura, similar a la que existiría en un sistema eléctrico si hacemos circular tensiones o corrientes suministradas por fuentes ideales que alimentan idealmente a cargas lineales.

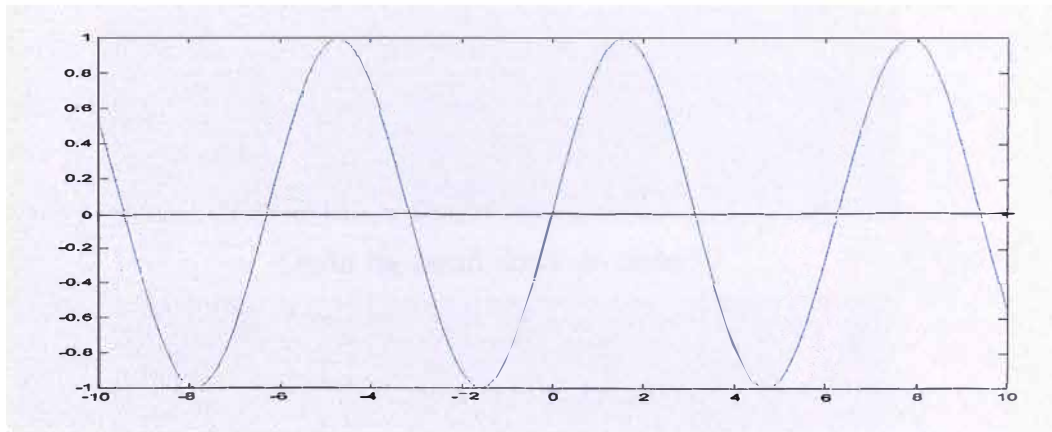


Fig. 2.1 Onda Sinusoidal Pura

La fig. 2,2 muestra una onda distorsionada similar a las que se analizan en sistemas eléctricos reales en una industria. Estas están afectadas por ondas armónicas de frecuencias múltiples de onda fundamental que se muestran en la fig. 2.3.

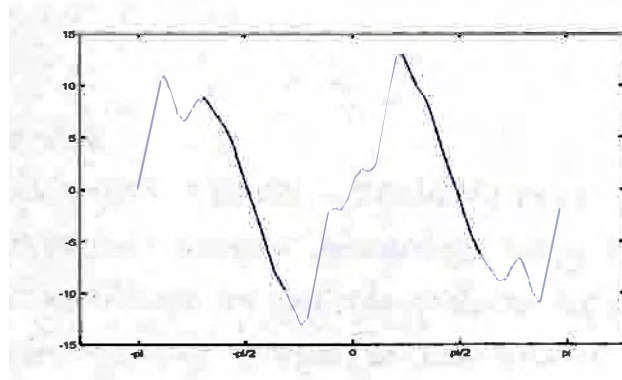
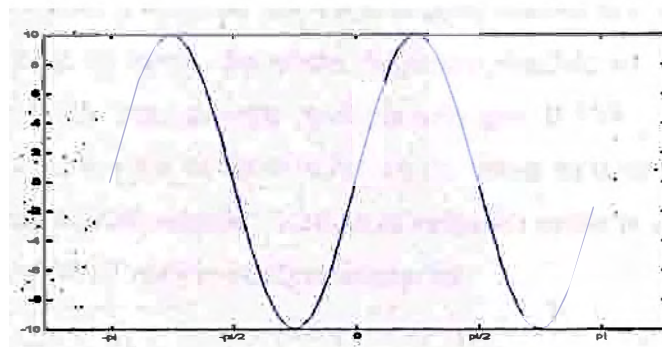
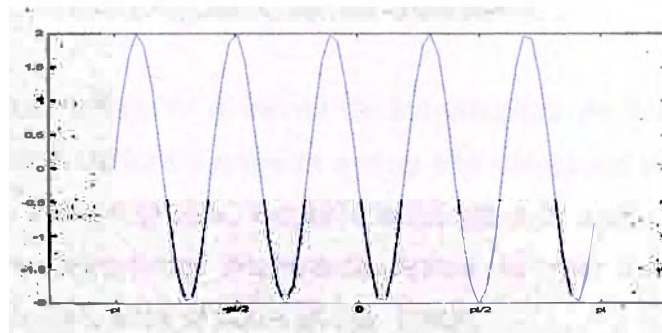


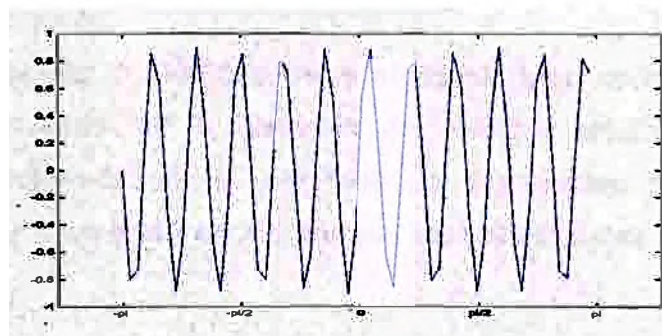
Fig. 2.2 Onda Distorsionada Debido A Los Armónicos De Orden 5°, 7° Y 11°.



Onda de armónicos de orden 5



Onda de armónicos de orden 7



Onda de armónicos de orden 11

Fig. 2.3 Ondas Armónicas De 5to, 7mo Y 11avo Orden.

2.1.3 Valor Eficaz RMS

El término RMS (ROOT-MEAN – SQUARE) usado para las ondas alternas significa equivalente ó “efectivo” refiriéndose a la cantidad de trabajo realizado por un valor equivalente de corriente continua. Este término, RMS, es muy apropiado para describir el valor de una tensión ó corriente alterna que constantemente están cambiando en amplitud y polaridad a intervalos regulares y también para las formas de onda no lineales (distorsionadas).

Los instrumentos de medida convencionales miden el valor promedio en base a la amplitud de la forma de onda. Algunos medidores están calibrados para leer el valor RMS equivalente multiplicado por 0.707 (valor máximo). Esta lectura es correcta sólo cuando la forma de onda es una senoide pura, no así para una onda distorsionada, porque la relación entre la lectura promedio y los valores reales RMS varían sustancialmente.

Sólo un instrumento que mide valores eficaces RMS, mostrará lecturas correctas para una forma de onda no sinusoidal.

El proceso de lectura es a través de los circuitos de Medición RMS Internos que muestran la señal de entrada a muy alta velocidad digitalizado y elevando al cuadrado, cada muestra, luego la adiciona a la suma de los cuadrados de las muestras anteriores finalmente forma la raíz cuadrada del total; el resultado obtenido será el valor eficaz RMS.

2.1.4 Máxima Demanda:

Siendo Demanda la cantidad de energía eléctrica consumida en el tiempo, Máxima Demanda es la cantidad de energía eléctrica más alta (carga promedio) colocada por la empresa de electricidad para satisfacer a un consumidor en un intervalo de tiempo especificado por la empresa (15 ó 30 minutos).

Para abastecer esta demanda variable en el tiempo la empresa de electricidad debe invertir en equipos de capacidad adecuada. No se consideran picos máximos de corta duración, como lo que se presentan cuando entran cargas

importantes porque su duración es corta con respecto al intervalo de demanda promedio.

2.15 Factor de Potencia:

El factor de potencia es el cociente entre la potencia activa (útil) utilizada en un circuito y la Potencia Aparente entregada por la empresa de electricidad.

$$f_p = \frac{\text{Potencia (útil)}}{\text{Potencia (aparente)}} = \frac{P_{\text{kW}}}{P_{\text{kVA}}} = \frac{\text{kW}}{\text{kVA}} \quad (2.1)$$

La Potencia Activa puede estar expresada en (W, kW, MW); la potencia aparente en: (VA, kVA, MVA)

2.1.5 Armónicas

Componentes sinusoidales de una onda periódica con frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia fundamental.

$$f_{(\text{armónica})} = n \times 60 \text{ Hz} \quad (2.2)$$

Donde: n número entero y 60 Hz es la frecuencia industrial del sistema

La fig. 2.4 nos ilustra la onda senoidal a la frecuencia fundamental (60 Hz) y sus 2do, 3ro, 4to y 5to armónicos.

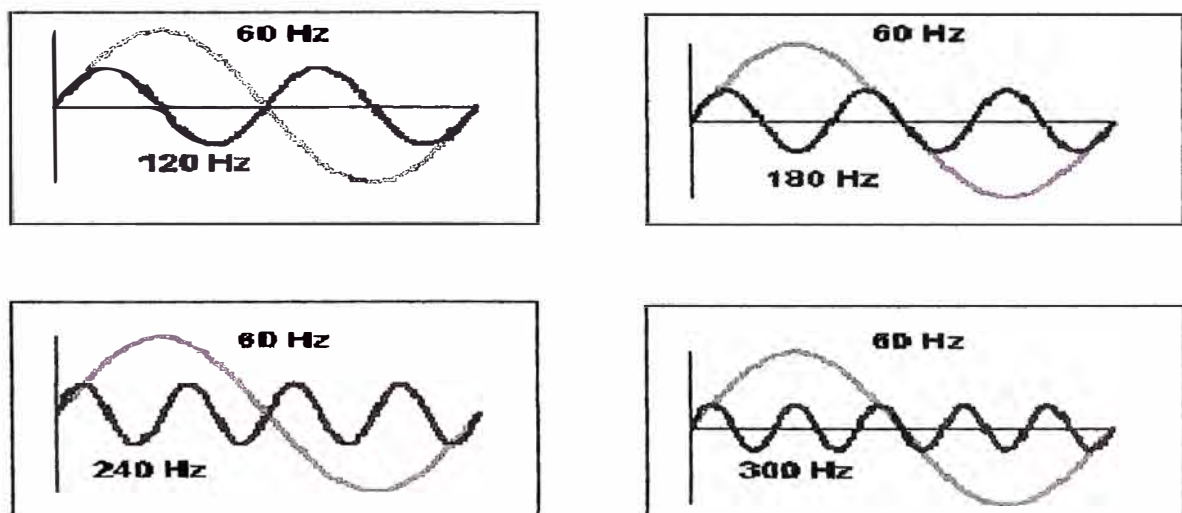


Fig. 2.4 Formas De Onda De Armónicos

La calidad de energía involucra perturbaciones transitorias y distorsiones de estado estable. Los armónicos pertenecen al segundo tipo y pueden causar daños muy severos alterando el normal funcionamiento de los equipos electrónicos y causando exceso de calentamiento en equipos eléctricos como motores, condensadores, transformadores conductores, medidores, etc.

Por lo tanto afectará el desempeño de diferentes sistemas como iluminación, comunicación, medición, protección, etc.

Algunos autores utilizan el término de energía "limpia" ó pura para referirse a aquello que no contiene armónicos, sin embargo, las típicas formas de onda limpia sólo existen en el laboratorio; más aún, debemos comprender que las armónicas han estado presente en los sistemas eléctricos desde siempre y seguramente permanecerán por tiempo indefinido.

En la actualidad las empresas industriales dentro de sus instalaciones cuentan con gran cantidad de equipos no lineales, que generan armónicos, tales como computadoras, UPS, balastos electrónicos, variadores de velocidad, transformadores, motores eléctricos, etc.

2.1.7 Tensiones y Corrientes Periódicas.

Las formas de onda distorsionada pueden ser representadas por la suma de una serie de términos de frecuencia múltiple; con magnitudes y ángulo de fase variable. Esto se expresa en el Teorema de Fourier donde una forma de onda compleja se representa como:

$$f(t) = A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} [A_n \cos(n\omega t + \phi_n)] \quad (2.3)$$

A_0 = Magnitud de la componente dc

n = Orden de las armónicas

A_n = Magnitud de la énesima frecuencia armónica

ϕ_n = Ángulo de fase de la énesima armónica

La magnitud y ángulo de fase de cada armónica determina la forma de onda resultante.

2.1.8 Distorsión Armónica

Los problemas por distorsión armónica no son nuevos ni para las compañías de distribución eléctrica ni para los sistemas industriales. Típicamente la distorsión era ocasionada por cargas no lineales conectada a la red de distribución.

Sin embargo, hoy día son necesarios ciertos métodos para reducir los armónicos, debido a tres razones principales

1. La proliferación del uso de los convertidores estáticos de potencia.
- 2 Las resonancias de red han aumentado.
3. Las cargas del sistema de potencia son cada vez más sensibles al armónico.

La introducción de convertidores de potencia confiables y eficientes ha ocasionado un aumento elevado en el número de dispositivos generadores de armónicas, además el problema es agravado frecuentemente por la tendencia de instalar condensadores para mejorar el factor de potencia. Debido a que los capacitores se instalan en paralelo con la inductancia del sistema eléctrico, puede ocasionar condición resonante cuando la frecuencia natural del sistema sea igual a la frecuencia de resonancia:

$$f_{resonante} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}} \quad (2.4)$$

Donde:

L = Inductancia del sistema

C = Capacidad del condensador conectado

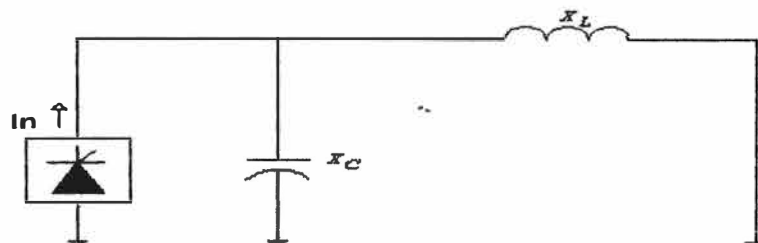


Fig. 2.5 Circuito Resonante Equivalente Del Sistema

Para cuantificar la presencia de armónicas se tiene los indicadores siguientes:

a) Distorsión Armónica Total (THD)

La distorsión armónica puede ser cuantificada por varios estados diferentes y uno de las medidas más comunes de la distorsión, como resultado de todos los componentes armónicos, es la distorsión armónica total (THD) definida como.

$$\text{THD}_v = \frac{1}{V_1} \sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2} \times 100\% \quad (2.5)$$

$$\text{THD}_i = \frac{1}{I_L} \sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2} \times 100\% \quad (2.6)$$

Donde:

THD_v = Porcentaje de distorsión de voltaje.

THD_i = Porcentaje de distorsión de corriente

v_n = Es la magnitud RMS de las frecuencias armónicas.

v_1 = Magnitud RMS fundamental.

I_L = Magnitud RMS de la corriente fundamental.

I_n = Magnitud de corriente de las frecuencias armónicas

Las magnitudes individuales de las frecuencias armónicas pueden ser representado como un % de la componente fundamental.

Muchos instrumentos de medición de armónicos expresan resultados como la distorsión armónica total y los componentes individuales como un % de la fundamental.

b) Distorsión Armónica total (TDD)

Distorsión de la corriente armónica definida como:

$$\text{TDD} = \frac{1}{I_L} \sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2} \quad (2.7)$$

Donde:

I_L = es la máxima corriente de (Demanda de 15 a 30 minutos) en la frecuencia fundamental, en el punto común de acoplamiento (PCC) calculada como la corriente promedio de la máxima demanda de los 12 meses anteriores.

2.1.9 Perturbaciones De La Onda Eléctrica

Se dice que la Onda de tensión sufre una perturbación cuando se produce una alteración transitoria ó permanente en cualquier de sus parámetros (frecuencia, amplitud, forma de Onda, simetría entre las fases, etc.) El término "Calidad de la Onda" involucra la permanencia de estos parámetros característicos de la Onda, dentro de ciertos límites aceptables.

Debido a la configuración actual de nuestro sistema eléctrico es poco probable la ocurrencia de variaciones de frecuencia pero excepcionalmente puede ocurrir en caso de grandes fallas que originan pérdidas de interconexión. En el caso de pequeños sistemas aislados la conexión y desconexión de cargas importantes es la causa de las habituales variaciones de frecuencia.

2.2 Normas Aplicables

Nos referiremos a tres importantes normas:

- Norma Americana IEEE519-92
- Norma Técnica de Calidad de Servicio Eléctrico (NTCSE)
- Norma Europea. EN 61000 – 3 – 2.

2.2.1 Norma Americana IEEE 519-92

Las normas estadounidenses con respecto a las armónicas han sido agrupadas por la IEEE en la Norma 519, recomendaciones prácticas y requerimientos para el control de armónicos en sistemas electrónicos de potencia.

El propósito de IEEE519 es el de recomendar límites en la distorsión armónica según los criterios distintos específicamente.

1º Existe una limitación sobre la cantidad de corriente armónica que un consumidor puede inyectar en la red de distribución eléctrica.

2° Se establece una limitación en el nivel de tensión armónica que una compañía de distribución de electricidad puede suministrar al consumidor.

a) Lineamientos Para Los Clientes Individuales:

Se limita la cantidad de corriente armónica que los clientes individuales pueden inyectar en la red de distribución.

Las limitaciones se basan en el tamaño del consumidor con respecto al sistema de distribución. Los clientes mayores se restringen más que los clientes pequeños.

El tamaño relativo de la carga con respecto de la fuente se define como la relación de corto circuito (SCR) en el punto de acoplamiento común, (PCC) que es donde la carga del consumidor se conecta con otras cargas en el sistema de potencia.

El tamaño del consumidor está definido por la corriente total de frecuencia fundamental en la carga, I_L , que incluye todas las cargas lineales y no lineales. El tamaño del sistema de abastecimiento es definido por el nivel de la corriente de corto circuito ISC, del PCC, estas dos corrientes definen el SCR:

$$SCR = \frac{I_{SC}}{I_L} = \frac{\text{Potencia corto circuito MVA}}{\text{potencia Carga MW}} \quad (2.8)$$

Una relación alta significa que la carga es relativamente pequeña y que los límites aplicables no serán estrictos como los que corresponde cuando la relación es más baja.

Esto se observa en la Tabla 2.1, donde se recomienda los niveles máximos de distorsión armónica en función del valor de SCR y el orden de las armónicas.

Todos los valores de distorsión de corriente se dan en base a la máxima corriente (demanda). La distorsión total está en términos de la demanda (TDD) en lugar del término más común THD.

Es importante notar que la Tabla 2.1 muestra sólo los límites para armónicos impares la norma IEE 519 da lineamientos para armónicos pares limitándolos al 25% de los impares, dentro de la misma zona.

Lineamiento para la compañía de Electricidad, el segundo conjunto de criterios establecidos para la norma IEEE 519 se refiere a los límites de distorsión de voltaje. Estas rigen la cantidad de distorsión aceptable en el voltaje que entrega la compañía de electricidad en el PCC de un consumidor.

Los límites armónicos de voltaje recomendados, se basan en niveles suficientemente pequeños para garantizar que el equipo de los susceptibles opere satisfactoriamente; la tabla 2 enumera los límites de distorsión armónica de tensión o voltaje según IEEE 519.

Como es común, los límites se imponen sobre componentes individuales y sobre la distorsión total para la combinación de todos los voltajes armónicos (THD), lo diferente en esta tabla, sin embargo es que se muestra 3 límites diferentes, se observa que los límites disminuyen cuando el voltaje aumenta, al igual que los límites de corriente.

Tabla 2.1. Límites de la Distorsión de Corriente según la IEEE 519-92

Para condiciones con duración superior a una hora. Para periodos más cortos el límite aumenta un 50%

Límites de Corriente Armónica para Carga no lineal en el Punto Común de acoplamiento con Otras Cargas, para voltajes entre 120 - 69,000 volts.						
Máxima Distorsión Armónica Impar de la Corriente, en % del Armónico fundamental						
I_{sc} / I_L	$h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	TDD
<20*	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20 < 50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50 < 100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100 < 1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
> 1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0
Límites de Corriente Armónica para Carga no lineal en el Punto Común de acoplamiento con Otras Cargas, para voltajes entre 69,000 - 161,000 volts.						
Máxima Distorsión Armónica Impar de la Corriente, en % del Armónico fundamental						
I_{sc} / I_L	< 11	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	TDD
< 20*	2.0	1.0	0.75	0.3	0.15	2.5
20 < 50	3.5	1.75	1.25	0.5	0.25	4.0
50 < 100	5.0	2.25	2.0	0.75	0.35	6.0
100 < 1000	6.0	2.75	2.5	1.0	0.5	7.5
> 1000	7.5	3.5	3.0	1.25	0.7	10.0
Límites de Corriente Armónica para Carga no lineal en el Punto Común de acoplamiento con Otras Cargas, para voltajes > 161,000 volts.						
Máxima Distorsión Armónica Impar de la Corriente, en % del Armónico fundamental						
I_{sc} / I_L	< 11	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	TDD
< 50	2.0	1.0	0.75	0.30	0.15	2.5
50	3.0	1.5	1.15	0.45	0.22	3.75
Los armónicos pares se limitan al 25% de los límites de los armónicos impares mostrados anteriormente						
* Todo equipo de generación se limita a estos valores independientemente del valor de I_{sc} / I_L que presente						
Donde I_{sc} = corriente Máxima de cortocircuito en el punto de acoplamiento común.						
I_L = Máxima demanda de la corriente de carga (a frecuencia fundamental) en el punto de acoplamiento común.						
TDD = Distorsión total de la demanda (RSS) en % de la demanda máxima .						

Para condiciones con más de una hora de duración.

Periodos más cortos aumentan su límite en un 50%)

Tabla 2.2 Límites de distorsión de voltaje según IEEE519-92

Voltaje de barra en el punto de acoplamiento común	Distorsión individual de Voltaje (%)	Distorsión total del voltaje
		THD (%)
Hasta 69 KV	3.0	5.0
De 69 KV a 137.9 KV	1.5	2.5
138 KV y mas	1.0	1.5
Nota: Los sistemas de alto voltaje pueden llegar hasta un 2.0% en THD cuando lo que causa es un alto voltaje terminal DC, el cual podría ser atenuado.		

Primeramente los límites de armónicos impares son los únicos que se muestra en la Tabla 2.2 la generación de armónicos pares se restringe más debido a que la resultante DC ocasionar saturación en motores y transformadores.

La corriente de secuencia negativa puede ocasionar calentamiento en alternadores.

Los armónica pares individuales se limitan a un 25% de los límites armónicos impares el igual que sucede con la corriente.

Es muy común que los alimentadores de la compañía de electricidad alimenten a más de un consumidor.

Los límites de distorsión de voltaje mostradas en la tabla 2 no deberían excederse mientras todos los consumidores conectados no sufren los límites de inyección de corriente.

Cualquier consumidor que degrade la tensión en el PCC deberá corregir el problema sin embargo el problema de distorsión de tensión es uno para la comunidad de consumidores y la concesionaria.

Los consumidores muy grandes pueden buscar un compromiso con la compañía de distribución sobre la relación de un problema específico, y ambas pueden contribuir a su solución.

2.2.2 Norma Peruana NTCSE

En el caso del Perú, la Norma Técnica De Calidad De Los Servicios Eléctricos NTCSE (Decreto Supremo N° 020-97 del 11-10-97) establece los niveles mínimos de calidad de los servicios eléctricos, así como las obligaciones de las empresas de electricidad y los clientes. El control de la calidad considera los aspectos de calidad del producto (tensión frecuencia, flicker, armónico). La calidad al servicio comercial (trato al cliente, medios de atención y calidad del alumbrado público).

Se fijan la tolerancia y las respectivas compensaciones y/o multas por incumplimiento.

Así mismo todo cliente es responsable ante el suministrador por aquellos perturbaciones que inyecte a la red y que exceden en las tolerancias establecidas.

Haciendo una primera inspección observamos que esa norma no establece límites a la distorsión de corriente como si lo hace la norma americana IEEE 519, siendo por consiguiente menos estricta.

Por ser de utilidad para este trabajo se mencionará brevemente las partes pertinentes de las normas peruanas que nos servirán de referencias más adelante.

a) Tensión.

El indicador para evaluar la tensión de entrega en su intervalo de medición (K) de quince 15 minutos de duración es la diferencia (ΔV_k) entre las medidas de los valores eficaces (RMS) instantáneos medidas en el punto de entrega (V_k) y el valor de la tensión nominal (V_N) del mismo punto. Este indicador está expresado como un porcentaje de la tensión nominal del punto.

$$\Delta V_k (\%) = \frac{(V_k - V_N)}{V_N} \times 100 \% \quad (2.9)$$

Las tolerancias admitidas sobre las tensiones nominales de los puntos de entrega de energía, en todas las etapas y en todas los niveles de tensión

es de hasta $\pm 5\%$ de las tensiones nominales de todos los puntos; tratándose en redes secundarias en servicio calificados como urbanos, rurales, dicha tolerancia son de hasta $\pm 7.5\%$. Se considera que la energía eléctrica es de mala calidad, si la tensión se encuentra fuera del rango de tolerancia establecido por un tiempo superior al (5%) del periodo de medición.

b) Perturbaciones

Se propicia el control de todo tipo de perturbación pero inicialmente sólo Flicker y Tensiones armónicas, ambas se miden en el punto de acoplamiento común (PCC) del sistema.

Se considera los siguientes indicadores de calidad:

- 1.- Para Flicker:- El índice de severidad por Flicker de corta duración (Pst) definido según la norma IEC.
- 2.- Para Armónicas: Las tensiones armónicas individuales (V_i) y el Factor de Distorsión Total por Armónicas (THD).

Estos indicadores (Pst, V_i , THP) se evalúan separadamente para intervalos de diez (10) minutos durante el Periodo de Medición de perturbaciones que como mínimo será de 7 días calendarios continuos.

Se considera las siguientes tolerancias:

1.- Flicker.-

El índice de severidad por Flicker (Pst) debe ser menor a la unidad en alta, media y baja tensión. Un valor límite de Pst = 1, es considerado como el umbral de irritabilidad asociado a la fluctuación máxima de luminancia que puede ser soportada sin molestia por una muestra específica de población.

- 2.- Tensiones Armónicas.- Los valores eficaces (RMS) de las tensiones armónicas en individuales (V_i) y los THD, expresado como porcentaje de la tensión nominal del punto de medición correspondiente, no deben superar los valores límites (V'_i y T'HD) indicados en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3 Tolerancias De Tenslones Armónicas Según NTCSE

ORDEN _(n) DE LA ARMONICA Ó THD	TOLERANCIAS	
	VI _n / V ₁ THD _n (% respecto de la tensión nominal) del punto de medición	
	Alta y muy Alta tensión	Medla y Baja Tensión
(Armónicas impares no múltiplos de 3)		
5	2.0	6.0
7	2.0	5.0
11	1.5	3.5
13	1.5	3.0
17	1.0	2.0
19	1.0	1.5
23	0.7	1.5
25	0.7	1.5
Mayores de 25	0.1+2.5 / n	0.2+12.5 / n
(Armónicas impares múltiplos de 3)		
3	1.5	5.0
9	1.0	1.5
15	0.3	0.3
21	0.2	0.2
Mayores de 21	0.2	0.2
Pares		
2	1.5	2.0
4	1.0	1.0
6	0.5	0.5
8	0.2	0.5
10	0.2	0.5
12	0.2	0.2
Mayores de 12	0.2	0.2
THD	3.0	8.0

Para efectos de esta norma, se consideran las armónicas comprendidas entre la segunda (2° y la cuarenta 40°) ambas inclusive.

El Factor de Distorsión Total por armónicas (THD) está definido cómo:

$$\text{THD} = \left[\sqrt{\sum_{l=2}^{\infty} \frac{V_l^2}{V_N^2}} \right] \times 100\% \quad (2.10)$$

Donde:

V_l es el valor eficaz (RMS) de la tensión armónica ($l = 2,3,\dots,40$) expresado en voltios, V_N es la tensión nominal del punto de medición expresado en voltios.

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

2.2.3 Norma Europea EN 61000 – 3 – 2

Esta norma aprobada por el comité Europeo de Normalización Electrotécnica (LENELEC) publicada en abril de 1995 y corregida en octubre del mismo año, es parte de la serie de normas internacionales CEI, 1000 sobre la compatibilidad electromagnética.

Esta sección es una norma internacional que establece los límites de emisión de corriente armónicas de equipos eléctricos y electrónicos con una corriente de entrada menor o igual a 16 amperios de la corriente de entrada que puede ser producido por equipos ensayados bajo condiciones específicas.

Previo a la fijación de los límites los equipos son clasificados en cuatro categorías, siendo la clase C correspondiente a los equipos de iluminación, las otras 3 categorías A, B, D para otros equipos, para los cuales también fijan sus propios límites

a) Límites para equipos A, B, C, D

1. Para equipos clase A

Están incluidos los equipos trifásicos balanceados y todos los demás equipos excepto los incluidos en las otras clases siguientes.

Los límites de corrientes armónicas de entrada no deben exceder los valores en la tabla 2.4.

Tabla 2.4 Límites Para Equipos De Clase A

Orden del armónico N	Corriente armónica máxima admisible A
Armónicos impares	
3	2.30
5	1.14
7	0.77
9	0.40
11	0.30
13	0.21
$15 \leq n \leq 39$	$0.15 \cdot 15 / n$
Armónicos pares	
2	1.08
4	0.43
6	0.30
$8 \leq n \leq 40$	$0.23 \cdot 8 / n$

2. Para equipos clase B.

Están incluidos equipos, herramientas portátiles, cuyos armónicos de la corriente de entrada no deberán exceder los valores dados en la Tabla 2.4.

3. Para equipos clase C.

En los equipos de iluminación los valores de corrientes armónicas no deberán exceder los límites dados en la tabla 2.5.

Tabla 2.5 Límites Para Equipos Clase C

Orden del armónico N	Corriente armónica máxima admisible expresada en % de la corriente de entrada a la frecuencia fundamental %
2	2
3	30. λ *
5	10
7	7
9	5
11 ≤ n ≤ 39 (sólo armónicos impares)	3

* λ es el factor de potencia del circuito

Estos valores para cada orden armónica serán afectados como producto por 1.5.

4. Para equipos clase D.

Los límites de armónicos están referidos para equipos funcionando con carga nominal. Los valores de corriente armónica no deben superar lo estipulado en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6 Límites Para Equipos De Clase D

Orden del armónico N	Corriente armónica Máximo admisible por vatio mA / w	Corriente armónica Máximo admisible A
3	3.4	2.30
5	1.9	1.14
7	1.0	0.77
9	0.5	0.40
11	0.35	0.33
13 ≤ n ≤ 39 (sólo armónicos impares)	3.85 / n	Ver tabla 4

CAPITULO III EVALUACIÓN DE LAS MEDICIONES

3.1 Descripción De Las Mediciones

Se han tomado las mediciones en la salida de cada una de las dos Celdas que contienen transformadores de distribución, es decir en sus lados de baja tensión (460 V).

Se ha empleado un Analizador de Redes marca Circutor (ver Anexo B), el cual ha sido programado para tomar valores de tensión, intensidad, potencia activa, potencia reactiva, energía activa y energía reactiva, así como el THD por fase.

El Período de Medición ha sido de 24 horas, con intervalo de medición de sólo 1 minuto.

Dado lo extenso del conjunto de mediciones y sobre todo que el interés se centra sobre las armónicas, en el Anexo A se muestra, parcialmente, solamente los registros de valores de THD por fase.

3.2 Análisis De Las Mediciones De Armónicos

Los valores obtenidos en las mediciones realizadas en la Celda Nº 1 han sobrepasado los niveles máximos permitidos y en un tiempo superior al 5% del periodo de medición

En este caso, ha sido registrada la presencia de armónicos de 3er, 5to, 7mo, 9no y 11vo orden, siendo el 5to, el orden crítico, puesto que es éste el que supera el valor máximo normado. Ver la fig. 3.1 y Tabla 3.1.

Los valores de las mediciones de la Celda Nº 2 no han sobrepasado los niveles normados; aquí se ha detectado la presencia de los armónicos de 5to y 7mo orden. Ver la Tabla 3.2.

Tabla 3.1 Valores Obtenidos en la Celda 1

Concepto	Unid	Lím.	L1	L2	L3
THD	% Un	8.00	9.91	9.37	10.22
2. Harm.	% Un	2.00	-	-	-
3. Harm.	% Un	5.00	0.10	0.30	0.30
4. Harm.	% Un	1.00	-	-	-
5. Harm.	% Un	6.00	9.60	8.50	9.90
6. Harm.	% Un	0.50	-	-	-
7. Harm.	% Un	5.00	3.40	5.80	4.50
8. Harm.	% Un	0.50	-	-	-
9. Harm.	% Un	1.50	0.20	0.30	0.20
10. Harm.	% Un	0.50	-	-	-
11. Harm.	% Un	3.50	0.70	0.60	0.30
12. Harm.	% Un	0.20	-	-	-
13. Harm.	% Un	3.00	0.00	0.00	0.00
15. Harm.	% Un	0.30	0.00	0.00	0.00
17. Harm.	% Un	2.00	0.00	0.00	0.00
19. Harm.	% Un	1.50	0.00	0.00	0.00
21. Harm.	% Un	0.20	0.00	0.00	0.00

Tabla 3.2 Valores Obtenidos en la Celda 2

Concepto	Unid	Lím.	L1	L2	L3
THD	% Un	8.00	4.12	4.26	4.14
2. Harm.	% Un	2.00	-	-	-
3. Harm.	% Un	5.00	0.00	0.00	0.00
4. Harm.	% Un	1.00	-	-	-
5. Harm.	% Un	6.00	3.90	4.10	4.00
6. Harm.	% Un	0.50	-	-	-
7. Harm.	% Un	5.00	1.60	2.10	1.30
8. Harm.	% Un	0.50	-	-	-
9. Harm.	% Un	1.50	0.00	0.00	0.00
10. Harm.	% Un	0.50	-	-	-
11. Harm.	% Un	3.50	0.00	0.00	0.00
12. Harm.	% Un	0.20	-	-	-
13. Harm.	% Un	3.00	0.00	0.00	0.00
15. Harm.	% Un	0.30	0.00	0.00	0.00
17. Harm.	% Un	2.00	0.00	0.00	0.00
19. Harm.	% Un	1.50	0.00	0.00	0.00
21. Harm.	% Un	0.20	0.00	0.00	0.00

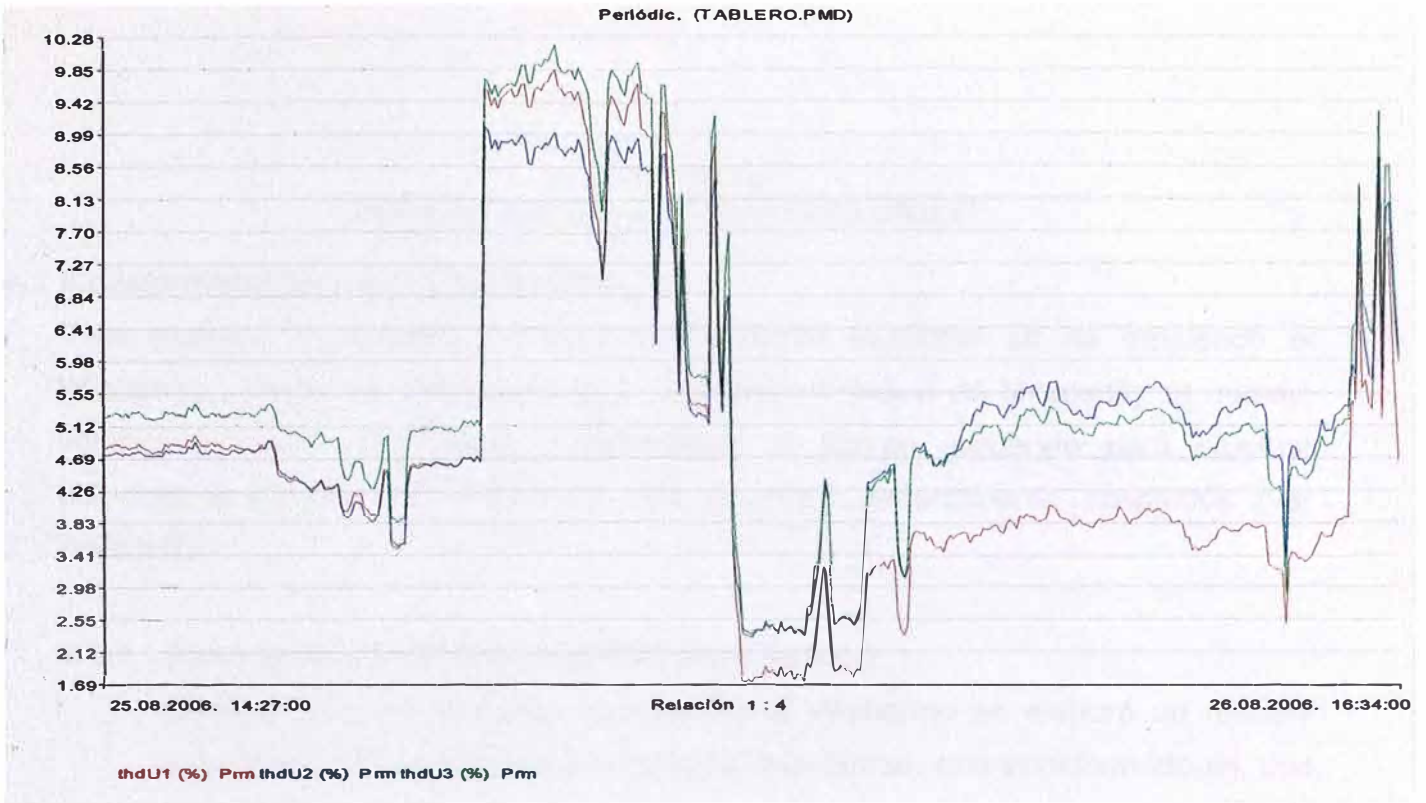


Fig. 3.1 Curvas de Distribución de THD De Tensión Promedio Por Fases Correspondientes a la Celda 1

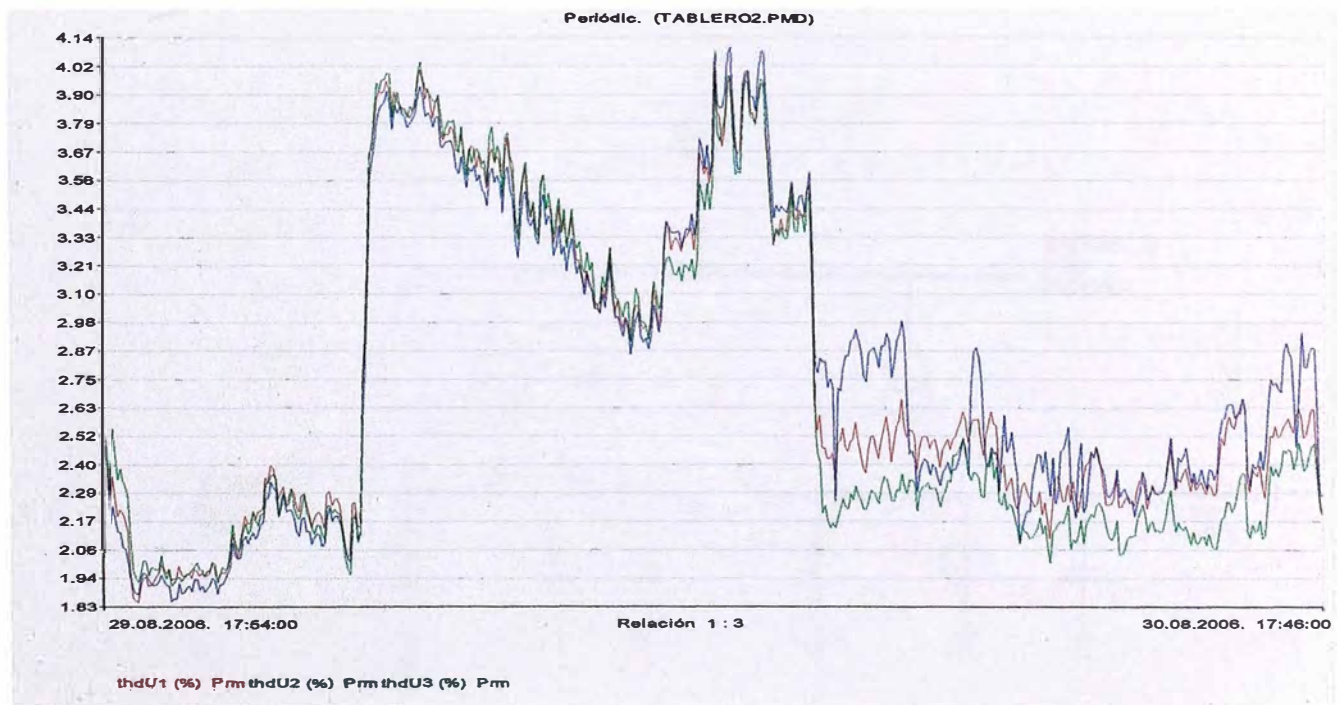


Fig. 3.2 Curvas de Distribución de THD De Tensión Promedio Por Fases Correspondientes a la Celda 2

CAPITULO IV SIMULACION DEL SISTEMA ELECTRICO

4.1 Modelamiento Del Sistema Eléctrico.

Para modelar el Sistema Eléctrico de la Planta Industrial se ha empleado el Winharmo; programa que trabaja bajo el entorno Window de Microsoft; de manejo interactivo-gráfico que reduce notablemente el tiempo requerido para efectuar estudios de análisis de armónicas con alcances generalmente aceptados (ver Anexo C).

4.1.1 Descripción del Modelo Del Sistema Eléctrico

Mediante las herramientas que facilita el Winharmo se elaboró un modelo constituido por un Sistema Equivalente, tres barras, dos transformadores, dos capacitores, dos fuentes de corriente y dos cargas equivalentes, tal como se observa en la fig. 4.1. Luego, se procedió a ingresar los datos correspondientes al Sistema Eléctrico de la Planta Industrial, tal como se describe enseguida.

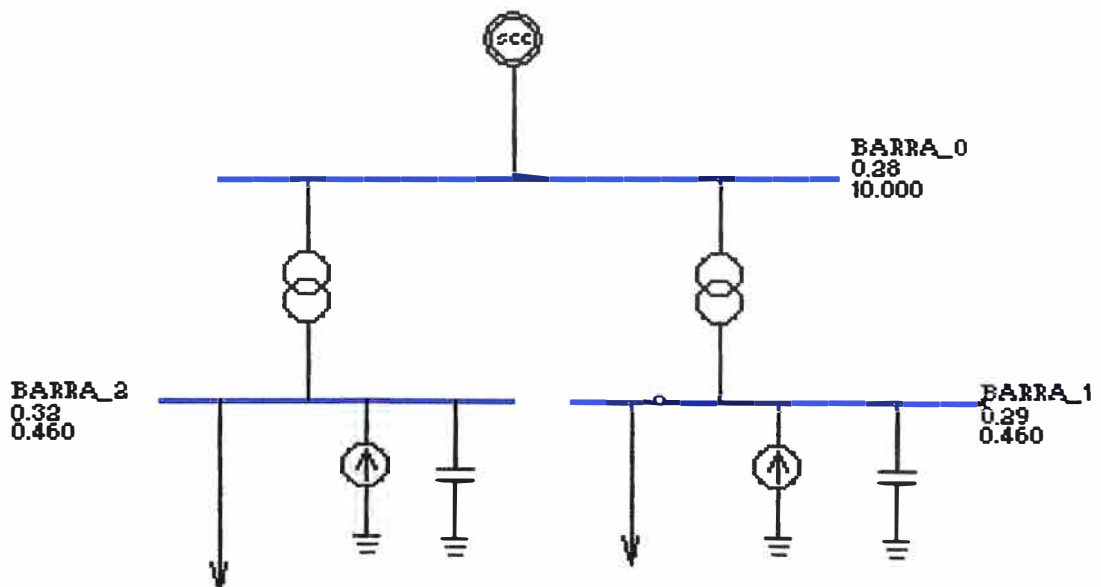


Fig. 4.1 Esquema Unifilar Del Sistema Eléctrico De La Planta

a) Barras

Se ha denominado cada barra y asignado una tensión de Base en MVA. A la primera barra se le ha denominado barra del Sistema porque a ella, precisamente, se halla conectado el sistema equivalente "Sc".

b) Sistema Equivalente

Se ha ingresado como dato de entrada la Potencia de Cortocircuito que, en este caso particular es de 272 MVA, asimismo tiene como dato de entrada el factor de resistencia dado en porcentaje, que es asumido por el programa por omisión.

c) Transformadores

Se tiene dos transformadores de dos devanados, para cada uno de los cuales se ingresan como datos la potencia en MVA, las tensiones en KV y la impedancia de cortocircuito en porcentaje; es decir 1 MVA, 10/0.44 KV y 6%, respectivamente.

No se considera pérdidas en el cobre en ninguno de ellos.

Los voltajes fijo del primario y secundario coinciden con sus tensiones nominales. No se considera Tap en ninguno de los transformadores.

El modelo empleado es el CIGRE.

d) Cargas

Se tiene dos cargas equivalentes (1 y 2) para cada una de las cuales se ha ingresado las potencias 0.922 y 0.766 MW y 0.189 y 0.150 MVAR. respectivamente. En cada caso, la opción Area Asociada muestra el número "1" que relaciona la cargas con el área objeto de análisis.

En el caso de las cargas el modelo empleado es el "RL" (en lugar del Cigre).

e) Fuentes de Corriente

Representan la inyección de corrientes armónicas. Se ingresan los valores de corriente de armónicas calculados tomando como base los registros del Analizador de Redes. Esto es:

Fuente de Corriente 1: h3-3.78A, h5-125A, h7-57A, h9-3A, h11-8.80A.

Fuente de Corriente 2: h3-20A, h5-40A.

f) Capacitores

Se tiene dos capacitores con potencia reactiva de 0.42 MVA cada uno.

Para relacionar los capacitores con el área del sistema eléctrico objeto de análisis, se le ha asignado, con la opción Area Asociada, el número "1".

4.2 Resultado De La Simulación Del Sistema Eléctrico.

De acuerdo a lo indicado en acápite anterior, se procedió a "correr el programa Winharmo", obteniéndose los resultados mostrados en la fig. 4.1.

4.2.1 Factor De Distorsión Total Por Armónicas (THD).

En la Fig. 4.1 se observa que los THD en las barras 0, 1 y 2 son: 0.28%, 0.32% y 0.29%, respectivamente, valores muy inferiores al límite de 8% exigido por la NTCSE.

4.2.2 Características De Respuesta En Frecuencia.

Se presenta en las Fig.4.2, 4.3, 4.4 y 4.5 las características de respuesta en frecuencia y de armónicos de tensión en la barra 1, que es la barra que "registró" mayores valores de distorsión armónica.

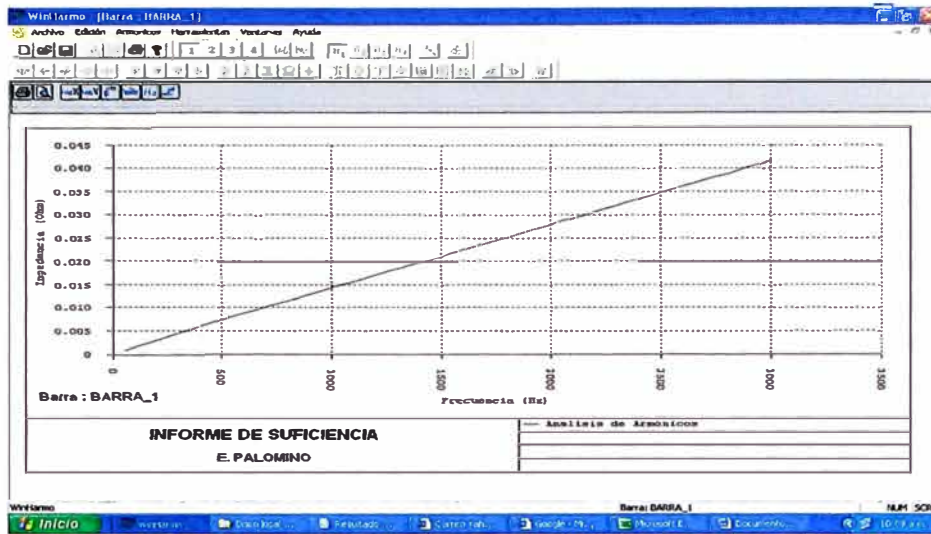


Fig. 4.2 Barra 1- Impedancia vs frecuencia

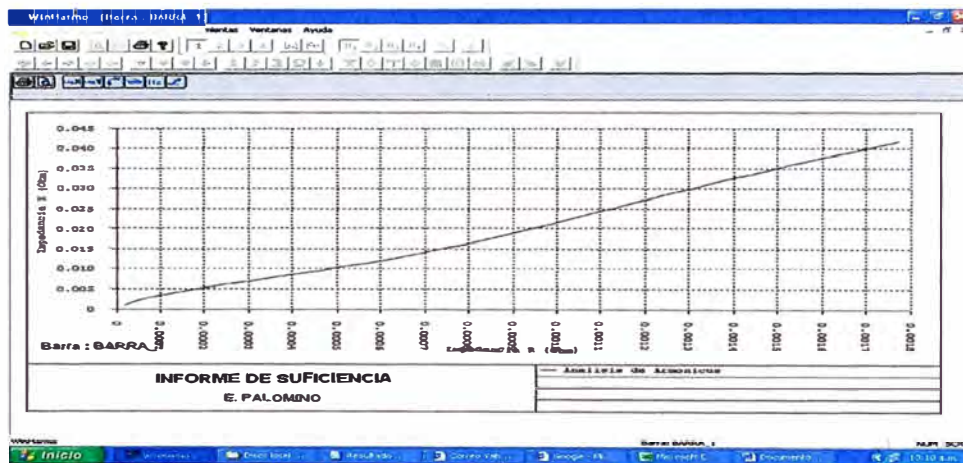


Fig. 4.3 Barra 1- Impedancia X vs Impedancia R

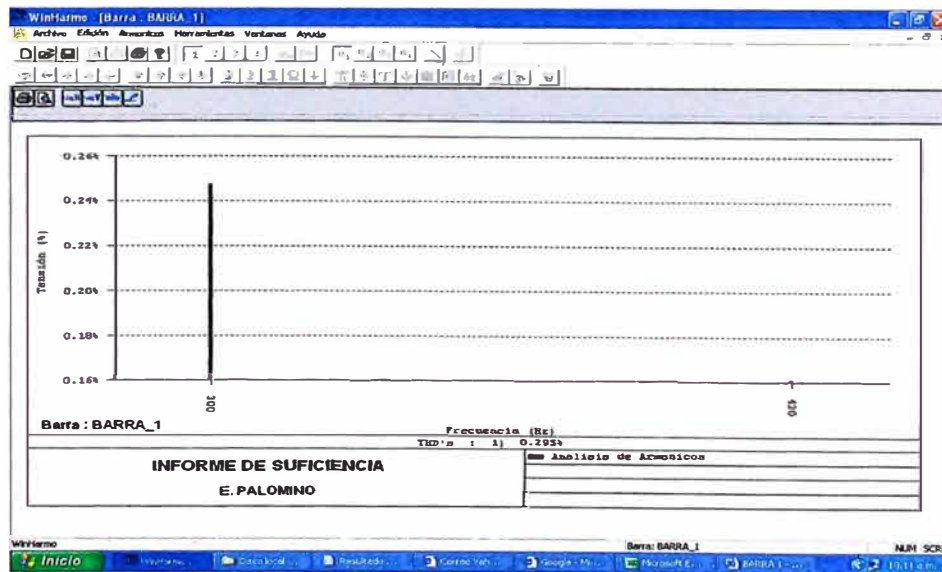


Fig. 4.4 Barra 1-Espectro de Armónicas

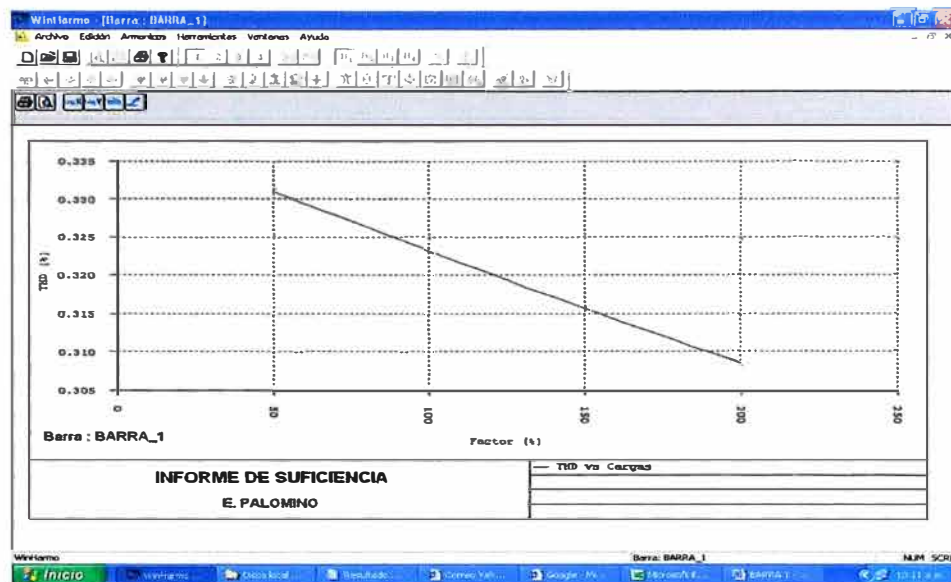


Fig. 4.5 Barra 1-THD VS Cargas

La respuesta en frecuencia del Sistema Eléctrico es favorable: puesto que no se observan picos de impedancia ni posible resonancia. El sistema se muestra más estable con el aumento de la frecuencia, porque se atenúa el efecto de las armónicas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- 1.- La mediciones realizadas con el Analizador De Redes demuestra que los valores de THD de Tensión superan los máximos permitido por la norma NTCSE en un tiempo mayor al 5% del periodo de medición.
2. Sin embargo, no es posible presentar reclamo a la empresa suministradora de energía eléctrica debido a que, tanto, el intervalo de medición, como, el período de medición no se ajustan a lo normado por la NTCSE.
3. En esta planta industrial gracias a la Capacidad del Sistema Automático de Compensación Reactiva, actualmente se puede atenuar la presencia de armónicos y con ello disminuir sus efectos perjudiciales al interior de la planta y hacia otros usuarios del suministro eléctrico.
4. Las inversiones de reposición y de incremento de capacidad instalada de maquinaria y equipos pueden causar en el futuro que el sistema de Compensación Reactiva no logre atenuar suficientemente la presencia de armónicos.
5. Hay varias maneras de reducir la distorsión por armónicas, algunas formas dependen del distribuidor, como es el caso de aumentar las capacidades del sistema eléctrico, sin embargo, la mayor parte de las alternativas depende del usuario final

RECOMENDACIONES

1. Realizar mediciones que se ajusten a las normas y en función a sus resultados, evaluar la pertinencia de realizar reclamo a la empresa suministradora de energía eléctrica.
2. Realizar un estudio de demanda de la planta industrial para verificar los niveles carga del sistema eléctrico y, con ello, establecer si es necesario aumentar la capacidad del sistema eléctrico de distribución.

3. **Tomar mediciones en diversos puntos de conexión internos de la planta para determinar sus niveles de compatibilidad de acuerdo a los requerimientos de los puntos de conexión común con la red. Optimizar la planta, puede conducir a gran cantidad de entornos, pero es necesario estandarizar los aparatos y su equipamiento. Las clases de entornos de un punto de conexión interno pueden ser establecidos a partir de la experiencia.**

4. **Se debe sistematizar la toma de mediciones mensuales de los parámetros eléctricos, entre estos, las tensiones individuales de armónicas y el Factor de Distorsión Total por Armónicas (THD).**

ANEXO A

MEDICIONES REGISTRADAS DE THD DE TENSION EN LA CELDA 1

Fecha	Tiempo	thdU1 (%) Prm	thdU1 (%) Max	thdU2 (%) Prm	thdU2 (%) Max	thdU3 (%) Prm	thdU3 (%) Max
25.08.2006	14:27:00	4.84	5.00	4.77	4.92	5.29	5.51
25.08.2006	14:28:00	4.86	5.07	4.77	4.95	5.29	5.52
25.08.2006	14:29:00	4.81	5.00	4.72	4.87	5.20	5.39
25.08.2006	14:30:00	4.80	4.98	4.74	4.85	5.22	5.37
25.08.2006	14:31:00	4.83	5.01	4.75	4.89	5.23	5.44
25.08.2006	14:32:00	4.80	4.96	4.73	4.89	5.23	5.38
25.08.2006	14:33:00	4.84	5.04	4.74	4.89	5.25	5.46
25.08.2006	14:34:00	4.89	5.05	4.78	4.93	5.30	5.47
25.08.2006	14:35:00	4.88	5.08	4.75	4.91	5.28	5.46
25.08.2006	14:36:00	4.86	5.06	4.76	4.93	5.28	5.45
25.08.2006	14:37:00	4.88	5.10	4.77	4.91	5.28	5.50
25.08.2006	14:38:00	4.84	4.99	4.73	4.85	5.24	5.50
25.08.2006	14:39:00	4.83	4.98	4.73	4.89	5.26	5.47
25.08.2006	14:40:00	4.86	5.08	4.75	4.98	5.28	5.48
25.08.2006	14:41:00	4.91	5.05	4.79	4.95	5.30	5.54
25.08.2006	14:42:00	4.86	5.04	4.77	4.97	5.27	5.46
25.08.2006	14:43:00	4.92	5.10	4.83	5.03	5.31	5.48
25.08.2006	14:44:00	4.90	5.02	4.81	4.96	5.33	5.53
25.08.2006	14:45:00	4.85	5.01	4.75	4.86	5.28	5.48
25.08.2006	14:46:00	4.89	5.04	4.76	4.93	5.30	5.49
25.08.2006	14:47:00	4.89	5.08	4.78	4.95	5.29	5.52
25.08.2006	14:48:00	4.90	5.06	4.79	4.94	5.31	5.48
25.08.2006	14:49:00	4.87	5.06	4.74	4.97	5.25	5.47
25.08.2006	14:50:00	4.87	5.00	4.77	4.92	5.27	5.47
25.08.2006	14:51:00	4.86	5.06	4.73	4.89	5.25	5.49
25.08.2006	14:52:00	4.84	4.97	4.75	4.93	5.25	5.48
25.08.2006	14:53:00	4.87	5.03	4.76	4.96	5.27	5.44
25.08.2006	14:54:00	4.84	5.03	4.74	4.97	5.25	5.49
25.08.2006	14:55:00	4.90	5.07	4.79	4.93	5.33	5.48
25.08.2006	14:56:00	4.88	5.06	4.80	4.95	5.30	5.52
25.08.2006	14:57:00	4.87	5.05	4.78	4.90	5.29	5.50
25.08.2006	14:58:00	4.82	5.00	4.73	4.89	5.24	5.38
25.08.2006	14:59:00	4.81	4.95	4.75	4.92	5.24	5.42
25.08.2006	15:00:00	4.85	5.01	4.77	4.92	5.24	5.42
25.08.2006	15:01:00	4.81	4.94	4.71	4.88	5.23	5.38
25.08.2006	15:02:00	4.83	5.03	4.75	4.92	5.27	5.43
25.08.2006	15:03:00	4.85	5.07	4.78	4.91	5.32	5.49
25.08.2006	15:04:00	4.86	5.04	4.79	4.96	5.32	5.48
25.08.2006	15:05:00	4.89	5.03	4.82	5.01	5.36	5.53
25.08.2006	15:06:00	4.79	4.93	4.73	4.87	5.25	5.44
25.08.2006	15:07:00	4.84	5.00	4.77	4.92	5.26	5.48
25.08.2006	15:08:00	4.83	5.02	4.75	4.93	5.25	5.47
25.08.2006	15:09:00	4.82	4.99	4.76	4.94	5.27	5.44
25.08.2006	15:10:00	4.93	5.21	4.84	5.04	5.41	5.66
25.08.2006	15:11:00	4.97	5.21	4.87	5.03	5.41	5.63
25.08.2006	15:12:00	4.93	5.11	4.85	5.06	5.36	5.61
25.08.2006	15:13:00	4.83	4.99	4.74	4.89	5.25	5.43
25.08.2006	15:14:00	4.83	4.99	4.75	4.92	5.26	5.42
25.08.2006	15:15:00	4.86	5.02	4.77	4.94	5.28	5.48
25.08.2006	15:16:00	4.87	5.02	4.79	4.94	5.28	5.52
25.08.2006	15:17:00	4.86	5.19	4.76	5.00	5.28	5.57
25.08.2006	15:18:00	4.84	5.02	4.76	4.92	5.28	5.48
25.08.2006	15:19:00	4.86	5.02	4.77	4.96	5.27	5.47

Fecha	Tiempo	thdU1 (%) Prm	thdU1 (%) Max	thdU2 (%) Prm	thdU2 (%) Max	thdU3 (%) Prm	thdU3 (%) Max
25.08.2006	15:20:00	4.83	5.02	4.76	4.96	5.23	5.45
25.08.2006	15:21:00	4.79	5.00	4.71	4.86	5.22	5.39
25.08.2006	15:22:00	4.83	5.00	4.70	4.84	5.19	5.39
25.08.2006	15:23:00	4.80	4.96	4.70	4.87	5.21	5.40
25.08.2006	15:24:00	4.86	5.11	4.78	4.97	5.27	5.48
25.08.2006	15:25:00	4.82	5.01	4.74	4.96	5.24	5.44
25.08.2006	15:26:00	4.79	4.92	4.73	4.95	5.23	5.44
25.08.2006	15:27:00	4.81	5.00	4.78	4.94	5.25	5.40
25.08.2006	15:28:00	4.76	4.90	4.71	4.87	5.19	5.36
25.08.2006	15:29:00	4.76	4.93	4.72	4.84	5.22	5.41
25.08.2006	15:30:00	4.77	4.91	4.72	4.91	5.20	5.38
25.08.2006	15:31:00	4.78	4.89	4.72	4.85	5.22	5.42
25.08.2006	15:32:00	4.78	4.96	4.74	4.95	5.23	5.44
25.08.2006	15:33:00	4.77	4.93	4.74	4.89	5.22	5.46
25.08.2006	15:34:00	4.78	4.96	4.74	4.91	5.23	5.45
25.08.2006	15:35:00	4.82	5.01	4.76	4.91	5.26	5.45
25.08.2006	15:36:00	4.78	4.93	4.73	4.93	5.23	5.43
25.08.2006	15:37:00	4.82	5.00	4.77	4.95	5.26	5.44
25.08.2006	15:38:00	4.79	4.91	4.72	4.85	5.22	5.39
25.08.2006	15:39:00	4.77	4.91	4.70	4.88	5.20	5.42
25.08.2006	15:40:00	4.76	4.94	4.72	4.85	5.25	5.41
25.08.2006	15:41:00	4.79	4.97	4.73	4.95	5.24	5.47
25.08.2006	15:42:00	4.82	5.00	4.76	4.89	5.25	5.41
25.08.2006	15:43:00	4.86	5.00	4.81	4.99	5.30	5.46
25.08.2006	15:44:00	4.90	5.14	4.81	4.97	5.32	5.52
25.08.2006	15:45:00	4.91	5.08	4.83	5.01	5.34	5.50
25.08.2006	15:46:00	4.90	5.14	4.80	4.98	5.32	5.51
25.08.2006	15:47:00	4.89	5.03	4.80	4.96	5.33	5.48
25.08.2006	15:48:00	4.85	5.06	4.76	4.96	5.27	5.48
25.08.2006	15:49:00	4.86	5.04	4.79	4.95	5.29	5.43
25.08.2006	15:50:00	4.83	5.08	4.77	4.95	5.28	5.47
25.08.2006	15:51:00	4.88	5.06	4.80	4.94	5.30	5.52
25.08.2006	15:52:00	4.88	5.06	4.78	4.92	5.30	5.52
25.08.2006	15:53:00	4.91	5.12	4.82	5.01	5.31	5.60
25.08.2006	15:54:00	4.92	5.13	4.83	5.01	5.32	5.50
25.08.2006	15:55:00	4.88	5.08	4.79	4.97	5.28	5.48
25.08.2006	15:56:00	4.88	5.05	4.78	4.92	5.28	5.47
25.08.2006	15:57:00	4.90	5.08	4.80	4.97	5.29	5.46
25.08.2006	15:58:00	4.86	5.05	4.76	4.93	5.23	5.39
25.08.2006	15:59:00	4.88	5.08	4.79	4.94	5.26	5.50
25.08.2006	16:00:00	4.85	5.02	4.77	4.96	5.27	5.45
25.08.2006	16:01:00	4.90	5.07	4.80	5.04	5.29	5.45
25.08.2006	16:02:00	4.90	5.20	4.81	5.09	5.29	5.48
25.08.2006	16:03:00	4.92	5.13	4.82	4.96	5.31	5.51
25.08.2006	16:04:00	4.88	5.04	4.78	4.93	5.28	5.51
25.08.2006	16:05:00	4.81	5.09	4.72	4.91	5.20	5.44
25.08.2006	16:06:00	4.85	5.04	4.78	4.91	5.27	5.45
25.08.2006	16:07:00	4.82	5.03	4.73	4.89	5.21	5.48
25.08.2006	16:08:00	4.85	5.02	4.80	5.01	5.25	5.43
25.08.2006	16:09:00	4.84	5.04	4.77	4.95	5.27	5.46
25.08.2006	16:10:00	4.90	5.07	4.81	5.03	5.30	5.51
25.08.2006	16:11:00	4.91	5.16	4.82	5.00	5.32	5.59
25.08.2006	16:12:00	4.97	5.18	4.89	5.04	5.41	5.59
25.08.2006	16:13:00	4.97	5.21	4.89	5.10	5.41	5.61
25.08.2006	16:14:00	4.96	5.16	4.85	4.98	5.37	5.61
25.08.2006	16:15:00	4.92	5.08	4.81	5.01	5.33	5.53

Fecha	Tiempo	thdU1 (%) Prm	thdU1 (%) Max	thdU2 (%) Prm	thdU2 (%) Max	thdU3 (%) Prm	thdU3 (%) Max
25.08.2006	16:16:00	4.91	5.07	4.83	5.03	5.32	5.50
25.08.2006	16:17:00	4.91	5.10	4.82	5.02	5.32	5.50
25.08.2006	16:18:00	4.93	5.07	4.86	5.06	5.35	5.55
25.08.2006	16:19:00	4.99	5.17	4.89	5.05	5.40	5.57
25.08.2006	16:20:00	5.01	5.15	4.94	5.12	5.44	5.59
25.08.2006	16:21:00	5.00	5.19	4.90	5.09	5.40	5.61
25.08.2006	16:22:00	5.01	5.18	4.93	5.10	5.45	5.63
25.08.2006	16:23:00	4.98	5.24	4.89	5.09	5.41	5.66
25.08.2006	16:24:00	4.97	5.17	4.88	5.06	5.39	5.57
25.08.2006	16:25:00	4.91	5.12	4.84	5.04	5.36	5.64
25.08.2006	16:26:00	4.83	4.98	4.73	4.86	5.21	5.41
25.08.2006	16:27:00	4.85	5.05	4.76	4.97	5.27	5.53
25.08.2006	16:28:00	4.86	5.07	4.74	4.95	5.24	5.46
25.08.2006	16:29:00	4.87	5.04	4.78	4.96	5.26	5.45
25.08.2006	16:30:00	4.90	5.10	4.78	4.96	5.29	5.58
25.08.2006	16:31:00	4.88	5.03	4.76	4.93	5.24	5.42
25.08.2006	16:32:00	4.89	5.08	4.80	4.94	5.28	5.49
25.08.2006	16:33:00	4.87	5.05	4.79	4.99	5.24	5.45
25.08.2006	16:34:00	4.84	5.01	4.75	4.94	5.24	5.45
25.08.2006	16:35:00	4.80	4.97	4.71	4.90	5.19	5.45
25.08.2006	16:36:00	4.89	5.07	4.78	4.91	5.28	5.49
25.08.2006	16:37:00	4.86	5.03	4.75	4.93	5.25	5.44
25.08.2006	16:38:00	4.90	5.20	4.82	5.25	5.32	5.67
25.08.2006	16:39:00	4.90	5.16	4.80	5.11	5.28	5.56
25.08.2006	16:40:00	4.91	5.11	4.82	5.05	5.29	5.51
25.08.2006	16:41:00	4.94	5.10	4.85	5.04	5.35	5.56
25.08.2006	16:42:00	4.89	5.04	4.82	5.00	5.28	5.50
25.08.2006	16:43:00	4.89	5.10	4.80	4.94	5.30	5.46
25.08.2006	16:44:00	4.86	5.10	4.80	4.97	5.24	5.40
25.08.2006	16:45:00	4.86	5.05	4.78	5.02	5.26	5.46
25.08.2006	16:46:00	4.86	5.02	4.75	4.90	5.27	5.46
25.08.2006	16:47:00	4.86	5.09	4.76	4.96	5.26	5.53
25.08.2006	16:48:00	4.90	5.05	4.79	4.93	5.31	5.44
25.08.2006	16:49:00	4.88	5.05	4.79	5.02	5.28	5.51
25.08.2006	16:50:00	4.90	5.09	4.83	4.97	5.30	5.54
25.08.2006	16:51:00	4.90	5.09	4.82	5.01	5.30	5.50
25.08.2006	16:52:00	4.84	5.00	4.77	4.97	5.21	5.41
25.08.2006	16:53:00	4.85	5.08	4.76	4.93	5.26	5.43
25.08.2006	16:54:00	4.83	5.02	4.74	4.94	5.23	5.47
25.08.2006	16:55:00	4.84	5.06	4.76	4.94	5.27	5.47
25.08.2006	16:56:00	4.82	4.99	4.73	4.94	5.26	5.46
25.08.2006	16:57:00	4.84	4.96	4.76	4.95	5.26	5.40
25.08.2006	16:58:00	4.84	5.01	4.77	5.03	5.25	5.48
25.08.2006	16:59:00	4.81	4.96	4.73	4.92	5.22	5.39
25.08.2006	17:00:00	4.85	5.03	4.77	4.94	5.29	5.46
25.08.2006	17:01:00	4.81	5.00	4.74	4.94	5.26	5.46
25.08.2006	17:02:00	4.85	5.03	4.78	4.97	5.30	5.48
25.08.2006	17:03:00	4.84	5.07	4.75	4.92	5.26	5.50
25.08.2006	17:04:00	4.88	5.32	4.82	5.12	5.30	5.72
25.08.2006	17:05:00	4.90	5.24	4.84	5.20	5.33	5.66
25.08.2006	17:06:00	4.89	5.04	4.82	5.01	5.32	5.50
25.08.2006	17:07:00	4.87	5.05	4.80	5.02	5.31	5.50
25.08.2006	17:08:00	4.90	5.02	4.84	5.01	5.35	5.51
25.08.2006	17:09:00	4.89	5.06	4.82	5.02	5.34	5.54
25.08.2006	17:10:00	4.82	4.97	4.77	4.88	5.24	5.47
25.08.2006	17:11:00	4.82	5.03	4.77	4.93	5.28	5.44

Fecha	Tiempo	thdU1 (%)	thdU1 (%)	thdU2 (%)	thdU2 (%)	thdU3 (%)	thdU3 (%)
		Prm	Max	Prm	Max	Prm	Max
26.08.2006	14:40:00	3.29	3.55	4.56	4.88	4.37	4.68
26.08.2006	14:41:00	3.36	3.72	4.64	4.96	4.45	4.72
26.08.2006	14:42:00	3.31	3.47	4.61	4.92	4.41	4.62
26.08.2006	14:43:00	3.38	3.62	4.67	4.99	4.48	4.87
26.08.2006	14:44:00	3.34	3.50	4.67	4.91	4.46	4.65
26.08.2006	14:45:00	3.39	3.59	4.72	5.08	4.51	4.87
26.08.2006	14:46:00	3.32	3.50	4.57	4.92	4.40	4.82
26.08.2006	14:47:00	3.40	3.66	4.70	5.09	4.48	4.76
26.08.2006	14:48:00	3.40	3.59	4.68	4.91	4.49	4.73
26.08.2006	14:49:00	3.45	3.65	4.78	5.11	4.57	4.90
26.08.2006	14:50:00	3.40	3.64	4.74	5.10	4.51	4.84
26.08.2006	14:51:00	3.44	3.85	4.83	5.30	4.62	5.17
26.08.2006	14:52:00	3.50	3.72	4.86	5.24	4.69	5.08
26.08.2006	14:53:00	3.54	3.72	4.90	5.23	4.73	5.02
26.08.2006	14:54:00	3.50	3.74	4.85	5.27	4.70	5.11
26.08.2006	14:55:00	3.49	3.78	4.80	5.18	4.66	5.05
26.08.2006	14:56:00	3.56	3.82	4.91	5.23	4.76	5.14
26.08.2006	14:57:00	3.65	3.89	5.07	5.49	4.87	5.25
26.08.2006	14:58:00	3.67	3.87	5.10	5.38	4.89	5.25
26.08.2006	14:59:00	3.71	4.02	5.18	5.69	4.96	5.35
26.08.2006	15:00:00	3.71	3.94	5.22	5.59	4.99	5.33
26.08.2006	15:01:00	3.73	4.01	5.24	5.70	5.01	5.45
26.08.2006	15:02:00	3.71	3.97	5.15	5.55	4.96	5.25
26.08.2006	15:03:00	3.61	3.86	4.99	5.44	4.82	5.13
26.08.2006	15:04:00	3.69	3.96	5.09	5.56	4.90	5.29
26.08.2006	15:05:00	3.66	3.89	5.04	5.37	4.84	5.16
26.08.2006	15:06:00	3.64	3.83	5.03	5.32	4.84	5.10
26.08.2006	15:07:00	3.64	3.95	5.09	5.50	4.89	5.30
26.08.2006	15:08:00	3.67	3.89	5.10	5.53	4.90	5.29
26.08.2006	15:09:00	3.66	3.88	5.04	5.38	4.88	5.25
26.08.2006	15:10:00	3.65	3.86	5.00	5.44	4.82	5.18
26.08.2006	15:11:00	3.64	3.89	5.04	5.65	4.86	5.28
26.08.2006	15:12:00	3.64	3.95	5.02	5.35	4.86	5.19
26.08.2006	15:13:00	3.71	3.96	5.12	5.48	4.94	5.23
26.08.2006	15:14:00	3.67	3.95	5.03	5.43	4.86	5.17
26.08.2006	15:15:00	3.79	4.08	5.19	5.64	5.03	5.44
26.08.2006	15:16:00	3.79	4.00	5.24	5.64	5.05	5.36
26.08.2006	15:17:00	3.79	4.01	5.29	5.64	5.10	5.35
26.08.2006	15:18:00	3.81	4.03	5.31	5.59	5.13	5.46
26.08.2006	15:19:00	3.88	4.11	5.34	5.67	5.16	5.42
26.08.2006	15:20:00	3.85	4.08	5.23	5.54	5.10	5.32
26.08.2006	15:21:00	3.88	4.14	5.26	5.69	5.11	5.43
26.08.2006	15:22:00	3.94	4.14	5.31	5.57	5.14	5.37
26.08.2006	15:23:00	3.93	4.12	5.33	5.58	5.13	5.34
26.08.2006	15:24:00	3.84	4.13	5.24	5.60	5.07	5.37
26.08.2006	15:25:00	3.89	4.08	5.33	5.57	5.13	5.37
26.08.2006	15:26:00	3.89	4.08	5.42	5.74	5.20	5.46
26.08.2006	15:27:00	3.88	4.06	5.40	5.79	5.20	5.45
26.08.2006	15:28:00	3.96	4.24	5.40	5.84	5.21	5.58
26.08.2006	15:29:00	3.94	4.18	5.39	5.67	5.24	5.47
26.08.2006	15:30:00	3.93	4.11	5.38	5.74	5.19	5.46
26.08.2006	15:31:00	3.92	4.21	5.39	5.78	5.19	5.48
26.08.2006	15:32:00	3.92	4.21	5.38	5.80	5.23	5.48
26.08.2006	15:33:00	3.92	4.13	5.35	5.71	5.19	5.43
26.08.2006	15:34:00	3.90	4.24	5.38	5.64	5.20	5.46
26.08.2006	15:35:00	5.55	9.66	6.58	9.96	6.63	9.98

Fecha	Tiempo	thdU1 (%)	thdU1 (%)	thdU2 (%)	thdU2 (%)	thdU3 (%)	thdU3 (%)
		Prm	Max	Prm	Max	Prm	Max
26.08.2006	15:36:00	5.50	6.35	5.81	6.60	6.42	6.99
26.08.2006	15:37:00	5.36	5.58	5.67	6.04	6.35	6.67
26.08.2006	15:38:00	5.33	5.54	5.61	5.91	6.31	6.64
26.08.2006	15:39:00	5.35	5.60	5.66	6.01	6.32	6.78
26.08.2006	15:40:00	5.44	5.61	5.75	6.12	6.45	6.85
26.08.2006	15:41:00	5.43	5.72	5.76	6.15	6.42	6.74
26.08.2006	15:42:00	5.64	8.05	5.98	8.21	6.67	9.16
26.08.2006	15:43:00	8.97	9.53	9.29	9.86	9.81	10.34
26.08.2006	15:44:00	7.58	8.97	7.96	9.40	8.42	10.01
26.08.2006	15:45:00	7.38	7.67	7.77	8.21	8.23	8.63
26.08.2006	15:46:00	5.66	5.85	6.55	6.84	6.82	7.17
26.08.2006	15:47:00	5.63	5.87	6.52	6.79	6.81	7.04
26.08.2006	15:48:00	5.60	5.76	6.42	6.68	6.72	6.95
26.08.2006	15:49:00	5.62	5.85	6.48	6.79	6.75	7.15
26.08.2006	15:50:00	5.60	5.78	6.44	6.79	6.73	6.98
26.08.2006	15:51:00	6.55	9.75	7.10	9.67	7.47	9.94
26.08.2006	15:52:00	5.43	6.26	5.77	6.71	6.35	7.08
26.08.2006	15:53:00	5.35	5.64	5.71	6.08	6.29	6.60
26.08.2006	15:54:00	5.51	5.81	5.87	6.21	6.47	6.83
26.08.2006	15:55:00	5.51	5.77	5.89	6.31	6.52	6.93
26.08.2006	15:56:00	5.47	5.67	5.80	6.15	6.41	6.78
26.08.2006	15:57:00	5.42	5.61	5.76	6.03	6.38	6.64
26.08.2006	15:58:00	5.32	5.58	5.75	6.16	6.33	6.67
26.08.2006	15:59:00	5.33	5.56	5.74	6.07	6.34	6.69
26.08.2006	16:00:00	5.31	5.56	5.64	6.00	6.25	6.53
26.08.2006	16:01:00	5.32	5.57	5.72	6.09	6.31	6.60
26.08.2006	16:02:00	5.36	5.64	5.80	6.15	6.42	6.77
26.08.2006	16:03:00	5.39	5.60	5.84	6.18	6.42	6.80
26.08.2006	16:04:00	5.44	5.66	5.90	6.23	6.50	6.78
26.08.2006	16:05:00	6.86	9.90	7.10	9.75	7.73	9.99
26.08.2006	16:06:00	9.33	10.19	9.33	10.24	9.74	10.35
26.08.2006	16:07:00	9.00	9.28	9.37	9.77	9.95	10.28
26.08.2006	16:08:00	8.46	8.73	8.78	9.19	9.44	9.78
26.08.2006	16:09:00	8.46	8.76	8.78	9.11	9.40	9.88
26.08.2006	16:10:00	7.38	8.58	7.79	9.12	8.36	9.91
26.08.2006	16:11:00	5.24	5.48	5.79	6.22	6.36	6.72
26.08.2006	16:12:00	5.23	5.47	5.78	6.23	6.33	6.60
26.08.2006	16:13:00	5.21	5.60	5.72	6.21	6.30	6.73
26.08.2006	16:14:00	5.19	5.46	5.67	6.03	6.25	6.57
26.08.2006	16:15:00	5.19	5.45	5.67	6.09	6.22	6.64
26.08.2006	16:16:00	8.18	9.31	8.63	9.66	9.20	9.90
26.08.2006	16:17:00	8.41	8.70	8.83	9.14	9.39	9.77
26.08.2006	16:18:00	8.38	8.63	8.82	9.42	9.38	9.84
26.08.2006	16:19:00	8.37	8.60	8.80	9.14	9.37	9.73
26.08.2006	16:20:00	7.50	8.59	7.95	9.23	8.44	9.88
26.08.2006	16:21:00	7.29	7.53	7.77	8.03	8.24	8.52
26.08.2006	16:22:00	7.26	7.44	7.77	8.16	8.24	8.60
26.08.2006	16:23:00	7.26	7.58	7.74	8.14	8.23	8.60
26.08.2006	16:24:00	7.13	7.49	7.65	8.02	8.07	8.55
26.08.2006	16:25:00	5.58	5.83	6.56	7.00	6.77	7.12
26.08.2006	16:26:00	5.51	5.71	6.47	6.75	6.69	6.96
26.08.2006	16:27:00	5.53	5.76	6.48	6.85	6.69	6.97
26.08.2006	16:28:00	5.56	5.80	6.56	6.93	6.79	7.14
26.08.2006	16:29:00	5.57	5.77	6.55	6.88	6.78	7.08
26.08.2006	16:30:00	5.20	5.74	6.31	6.89	6.44	7.04
26.08.2006	16:31:00	4.69	4.92	6.03	6.33	6.00	6.38

Fecha	Tiempo	thdU1 (%) Prm	thdU1 (%) Max	thdU2 (%) Prm	thdU2 (%) Max	thdU3 (%) Prm	thdU3 (%) Max
26.08.2006	16:32:00	4.65	4.95	5.95	6.29	5.91	6.24
26.08.2006	16:33:00	4.60	4.85	5.91	6.26	5.88	6.21
26.08.2006	16:34:00	4.68	4.76	5.93	6.03	5.99	6.10

13.075

MEDICIONES REGISTRADAS DE THD DE TENSION EN LA CELDA 2

Fecha	Tiempo	thdU1 (%) Prm	thdU1 (%) Max	thdU2 (%) Prm	thdU2 (%) Max	(%) Prm	thdU3 (%) Max
29/08/2006	17:54:00	2.42	2.57	2.49	2.64	2.44	2.60
29.08.2006	17:55:00	2.47	2.66	2.53	2.72	2.50	2.65
29.08.2006	17:56:00	2.47	2.61	2.54	2.72	2.50	2.69
29.08.2006	17:57:00	2.46	2.70	2.51	2.72	2.45	2.66
29.08.2006	17:58:00	2.49	2.64	2.53	2.67	2.45	2.59
29.08.2006	17:59:00	2.49	2.65	2.51	2.63	2.43	2.58
29.08.2006	18:00:00	2.43	2.61	2.44	2.58	2.40	2.55
29.08.2006	18:01:00	2.48	2.68	2.46	2.69	2.43	2.67
29.08.2006	18:02:00	2.14	2.51	2.08	2.55	2.25	2.43
29.08.2006	18:03:00	2.15	2.33	2.09	2.22	2.35	2.55
29.08.2006	18:04:00	2.25	2.42	2.16	2.32	2.45	2.66
29.08.2006	18:05:00	2.35	2.49	2.24	2.39	2.57	2.75
29.08.2006	18:06:00	2.35	2.53	2.23	2.35	2.53	2.77
29.08.2006	18:07:00	2.38	2.58	2.25	2.41	2.57	2.84
29.08.2006	18:08:00	2.34	2.56	2.23	2.44	2.56	2.76
29.08.2006	18:09:00	2.36	2.71	2.27	2.61	2.56	3.02
29.08.2006	18:10:00	2.25	2.41	2.15	2.35	2.42	2.57
29.08.2006	18:11:00	2.20	2.37	2.12	2.25	2.36	2.49
29.08.2006	18:12:00	2.19	2.36	2.13	2.27	2.34	2.58
29.08.2006	18:13:00	2.20	2.36	2.14	2.24	2.35	2.53
29.08.2006	18:14:00	2.19	2.34	2.13	2.29	2.33	2.49
29.08.2006	18:15:00	2.19	2.33	2.12	2.22	2.35	2.53
29.08.2006	18:16:00	2.20	2.39	2.12	2.24	2.39	2.57
29.08.2006	18:17:00	2.27	2.44	2.15	2.30	2.43	2.64
29.08.2006	18:18:00	2.22	2.38	2.07	2.25	2.38	2.55
29.08.2006	18:19:00	2.21	2.37	2.06	2.19	2.31	2.46
29.08.2006	18:20:00	2.20	2.34	2.08	2.20	2.33	2.50
29.08.2006	18:21:00	2.20	2.39	2.08	2.23	2.34	2.56
29.08.2006	18:22:00	2.16	2.40	2.05	2.22	2.29	2.53
29.08.2006	18:23:00	2.18	2.58	2.06	2.46	2.30	2.69
29.08.2006	18:24:00	2.18	2.34	2.05	2.26	2.29	2.48
29.08.2006	18:25:00	2.16	2.32	2.02	2.23	2.28	2.51
29.08.2006	18:26:00	2.07	2.34	1.95	2.17	2.23	2.48
29.08.2006	18:27:00	1.95	2.11	1.92	2.07	2.10	2.28
29.08.2006	18:28:00	1.94	2.13	1.94	2.11	2.10	2.30
29.08.2006	18:29:00	1.98	2.26	1.97	2.30	2.05	2.38
29.08.2006	18:30:00	1.87	2.14	1.88	2.12	1.96	2.31
29.08.2006	18:31:00	1.86	2.00	1.88	2.02	1.96	2.12
29.08.2006	18:32:00	1.86	2.01	1.92	2.11	1.99	2.14
29.08.2006	18:33:00	1.84	2.00	1.88	2.02	1.94	2.10
29.08.2006	18:34:00	1.87	2.03	1.88	2.02	1.95	2.09
29.08.2006	18:35:00	1.85	2.00	1.88	2.04	1.95	2.11
29.08.2006	18:36:00	1.84	2.04	1.87	1.99	1.92	2.09
29.08.2006	18:37:00	1.85	2.02	1.89	2.01	1.93	2.14
29.08.2006	18:38:00	1.85	1.98	1.87	1.99	1.91	2.04
29.08.2006	18:39:00	1.87	2.06	1.90	2.05	1.92	2.07
29.08.2006	18:40:00	1.92	2.07	1.94	2.11	1.97	2.14

Fecha	Tiempo	thdU1 (%) Prm	thdU1 (%) Max	thdU2 (%) Prm	thdU2 (%) Max	(%) Prm	thdU3 (%) Max
29.08.2006	18:41:00	1.92	2.06	1.97	2.07	1.99	2.16
29.08.2006	18:42:00	1.91	2.06	1.96	2.11	2.00	2.14
29.08.2006	18:43:00	1.92	2.07	1.93	2.08	1.98	2.13
29.08.2006	18:44:00	1.99	2.19	2.01	2.18	2.07	2.29
29.08.2006	18:45:00	1.94	2.06	1.94	2.07	2.00	2.14
29.08.2006	18:46:00	1.95	2.14	1.96	2.12	2.04	2.20
29.08.2006	18:47:00	1.95	2.13	1.96	2.10	1.99	2.17
29.08.2006	18:48:00	1.93	2.07	1.95	2.06	1.96	2.14
29.08.2006	18:49:00	1.90	2.05	1.94	2.08	1.93	2.10
29.08.2006	18:50:00	1.90	2.06	1.92	2.05	1.96	2.12
29.08.2006	18:51:00	1.89	2.05	1.91	2.04	1.97	2.12
29.08.2006	18:52:00	1.91	2.10	1.92	2.08	1.97	2.15
29.08.2006	18:53:00	1.93	2.08	1.92	2.10	2.02	2.18
29.08.2006	18:54:00	1.90	2.05	1.90	2.09	1.98	2.13
29.08.2006	18:55:00	1.94	2.09	1.92	2.06	2.00	2.18
29.08.2006	18:56:00	1.93	2.11	1.91	2.08	1.97	2.16
29.08.2006	18:57:00	1.93	2.08	1.90	2.05	1.97	2.13
29.08.2006	18:58:00	1.95	2.12	1.91	2.05	1.98	2.12
29.08.2006	18:59:00	1.96	2.09	1.93	2.08	1.98	2.12
29.08.2006	19:00:00	1.94	2.10	1.90	2.03	1.94	2.12
29.08.2006	19:01:00	1.98	2.14	1.95	2.09	2.00	2.16
29.08.2006	19:02:00	1.96	2.11	1.94	2.06	2.00	2.20
29.08.2006	19:03:00	1.97	2.17	1.94	2.10	2.02	2.20
29.08.2006	19:04:00	2.02	2.21	1.97	2.16	2.06	2.21
29.08.2006	19:05:00	2.00	2.19	1.95	2.10	2.02	2.19
29.08.2006	19:06:00	2.01	2.15	1.96	2.12	1.99	2.17
29.08.2006	19:07:00	1.97	2.12	1.92	2.06	1.95	2.10
29.08.2006	19:08:00	1.97	2.12	1.92	2.08	1.96	2.11
29.08.2006	19:09:00	1.99	2.14	1.93	2.06	1.95	2.11
29.08.2006	19:10:00	1.95	2.13	1.91	2.07	1.93	2.13
29.08.2006	19:11:00	1.95	2.10	1.90	2.05	1.93	2.14
29.08.2006	19:12:00	2.00	2.15	1.93	2.11	1.99	2.13
29.08.2006	19:13:00	1.99	2.13	1.90	2.08	1.97	2.12
29.08.2006	19:14:00	1.95	2.14	1.90	2.05	1.96	2.17
29.08.2006	19:15:00	1.95	2.12	1.86	2.00	1.92	2.09
29.08.2006	19:16:00	1.92	2.10	1.82	1.98	1.88	2.05
29.08.2006	19:17:00	1.93	2.13	1.85	1.98	1.93	2.16
29.08.2006	19:18:00	1.97	2.13	1.89	2.04	1.94	2.12
29.08.2006	19:19:00	1.94	2.08	1.86	2.01	1.92	2.08
29.08.2006	19:20:00	1.92	2.04	1.84	1.98	1.92	2.08
29.08.2006	19:21:00	1.93	2.09	1.85	1.97	1.93	2.12
29.08.2006	19:22:00	1.92	2.11	1.84	2.00	1.94	2.12
29.08.2006	19:23:00	1.96	2.08	1.88	2.04	1.96	2.13
29.08.2006	19:24:00	1.97	2.15	1.90	2.08	1.92	2.09
29.08.2006	19:25:00	2.03	2.17	1.95	2.08	1.99	2.14
29.08.2006	19:26:00	1.99	2.19	1.91	2.06	1.93	2.15
29.08.2006	19:27:00	1.94	2.07	1.87	2.01	1.88	2.09
29.08.2006	19:28:00	1.97	2.12	1.89	2.00	1.95	2.12
29.08.2006	19:29:00	1.97	2.17	1.89	2.02	1.96	2.12

Fecha	Tiempo	thdU1 (%) Prm	thdU1 (%) Max	thdU2 (%) Prm	thdU2 (%) Max	(%) Prm	thdU3 (%) Max
29.08.2006	19:30:00	1.98	2.15	1.90	2.07	1.98	2.14
29.08.2006	19:31:00	1.94	2.11	1.88	2.04	1.94	2.09
29.08.2006	19:32:00	1.93	2.10	1.87	2.03	1.92	2.14
29.08.2006	19:33:00	1.97	2.19	1.92	2.07	1.99	2.14
29.08.2006	19:34:00	1.95	2.11	1.90	2.03	1.96	2.13
29.08.2006	19:35:00	1.94	2.11	1.89	2.04	1.94	2.08
29.08.2006	19:36:00	1.96	2.14	1.90	2.07	1.95	2.12
29.08.2006	19:37:00	1.97	2.23	1.92	2.06	1.97	2.14
29.08.2006	19:38:00	1.95	2.13	1.91	2.09	1.96	2.16
29.08.2006	19:39:00	1.95	2.09	1.90	2.03	1.96	2.11
29.08.2006	19:40:00	1.93	2.07	1.88	2.04	1.98	2.12
29.08.2006	19:41:00	1.95	2.11	1.88	2.04	1.98	2.17
29.08.2006	19:42:00	1.98	2.14	1.94	2.09	1.98	2.15
29.08.2006	19:43:00	1.99	2.15	1.95	2.11	1.99	2.13
29.08.2006	19:44:00	1.96	2.12	1.93	2.09	1.99	2.14
29.08.2006	19:45:00	1.96	2.14	1.95	2.10	2.01	2.17
29.08.2006	19:46:00	1.99	2.18	1.96	2.12	2.03	2.22
29.08.2006	19:47:00	1.97	2.18	1.90	2.07	1.98	2.16
29.08.2006	19:48:00	1.96	2.15	1.91	2.04	2.01	2.22
29.08.2006	19:49:00	1.96	2.10	1.90	2.02	1.98	2.19
29.08.2006	19:50:00	1.93	2.09	1.88	2.02	1.94	2.12
29.08.2006	19:51:00	1.96	2.19	1.90	2.07	1.99	2.19
29.08.2006	19:52:00	1.96	2.14	1.92	2.07	1.95	2.13
29.08.2006	19:53:00	1.97	2.13	1.92	2.07	1.98	2.18
29.08.2006	19:54:00	1.95	2.15	1.90	2.06	1.94	2.17
29.08.2006	19:55:00	1.93	2.13	1.87	2.07	1.95	2.14
29.08.2006	19:56:00	1.96	2.11	1.88	2.01	1.96	2.11
29.08.2006	19:57:00	1.96	2.11	1.89	2.04	1.96	2.11
29.08.2006	19:58:00	1.95	2.09	1.90	2.04	1.97	2.12
29.08.2006	19:59:00	1.95	2.13	1.91	2.07	1.98	2.16
29.08.2006	20:00:00	1.94	2.11	1.91	2.04	1.96	2.15
29.08.2006	20:01:00	1.96	2.15	1.91	2.06	1.97	2.11
29.08.2006	20:02:00	1.99	2.15	1.92	2.05	1.98	2.13
29.08.2006	20:03:00	2.01	2.15	1.95	2.11	2.01	2.16
29.08.2006	20:04:00	1.99	2.14	1.93	2.08	1.99	2.13
29.08.2006	20:05:00	2.02	2.21	1.95	2.10	2.02	2.22
29.08.2006	20:06:00	2.08	2.25	2.00	2.16	2.11	2.27
29.08.2006	20:07:00	1.94	2.09	1.91	2.06	1.94	2.14
29.08.2006	20:08:00	1.93	2.11	1.89	2.09	1.95	2.11
29.08.2006	20:09:00	1.94	2.13	1.90	2.04	1.96	2.13
29.08.2006	20:10:00	1.91	2.06	1.87	2.03	1.90	2.15
29.08.2006	20:11:00	1.93	2.07	1.87	2.01	1.90	2.07
29.08.2006	20:12:00	1.96	2.13	1.90	2.02	1.94	2.09
29.08.2006	20:13:00	1.96	2.10	1.93	2.10	1.98	2.12
29.08.2006	20:14:00	1.95	2.09	1.92	2.04	1.96	2.10
29.08.2006	20:15:00	1.96	2.14	1.90	2.07	1.98	2.14
29.08.2006	20:16:00	1.96	2.10	1.92	2.04	1.99	2.15
29.08.2006	20:17:00	1.97	2.10	1.93	2.08	1.99	2.17
29.08.2006	20:18:00	1.94	2.10	1.91	2.11	1.97	2.11

Fecha	Tiempo	thdU1 (%) Prm	thdU1 (%) Max	thdU2 (%) Prm	thdU2 (%) Max	(%) Prm	thdU3 (%) Max
30.08.2006	15:55:00	2.56	2.69	2.64	2.81	2.26	2.38
30.08.2006	15:56:00	2.60	2.72	2.66	2.81	2.25	2.40
30.08.2006	15:57:00	2.64	2.75	2.66	2.84	2.31	2.44
30.08.2006	15:58:00	2.60	2.72	2.65	2.86	2.24	2.41
30.08.2006	15:59:00	2.56	2.70	2.63	2.85	2.21	2.37
30.08.2006	16:00:00	2.58	2.76	2.66	2.86	2.23	2.38
30.08.2006	16:01:00	2.55	2.72	2.65	2.85	2.21	2.35
30.08.2006	16:02:00	2.54	2.73	2.62	2.81	2.20	2.36
30.08.2006	16:03:00	2.54	2.69	2.61	2.78	2.21	2.33
30.08.2006	16:04:00	2.56	2.74	2.60	2.76	2.25	2.42
30.08.2006	16:05:00	2.55	2.69	2.57	2.79	2.24	2.41
30.08.2006	16:06:00	2.58	2.74	2.61	2.78	2.26	2.45
30.08.2006	16:07:00	2.62	2.81	2.62	2.75	2.31	2.48
30.08.2006	16:08:00	2.59	2.77	2.60	2.80	2.30	2.44
30.08.2006	16:09:00	2.62	2.77	2.61	2.73	2.33	2.48
30.08.2006	16:10:00	2.63	2.76	2.61	2.76	2.33	2.52
30.08.2006	16:11:00	2.65	2.80	2.62	2.84	2.38	2.53
30.08.2006	16:12:00	2.68	2.81	2.68	2.83	2.38	2.55
30.08.2006	16:13:00	2.66	2.91	2.66	2.80	2.36	2.54
30.08.2006	16:14:00	2.67	2.82	2.67	2.81	2.37	2.57
30.08.2006	16:15:00	2.67	2.84	2.67	2.82	2.39	2.54
30.08.2006	16:16:00	2.65	2.79	2.64	2.84	2.38	2.52
30.08.2006	16:17:00	2.58	2.77	2.57	2.81	2.31	2.50
30.08.2006	16:18:00	2.40	2.57	2.44	2.60	2.19	2.40
30.08.2006	16:19:00	2.34	2.47	2.36	2.64	2.13	2.34
30.08.2006	16:20:00	2.28	2.43	2.32	2.52	2.07	2.24
30.08.2006	16:21:00	2.29	2.43	2.31	2.55	2.10	2.24
30.08.2006	16:22:00	2.29	2.42	2.33	2.50	2.12	2.26
30.08.2006	16:23:00	2.30	2.43	2.32	2.49	2.10	2.27
30.08.2006	16:24:00	2.39	2.52	2.39	2.61	2.17	2.35
30.08.2006	16:25:00	2.39	2.55	2.41	2.58	2.16	2.30
30.08.2006	16:26:00	2.37	2.52	2.42	2.63	2.15	2.28
30.08.2006	16:27:00	2.37	2.48	2.37	2.54	2.15	2.34
30.08.2006	16:28:00	2.37	2.50	2.40	2.58	2.12	2.25
30.08.2006	16:29:00	2.37	2.51	2.40	2.57	2.12	2.28
30.08.2006	16:30:00	2.35	2.52	2.40	2.56	2.12	2.23
30.08.2006	16:31:00	2.36	2.51	2.39	2.58	2.13	2.34
30.08.2006	16:32:00	2.36	2.79	2.40	2.69	2.15	2.44
30.08.2006	16:33:00	2.43	2.87	2.51	3.11	2.23	2.67
30.08.2006	16:34:00	2.39	2.52	2.43	2.62	2.16	2.29
30.08.2006	16:35:00	2.38	2.53	2.44	2.67	2.15	2.28
30.08.2006	16:36:00	2.35	2.50	2.38	2.58	2.11	2.27
30.08.2006	16:37:00	2.29	2.43	2.37	2.59	2.10	2.23
30.08.2006	16:38:00	2.32	2.50	2.39	2.56	2.09	2.24
30.08.2006	16:39:00	2.26	2.44	2.40	2.71	2.10	2.27
30.08.2006	16:40:00	2.26	2.43	2.48	2.62	2.12	2.27
30.08.2006	16:41:00	2.28	2.42	2.50	2.72	2.14	2.31
30.08.2006	16:42:00	2.31	2.48	2.54	2.75	2.15	2.29
30.08.2006	16:43:00	2.39	2.64	2.61	2.92	2.24	2.47

Fecha	Tiempo	thdU1 (%) Prm	thdU1 (%) Max	thdU2 (%) Prm	thdU2 (%) Max	(%) Prm	thdU3 (%) Max
30.08.2006	16:44:00	2.50	2.64	2.77	2.99	2.38	2.54
30.08.2006	16:45:00	2.52	2.67	2.78	3.01	2.40	2.55
30.08.2006	16:46:00	2.54	2.68	2.75	2.92	2.41	2.53
30.08.2006	16:47:00	2.50	2.63	2.72	2.88	2.39	2.57
30.08.2006	16:48:00	2.50	2.63	2.72	2.94	2.37	2.53
30.08.2006	16:49:00	2.53	2.69	2.75	2.95	2.35	2.52
30.08.2006	16:50:00	2.51	2.72	2.70	2.96	2.36	2.50
30.08.2006	16:51:00	2.54	2.71	2.72	2.92	2.39	2.58
30.08.2006	16:52:00	2.56	2.70	2.71	2.91	2.39	2.54
30.08.2006	16:53:00	2.57	2.76	2.77	2.96	2.38	2.48
30.08.2006	16:54:00	2.53	2.66	2.70	2.97	2.37	2.51
30.08.2006	16:55:00	2.51	2.62	2.71	2.89	2.34	2.47
30.08.2006	16:56:00	2.50	2.65	2.71	2.92	2.36	2.50
30.08.2006	16:57:00	2.48	2.68	2.64	2.80	2.35	2.52
30.08.2006	16:58:00	2.55	2.69	2.71	2.90	2.42	2.57
30.08.2006	16:59:00	2.54	2.70	2.74	2.99	2.40	2.61
30.08.2006	17:00:00	2.55	2.73	2.85	3.04	2.47	2.58
30.08.2006	17:01:00	2.53	2.72	2.84	3.04	2.45	2.55
30.08.2006	17:02:00	2.57	2.78	2.88	3.17	2.46	2.62
30.08.2006	17:03:00	2.58	2.73	2.92	3.12	2.47	2.63
30.08.2006	17:04:00	2.58	2.75	2.91	3.20	2.46	2.59
30.08.2006	17:05:00	2.56	2.74	2.86	3.07	2.43	2.56
30.08.2006	17:06:00	2.59	2.95	2.85	3.15	2.46	2.84
30.08.2006	17:07:00	2.58	2.73	2.86	3.02	2.46	2.67
30.08.2006	17:08:00	2.60	2.71	2.86	3.07	2.48	2.61
30.08.2006	17:09:00	2.57	2.75	2.83	3.01	2.43	2.62
30.08.2006	17:10:00	2.57	2.68	2.83	3.04	2.47	2.60
30.08.2006	17:11:00	2.54	2.66	2.84	3.10	2.46	2.58
30.08.2006	17:12:00	2.51	2.64	2.82	3.00	2.44	2.62
30.08.2006	17:13:00	2.53	2.71	2.62	2.97	2.36	2.53
30.08.2006	17:14:00	2.56	2.73	2.55	2.68	2.36	2.52
30.08.2006	17:15:00	2.59	2.71	2.54	2.71	2.36	2.53
30.08.2006	17:16:00	2.62	2.80	2.51	2.78	2.45	2.67
30.08.2006	17:17:00	2.57	2.70	2.38	2.54	2.47	2.63
30.08.2006	17:18:00	2.62	2.81	2.39	2.52	2.48	2.61
30.08.2006	17:19:00	2.57	2.77	2.65	2.95	2.42	2.56
30.08.2006	17:20:00	2.71	3.22	3.03	3.73	2.58	3.08
30.08.2006	17:21:00	2.61	2.78	2.96	3.19	2.44	2.57
30.08.2006	17:22:00	2.60	2.78	2.93	3.13	2.45	2.58
30.08.2006	17:23:00	2.59	2.75	2.91	3.09	2.44	2.56
30.08.2006	17:24:00	2.57	2.73	2.86	3.07	2.41	2.56
30.08.2006	17:25:00	2.49	2.64	2.80	2.97	2.36	2.50
30.08.2006	17:26:00	2.47	2.58	2.75	3.02	2.37	2.52
30.08.2006	17:27:00	2.50	2.63	2.79	2.96	2.39	2.52
30.08.2006	17:28:00	2.52	2.65	2.77	2.95	2.40	2.56
30.08.2006	17:29:00	2.54	2.70	2.83	3.06	2.40	2.56
30.08.2006	17:30:00	2.56	2.72	2.85	3.05	2.42	2.57
30.08.2006	17:31:00	2.57	2.73	2.85	3.09	2.46	2.60
30.08.2006	17:32:00	2.59	2.76	2.88	3.06	2.44	2.57

Fecha	Tiempo	thdU1 (%) Prm	thdU1 (%) Max	thdU2 (%) Prm	thdU2 (%) Max	(%) Prm	thdU3 (%) Max
30.08.2006	17:33:00	2.61	2.77	2.87	3.05	2.46	2.64
30.08.2006	17:34:00	2.63	2.81	2.89	3.05	2.47	2.59
30.08.2006	17:35:00	2.64	2.77	2.87	3.04	2.49	2.63
30.08.2006	17:36:00	2.66	2.91	2.92	3.09	2.49	2.61
30.08.2006	17:37:00	2.62	2.76	2.85	3.10	2.49	2.63
30.08.2006	17:38:00	2.60	2.75	2.85	3.07	2.49	2.64
30.08.2006	17:39:00	2.58	2.79	2.82	2.99	2.45	2.54
30.08.2006	17:40:00	2.52	2.70	2.76	2.96	2.41	2.57
30.08.2006	17:41:00	2.28	2.51	2.32	2.49	2.25	2.44
30.08.2006	17:42:00	2.35	2.52	2.36	2.48	2.33	2.49
30.08.2006	17:43:00	2.35	2.51	2.35	2.49	2.32	2.49
30.08.2006	17:44:00	2.22	2.47	2.23	2.40	2.19	2.42
30.08.2006	17:45:00	2.21	2.38	2.24	2.43	2.18	2.32
30.08.2006	17:46:00	2.22	2.30	2.31	2.38	2.22	2.33

ANEXO B

ANALIZADORES DE REDES

La calidad de la red eléctrica es fundamental para mantener la producción y el servicio en sectores tales como el industrial, sanitario y industrial, o en cualquier otro en el que los equipos eléctricos y electrónicos sean indispensables.

Las cargas no lineales, las comunicaciones, los cambios de carga o las propias averías de los equipos pueden ocasionar una mala calidad en el suministro eléctrico. Esta deficiencia no sólo implica un alto costo en términos de energía malgastada y tiempos de inactividad innecesarios, sino que también es peligrosa y aumenta el riesgo de fallos en otros equipos de la instalación

Por este motivo han cobrado importancia el uso de los equipos Analizadores de Redes. A continuación se presenta una breve referencia sobre las marcas Circutor y Fluke, dos de las marcas más conocidas en el mercado eléctrico y sobre algunos de sus modernos modelos:

A. Marca Circutor

Circutor S.A. es una empresa que tiene más de 14 años de experiencia en el campo de la instrumentación digital, "Circutor", es pionero y primer fabricante mundial de los analizadores trifásicos CVM

Los analizadores de redes Serie CVM son centrales de medida de alta precisión, cuyo fin es el control y la supervisión de los principales parámetros eléctricos en redes monofásicas y/o trifásicas, de tres o cuatro hilos (en B.T. o M.T.).

La medida se realiza en Verdadero Valor Eficaz (TRMS), mediante tres entradas de tensión y neutro, y tres entradas para la conexión de transformadores de corriente exteriores, con secundarios .../5 A ó /1 A (las entradas de corriente, en los tipos ITF, son aisladas).

Los analizadores CVM, además de mostrar por display y transferir por comunicaciones todas las magnitudes eléctricas medidas y/o calculadas, incorporan la función contador, siendo capaces de almacenar en su memoria interna la energía

consumida y generada de la instalación, incluso ante ausencia de alimentación auxiliar.

Según tipo, los analizadores de redes CVM se les puede integrar la función de discriminador horario mediante una programación previa, obteniendo así, un totalizador de KWh por cada una de las tarifas programadas; dichos analizadores, al igual que los equipos de una sola tarifa, registran la energía activa, reactiva inductiva, reactiva capacitiva y aparente por cada uno de los períodos programados.

Toda la serie lleva incorporada la función maxímetro, calculando la demanda integrada en un periodo programable; dicha integración deslizante en el tiempo, puede llevarse a cabo respecto a un parámetro a seleccionar: corriente trifásica, potencia activa trifásica, potencia aparente trifásica o corriente por fase.

Debido a la gran cantidad de información que aporta cada uno de los analizadores de redes CVM, los equipos están dotados de salida de comunicaciones; las topologías de conexión y protocolos de red, pueden ser de muy diversos tipos (RS-232, RS-485, Módem RTB, Módem GSM, Radio (Modbus RTU, Profibus DP y Metasys N2) y Ethernet (WEB ó XML)).

1. Modelo Circutor CVM NRG 96.-

Modelo lanzado al mercado el año 2004 es un analizador de redes trifásico para redes equilibradas y desequilibradas (Ver Fig. B.1).



Fig. B.1 Modelo CVM NRG 96

Es un analizador de panel, de medidas 96x96 y destaca su diseño, más ergonómico y actual. Es un equipo compacto y de dimensiones reducidas, siendo

su cota de perfil de tan sólo 50 mm de profundidad. Estas dimensiones permiten su instalación en aquellos cuadros donde el factor "espacio" es una variable determinante.

La central de medida CVM NRG96 es un equipo de medida en cuatro cuadrantes, pudiendo controlar la potencia y energía generada o consumida en instalaciones de baja y media tensión (posibilidad de programación de primario y secundario de tensión). El equipo registra en memoria 8 contadores de energía (activa, inductiva, capacitiva y aparente en los dos sentidos de consumo), así como las potencias instantáneas. Además del registro de dichos contadores, el CVM NRG96 guarda en memoria el valor de los máximos y mínimos registrados, de todos y cada uno de los parámetros medidos y calculados (tensión, corriente, potencia activa, potencia reactiva, etc.). Mide además, la Distorsión Armónica THD en % de tensión y corriente.

Otra de las características del equipo, es su display LCD retroiluminado, así como su cuarta línea exclusiva en display para la visualización de Energía o Corriente de Neutro. El equipo puede disponer de entradas de corriente aisladas (ITF), y posibilidad de conexionado del circuito de tensión en 3 ó 4 hilos.

Hay un equipo que dispone de comunicación RS485 y protocolo estandarizado MODBUS RTU, siendo válido para la integración en cualquier sistema de control o supervisión energética de mercado. Además posee una salida de relé (transistor), la cual puede asociarse a cualquier parámetro eléctrico medido o calculado, pudiendo generar una alarma (por máximo o mínimo).

B. Marca Fluke

Fluke cuenta con una incomparable gama de analizadores de calidad eléctrica para ayudar al mantenimiento de sistemas eléctricos de alta calidad. Estas herramientas ofrecen la capacidad necesaria para analizar todos los parámetros, eventos relacionados con la energía o anomalías eléctricas de forma más rápida, segura, precisa y detallada que nunca.

1. Modelos Fluke 435 y 434

La nueva incorporación a esta gama, el analizador trifásico de calidad eléctrica Fluke 435, cumple con todos los requerimientos de la norma CEI 61000-4-30. Clase A, y cuenta con una función avanzada de registro que permite personalizar la selección de los parámetros de medida a registrar.

Los analizadores de calidad eléctrica trifásicos 435 y 434 de Fluke ayudan a localizar, predecir, prevenir y solucionar problemas en sistemas de distribución eléctrica. Estas herramientas portátiles de fácil uso cuentan con numerosas e innovadoras funciones para revelarles los indicios que delatan la presencia de problemas de forma más rápida y segura.

2. Modelo Fluke 430

Completa herramienta de medida y diagnóstico trifásica: ¡Lo mide todo!
Mida prácticamente todos los parámetros del sistema eléctrico. La serie 430 de Fluke mide valores de tensión, corriente, frecuencia, potencia, consumo eléctrico (energía), desequilibrios y flicker.

Además, realiza un seguimiento de los armónicos e interarmónicos y captura eventos como fluctuaciones, transitorios interrupciones y cambios rápidos de tensión con una resolución de hasta 5 us.

A continuación algunas características específicas:

a) AutoTrend

Evita la pérdida de tiempo configurando registros. ¿Alguna vez ha consultado los datos de medida y se ha preguntado cómo cambian a lo largo del tiempo? Sólo tiene que pulsar un botón para obtener una vista general de la tendencia. No es necesario iniciar un proceso de medida independiente, ya que cada medida obtenida se registra siempre automáticamente. Amplía detalles al instante y utilice los cursores para analizar mientras continua el registro.

b) Registrador

Registra todos los datos que necesita detallar. El registro detallado de datos de larga duración configurable por el usuario proporciona lecturas de valores mínimos, máximos y promedios de hasta 100 parámetros distintos en las cuatro fases, con un tiempo medio de medida ajustable hasta a 0,5 segundos. Dispone de memoria suficiente para registrar 400 parámetros con un minuto de resolución hasta un mes.

c) System-Monitor

Comprueba rápidamente el funcionamiento del sistema. Una completa descripción le ofrece información inmediata de la calidad del sistema eléctrico, comprobando la conformidad con los límites especificados en el estándar EN50160 o con los configurados individualmente. Puede ver al instante qué parámetros quedan fuera de los límites y analizarlos en tablas de eventos y gráficos de tendencias detallados.

d) Visualización de transitorios automática

No se pierde ningún evento. Captura hasta 40 fluctuaciones, interrupciones o transitorios automáticamente. Cuando se produce un evento, se almacenan los datos de la forma de onda de tensión y corriente para las tres fases y el neutro, permitiendo analizar las relaciones temporales y de causa-efecto.

e) Cuatro Canales de corriente y cuatro de tensión.

Mide simultáneamente la tensión y la corriente en las tres fases y el neutro. El instrumento admite todas las configuraciones de cableado habituales.

f) AutoScaling

Análisis de tendencias más sencillo. Con la escala vertical automática, podrá utilizar siempre toda la pantalla para ver las formas de onda.

g) Sistema de Máxima Categoría de Seguridad

Cumple la más estricta normativa de seguridad CAT IV 600 V necesaria para realizar medidas en la entrada de servicio.

h) Rápido y Fácil de Usar.

La interfaz con menús de la pantalla en color de alta resolución simplifica el funcionamiento.

i) Resistente, portátil y listo para la acción.

Fabricados para responder en difíciles entornos industriales, los analizadores de la serie 430 de Fluke son fáciles de transportar y proporcionan más de siete horas de funcionamiento autónomo con batería.

ANEXO C

PROGRAMA WINHARMO

Es un programa para el análisis de armónicos en sistemas eléctricos, desarrollado para su procesamiento bajo el entorno Windows 95 de Microsoft o superior. Aprovecha las ventajas que ofrece este entorno para lograr un manejo interactivo – gráfico muy efectivo y amigable.

A. Características del Programa

1º Es un conjunto integrado de funciones en un programa ejecutable, que permite lo siguiente:

- a) Crear el diagrama unifilar del sistema eléctrico en estudio.
- b) Ingresar los datos mediante cajas de diálogo abiertas para elementos seleccionados en forma gráfica y amigable.
- c) Crear resultados gráficos y en formato ASCII.
- d) Exportar el diagrama en formato gráfico Standard DXF.
- e) Imprimir el diagrama (o una porción del mismo) y resultados gráficos en cualquier dispositivo (impresor o plotter) soportado por Windows.
- f) Manejar una base de datos compatible con Winflu.
- g) Utilizar modelos de acuerdo con CIGRE, comité 36.05.
- h) Calcular pérdidas de armónicos.
- i) Calcular flujo de armónicos.
- j) Calcular THD, TIF, IT:
- k) Calcular armónicos de tensión.
- l) Calcular armónicos de corriente en todos los elementos.
- m) Calcular características de impedancias vs frecuencia en todas las barras.
- n) Calcular características de X vs R vs Frecuencia.
- o) Simular filtros shunt y pasa alto.
- p) Calcular THD vs variaciones de parámetros, tales como generadores, Pcc, Zeq, cargas, bancos de condensadores, motores, rectificadores, frecuencia y fuentes.

2º Ha sido programado en Visual C/C++, lenguaje de programación orientado a objetos.

3º Cuenta con Interfases gráficas para el usuario basadas en menús "pull-down" y botones, para lograr un manejo amigable y sencillo. Permite al usuario visualizar rápidamente los resultados, identificar problemas y concentrarse en la calidad de las simulaciones.

4º Cuenta con un sistema de ayuda "On Line".

B. Requerimientos de Hardware y Software

Para la ejecución del programa se requiere como mínimo una computadora personal con procesador Pentium y 8 MB de RAM, con sistema operativo Window 95, o versiones más recientes y por lo menos 5 MB de capacidad disponible en disco duro. Es recomendable contar con 16 MB de RAM y procesador Pentium de 100 MHz para la simulación de sistemas de mayor envergadura con óptimos resultados.

C. Capacidades

El programa permite modelar sistemas eléctricos de potencia con los alcances generalmente aceptados para los análisis de armónicos.

Las capacidades máximas para la representación del sistema son:

- 5000 componentes en el diagrama unifilar.
- 30 puntos intermedios para cada enlace (línea o transformador).
- 800 barras.
- 1500 enlaces (líneas o transformadores).
- 20 subsistemas o islas.

D. Modelos

Los modelos que soporta el programa son:

- Líneas de transmisión.
- Enlaces RLC generalizados.
- Transformadores de 2 ó 3 devanados.
- Cargas.
- Capacitores / reactores.
- Filtros shunt o pasa alto.
- Conexiones a tierra.
- Motores de inducción.
- Generadores.
- Rectificadores de 6 o 12 pulsos.
- Fuente de corriente.
- TCR (Reactores Controlados por Tiristores).
- PCC (Sistemas Equivalentes).
- Impedancias equivalentes (vía archivos ASCII generados por el programa o creados por el usuario).

BIBLIOGRAFIA

- 1. Tomas Palma García, "Separatas del Curso de Calidad de Energía". Universidad Nacional de Ingeniería – Perú 2002.**
- 2. D.S. N° 020-97-EM, "Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos". Ministerio de Energía y Minas – Perú. 1997.**
- 3. D.S. N° 009-99-EM, Modificaciones de la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos. Ministerio de Energía y Minas – Perú. 1999.**