



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

“ANÁLISIS DE CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL ÁREA  
CENTRO DE DIAGNÓSTICO POR IMÁGENES DEL HOSPITAL LUIS  
VERNAZA USANDO LA REGULACIÓN DEL CONELEC No. 004/01”

**EXAMEN COMPLEXIVO**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

**INGENIERO ELÉCTRICO ESPECIALIDAD ELECTRÓNICA Y  
AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

PRESENTADO POR:

**WALTER DAVID SANTILLÁN MONTALVO**

**CARLOS ANDRÉS RIVERA JARA**

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2015

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a Dios quien fue nuestro guía en nuestro camino nos dio sabiduría salud y vida, con esto la oportunidad de poder prepararnos profesionalmente con el fin de contribuir con nuestro esfuerzo por el bien común de nuestras familias y país.

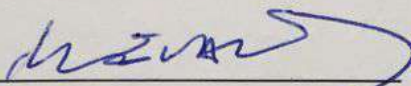
A profesores y compañeros que supieron transmitir y compartir conocimientos de forma desinteresada en nuestra formación académica.

## DEDICATORIA

Dedicada a nuestros padres por su infinito amor, ayuda, comprensión en momentos difíciles donde nunca nos fallaron siempre fueron nuestros mejores amigos, gracias por sus consejos y por creer en nosotros y las metas que nos propusimos.

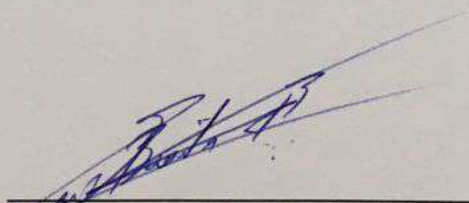
A demás familiares que de forma directa o indirecta fueron un apoyo y aportaron en nuestra formación profesional.

## TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Ing. Holger Cevallos U.

EVALUADOR



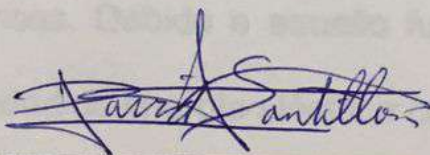
Ph.D. Marcos Buestán Benavides.

EVALUADOR

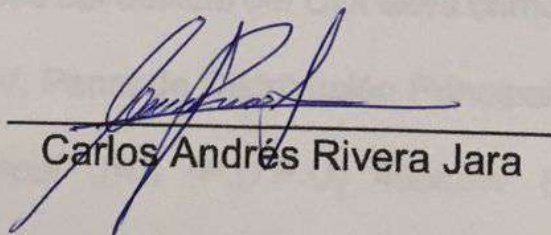
## DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de este Informe nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma, a la Escuela Superior Politécnica del Litoral"

(Reglamento de exámenes y títulos profesionales de la ESPOL)



Walter David Santillán Montalvo



Carlos Andrés Rivera Jara

## RESUMEN

La energía eléctrica representa el principal insumo que mueve al mundo; sin ella las empresas, hospitales, hogares, etc. se detendrían y las economías enteras decaerían en crisis. Por aquello es consiente que la principal problemática que representa no tener un servicio de energía eléctrica continua y confiable en las instalaciones del Hospital Luis Vernaza (HLV) es el incremento del mantenimiento correctivo del área eléctrica, fallas en las mediciones y lecturas de los equipos médicos de diagnóstico e incumplimiento de las normas eléctricas básicas requeridas para garantizar la seguridad de las instalaciones eléctricas. Debido a aquello fue indispensable plantear el presente estudio de calidad de energía eléctrica con el propósito de realizar un análisis de los parámetros eléctricos que están perturbando al suministro eléctrico por lo cual se instaló un analizador de calidad de la energía eléctrica en los puntos principales del edificio del CDI tales como: Panel de Distribución Principal (P.D.P) 220 V, Panel de Distribución Principal (P.D.P) 460 V y Panel de Distribución Principal UPS (P.D.P.U) 400kVA. Las normas eléctricas regulan las características de los equipos y de las instalaciones, por lo que en este proyecto se utilizó la regulación del CONELEC No. 004/01 y normas estándares de la IEEE, se realizó una comparación con los parámetros eléctricos medidos, luego se procedió con el análisis de datos y resultados obtenidos con el fin de proponer alternativas de solución para reducir los

problemas que conlleva tener una mala calidad de energía eléctrica. Finalmente como medidas correctivas luego de determinar las anomalías presentes en la red eléctrica bajo análisis, se propone la instalación de supresores de picos para disminuir transientes de voltaje y la instalación de un filtro activo de potencia para reducir los armónicos de corriente a niveles permitidos por la norma IEEE 519. Adicionalmente se realizó una inspección de la instalación en campo y se actualizo los planos eléctricos del edificio.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO .....	I
DEDICATORIA .....	II
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	III
DECLARACIÓN EXPRESA .....	IV
RESUMEN .....	V
ÍNDICE GENERAL .....	VII
ABREVIATURAS .....	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XV
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
CAPÍTULO 1 .....	1
1 ANTECEDENTES, JUSTIFICACIÓN, Y OBJETIVOS .....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.1.1 PROBLEMATIZACIÓN.....	6
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	1
1.3 OBJETIVOS.....	2
CAPÍTULO 2 .....	4
2 PRINCIPIOS, CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONAMIENTO DEL ANALIZADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA .....	4



2.1	METODOLOGÍA PARA MONITOREO .....	4
2.2	ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO .....	7
2.3	ACCESORIOS DEL KYORITSU E INTERVALO DE MEDICIÓN UTILIZADO .....	8
2.3.1	TIEMPO DE MEDICIÓN .....	9
2.4	RESUMEN DE LOS FENÓMENOS ELÉTRICOS QUE VISUALIZA EL KYORITSU .....	9
CAPÍTULO 3 .....		11
3	ASPECTOS LEGALES .....	11
3.1	CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL ECUADOR .....	11
3.2	LEY DE RÉGIMEN DEL SECTOR ELÉCTRICO .....	13
3.3	REGLAMENTO SUSTITUTIVO DE LA LEY DEL RÉGIMEN DEL SECTOR ELÉCTRICO ....	14
CAPÍTULO 4 .....		16
4	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	16
4.1	CONCEPTO DE CALIDAD DE ENERGÍA .....	16
4.1.1	FACTOR DE POTENCIA Y TRIÁNGULO DE POTENCIA.....	17
4.1.2	DISTORSIÓN ARMÓNICA (THD).....	20
4.1.3	DESEQUILIBRIO DE TENSIONES .....	30
4.1.4	TRANSITORIOS Y SU CLASIFICACIÓN.....	34
CAPÍTULO 5 .....		46
5	CALIDAD DEL PRODUCTO.....	46
5.1	NORMAS ESTÁNDARES .....	46
5.1.1	NIVEL DE VOLTAJE.....	47
5.1.2	FACTOR DE POTENCIA.....	48
5.1.3	ARMÓNICOS.....	49

5.1.4	IEEE 1100-2005 “PRÁCTICA RECOMENDADA PARA POTENCIA Y PUESTA A TIERRA DE EQUIPOS ELECTRÓNICOS” .....	54
5.1.5	TRANSITORIOS ANSI/IEEE STD C62.41.1 <sup>TM</sup> – 2002 .....	56
5.1.6	EVENTOS EN TENSIÓN DE CORTA DURACIÓN, ANSI/IEEE STD 1159 – 1995. [15] 59	
5.1.7	INTERRUPCIONES DE TENSIÓN DE LARGA DURACIÓN, ANSI/IEEE STD 1159 – 1995. [14] .....	60
5.1.8	CORRIENTES POR TIERRA, ANSI/IEEE 1100 – 1999. [7] .....	60
5.1.9	DESBALANCE DE TENSIÓN Y CORRIENTE, ANSI/IEEE STD 446 – 1995. [16]....	61
5.1.10	DESEQUILIBRIO DE TENSIÓN Y CORRIENTE, IEC 61000-2-1 – IEC 61000-4-27 – NEMA – ANSI C84.1. [19] .....	61
5.1.11	TENSIÓN NEUTRO TIERRA, ANSI IEEE 1100 – 1999. [7] .....	62
CAPÍTULO 6 .....		63
6	ARQUITECTURA DE CONEXIONES DEL ANALIZADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y CONFIGURACIÓN ACTUAL DE LA RED ELÉCTRICA.....	63
6.1	ESPECIFICACIONES DE PARÁMETROS A MEDIR .....	64
6.1.1	SETUP DEL ANALIZADOR DE CALIDAD DE ENERGÍA.....	65
6.2	CONEXIONES DEL KYORITSU 6310 PARA LAS MEDICIONES.....	68
6.3	SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA ELÉCTRICO .....	72
6.4	FOTOS DE LA INSTALACIÓN DEL KYORITSU 6310.....	73
CAPÍTULO 7 .....		76
7	DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	76

7.1	PANEL DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL DE 220 V .....	76
7.1.1	VOLTAJE E INTENSIDAD EN P.D.P 220 V.....	77
7.1.2	ANÁLISIS DE VALORES DE VOLTAJES P.D.P 220 V .....	79
7.1.3	DESBALANCE DE VOLTAJE EN P.D.P 220 V .....	81
7.1.4	ANÁLISIS DE VALORES DE CORRIENTES EN P.D.P 220 V .....	82
7.1.5	ANÁLISIS DEL FACTOR DE POTENCIA P.D.P 220 V.....	86
7.1.6	MEDICIÓN DE FRECUENCIA EN P.D.P 220 V.....	88
7.1.7	MEDICIÓN CON LAS FUNCIONES DE ONDA EN P.D.P 220 V .....	89
7.1.8	DIAGRAMA FASORIAL EN P.D.P 220 V .....	91
7.1.9	MEDICIÓN DE ARMÓNICOS .....	93
7.1.10	MEDICIÓN DE ARMÓNICOS EN P.D.P 220V .....	96
7.1.11	MEDICIÓN DE RELACIÓN DE DESEQUILIBRIO EN P.D.P 220 V .....	103
7.1.12	MEDICIÓN DE TRANSITORIOS .....	107
7.1.13	MEDICIÓN DE TRANSITORIOS EN P.D.P 220V .....	111
7.1.14	ÁREAS A PROTEGER EN EL SISTEMA DE 220 V PARA MITIGAR LOS EVENTOS TRANSITORIOS DEL EDIFICIO DEL CDI .....	114
7.2	PANEL DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL DE 460 V .....	116
7.2.1	VOLTAJE E INTENSIDAD EN P.D.P 460 V.....	117
7.2.2	ANÁLISIS DE VALORES DE VOLTAJE P.D.P 460 V .....	118
7.2.3	DESBALANCE DE VOLTAJE EN P.D.P 460 V .....	120

7.2.4	ANÁLISIS DE VALORES DE CORRIENTE EN P.D.P 460 V .....	122
7.2.5	ANÁLISIS DEL FACTOR DE POTENCIA EN P.D.P 460 V .....	125
7.2.6	MEDICIÓN DE FRECUENCIA EN P.D.P 460 V.....	128
7.2.7	DIAGRAMA FASORIAL EN P.D.P 460 V .....	129
7.2.8	MEDICIÓN DE RELACIÓN DE DESEQUILIBRIO EN P.D.P 460 V .....	130
7.2.9	MEDICIÓN DE ARMÓNICOS EN P.D.P 460 V .....	133
7.2.10	DETERMINACIÓN DEL FILTRO DE ARMÓNICOS Y AREA A PROTEGER DEL SISTEMA DE 460 V.....	149
7.2.11	MEDICIÓN DE TRANSITORIO EN P.D.P 460 V .....	153
7.2.12	ÁREAS A PROTEGER EN EL SISTEMA DE 460 V PARA MITIGAR LOS EVENTOS TRANSITORIOS DEL EDIFICIO DEL CDI .....	156
7.3	PANEL DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL DEL UPS 460V – 400KVA .....	159
7.3.1	VOLTAJE E INTENSIDAD DE LA CARGA DEL UPS A SU SALIDA P.D.P.U 460 V	160
7.3.2	ANÁLISIS DE VALORES DE VOLTAJES EN LA SALIDA DEL UPS EN P.D.P.U 460 V	161
7.3.3	DESBALANCE DE VOLTAJE EN LA SALIDA DEL UPS P.D.P.U 460 V.....	162
7.3.4	ANÁLISIS DE VALORES DE CORRIENTES EN LA SALIDA DEL UPS EN P.D.P.U 460V	164
7.3.5	MEDICIÓN DE LA RELACIÓN DE DESEQUILIBRIO EN LA SALIDA DEL UPS EN P.D.P.U 460V .....	167
7.3.6	MEDICIÓN DE ARMÓNICOS EN LA SALIDA DEL UPS EN P.D.P.U 460 V.....	170

7.3.7	VOLTAJE E INTENSIDAD EN PANEL ENTRADA UPS 460V.....	188
7.3.8	MEDICIÓN DE ARMÓNICOS EN LA ENTRADA DEL UPS EN P.D.P.U 460 V.....	189
7.4	MEDICIÓN DE CARGAS INDIVIDUALES DEL UPS DE 400KVA – 460 V.....	198
7.5	MEDICIÓN DE TRANSITORIO EN LA SALIDA DEL UPS P.D.P.U 460 V.....	205
7.5.1	OBSERVACIÓN DE LA MEDICIÓN DEL TRANSITORIO EN LA SALIDA DEL UPS EN P.D.P.U 460 V .....	206
7.5.2	EQUIPOS MÉDICOS A PROTEGER EN EL SISTEMA DE 460 V PARA LAS CARGAS RESPALDADAS POR EL UPS DE 400 KVA CON EL FIN DE MITIGAR LOS TRANSIENTES DE VOLTAJE EN CDI.....	207
7.6	TENSIONES NEUTRO - TIERRA.....	210
7.6.1	VERIFICACIÓN DE RESISTENCIA DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA INSTALADAS EN P.D.P 460 V .....	212
7.6.2	VERIFICACIÓN DE RESISTENCIA DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA INSTALADA PARA EL P.D.P 220 V.....	213
7.7	RESUMEN DE LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA ANALIZADA CONSIDERANDO LOS PARÁMETROS ELÉCTRICOS SEGÚN REGULACIÓN DEL CONELEC 004/01 Y NORMA IEEE 214	
CAPÍTULO 8	.....	216
8	CONSIDERACIONES GENERALES DE LAS PROPUESTAS DE SOLUCIÓN Y COTIZACIONES DE EQUIPOS DE PROTECCION ELÉCTRICA .....	216
8.1	CONSIDERACIONES GENERALES DE LA PROPUESTA EN LA IMPLEMENTACIÓN DE SUPRESORES DE PICO .....	216
8.1.1	COTIZACIÓN DE SUPRESORES DE PICO .....	220
8.1.2	COTIZACIÓN DE INSTALACIÓN DE LOS SUPRESORES DE PICO.....	222

8.2	CONSIDERACIONES GENERALES DE LA PROPUESTA EN LA IMPLEMENTACIÓN DE FILTRO ACTIVO .....	223
	CAPÍTULO 9 .....	225
9	RESULTADOS DEL PROYECTO .....	225
9.1	CAPACITACIÓN AL PERSONAL TÉCNICO DEL HLV .....	225
9.2	ENTREGA DEL PROYECTO .....	228
9.3	DESCRIPCIÓN DEL MANUAL DE INSTALACIONE DEL SUPRESOR DE PICOS.....	229
	CONCLUSIONES .....	230
	RECOMENDACIONES.....	234
	BIBLIOGRAFÍA.....	237
	ANEXOS .....	243
	ANEXO A: CARTA DE AUSPICIO PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO .....	243
	ANEXO B: ACTA DE COMPROMISO .....	244
	ANEXO C: IMPORTANCIA DE INSTALAR SUPRESORES DE PICO O TRANSIENTES Y CLASIFICACION DE TRANSITORIOS POR CATEGORIAS .....	248
	ANEXO D: REGISTRO DE ASISTENCIA A LA CAPACITACIÓN .....	250
	ANEXO E: ACTA DE CONFORMIDAD DE RESULTADOS .....	251
	ANEXO F: MANUAL PARA INSTALACION DE SUPRESOR DE PICOS O TRANSIENTES .....	255

## ABREVIATURAS

CDI	Centro de Diagnóstico por Imágenes
CONELEC	Consejo Nacional de Electricidad del Ecuador
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
HLV	Hospital Luis Vernaza
IEEE	Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
P.D.P	Panel de Distribución Principal
P.D.P.U	Panel de Distribución Principal UPS
TDD	Distorsión de Demanda Total
THD <sub>v</sub>	Distorsión Armónica de Voltaje
THD <sub>i</sub>	Distorsión Armónica de Corriente
NATSIM	Normas de Acometidas, Cuartos de Transformadores y Sistemas de Medición para el Suministro de Electricidad.
LRSE	Ley del Régimen del Sector Eléctrico
TVSS	Supresor de Picos Transitorios de Voltaje
TDS	Dispositivo de Protección contra Sobretensiones
PEM	Panel de Equipos Médicos

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Analizador de Redes Eléctricas KYORITSU Modelo 6310.....	5
Figura 2.2 A) Icono de Acceso Directo del Software KEW PQA. B) Menú Principal del Software KEW PQA .....	8
Figura 4.1 Triángulo de Potencia.....	18
Figura 4.2 Alteración en la Onda Senoidal.....	20
Figura 4.3 Lugares Recomendables a Instalar Filtros Activos.....	29
Figura 4.4 Tensiones Trifásicas y Fasores.....	31
Figura 4.5 Disturbio de la Red por presencia de Transientes.....	36
Figura 4.6 Curva de Espectro Transitorio Impulsivo.....	38
Figura 4.7 Curva de Espectro Transitorio Oscilatorio.....	39
Figura 4.8 Curva de Espectro SAG.....	41
Figura 4.9 Curva de Espectro de SWELL .....	42
Figura 5.1 Formas de Onda de Prueba en Laboratorio según IEEE C62 41-1991. [8] .....	58
Figura 5.2 Formas de Onda de Prueba en Laboratorio según IEEE C62.41. [8] .....	59
Figura 6.1 Configuración de Datos Básicos .....	65
Figura 6.2 Configuración de Medidas de Potencia en W.....	67
Figura 6.3 Parámetros a Configurar Opción Guardar.....	68
Figura 6.4 Diagrama de Conexiones utilizado.....	69
Figura 6.5 Diagrama Unifilar Conexión del KYORITSU en Panel de 220 V.....	70
Figura 6.6 Diagrama Unifilar Conexión del KYORITSU en Panel 460 V .....	71
Figura 6.7 Diagrama Unifilar Conexión del KYORITSU Panel del UPS 460 V .....	71



Figura 6.8 Tablero 220 V del Edificio CDI donde fue localizado el KYORITSU .....	74
Figura 6.9 Tablero 460 V del CDI donde fue localizado el KYORITSU .....	75
Figura 6.10 Tablero del UPS 460 V del CDI donde fue localizado el KYORITSU....	75
Figura 7.1 Mediciones Instantáneas de W en Panel de 220V .....	78
Figura 7.2 Un Día de Datos Adquiridos del Voltaje .....	82
Figura 7.3 Un Día de Datos Adquiridos Intensidad .....	85
Figura 7.4 Factor de Potencia Panel 220 V.....	87
Figura 7.5 Frecuencia Panel 220V.....	88
Figura 7.6 Mediciones Instantáneas de Onda Canal 1 Panel 220 V .....	89
Figura 7.7 Mediciones Instantáneas de Onda Canal 2 Panel 220 V .....	90
Figura 7.8 Mediciones Instantáneas de Onda Canal 3 Panel 220 V .....	90
Figura 7.9 Diagrama Fasorial y Magnitudes Panel 220 V .....	92
Figura 7.10 Medición en tiempo real de Armónico de Voltaje V1 Panel 220 V .....	96
Figura 7.11 Medición en tiempo real de Armónico de Corriente A1 Panel 220 V ....	97
Figura 7.12 Muestreo de Desequilibrio Panel de 220 V .....	106
Figura 7.13 Diferentes Anomalías de los Fenómenos Transitorios .....	107
Figura 7.14 Datos de Transitorios Obtenidos Panel de 220 V.....	111
Figura 7.15 Mediciones Instantáneas de W Panel 460V.....	118
Figura 7.16 Un día de Datos Adquiridos Panel 460V .....	121
Figura 7.17 Un día de Datos Adquiridos de la Corriente Panel 460 V .....	124
Figura 7.18 Factor de Potencia Panel 460 V.....	126
Figura 7.19 Frecuencia Panel 460 V.....	128
Figura 7.20 Diagrama Fasorial y Magnitudes Panel 460 V .....	129
Figura 7.21 Muestreo de Desequilibrio Panel 460V .....	132

Figura 7.22 Medición en tiempo real de Armónicos de Voltaje V1 Panel 460 V ...	133
Figura 7.23 Medición en tiempo real de Armónicos de Voltaje V1 Panel 460 V ...	134
Figura 7.24 Formas de Onda de las Corrientes A1, A2, A3 .....	146
Figura 7.25 Forma de Onda Voltaje y Corriente del Canal 1 .....	147
Figura 7.26 Forma de Onda Voltaje y Corriente del Canal 2.....	147
Figura 7.27 Forma de Onda Voltaje y Corriente del Canal 3.....	148
Figura 7.28 Datos Transitorios adquiridos en Panel 460 V .....	153
Figura 7.29 Mediciones Instantáneas Panel Salida UPS 460 V .....	161
Figura 7.30 Un día Datos Adquiridos de Voltaje Panel Salida UPS 460 V .....	164
Figura 7.31 Lista Datos Adquiridos Corriente Panel Salida UPS 460 V .....	165
Figura 7.32 Muestreo Desequilibrio Panel Salida UPS 460 V .....	169
Figura 7.33 Medición en tiempo real de Armónicos Panel Salida UPS 460 V .....	171
Figura 7.34 Mediciones en tiempo real de Armónicos Panel Salida UPS 460 V ...	171
Figura 7.35 Mediciones en tiempo real de Armónicos Panel Salida UPS 460 V ...	172
Figura 7.36 Mediciones en tiempo real de Armónicos Panel Salida UPS 460 V ...	173
Figura 7.37 Formas de Onda de las Corrientes A1, A2, A3 .....	185
Figura 7.38 Formas de Onda de Voltaje Canal 1 Panel Salida UPS 460 V.....	186
Figura 7.39 Formas de Onda de Voltaje Canal 2 Panel Salida UPS 460 V.....	186
Figura 7.40 Formas de Onda de Voltaje Canal 3 Panel Salida UPS 460 V.....	187
Figura 7.41 Mediciones en tiempo real Armónicos de Voltaje Panel Entrada UPS 460 V.....	189
Figura 7.42 Mediciones en tiempo real Armónicos de Voltaje Panel Entrada UPS 460 V.....	190
Figura 7.43 Medición Fasorial tiempo real Carga: Tomógrafo Sala 12.....	201

Figura 7.44 Medición Fasorial tiempo real Carga: Tomógrafo Sala 12.....	202
Figura 7.45 Medición Fasorial tiempo real Carga: Tomógrafo Sala 12.....	203
Figura 7.46 Medición Fasorial tiempo real Carga: Tomógrafo Sala 12.....	203
Figura 7.47 Datos Adquiridos en Panel UPS 460 V .....	205
Figura 7.48 Mediciones de la Malla del Panel UPS 460 V .....	212

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Especificaciones del Equipo.....	7
Tabla 2 Fenómenos Eléctricos Visualizados por el KYORITSU .....	10
Tabla 3 Aplicaciones típicas donde se usan filtros armónicos.....	28
Tabla 4 Variaciones de Voltajes Admitidos [11] .....	48
Tabla 5 Regulación del CONELEC 004/01 para Armónicos.....	51
Tabla 6 Límites de Distorsión Armónica de Voltaje en % del Voltaje Nominal.....	52
Tabla 7 Límites Máximos Recomendados de Distorsión Armónica en Corriente para Niveles de Tensión Nominal menores a 69kV.....	53
Tabla 8 Tipos de Mordazas para KYORITSU. [1].....	66
Tabla 9 Variaciones de Voltaje y Corriente del Panel de 220 V .....	77
Tabla 10 Símbolos Mostrados por Pantalla.....	79
Tabla 11 Lista de Datos Adquiridos de Voltaje.....	80
Tabla 12 Lista de Datos Adquiridos de la Intensidad .....	83
Tabla 13 Corriente en el Neutro Panel 220 V.....	86
Tabla 14 Valores Obtenidos del Factor de Potencia .....	87
Tabla 15 Resumen General de Armónicos Panel de 220 V .....	98
Tabla 16 Resumen Armónicos de Tercer Orden Panel de 220 V .....	98
Tabla 17 Resumen Armónico de Quinto Orden Panel de 220 V .....	99
Tabla 18 Resumen Armónicos de Séptimo Orden Panel de 220 V .....	100
Tabla 19 Resumen Armónicos de Noveno Orden Panel de 220 V.....	101
Tabla 20 Resumen de Distorsión Armónica Panel 220 V.....	102

Tabla 21 Relación de Desequilibrio Obtenido del Analizador de Calidad de Energía Eléctrica del Panel 220 V .....	103
Tabla 22 Método de Medición de la Relación de Desequilibrio .....	104
Tabla 23 Evidencia de la Fluctuación Momentánea del Voltaje (Picos de Sobre Voltaje) .....	112
Tabla 24 Variaciones de Voltaje y Corriente Panel 460 V .....	117
Tabla 25 Lista de Datos Adquiridos Panel de 460 V .....	119
Tabla 26 Corriente en el Neutro.....	123
Tabla 27 Lista de Datos Adquiridos de Corriente Panel 460 V.....	123
Tabla 28 Resumen del Factor de Potencia Panel 460 V .....	125
Tabla 29 Relación de Desequilibrio Panel de 460 V .....	130
Tabla 30 Resumen General de Armónicos Panel 460 V .....	135
Tabla 31 Resumen Armónicos de Tercer Orden Panel 460 V.....	135
Tabla 32 Resumen Armónicos de Quinto Orden Panel 460 V.....	136
Tabla 33 Resumen Armónicos de Séptimo Orden Panel 460 V .....	137
Tabla 34 Resumen Armónicos de Noveno Orden Panel 460 V.....	138
Tabla 35 Tensión de Cortocircuito en Función de la Potencia Aparente. [29] .....	140
Tabla 36 Relación $I_{cc}/I_L$ .....	141
Tabla 37 Distorsión de Demanda Total Panel 460 V.....	142
Tabla 38 Distorsión de Demanda Tercer Orden Panel 460 V.....	142
Tabla 39 Distorsión de Demanda Quinto Orden Panel 460 V .....	143
Tabla 40 Distorsión de Demanda Séptimo Armónico.....	144
Tabla 41 Distorsión de Demanda Noveno Armónico.....	144
Tabla 42 Resumen del Análisis de Armónicos Panel 460 V .....	145

Tabla 43 Datos del sistema Eléctrico Panel 460 V.....	149
Tabla 44 Selección de Filtro Activo.....	151
Tabla 45 Selección Transformador de Corriente para Filtro Activo .....	152
Tabla 46 Datos Transitorios Panel 460V.....	154
Tabla 47 Variaciones de Voltaje y Corriente Panel UPS 460V.....	160
Tabla 48 Lista de Datos Adquiridos Panel Salida UPS de 460 V .....	163
Tabla 49 Un día de Datos Adquiridos de Corriente Panel Salida UPS 460 V.....	166
Tabla 50 Medición Instantánea del Desequilibrio Panel Salida UPS 460 V.....	167
Tabla 51 Resumen de Armónicos General Panel Salida UPS 460 V .....	173
Tabla 52 Resumen Armónicos Tercer Orden Panel Salida UPS 460 V.....	174
Tabla 53 Resumen Armónicos Quinto Orden Panel Salida UPS 460 V .....	175
Tabla 54 Resumen Armónicos Séptimo Orden Panel Salida UPS 460 V.....	177
Tabla 55 Resumen Armónicos Noveno Orden Panel Salida UPS 460 V.....	178
Tabla 56 Relación Icc/IL Panel Salida UPS 460 V .....	180
Tabla 57 Distorsión de Demanda Total Panel Salida UPS 460 V.....	181
Tabla 58 Distorsión de Demanda Tercer Orden Panel Salida UPS 460 V .....	181
Tabla 59 Distorsión de Demanda Quinto Orden Panel Salida UPS 460 V .....	182
Tabla 60 Distorsión de Demanda Séptimo Orden Panel Salida UPS 460 V.....	182
Tabla 61 Distorsión de Demanda Noveno Orden Panel Salida UPS 460 V.....	183
Tabla 62 Resumen del Análisis de Armónicos Panel Salida UPS 460 V.....	184
Tabla 63 Parámetros Eléctricos Medidos Panel Entrada UPS 460V.....	188
Tabla 64 Resumen General Armónicos Panel Entrada UPS 460 V .....	190
Tabla 65 Resumen Armónicos de Tercer Orden Panel Entrada UPS 460 V.....	190
Tabla 66 Resumen Armónico Quinto Orden Panel Entrada UPS 460 V.....	191

Tabla 67 Resumen Armónicos Séptimo Orden Panel Entrada 460 V.....	191
Tabla 68 Resumen Armónicos Noveno Orden Panel Entrada UPS 460 V .....	191
Tabla 69 Relación Icc/IL Panel Entrada UPS 460V.....	193
Tabla 70 Distorsión Demanda Total Panel Entrada UPS 460 V .....	194
Tabla 71 Distorsión Demanda Tercer Orden Panel Entrada UPS 460 V .....	194
Tabla 72 Distorsión Demanda Quinto Armónico Panel Entrada UPS 460V.....	195
Tabla 73 Distorsión Demanda Séptimo Armónico Panel Entrada UPS 460 V .....	196
Tabla 74 Distorsión Demanda Noveno Armónico Panel Entrada UPS 460 V.....	196
Tabla 75 Resumen del Análisis de Armónicos Panel Entrada UPS 460 V .....	197
Tabla 76 Resumen De Calidad de Energía Eléctrica Analizada.....	215
Tabla 77 Vida Útil de equipos Médicos en CDI .....	218
Tabla 78 Costos de Mantenimiento de Equipos Médicos en CDI.....	218
Tabla 79 Costos de Mantenimiento por Vida Útil de Equipos Médicos en CDI.....	219
Tabla 80 Inversión en Adquisición de Equipos Médicos.....	219
Tabla 81 Inversión de Supresores de Pico.....	220
Tabla 82 Cotización Detallada de Supresores de Pico.....	221
Tabla 83 Cotización Instalación de Supresores de Pico.....	222
Tabla 84 Voltaje Remanente Según IEEE .....	248

## INTRODUCCIÓN

El HLV de Guayaquil es un centro de atención médica general sin fines de lucro, ofrecen servicios médicos a la población más necesitada sin discriminación alguna. Una de sus principales visiones es ser líderes en servicios médicos especializados en la región costa y ser un referente a nivel nacional. Actualmente el HLV consta con un área especializada para diagnósticos médicos denominada Centro de Diagnóstico por Imágenes (CDI), por lo que se realizó una inversión en infraestructura, civil, sanitaria, eléctrica e instrumentación de equipos médicos de última tecnología con el fin de obtener un CDI integral eficiente y confiable. El departamento de mantenimiento eléctrico del HLV es responsable del correcto funcionamiento de las instalaciones eléctricas y en lo posible reducir averías eléctricas en equipos eléctricos y electrónicos, disminución de mantenimiento correctivo y aumento preventivo de los mismos para disminuir gastos en costos de reparación. Este informe final de Proyecto por Prácticas Comunitarias tiene por objetivo mostrar el procedimiento técnico, aspectos legales y las normas estándares utilizadas para realizar el “Análisis de calidad de la energía eléctrica en el área CDI del HLV utilizando la regulación del CONELEC No. 004/01” sus resultados producto del análisis planteado, la actualización y corrección del plano eléctrico



donde se realizó el proyecto y las propuestas de solución para los problemas encontrados posterior al análisis de resultados obtenidos.

El informe final de práctica comunitaria consta de 9 capítulos, comprende el análisis de calidad de energía eléctrica y diseño de la propuesta de solución en base al desarrollo y análisis de resultados obtenidos.

En el capítulo 1 se describen antecedentes, se plantea el problema que se resolvió, la justificación y el impacto positivo que tendría al realizar el proyecto, y finalmente el objetivo principal del mismo.

En el capítulo 2 se indica la metodología que se utilizó para realizar el estudio de calidad de energía eléctrica, características y funcionamiento del analizador de energía eléctrica KYORITSU para medición, monitoreo y almacenamiento de los parámetros eléctricos a considerar.

En el capítulo 3 se exponen los aspectos legales que justifican la ejecución del presente proyecto en base a la Constitución Política del Ecuador ya que en varios de sus artículos hace referencia a la calidad de la energía

eléctrica y también a los deberes y derechos tanto de las empresas eléctricas como de sus clientes.

En el capítulo 4 se da a conocer la fundamentación teórica comprendida en el informe para la ejecución y comprensión de los diferentes parámetros eléctricos que se analizan en el estudio de calidad de energía eléctrica.

En el capítulo 5 se describen las normas estándares del CONELEC 004/01 y de la IEEE para la utilización de ellas en el análisis de calidad de energía eléctrica, basándonos en el sistema comparativo de datos a los resultados obtenidos en el periodo de captación de parámetros.

En el capítulo 6 se determina el tipo de conexión que el analizador de energía eléctrica debe tener según el sistema eléctrico a analizar, se detalla una inspección general del mismo en el área del CDI y se actualizan los planos eléctricos luego de realizar la inspección. Se muestran fotos del analizador de energía eléctrica instalado en cada panel eléctrico analizado.

En el capítulo 7 se realizó el desarrollo y análisis de los resultados con sus respectivas propuestas de solución, obtenidos luego de la medición

efectuado por medio del analizador de energía eléctrica en los diferentes paneles eléctricos como son: P.D.P 220 V, P.D.P 460 V y P.D.P.U 460 V. Además se describe brevemente el principal funcionamiento de los equipos médicos más importantes pertenecientes al CDI.

En el capítulo 8 se indican las consideraciones generales de las propuestas de solución presentadas en el capítulo anterior que incluye la cotización de los supresores de picos para protección de transientes eléctricos.

En el capítulo 9 se indican los resultados del proyecto, se detalla la capacitación realizada en CDI, la entrega del proyecto en general y la descripción del manual de instalación de supresores de pico.

# **CAPÍTULO 1**

## **1 ANTECEDENTES, JUSTIFICACIÓN, Y OBJETIVOS**

### **1.1 ANTECEDENTES**

El HLV es el centro de atención médica general sin fines de lucro más grande y antiguo del Ecuador. Lo sostiene y administra la Junta de Beneficencia de Guayaquil. Profesionales de distintas especialidades médicas y quirúrgicas atienden a personas de todas las regiones del Ecuador, y a pesar de no ser una organización estatal sus servicios están dirigidos a todo individuo que lo necesite.

La sala de Emergencia del HLV es un referente para Guayaquil y para el resto del Ecuador, ya que en este espacio acondicionado se recibe a toda persona que llegue con urgencias de cualquier tipo. Se atiende un promedio de tres mil pacientes con urgencias al mes, lo

que corresponde a más del 50% de las emergencias médicas que ocurren en la ciudad y sus alrededores, Esta área se encuentra abierta las 24 horas del día, todo el año. La calidad de los profesionales en medicina como médicos, enfermeras, auxiliares, personal de servicio, mantenimiento y más, son otro referente muy importante del hospital.

Con respecto a tecnología e implementación de equipos médicos, la institución cuenta con modernos sistemas para diagnóstico y tratamiento de los pacientes. Posee herramientas de diagnóstico como CT Scan, eco Doppler a color, eco cardiógrafos y otros. Actualmente, existe un total de 883 camas para atención al público. Es reconocido por la institución nacional para el trasplante de órganos y tejidos (ONTOT) como uno de los mejores hospitales del Ecuador. Está equipado con todo lo que se requiere para realizar trasplantes de riñón, y ya se han realizado exitosamente más de 135 trasplantes de riñón en los últimos años. El primer trasplante fue realizado en junio de 1979, y la Unidad de Trasplantes de Órganos y Tejidos fue creada en el año 2009.

El HLV ha recibido importantes adecuaciones y ampliaciones de su infraestructura en el transcurso del tiempo, para mejorar la atención

a sus miles de pacientes, tiene incorporado el servicio de Farmacia con un amplio stock de productos con precios asequibles para la población de escasos recursos.

El HLV ha hecho historia con operaciones de corazón abierto, trasplantes renales, trasplante de córnea, y además, con su unidad para quemados. Los médicos dedican tiempo para investigaciones de enfermedades de diferente índole, las que son expuestas a nivel internacional y en Congresos Médicos. Cuenta con divisiones clínicas como: Cirugía, Medicinas, Ginecología, Medicina Interna, Cardiología, Dermatología, Gastroenterología, Neumología, Endocrinología, enfermedades metabólicas, Nefrología y Oncología, Cirugía General, Oftalmología, Otorrinolaringología, Urología, Cirugía Ortopédica y Traumatología, Cirugía Cardiovascular y Torácica, Proctología y su Área de Emergencias.

En la actualidad existe una creciente utilización de dispositivos basados en microelectrónica que son cada vez más susceptibles y menos inmunes al entorno electromagnético, razón por la que fue necesario realizar un estudio de la calidad de energía eléctrica.

El HLV tiene como misión: “Ofrecer servicios médicos con calidad y calidez a la población más necesitada sin discriminación alguna”. Y como visión: “Somos y seguiremos siendo líderes en servicios médicos especializados en la región costa y para el 2018 somos el referente en servicios médicos especializados a nivel nacional”

La Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, tiene como Misión: “Formar profesionales de excelencia, líderes emprendedores, con sólidos valores morales y éticos que contribuyan al desarrollo del país, para mejorarlo en lo social, económico, ambiental y político. Hacer investigación, transferencia de tecnología y extensión de calidad para servir a la sociedad”. Para cumplir con dicha misión y poder llegar a la comunidad, la ESPOL creó La Comisión de Vínculos con la Colectividad, la misma que posee las siguientes políticas:

1. Fortalecer los vínculos con los actores claves del Ecuador para asegurar la pertinencia del quehacer politécnico.
2. Poner el adelanto tecnológico y la cultura emprendedora al servicio del desarrollo humano.

La Unidad de Vinculación con la Sociedad, tiene entre sus funciones: desarrollar las capacidades locales y resolver los problemas científico-técnicos del sector productivo y la comunidad; realiza entre otras actividades la modalidad de Graduación por Prácticas Comunitarias, en las opciones de graduación para sus estudiantes. Esta modalidad de Graduación por Prácticas Comunitarias, permite a los estudiantes Politécnicos egresados o que estén en los últimos semestres de estudios acercarse de manera más directa a la realidad social en la cual se encuentran rodeados, y además poner en práctica sus conocimientos profesionales a favor de la comunidad o instituciones que contribuyan con el bienestar de la población.



### 1.1.1 PROBLEMATIZACIÓN

El departamento de mantenimiento encargado del correcto funcionamiento de las cargas eléctricas y del sistema eléctrico en general. Reportan que en los últimos años el mantenimiento correctivo ha ido aumentando, es decir que existen daños en las cargas eléctricas con un frecuencia que no es la normal o que al menos no corresponde con el tiempo de funcionamiento que en teoría se deba de cumplir. Esta situación se ve más acentuada en equipos médicos que funcionan con tecnología de electrónica digital y de microprocesador.

Al tener daños en equipos y sistemas eléctricos el mantenimiento correctivo causa un retraso en la atención del paciente. Este problema afecta a personas enfermas, porque su recuperación satisfactoria se ve entorpecida por errores de funcionamiento de los equipos médicos afectados por una mala calidad de energía eléctrica y esto se ve agravado en situaciones donde el paciente dependa en gran parte de un dispositivo electrónico para mantener un estado estable o incluso la vida.

Los doctores por su parte para emitir un diagnóstico, muchas veces se basan en los resultados que entregan los equipos médicos luego de una evaluación, sin embargo estos pueden entregar resultados erróneos por un mal funcionamiento interno de tipo eléctrico producido por alteraciones en la red eléctrica. Las enfermeras que llevan el seguimiento de los pacientes y asisten a los doctores, reducen la calidad y eficiencia de su trabajo al realizar control de signos vitales con dispositivos electrónicos defectuosos. Estas situaciones que no son competencia de doctores y enfermeras recaen en el departamento de mantenimiento, que debe de redoblar esfuerzos en mantener un correcto funcionamiento de todos los sistemas y dispositivos eléctricos. En donde los recursos que tenga que utilizar este departamento son proporcionados por las autoridades del hospital encargadas de manejar con eficiencia una correcta distribución del personal humano como de los bienes tangibles del hospital.

Algunas causas de la problemática planteada son producto de factores externos que el hospital como tal no las puede manejar e incluso ni la empresa eléctrica. Una de las perturbaciones externas son descargas electromagnéticas

atmosféricas que afectan directa e indirectamente a cualquier sistema eléctrico que este dentro del área de influencia de este fenómeno natural, que generalmente ocurre en épocas invernales acompañadas de lluvias y tormentas eléctricas.

La solución para evitar inconvenientes en los sistemas eléctricos de la institución es preparar para estos eventuales sucesos un sistema de puesta a tierra eficiente, tomando en cuenta las cargas eléctricas a proteger cumpliendo la Norma del CONELEC No 004/01. Entre otras causas externas pueden ser las influencias de las cargas aledañas a la institución, que solamente el análisis de calidad de energía eléctrica permitirá saber el grado de interferencia que introducen en la red eléctrica del hospital. Además existen elementos o cargas internas que por sus propias características de funcionamiento introducen perturbaciones que afectan a la red y por consiguiente a las cargas conectadas a esa red eléctrica.

Una mala calidad de energía eléctrica incide en la disminución del tiempo de vida útil de los equipos médicos, fallas de funcionamiento y en ocasiones daños permanentes, que muchas veces no es fácil conseguir de inmediato su repuesto por lo que retrasa la atención del paciente y la rapidez de ejecución con su programa de recuperación que el médico o enfermera ha planificado.

Como iniciativa para mejorar en eficiencia con respecto a la atención del paciente y en el diagnóstico preciso de exámenes donde se involucra imágenes médicas, se planteó el estudio de calidad de energía eléctrica a los directivos del HLV obteniendo una respuesta favorable permitiendo la realización del proyecto a través de una carta auspicio por parte del Ing. Adrián Huerta Pisco, Gerente General de la Organización. (Anexo A: Carta de Auspicio para el Desarrollo del Proyecto).

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

El HLV consta de sistemas eléctricos antiguos y modernos, y con el pasar del tiempo ha crecido la demanda de su carga, siendo esto un punto a recalcar en sus equipos modernos y costosos, que se cuidan mediante el suministro de una buena calidad de energía. Una mala calidad de energía eléctrica degrada los componentes eléctricos electrónicos, reduciendo la vida útil de las tarjetas y en muchos casos la avería o daños mayores de los mismos. Esto podría ocasionar pérdidas económicas, molestias a los usuarios, y hasta pérdida de vidas humanas, al sufrir daños en equipos de quirófanos, equipos de monitoreo vitales, etc.

Se planteó el presente estudio de calidad de la energía eléctrica con la finalidad de realizar un análisis de los parámetros eléctricos del CDI, para determinar las falencias y dar una propuesta de soluciones, a fin de prevenir daños en el sistema actual o a los futuros incrementos de la carga, ya que constantemente se realiza readecuaciones. La propuesta de solución serán instructivos, procedimientos y documentos proporcionados a la institución que al implementarlos obtendrán la solución del área CDI con respecto a los problemas que se han manifestado.

Con el fin de formalizar el desarrollo del proyecto planteado los delegados del HLV conjuntamente con representantes de ESPOL, participaron en una reunión que por medio de la firma del Acta de Compromiso (Anexo B: Acta de Compromiso), se oficializó la ejecución del proyecto de análisis de la calidad de energía eléctrica.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **Objetivo Principal**

Analizar la calidad de la energía eléctrica en el área Centro de Diagnóstico por Imágenes del Hospital Luis Vernaza con el fin de detectar posibles perturbaciones o anomalías que estén afectando al sistema eléctrico, equipos médicos electrónicos y emitir un reporte de resultados y procedimientos para la ejecución de medidas correctivas y preventivas.

### **Objetivos Específicos**

- Realizar el análisis de calidad de energía eléctrica en los siguientes paneles eléctricos: P.D.P de 220V, P.D.P de 460V y P.D.P.U 460V.
- Realizar las mediciones del sistema de puesta a tierra de los P.D.P de 220 y 460 V.
- Análisis de resultados y comparación de los datos obtenidos con la Regulación del CONELEC No. 004/01 y la norma IEEE 519.
- Actualización de los planos eléctricos en los paneles eléctricos donde se realizó el análisis.
- Identificación de los problemas encontrados posterior al análisis y propuesta de solución.

## **CAPÍTULO 2**

### **2 PRINCIPIOS, CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONAMIENTO DEL ANALIZADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

#### **2.1 METODOLOGÍA PARA MONITOREO**

Para la realización del presente estudio, se usó un analizador de redes eléctricas marca **KYORITSU MODELO 6310** con sensores de corriente de una capacidad desde 50 A hasta 500 A. Este instrumento es un Analizador de Calidad del Suministro Eléctrico que puede ser utilizado con varios sistemas de conexión para realizar mediciones tradicionales de valores instantáneos, de integración o demanda, también para monitorear ondas y vectores, analizar armónicos y medir fluctuaciones en las tensiones de suministro.



Los datos pueden ser guardados en la memoria interna, una tarjeta CF o pueden transferirse a un PC a través de un cable USB o de un lector de tarjetas CF. En la figura 2.1 se presenta el analizador de calidad de energía eléctrica KYORITSU MODELO 6310 utilizado para obtener las mediciones eléctricas propuestas en CDI.



**Figura 2.1 Analizador de Redes Eléctricas KYORITSU Modelo 6310**

El equipo fue conectado en las terminales de salida del breaker principal perteneciente a los paneles de distribución principal como son: P.D.P 220V, P.D.P 460V y P.D.P.U 460V en la Salida del UPS. El período de medición fue de 24 horas continuas tomando muestras

cada 10 minutos durante 7 días consecutivos para cada panel de distribución, en el caso específico de transientes de voltaje el tiempo de muestreo fue de 10 segundos. Las muestras registradas se almacenan en memoria y se procesan para obtener los perfiles de operación de cada parámetro eléctrico.

De estos parámetros eléctricos se obtienen los valores máximos, mínimos y promedios para establecer los límites de operación del sistema eléctrico y son comparados con lo que recomiendan los estándares internacionales y principalmente la regulación del CONELEC 004/01. Se programó el equipo para detectar eventos de tipo transitorio en voltaje con variaciones por encima del 6% de voltaje pico, con la finalidad de evaluar si los arranques de cargas internas impactan en el voltaje de suministro.

## 2.2 ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO

En la Tabla 1 se observa las características o especificaciones técnicas del equipo utilizado.

**Tabla 1 Especificaciones del Equipo**

Las conexiones del cableado	1p 2W, 3W, 3P 3W, 4W 3P
Las mediciones y los parámetros	Tensión, corriente, frecuencia, potencia activa, potencia reactiva. La potencia aparente, energía activa, energía reactiva, energía aparente. Factor de potencia, Neutral actual, la demanda, armónicos, Calidad (Swell Salsa/ parada instantánea, Transitorios/ Sobretensión, irrupción ritmo actual, desequilibrio, flicker IEC (Pst ( 1 min), Pst, Pit)), condensador Fase de avance.
Otras funciones	Función de Salida digital, función de comunicación externa, Escala de la función.
Voltaje:	
Rango (RMS)	150/300/600/1000V ( FC:2.5 o menos , el 100% o menos de cada rango )
De entrada admisible	10~ 110 % de cada campo ( 1000V rango : 20 %~)
Mostrar rangos	5~120% de cada campo.
Precisión	± 0.3 % lectura ± % fs 0.2 ( onda sinusoidal , 45 ~ 65 Hz)
Actual:	
Rangos (RMS)	8128 ( 50Atipo) : 1/5/10/20/50 A 8127 ( 100Atipo) : 10/20/50/100 A 8126 ( 200Atipo) : 20/50/100/200 A 8125 ( 500Atipo) : 50/100/200/500 A 8124 ( 1000Atipo) : 100/200/500/1000 A 8129 ( 3000Atipo) : 300/1000/3000 A ( CF: 3.0 o menos. 90 % o menos de cada rango )
De entrada admisible	10~100% de cada campo
Mostrar rangos	1 ~ 120% de cada campo.
Precisión	±0.3 % lectura ±0.2% fs + Exactitud de la abrazadera del sensor ( Onda sinusoidal , 45 ~ 65 Hz)

### 2.3 ACCESORIOS DEL KYORITSU E INTERVALO DE MEDICIÓN UTILIZADO

El analizador eléctrico Kyoritsu 6310 ofrece una precisión de la tensión y cumple todos los requisitos de la norma IEC 61010 Clase A. Incluye el software KEW PQA MASTER para análisis de registros y generación de informes. En la figura 2.2 A) se muestra el ícono de acceso directo del software y en la figura 2.2 B) se refiere a la interfaz principal del software para adquisición y procesamiento de datos adquiridos.



**Figura 2.2 A) Icono de Acceso Directo del Software KEW PQA. B) Menú Principal del Software KEW PQA**

Incluye todo lo que precisa para comenzar a trabajar: 4 pinzas amperimétricas, 4 pinzas flexibles, 5 cables de prueba y puntas de cocodrilo, cargador de baterías/adaptador de red y maletín rígido.

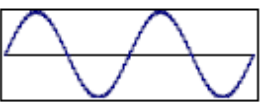
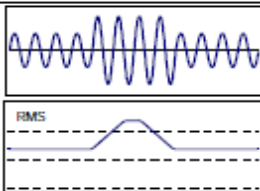
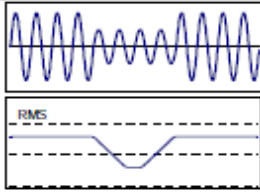
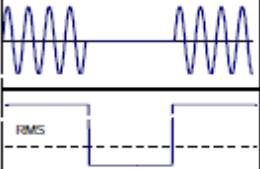
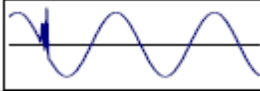
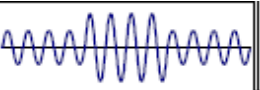
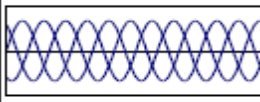
### **2.3.1 TIEMPO DE MEDICIÓN**

Se configuró el analizador de Calidad de Energía Eléctrica Kyoritsu 6310 a una captación de datos cada 24 horas. Se instaló el equipo en P.D.P de 220 V y 460 V, siendo este el ramal principal para el área de CDI. El 12 de enero del 2015 desde las 9:00 am hasta las 16:00 pm del día 31 de enero del 2015 se realizaron las mediciones de parámetros eléctricos del panel de 220 V a analizar. El 28 de enero del 2015 desde las 15:00 pm hasta las 16:00 pm del día 6 de febrero del 2015 se realizaron las mediciones de parámetros eléctricos en el panel de 460 V a analizar. El 6 de febrero del 2015 desde las 17:00 pm hasta el 19 de marzo a las 11:00 am del 2015 se realizaron las mediciones de parámetros eléctricos en P.D.P.U 400 kVA de 460 V.

### **2.4 RESUMEN DE LOS FENÓMENOS ELÉTRICOS QUE VISUALIZA EL KYORITSU**

La Tabla 2 muestra los fenómenos eléctricos que puede visualizar el analizador de calidad de energía eléctrica.

**Tabla 2 Fenómenos Eléctricos Visualizados por el KYORITSU**

Calidad del suministro	Forma de onda	Causas	Efectos adversos
Armónicos		Los circuitos inversores y con tiristores. Estos circuitos afectan a la intensidad y pueden causar armónicos.	Quema de condensadores, zumbidos en transformadores, temblores en pantallas o ruido en altavoces.
Swell		Cuando los interruptores de las líneas de alimentación se encienden, se producen corrientes de irrupción y la tensión aumenta instantáneamente.	Apagado de dispositivos o robots, reset de PCs o máquinas de negocio.
Dip		Cuando se activan cargas provenientes de un motor, se produce una corriente de irrupción, disminuyendo la intensidad.	
Int		La alimentación se interrumpe por un segundo debido al impacto de rayos.	
Transitorio, Sobretensión (impulso)		Fallo de contacto en un diferencial, imán o relé	Daño en la fuente de alimentación, debido a una fluctuación drástica de tensión.
Corriente de Irrupción.		Cuando se enciende dispositivos como un motor, lámpara, suele aparecer una gran intensidad instantánea	Influencia en, fusibles, circuitos de rectificado y fluctuaciones en la tensión de suministro
Relación de Desequilibrio.		Gran carga en una fase específica debido a fluctuaciones de carga en la línea del suministro.	Influencia en tensión, intensidad y funcionamiento de motores.

## **CAPÍTULO 3**

### **3 ASPECTOS LEGALES**

En la elaboración del presente trabajo de investigación fue necesario conocer los aspectos legales, que justifican la ejecución del mismo. La Constitución Política del Ecuador, en varios de sus artículos hace referencia a la calidad de la energía eléctrica y también a los deberes y derechos tanto de las empresas eléctricas como de sus clientes.

#### **3.1 CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL ECUADOR**

Es necesario citar lo que indica el capítulo tercero en la sección novena donde trata acerca de las personas usuarias y consumidoras.

Art. 52.- “La ley establecerá los mecanismos de control de calidad y los procedimientos de defensa de las consumidoras y consumidores; y las sanciones por vulneración de estos derechos, la reparación e indemnización por deficiencias, daños o mala calidad de bienes y servicios, y por la interrupción de los servicios públicos que no fuera ocasionada por caso fortuito o fuerza mayor”.

También es menester citar lo que indica el capítulo quinto sobre sectores estratégicos, servicios y empresas públicas.

Art. 314.- El Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento, **energía eléctrica**, telecomunicaciones, vialidad, infraestructuras portuarias y aeroportuarias, y los demás que determinan la ley.

El Estado garantizará que los servicios públicos y su provisión respondan a los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad. El Estado dispondrá que los precios y tarifas de los servicios públicos sean equitativos, y establecerá su control y regulación.



En conclusión se determinó que, el control de **la calidad de la energía eléctrica, es una obligación tanto de las empresas distribuidoras como de sus abonados**, cumplir con las normas y reglamentos que establece el ente regulador CONELEC. Tanto leyes como reglamentos, regulaciones deben modificarse, actualizarse y alinearse a la nueva constitución sin embargo se debe acoger a la normativa que por el momento está vigente.

### **3.2 LEY DE RÉGIMEN DEL SECTOR ELÉCTRICO**

Contiene las normas relacionadas con la estructura del sector eléctrico, su funcionamiento es relacionado con Generación, Distribución, Mercado Eléctrico Mayorista, Transmisión, Ambiental, Grandes Consumidores, Transacciones Internacionales, Tarifas. Esta ley está vigente desde el 10 de octubre de 1996, además fue reformada mediante Ley No. 2006-55 publicada en el Registro Oficial No. 364 de 26 de septiembre de 2006. Se incluyen las disposiciones generales y transitorias que no forman parte de la Ley del Régimen del Sector Eléctrico (LRSE). Se agregan las disposiciones transitorias séptima y octava.

### **3.3 REGLAMENTO SUSTITUTIVO DE LA LEY DEL RÉGIMEN DEL SECTOR ELÉCTRICO**

Este reglamento fue emitido mediante Decreto Ejecutivo No. 2066 de 14 de noviembre de 2006, S. R. O. No. 401 de 21 de noviembre de 2006, en el periodo presidencial del Dr. Alfredo Palacios González, donde señala:

Art. 1.- OBJETIVO.- El objetivo de este reglamento es establecer normas y procedimientos generales para la aplicación de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, en la actividad de generación y en la prestación de los servicios públicos de transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica, necesarios para satisfacer la demanda nacional, mediante el aprovechamiento óptimo de los recursos naturales.

Art. 12.- CRITERIOS.- El Plan Maestro de Electrificación será elaborado por el CONELEC tomando en consideración los aspectos siguientes:

- a) La política nacional del sector eléctrico formulada por el Presidente de la República a través del Ministerio de Energía y Minas;

- b) La proyección de la demanda de energía eléctrica;
- c) El inventario de recursos energéticos y de proyectos para la producción de energía eléctrica;
- d) Los proyectos a ser ejecutados por la iniciativa privada;
- e) La reserva técnica recomendable para garantizar el suministro a nivel nacional;
- f) La incorporación efectiva de nuevas capacidades de generación;
- g) Las instalaciones de transporte y distribución acorde con la previsión de la demanda y el emplazamiento de las centrales de generación;
- h) Las acciones necesarias para promover la calidad en los servicios ofrecidos y consolidar la protección y conservación del ambiente.
- i) La adopción de políticas específicas para el uso racional de la energía eléctrica, con el fin de optimizar la eficaz utilización de la energía y la disminución de las pérdidas en todas las fases.

## **CAPÍTULO 4**

### **4 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

#### **4.1 CONCEPTO DE CALIDAD DE ENERGÍA**

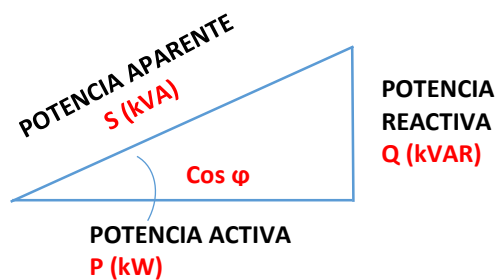
La definición de la calidad de la energía es muy amplia. Pero se puede definir como la ausencia de interrupciones, sobretensiones, deformaciones producidas por armónicas en la red y variaciones de voltaje suministrado al usuario. Además le concierne la estabilidad de voltaje, la frecuencia y la continuidad del servicio eléctrico. Actualmente la calidad de la energía es el resultado de una atención continua. En años recientes, esta atención ha sido de mayor importancia debido al incremento del número de cargas sensibles en los sistemas eléctricos, las cuales, por sí solas resultan ser una causa de degradación en la calidad de la energía eléctrica.

Una mala calidad de energía eléctrica causa problemas como los que se citan a continuación:

- a) Operación incorrecta de controles remotos.
- b) Sobrecalentamiento de cables.
- c) Incremento de las pérdidas reactivas de los transformadores y motores.
- d) Errores en medición.
- e) Operación incorrecta de sistemas de protección e informáticos.

#### **4.1.1 FACTOR DE POTENCIA Y TRIÁNGULO DE POTENCIA**

El llamado triángulo de potencias es la mejor forma de ver y comprender de forma gráfica qué es el factor de potencia o coseno de "fi" ( $\cos \Phi$ ) y su estrecha relación con los restantes tipos de potencia presentes en un circuito eléctrico de corriente alterna.



**Figura 4.1 Triángulo de Potencia**

Se puede observar que en el triángulo de la figura 4.1, el factor de potencia o coseno de “fi” ( $\text{Cos } \varphi$ ) representa el valor del ángulo que se forma al representar gráficamente la potencia activa (P) y la potencia aparente (S), es decir, la relación existente entre la potencia real de trabajo y la potencia total consumida por la carga o el consumidor conectado a un circuito eléctrico de corriente alterna. Esta relación se puede representar también, de forma matemática, por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Cos } \varphi = \frac{P}{S} \quad (4.1)$$

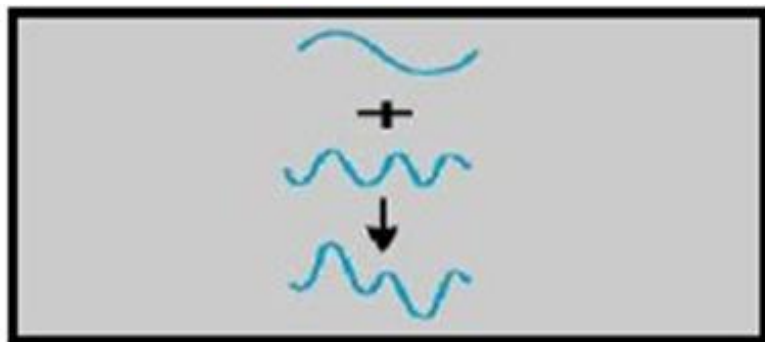
El resultado de esta operación será “1” o un número fraccionario menor que “1” en dependencia del factor de

potencia que le corresponde a cada equipo o dispositivo en específico, según contenga un circuito inductivo, resistivo, o una combinación de ambos. Ese número responde al valor de la función trigonométrica “coseno”, equivalente a los grados del ángulo que se forma entre las potencias (P) y (S).

Si el número que se obtiene como resultado de la operación matemática es un decimal menor que “1” (como por ejemplo 0,95), dicho número representará el factor de potencia correspondiente al desfase en grados existente entre la intensidad de la corriente eléctrica y la tensión o voltaje en el circuito de corriente alterna. Lo ideal sería que el resultado fuera siempre igual a “1”, pues así habría una mejor optimización y aprovechamiento del consumo de energía eléctrica, es decir, habría menos pérdida de energía no aprovechada y una mayor eficiencia de trabajo en los generadores que producen esa energía.

#### 4.1.2 DISTORSIÓN ARMÓNICA (THD)

El concepto de armónicas proviene del teorema de Fourier y define que, bajo ciertas condiciones analíticas, una función periódica cualquiera puede considerarse integrada por una suma de funciones senoidales, incluyendo un término constante en caso de asimetría respecto al eje de las abscisas, siendo la primera armónica, denominada también señal fundamental, del mismo período y frecuencia que la función original y el resto serán funciones senoidales cuyas frecuencias son múltiplos de la fundamental. Estas componentes son denominadas armónicas de la función periódica original.



**Figura 4.2 Alteración en la Onda Senoidal**



Entonces de forma general las armónicas son señales de tensión o corriente con una frecuencia que es múltiplo entero de la fundamental; las armónicas se suman a la señal fundamental y la distorsionan, generando con ello lo que comúnmente se conoce como distorsión armónica y se lo representa gráficamente en la figura 4.2.

- **Principales Evaluaciones de las Medidas**

Distorsión Individual:

$$I_n(\%) = \frac{I_n}{I_1} * 100 \quad (4.2)$$

$$V_n(\%) = \frac{V_n}{V_1} * 100 \quad (4.3)$$

Donde:

$I_n$ : Distorsión Armónica individual de corriente

$n$ : Orden de armónica

$I_1$ : Frecuencia fundamental de corriente

$V_n$ : Distorsión Armónica individual de voltaje

$V_1$ : Frecuencia fundamental de voltaje

Tasa de Distorsión Armónica:

$$THD_I(\%) = \frac{\sqrt{\sum_2^n I_n^2}}{I_1} * 100 \quad (4.4)$$

$$THD_V(\%) = \frac{\sqrt{\sum_2^n V_n^2}}{V_1} * 100 \quad (4.5)$$

Donde:

$THD_I$ : Distorsión Armónica total de corriente

$n$ : Orden de armónica

$I_1$ : Frecuencia fundamental de corriente

$THD_V$ : Distorsión Armónica total de voltaje

$V_1$ : Frecuencia fundamental de voltaje

**Distorsión de demanda total (TDD):**

Relación entre la corriente y la demanda máxima de la corriente de carga.

$$TDD = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_L} * 100 \quad (4.6)$$

Donde:

$I_n$  = Magnitud de la armónica individual de corriente

$n$  = Orden armónico impar

$I_L$  = Demanda máxima de la corriente fundamental de carga, que se calcula como el resultado promedio máximo mensual de demanda de corriente de los 12 últimos meses o puede estimarse.

Cuando se efectúan mediciones relacionadas con armónicas en los sistemas eléctricos, **es común encontrar niveles de THD altos en condiciones de baja carga que no afectan la operación de los equipos ya que la energía distorsionante que fluye también es baja.** Para evaluar adecuadamente estas condiciones se define el TDD que es el parámetro de referencia que establece los límites aceptables de distorsión en corriente en la norma IEEE 519. Las ecuaciones mostradas serán utilizadas para determinar o no la existencia excesiva de armónicos en la red eléctrica estudiada una vez que se haya determinado previamente la existencia de armónicos

de corrientes con valores mayores al 20% mediante la ecuación (4.6).

La presencia de armónicas no significa que necesariamente existirán problemas en los elementos del sistema eléctrico, ya que las armónicas son una característica inherente de la operación de gran cantidad de equipos, algunos son capaces de operar correctamente y otros tantos fallarán o presentarán errores de operación. En todo sistema eléctrico industrial existen dos tipos de cargas, se clasifican en cargas lineales y cargas no lineales; las cargas no lineales producen corrientes armónicas y las más comunes son:

- Controles electrónicos de velocidad para motores de CD y CA.
- UPS's y PC's
- Transformadores de núcleos saturados.
- Alumbrado Fluorescente.

- En general, todos los equipos con dispositivos electrónicos.

Estas cargas requieren de una corriente no senoidal y por lo tanto causan una distorsión periódica de la señal de corriente y tensión. Para el caso de rectificadores se producen armónicas del siguiente orden:

$$n = (k * p) \pm 1 \quad (4.7)$$

Donde:

n: Es el orden de la armónica.

p: Número de pulsos del rectificador.

k: Un número entero.

- **EQUIPOS PARA REDUCIR NIVELES ALTOS DE DISTORSIÓN ARMÓNICA (THD)**

En los sistemas eléctricos donde el contenido armónico de las señales está afectando su desempeño, se instalan filtros, con el propósito de reducir la distorsión, aproximando dichas señales a la forma de onda senoidal. Los filtros son equipos cuyo propósito es interactuar con una frecuencia específica o un rango de frecuencias de una señal dada, teniendo el mayor impacto cuando se instalan el más cercano posible a las cargas no lineales.

- **EFFECTOS ASOCIADOS A LA REDUCCIÓN DE ARMÓNICOS.**

Al reducir los armónicos se tiene los siguientes beneficios:

- Elevación del factor de potencia
- Reducción de las pérdidas producidas por efecto Joule

- Prolongación de la vida del equipo electrónico
- Reducción de sobrecalentamiento en el cableado
- Reducción de pérdidas en transformadores
- Incremento en la eficiencia y prolongación de la vida de motores.

Si en el sistema existen corrientes armónicas de tercer, quinto y séptimo orden, se deberá utilizar un filtro activo de potencia (FAP) que son los ideales para la eliminación de armónicos de diferentes rangos.

Los filtros activos de potencia inyectan corriente armónica para cancelar la corriente armónica en el sistema de distribución de energía eléctrica. Así se reduce el nivel de armónicos, son fáciles de estimar, instalar, configurar y operar. La Tabla 3 muestra las aplicaciones que tiene el uso de filtros activos de potencia.

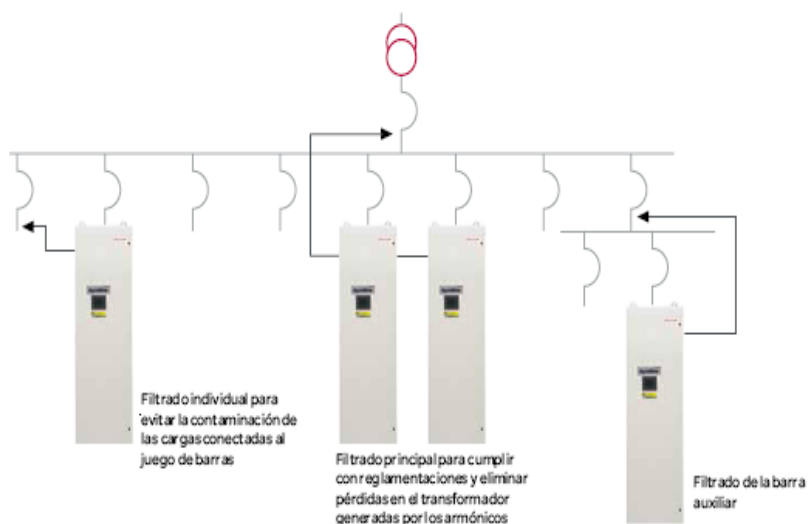
**Tabla 3 Aplicaciones típicas donde se usan filtros armónicos**

APLICACIONES	REQUERIMIENTOS	BENEFICIOS
Plantas de tratamiento de aguas residuales, fábricas textiles, fábricas de papel, instalaciones de productos farmacéuticos, acerías, plataformas petrolíferas, buques de navegación marítima, industria de extrusión, industria de artes gráficas, industria de plásticos.	Distorsión de voltaje <ul style="list-style-type: none"> <li>• THD (V)&lt;5%</li> <li>• TDD adecuado para garantizar la operación de los equipos sin riesgo de daños e interferencias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduce el contenido de armónicos para satisfacer las normas.</li> <li>• Elimina los efectos de los armónicos en los equipos.</li> <li>• Aumenta la capacidad del sistema al mejorar el factor de potencia total.</li> <li>• Ahorro de energía inmediato.</li> </ul>
Las fundiciones, hornos de inducción, unidades DC y grúas.	Rápida compensación de potencia reactiva en entornos ricos en armónicos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compensa en tiempo real el contenido armónico muy fluctuante.</li> <li>• Suministro en tiempo real de potencia reactiva para mejorar la regulación de voltaje del sistema.</li> </ul>
Centros de datos, hospitales y fabricantes de microelectrónica.	Requisitos críticos en tiempo que incorporan sistemas de seguridad de energía con generadores, UPS.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción de armónicos.</li> <li>• Corrige el factor de potencia principal cuando se utilizan UPS</li> </ul>
Soldadores, motores de inducción lineal, rayos X, máquinas de resonancia magnética y tomógrafos, industria automotriz.	Compensación ultra rápida de VAR.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compensación VAR ultra rápida para asegurar la estabilidad del nivel de voltaje para el proceso.</li> <li>• Elimina el parpadeo.</li> <li>• Reduce el tiempo de diagnóstico de las máquinas.</li> <li>• Mejora la vida útil de los equipos.</li> </ul>



- **GUIA DE APLICACIÓN PARA FILTROS ACTIVOS**

Puede ser colocado en varios puntos dentro de la red de distribución eléctrica. Varias unidades (hasta 10) se pueden conectar en paralelo para proporcionar una compensación más elevada de corriente y satisfacer los niveles de TDD definidos en el estándar IEEE519-1992.

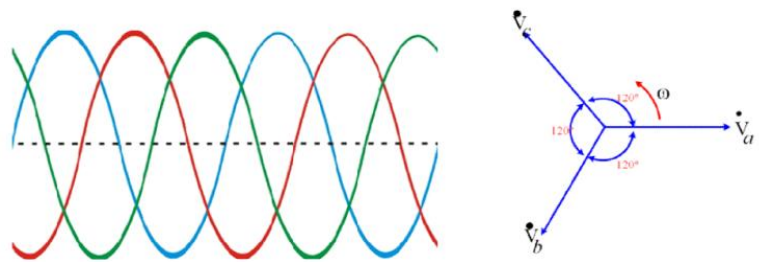


**Figura 4.3 Lugares Recomendables a Instalar Filtros Activos**

### 4.1.3 DESEQUILIBRIO DE TENSIONES

Es definido como la razón entre la componente de secuencia negativa y la componente de secuencia positiva. La tensión de secuencia negativa en los sistemas de potencia es el resultado del desequilibrio de carga lo cual causa un flujo de corriente de secuencia negativa. Un desequilibrio de tensión puede ser estimado como el máximo desvío de la media de las tensiones de las tres fases, dividido por la media de las tensiones, expresado en forma de porcentaje. La principal fuente de desequilibrio de tensión es la conexión de cargas monofásicas en circuitos trifásicos; anomalías en bancos de capacitores. En la figura 4.4 se muestran las tensiones trifásicas y los fasores correspondientes. En los sistemas eléctricos convencionales las tensiones trifásicas cumplen con las siguientes características:

- Son de igual magnitud.
- Son de igual frecuencia, 60 Hz para nuestro sistema.
- Las fases se hallan desfasadas  $120^\circ$  una de la otra.



**Figura 4.4 Tensiones Trifásicas y Fasores**

EL desequilibrio en un sistema eléctrico trifásico en condiciones donde las tres fases presentan diferentes valores de tensión en módulo y desfase angular entre fases diferentes de 120 grados eléctricos. Un sistema trifásico ideal, libre de desequilibrios, considerando a fase A como referencia en secuencia de fases positiva, es dado por:

$$V_a = 1.0 \angle 0$$

$$V_b = 1.0 \angle 120$$

$$V_c = 1.0 \angle -120$$

Las fuentes de desequilibrios son las siguientes:

- Sistemas monofásicos
- Hornos Monofásicos
- Hornos de inducción
- Hornos trifásicos de arco
- Máquinas de soldadura eléctrica
- Aparatos de Rayos x
- Fajas de transporte en áreas remotas.
- Anomalías en el sistema eléctrico tales como: abertura de un conductor, corto-circuito, falla en el aislamiento de los equipos.
- Líneas aéreas asimétricas en su transposición.
- Corrientes de magnetización de transformadores trifásicos, debido a las características magnéticas propias de su construcción.

- **Consecuencias de los Desequilibrios**

Los equipamientos trifásicos operando con tensiones desbalanceadas, generalmente funcionan en forma inadecuada, pudiendo sufrir daños y reducción de su vida útil. Un desequilibrio de 2% en las tensiones hará que las corrientes tengan un desbalance de 17%, provocando una elevación de temperatura de 65°C (cuando normalmente es de 40° C). Los más afectados en este caso son los motores eléctricos, que en su operación dinámica presentan las siguientes anomalías:

- Surgimiento de corriente de secuencia negativa.
- Aparecen torques electromagnéticos contrarios al principal, que producen el frenado del motor.
- Aumento de las pérdidas internas.
- Elevación de temperatura.
- Reducción de la vida útil.

#### 4.1.4 TRANSITORIOS Y SU CLASIFICACIÓN

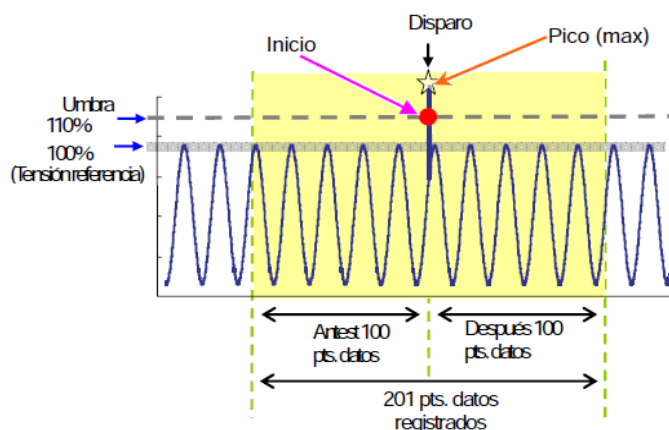
Un disturbio que ocurre en la forma de onda de corriente alterna con una duración inferior a medio ciclo y que es evidente por la abrupta discontinuidad que presenta. Puede ser de cualquier polaridad y puede ser aditiva o substractiva a la onda nominal. Los transitorios eléctricos más severos son los ocasionados por las descargas atmosféricas, estas pueden dañar el aislamiento de transformadores, motores, capacitores, cables y ocasionar fallas en líneas de transmisión. Los transitorios eléctricos ocasionados por maniobras con interruptores se deben a que los sistemas deben pasar de un estado a otro (ON/OFF). Un ejemplo de maniobras con interruptores que dan lugar a sobre voltajes transitorios es la conexión de capacitores, conmutación en tableros de transferencia, la energización de transformadores y conmutación de motores; la desconexión de cargas inductivas también da lugar a sobre voltajes transitorios.

- **Descargas Atmosféricas.** Las descargas atmosféricas pueden causar grandes diferencias de potencial en

sistemas eléctricos distribuidos fuera de edificios o de estructuras protegidas. A consecuencia de ello, pueden circular grandes corrientes en las canalizaciones metálicas, y entre conductores que conectan dos zonas aisladas.

- **Sobretensiones por Conmutación.** Las maniobras de conexión/desconexión de sistemas de energía, tales como la carga/descarga de condensadores. También puede ser el resultado de acontecimientos intencionales, tales como fallas del sistema eléctrico. Estos fenómenos causarían daños en sistemas eléctricos/electrónicos, sistemas de comunicaciones, de datos, etc.

Otra fuente que podría ocasionar disturbios en la carga es una falla en la puesta a tierra, radiación electromagnética (EMI), o diferencias de potencial a tierra. La figura 4.5 muestra la los disturbios en la red.



**Figura 4.5 Disturbio de la Red por presencia de Transientes**

La ubicación de los supresores están basados acorde a la norma IEEE 1100-2005, los orígenes de disturbios son clasificados en dos contextos: fuentes de disturbios externos e internos hacia el sistema de potencia.

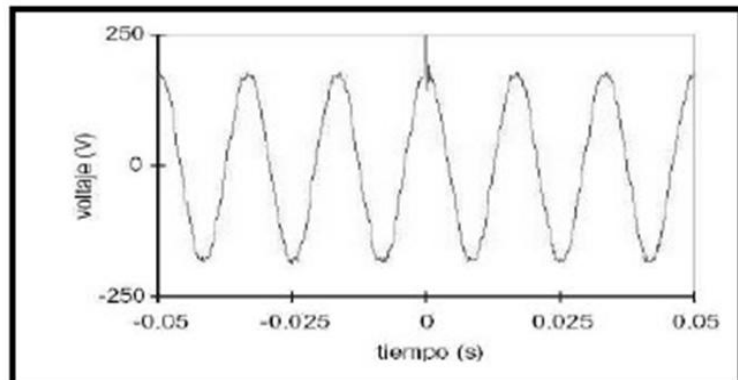
Acorde a la norma IEEE C62.72 los sobre voltajes transitorios pueden originarse por descargas atmosféricas (Lightning surges) o por maniobras de conexión o desconexión (Switching surges norma IEEE 1100/2005).



En el estudio de los fenómenos eléctricos que tienen que ver con calidad de la energía eléctrica y específicamente con transitorios se mencionan varios tipos en donde se los clasifica según su forma y duración:

- **Transitorio Impulsivo**

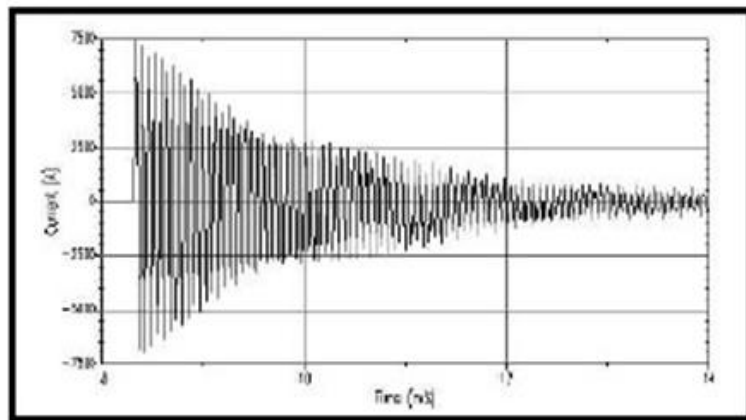
Un transitorio impulsivo no provoca alteraciones en las condiciones de estado estable de tensión o corriente, su polaridad es unidireccional, esto es, positivo o negativo como se muestra en la figura 4.6. Debido a la falta de frecuencia un transitorio impulsivo es atenuado rápidamente al recorrer la resistencia presente de los componentes del sistema y no se propagan muy lejos del lugar donde fueron generados. Son considerados transitorios de origen atmosféricos y son también llamados impulsos atmosféricos. Como principal efecto de este disturbio puede causar una **falla inmediata en el aislamiento de los equipos y fuentes electrónicas.**



**Figura 4.6 Curva de Espectro Transitorio Impulsivo**

- **Transitorio Oscilatorio**

Un transitorio oscilatorio consiste de variaciones de tensión y corriente cuyos valores instantáneos cambian de polaridad rápidamente. Normalmente son resultado de modificaciones de la configuración de un sistema como por ejemplo, maniobras en líneas de transmisión, enclavamiento de bancos de capacitores. Como el transitorio impulsivo el transitorio oscilatorio puede causar la quema o daño en los equipos electrónicos. La figura 4.7 muestra el espectro de transitorio oscilatorio.



**Figura 4.7 Curva de Espectro Transitorio Oscilatorio**

- **Variaciones de Corta Duración**

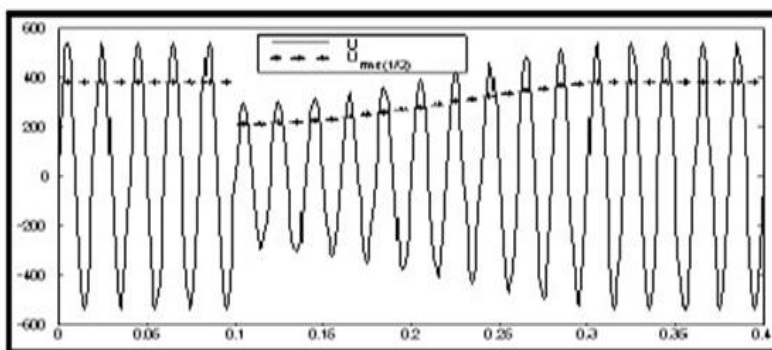
Las variaciones de tensión generalmente se originan por las fallas de un sistema eléctrico y energización de grandes bloques de carga. Dependiendo de la localización de la falla y de las condiciones de operación del sistema, la falla puede ocasionar depresión de tensión (Sag) o una interrupción.

- **Interrupción**

Una interrupción se caracteriza por ser un decremento de la tensión de alimentación a un valor menor que 0,1 [p.u] por un período de tiempo de 0,5 ciclos a un minuto. Una interrupción puede ser resultado de fallas en el sistema eléctrico, fallas de los equipos o mal funcionamiento de los sistemas de control. La duración de la interrupción debido a fallas en el sistema está determinada por los eventos que generan la falla.

- **Depresión de Tensión (SAG)**

Los huecos de tensión son breves caídas de tensión que aparecen en los sistemas de potencia de forma ocasional. Su duración comprende desde  $\frac{1}{2}$  ciclo a 10 segundos como se observa en la figura 4.8. Su profundidad va desde el 10% y el 100% de la tensión nominal. A partir del 90% se denomina micro-corte, según algunas nomenclaturas. La siguiente figura ilustra la forma típica de un hueco en un sistema trifásico.



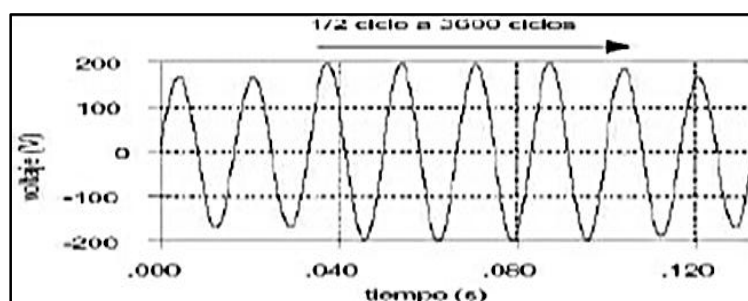
**Figura 4.8 Curva de Espectro SAG**

Las causas más frecuentes de huecos y micro cortes son, por un lado los fallos (cortocircuitos, averías en general) producidos en puntos del sistema de potencia en su fase de transporte y distribución, por otro lado, la conexión repentina de grandes cargas a la línea. También pueden ser producidos por un cableado o conexiones defectuosas dentro de la instalación.

- **Incremento de Tensión (SWELL)**

Es caracterizado por el incremento del valor eficaz de la tensión en el orden de 1,1 a 1,8 [p.u.] con una duración entre 0,5 a 1 minuto como se muestra en la figura 4.9. El

salto de tensión es generalmente asociado a condiciones de falla desequilibrada en el sistema, salida de grandes bloques de carga y entrada de bancos de capacitores. El salto de tensión puede causar degradación y falla inmediata del aislamiento de los equipos y fuentes electrónicas, quema de varistores y de diodos zener.



**Figura 4.9 Curva de Espectro de SWELL**

- **Variaciones de Larga Duración**

Engloban variaciones del valor eficaz de la tensión durante un tiempo superior a 1 minuto, por lo tanto son consideradas como disturbios de régimen permanente.

- **Interrupción Sostenida**

Se considera una interrupción sostenida a la reducción de la tensión de alimentación al valor de cero por un tiempo superior a un minuto. Son de naturaleza permanente y requieren intervención manual para restablecimiento de la energía eléctrica del sistema.

- **Subtensión**

Son definidas como una reducción del valor eficaz de la tensión de 0,8 a 0,9 [p.u.] por un período superior a 1 minuto. La entrada de carga o salida de bancos de capacitores pueden provocar subtensiones, esto hace que los equipos de regulación de tensión del sistema actúen y retornen la tensión a sus límites normales. Las subtensiones causan pérdidas en los motores de inducción, parada de la operación de dispositivos electrónicos y mal funcionamiento de los sistemas de mando de motores.

- **Sobretensión**

Son caracterizadas por el aumento del valor eficaz de la tensión de 1,1 a 1,2 [p.u.] durante un tiempo superior a 1 minuto. Las sobretensiones pueden tener origen en la salida de grandes bloques de carga, entrada de bancos de capacitores y ajuste incorrecto de los taps de los transformadores.

- **Equipos para mitigar Transientes de Voltaje.**

Los equipos que principalmente se usan para suprimir en lo posible la presencia de transientes en la red eléctrica son los *supresores de pico*. En el mercado existen una gama amplia de supresores de transientes (TVSS o SPD), diseñados para proteger desde un equipo independiente, un segmento de red, hasta la red eléctrica de una industria por completo.

Los supresores son dispositivos de impedancia variable, que se activan bajo ciertos niveles de tensión, disminuyen la



impedancia y se rigen a la ley de ohm, absorben los eventos transitorios de alta frecuencia.

Con el propósito de descargar la energía sustraída del circuito durante el tiempo de duración del transitorio. La única función de un supresor de transitorios es proteger el equipo electrónico sensible contra sobretensiones transitorias que están presentes en los circuitos de potencia de corriente alterna. No importa si dichas sobretensiones sean generadas por la actividad atmosférica o si son inducidas sobre las líneas de potencia por la conmutación de la red eléctrica, las acciones de corrección del factor de potencia, los ciclos de potencia de cargas inductivas, o por otras fuentes.

## **CAPÍTULO 5**

### **5 CALIDAD DEL PRODUCTO**

La calidad del producto en el sector eléctrico se refiere a un nivel satisfactorio de la prestación de este servicio para con los consumidores. Para obtener un nivel satisfactorio en la calidad de energía eléctrica se establecen normas y regulaciones como las correspondientes a la IEEE y CONELEC No. 004/01.

#### **5.1 NORMAS ESTÁNDARES**

En el Ecuador la norma que está relacionada a éste tema es el Reglamento del **CONELEC No. 004/01**. “Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución” la cual se refiere a las disposiciones legales establecidas en la Ley de Régimen del Sector Eléctrico y sus reformas; mostrando los límites de distorsiones de la calidad del

suministro eléctrico que la empresa eléctrica debe proveer a los consumidores.

### 5.1.1 NIVEL DE VOLTAJE

$$\Delta V_k(\%) = \frac{V_k - V_n}{V_n} * 100 \quad (5.1)$$

Dónde:

$\Delta V_k$ : Variación de voltaje, en el punto de medición, en el intervalo k de 10 minutos.

$V_k$ : Voltaje eficaz (rms) medido en cada intervalo de medición k de 10 minutos.

$V_n$ : Voltaje nominal en el punto de medición.

La calidad de voltaje se determina como las variaciones de los valores eficaces (rms) medidos cada 10 minutos, con relación al voltaje nominal en los diferentes niveles.

- **Límites de Niveles de Voltaje**

El Distribuidor incumple el nivel de voltaje en el punto de medición respectivo, cuando un 5% o más del período de medición en 7 días continuos, el servicio lo suministra incumpliendo los límites de voltaje. Las variaciones de voltaje admitidas con respecto al valor del voltaje nominal se señalan a continuación en la Tabla 4.

**Tabla 4 Variaciones de Voltajes Admitidos [11]**

	Subetapa 1	Subetapa 2
Alto Voltaje	± 7,0 %	± 5,0 %
Medio Voltaje	± 10,0 %	± 8,0 %
Bajo Voltaje. Urbanas	± 10,0 %	± 8,0 %
Bajo Voltaje. Rurales	± 13,0 %	± 10,0 %

### 5.1.2 FACTOR DE POTENCIA

Para efectos de la evaluación de la calidad, en cuanto al factor de potencia, si en el 5% o más del período evaluado el valor del factor de potencia es inferior a los límites, el consumidor está incumpliendo con el índice de calidad. Adicionalmente a

las disposiciones que constan en el artículo 12 del Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad, el Distribuidor efectuará registros del factor de potencia en cada mes, en el 2% del número de Consumidores servidos en AV y MV. Las mediciones se harán mediante registros en períodos de 10 minutos, con régimen de funcionamiento y cargas normales, por un tiempo no menor a siete (7) días continuos.

- **Límites de Factor de Potencia**

El valor mínimo es de 0,92.

### 5.1.3 ARMÓNICOS

Índices de calidad:

$$V_i' = \frac{V_i}{V_n} * 100 \quad (5.2)$$

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{40} V_i^2}}{V_n} * 100 \quad (5.3)$$

Donde:

$V_i'$ : Factor de distorsión armónica individual de voltaje.

$THD$ : Factor de distorsión total por armónicos, expresado en porcentaje

$V_i$ : Valor eficaz (rms) del voltaje armónico "i" (para  $i = 2...40$ ) expresado en voltios.

$V_n$ : Voltaje nominal del punto de medición expresado en voltios.

- **Límites de Armónicos**

Los valores eficaces (rms) de los voltajes armónicos individuales ( $V_i'$ ) y los THD, expresados como porcentaje del voltaje nominal del punto de medición respectivo, no deben superar los valores límite ( $V_i'$  y  $THD'$ ) señalados a continuación en la Tabla 5.

**Tabla 5 Regulación del CONELEC 004/01 para Armónicos**

ORDEN (n) DE LA ARMONICA Y THD	TOLERANCIA $ V_i' $ o $ THD' $ (% respecto al voltaje nominal del punto de medición)	
	V > 40 kV (otros puntos)	V ≤ 40 kV (trafos de distribución)
<b>Impares no múltiplos de 3</b>		
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
> 25	$0.1 + 0.6*25/n$	$0.2 + 1.3*25/n$
<b>Impares múltiplos de tres</b>		
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
<b>Pares</b>		
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 a 12	0.2	0.5
<b>THD</b>	<b>3</b>	<b>8</b>

- **Límites de Distorsión Armónica en Voltaje (IEEE 519 - 1992) [10].**

Según lo que describe la norma IEEE 519-1992, el suministrador es responsable de mantener la calidad del voltaje en el sistema global, especificándose los límites para diferentes niveles de tensión. Los objetivos de los límites de corriente son para limitar el voltaje de frecuencia armónica individual máxima a 3% de la fundamental y el voltaje THD a 5% para sistemas que no tengan una resonancia paralela mayor a una de las frecuencias armónicas inyectadas. A continuación se muestra un resumen de los límites de distorsión armónica en voltaje en la Tabla 6, tomando en cuenta los valores de tensión de la acometida.

**Tabla 6 Límites de Distorsión Armónica de Voltaje en % del Voltaje Nominal**

LÍMITES DE DISTORSIÓN ARMÓNICA EN VOLTAJE EN % DEL VOLTAJE NOMINAL		
Niveles De Tensión En La Acometida ( $V_n$ )	Distorsión Armónica Individual	Distorsión Armónica Total THD $V_n$
$V_n \leq 69$ KV	3.0 %	5.0 %
$69$ KV $< V_n \leq 161$ KV	1.5 %	2.5 %
$V_n > 161$ KV	1.0 %	1.5 %



- **Límites de Distorsión Armónica en Corriente (IEEE 519 - 1992)**

La norma IEEE 519-1992 señala que las corrientes armónicas para cada usuario son evaluadas en la acometida y los límites están determinados por el tamaño relativo del sistema en cuestión contra el sistema de que se alimenta y se expresa en base a la relación entre la corriente de cortocircuito y la demanda máxima de corriente de la carga del usuario, como se muestra en la Tabla 7.

**Tabla 7 Límites Máximos Recomendados de Distorsión Armónica en Corriente para Niveles de Tensión Nominal menores a 69kV**

Vn ≤ 69 KV						
I <sub>cc</sub> /I <sub>L</sub>	TDD	h < 11	11 ≤ h < 17	17 ≤ h < 23	23 ≤ h < 35	h ≥ 35
< 20	5.0%	4.0%	2.0%	1.5%	0.6%	0.3%
20 – 50	8.0%	7.0%	3.5%	2.5%	1.0%	0.5%
50 – 100	12.0%	10.0%	4.5%	4.0%	1.5%	0.7%
100 – 1000	15.0%	12.0%	5.5%	5.0%	2.0%	1.0%
> 1000	20.0%	15.0%	7.0%	6.0%	2.5%	1.4%

Límites máximos recomendados de distorsión armónica en corriente para niveles de tensión nominal menores a 69KV: 20%.

Los valores de distorsión armónica por componente y TDD deben ser menor o igual a los indicados en la Tabla 7. Los límites para las armónicas pares son el 25% de los límites para las armónicas impares. Por ejemplo: Si la relación ISC/IL es mayor que 20 y menor que 50 (segunda fila). El límite para las armónicas pares menores a las de orden 11 es de 1.75% (que corresponde al 25% del límite que se indica en la tabla). El límite para las armónicas pares mayores a la de orden 11 y menor o igual a la de orden 16 es de 0.875% (que corresponde a el 25% del límite que se indica en la tabla), etc.

#### **5.1.4 IEEE 1100-2005 “PRÁCTICA RECOMENDADA PARA POTENCIA Y PUESTA A TIERRA DE EQUIPOS ELECTRÓNICOS”**

La norma IEEE 1100- 2005, describe el diseño, instalación y prácticas de mantenimiento para Puestas a Tierra (incluyendo la seguridad y control de ruido) y protección de cargas electrónicas como controladores industriales, computadoras y otros equipos usados en forma comercial y aplicaciones industriales.

La norma IEEE 1100- 2005 hace referencia a equipos de puestas a tierra que es la interconexión y puesta a tierra de elementos no eléctricos y metálicos que son parte de un sistema eléctrico. Establece que la resistencia de la malla del sistema de puesta a tierra debe ser menor o igual a  $1 \Omega$ . Los objetivos de equipos de puesta a tierra son:

- Reducir los riesgos de un contacto eléctrico del personal cercano al sistema eléctrico.
- Proveer una adecuada capacidad de corriente, en magnitud y en duración, para aceptar la corriente de falla a tierra permitida por las protecciones de sobre corriente sin crear un riesgo de explosión o fuego en la construcción o su contenido.
- Para tener una impedancia baja en el camino de retorno de la corriente de falla a tierra y dar lugar a una oportuna operación de las protecciones de sobre corriente en el sistema.

Ciertamente los voltajes inyectados hacia la tierra por los pararrayos, aún dentro de miles de metros, a menos que una adecuada neutralización sea realizada, puede causar un mal funcionamiento y pueden incluso dañar los equipos. Los sistemas y equipos que deben poseer un sistema de puesta a tierra según lo que indica la norma son los siguientes:

- Sistemas de potencia (componentes metálicos y carcasas).
- Equipos electrónicos sensibles (satélites localizados, PLC, microcontroladores, otros)
- Equipos de computación (cajas registradoras, minicomponentes, computadores, otros).

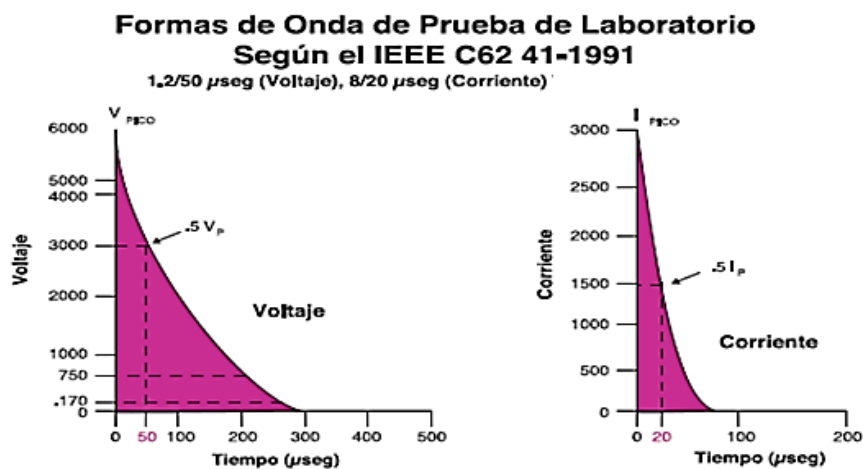
#### **5.1.5 TRANSITORIOS ANSI/IEEE STD C62.41.1™ – 2002**

IEEE Guía en ambiente transitorio en bajo Voltaje (1000 V y menos). La norma IEEE C62.41, indica los componentes y características de los mismos para la elaboración de dispositivos de protección contra transitorios (supresores de

voltaje). Esta guía sugiere varias formas de onda de voltaje y corriente que se pueden utilizar para someter a pruebas a los dispositivos de supresión.

La forma de onda del IEEE utilizada con más frecuencia es la Onda Combinada y está caracterizada por formas de onda de corriente (8-20ms) y voltaje (1.2-50ms) de corta duración y alta frecuencia que típicamente son utilizadas para simular la actividad transitoria inducida por descargas atmosféricas. Los impulsos de prueba de corriente y voltaje de mayor duración, energía, y menor frecuencia (10-1000ms), también detallados dentro de la misma documentación de la norma IEEE C62.41, son recomendados para simular la actividad transitoria distinta a los rayos.

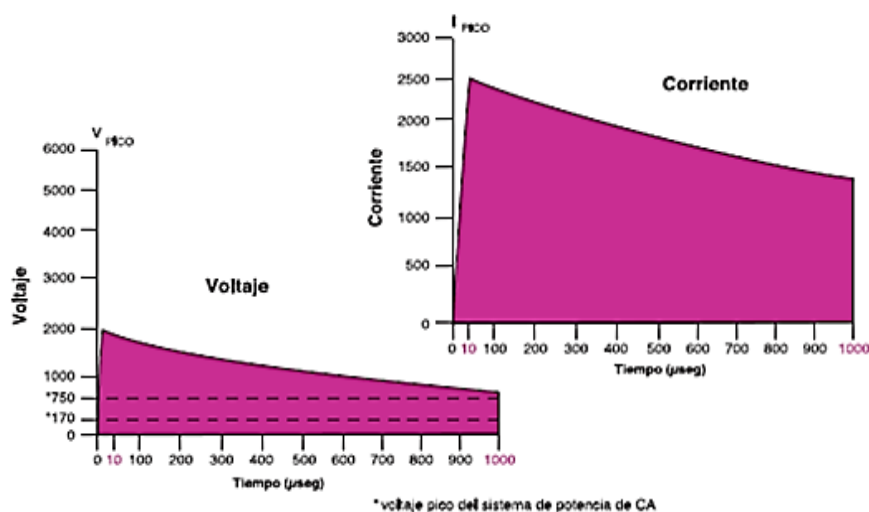
La onda combinada consiste en dos formas de onda de muy corta duración. Estos son impulsos de voltaje en circuito abierto (1.2-50ms) y corriente de cortocircuito (8-20ms) como se muestra en la figura 5.1.



**Figura 5.1 Formas de Onda de Prueba en Laboratorio según IEEE C62 41-1991. [8]**

La actividad transitoria que no es causada por rayos y es la que por lo general fatiga al supresor de transitorios; está caracterizada por formas de onda de frecuencia más baja (hasta 1 kHz) de 10-1000ms como se muestra en la figura 5.2. Estas son las sobretensiones transitorias generadas dentro de la industria debido a la conmutación de red de la central eléctrica, los ciclos de potencia de cargas inductivas, etc. Las formas de onda de laboratorio utilizadas para simular esta actividad transitoria se muestran en la figura 5.2.

**Formas de Onda de Prueba de Laboratorio Según el IEEE C62.41-1991**  
**10/1000  $\mu$ seg Voltaje y Corriente**



**Figura 5.2 Formas de Onda de Prueba en Laboratorio según IEEE C62.41. [8]**

### 5.1.6 EVENTOS EN TENSIÓN DE CORTA DURACIÓN, ANSI/IEEE STD 1159 – 1995. [15]

Variaciones máximas permitidas en baja tensión para eventos transitorios electromagnéticos rápidos y fluctuaciones de tensión: SAG /SWELL / SUBTENSIONES Y SOBRETENSIONES.

Las variaciones de tensión de corta duración, permitidas para redes de baja tensión (menores a 1 kV), pueden ser toleradas por la mayoría de equipos, en periodos inferiores a 1 minuto.

### **5.1.7 INTERRUPCIONES DE TENSIÓN DE LARGA DURACIÓN, ANSI/IEEE STD 1159 – 1995. [14]**

Cuando existen este tipo de eventos, se debe contar su duración y la cantidad de veces que ocurre en periodos determinados y que aparecen en la Factura de Energía.

### **5.1.8 CORRIENTES POR TIERRA, ANSI/IEEE 1100 – 1999. [7]**

Los valores de corrientes circulantes por tierra deben ser CERO según el RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas), o estar por debajo de los valores recomendados en el std IEEE/1100 de 0 a 10 A (r.m.s.).



### 5.1.9 DESBALANCE DE TENSIÓN Y CORRIENTE, ANSI/IEEE STD 446 – 1995. [16]

El valor recomendado para desbalances de tensión en Baja Tensión en sistemas trifásicos es de 2,5 al 5% calculado así:

$$\% DV_T = \frac{3(V_{max} - V_{min})}{V_a + V_b + V_c} * 100 \quad (5.4)$$

El valor recomendado para desbalances de Corriente en Baja Tensión en Sistemas Trifásicos es de 5 al 40% para una fase.

### 5.1.10 DESEQUILIBRIO DE TENSIÓN Y CORRIENTE, IEC 61000-2-1 – IEC 61000-4-27 – NEMA – ANSI C84.1. [19]

El concepto de medición de desequilibrio expresa la relación entre la tensión de secuencia negativa respecto de la positiva. En general se utilizan las tensiones de línea, a modo de eliminar la componente homopolar, ya que influiría en la medición del factor de desbalance.

- El desequilibrio en corriente no debe pasar del 10%.
  
- El desequilibrio en tensión no debe superar el 3%.

$$D(\%) = \frac{I_m - I_{ed}}{I_{ed}} * 100 \quad (5.5)$$

$D$  = Desequilibrio

$I_m$  = Corriente máxima de las tres fases L1, L2, L3

$I_{ed}$  = Intensidad media de las tres fases

#### **5.1.11 TENSIÓN NEUTRO TIERRA, ANSI IEEE 1100 – 1999. [7]**

En algunos sistemas de equipos electrónicos y de comunicaciones en donde se requiere que la señal de tierra utilizada para la electrónica sea lo más cercana a cero, se sugiere un valor máximo de 1 V. En algunos países se sugiere un valor máximo de 0,6 V

## **CAPÍTULO 6**

### **6 ARQUITECTURA DE CONEXIONES DEL ANALIZADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y CONFIGURACIÓN ACTUAL DE LA RED ELÉCTRICA**

A continuación se analiza el tipo de medición empleada a través del equipo de medición kyoritsu 6310, que se instaló en la entrada principal del P.D.P de 220 V, 460 V y UPS de 400 kVA utilizado como respaldo para un panel perteneciente al de 460 V, para verificar cada uno de los problemas presentes en la red eléctrica.

Se obtuvo datos numéricos que fueron almacenados en la memoria externa del dispositivo de medición y luego descargados hacia una PC portátil. Al final se presentara un resumen comparativo de los parámetros eléctricos que merecen la mayor atención.

## 6.1 ESPECIFICACIONES DE PARÁMETROS A MEDIR

Este análisis de calidad de energía está dirigido profundamente a la presencia de eventos transitorios (pico de sobre voltaje), armónicos y puesta a tierra (de acuerdo a la normativa). Sin embargo se muestra un análisis completo que abarca otros parámetros eléctricos de interés. Datos a medir:

- Medición de valor instantáneo.
- Medición con la funciones de Onda.
- Medición de Desequilibrio.
- Mediciones de armónicos.
- Análisis de la calidad del suministro (transitorios).
- Medición de la Resistencia de la Malla de Puesta a Tierra.

### 6.1.1 SETUP DEL ANALIZADOR DE CALIDAD DE ENERGÍA

Se programó los datos básicos de medición tales como la mordaza que se utilizó, el margen de corriente que esta ocupa, la relación de CT y frecuencia del sistema a medir tal como se muestra en la figura 6.1. El margen de voltaje es el que analiza de línea - neutro en el sistema trifásico.

Básico	
Conexionado	②3P4W x1
Margen V	300V
Relación VT	1.00
	1, 2, 3ch
Mordaza	8125
Margen A	100.0A
Relac CT	1.00
Filtro	—
V CC	1ch: 5V 2ch: 5V Frec 50Hz
Detección	

**Figura 6.1 Configuración de Datos Básicos**

Para diferentes intensidades de corrientes existen varios tipos de mordazas para realizar la medición correspondiente, a continuación en la Tabla 8 se muestran los nombres de los modelos con sus respectivas intensidades de corrientes permitidas.

**Tabla 8 Tipos de Mordazas para KYORITSU. [1]**

Mordazas para medición de potencia		Mordazas para medición de fugas	
<b>8128</b>	Tipo 50A	<b>8141</b>	Tipo 1A
<b>8127</b>	Tipo 100A	<b>8142</b>	Tipo 1A
<b>8126</b>	Tipo 200A	<b>8143</b>	Tipo 1A
<b>8125</b>	Tipo 500A	<b>8146</b>	Tipo 10A
<b>8124</b>	Tipo 1000A	<b>8147</b>	Tipo 10A
<b>8129</b>	Tipo 3000A	<b>8148</b>	Tipo 10A

Los ajustes de [Mordaza] y [Margen] estarán activos en las mediciones, pero variarán si cambia la configuración de conexión seleccionada.

En el Panel de 220V se utilizó la mordaza 8125 y por el dimensionamiento de las barras de los Paneles de 460V y UPS de 460V, se utilizó la mordaza 8129.



**Figura 6.2 Configuración de Medidas de Potencia en W**

En la pantalla de mediciones se realizaron las activaciones de los valores instantáneos, media, máximo y mínimo de la potencia medida, en un intervalo de 10 segundos para este caso en particular como se muestra en la figura 6.2, por motivo de mayor captación de datos en el caso de que se presente una anomalía como lo indica la regulación del CONELEC 004/01. Los datos adquiridos se guardan en la memoria CF del analizador, en el sistema de Setup se configuran las horas de inicio de registro y finalización de registro, para luego guardarlas como se puede observar en la figura 6.3.

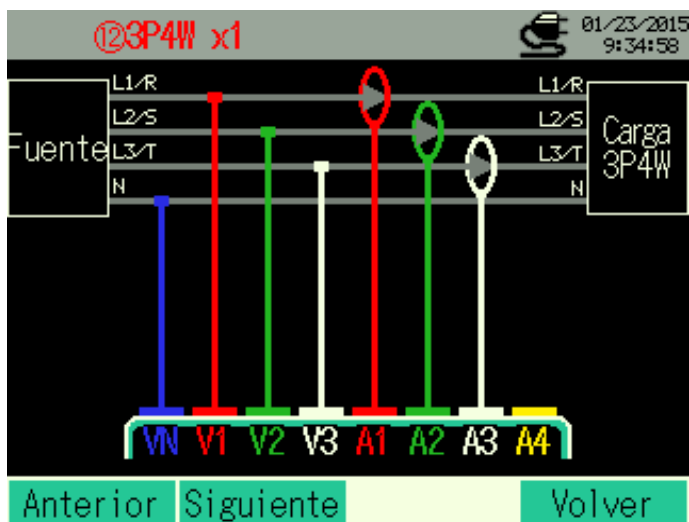


**Figura 6.3 Parámetros a Configurar Opción Guardar**

## **6.2 CONEXIONES DEL KYORITSU 6310 PARA LAS MEDICIONES**

Se instaló el analizador de energía eléctrica en tres diferentes puntos, que fueron los paneles principales para el área CDI del HLV, el primero alimenta al panel de 220 VLL y se observa en la figura 6.5 el diagrama unifilar de este panel eléctrico, el segundo alimenta al panel de 460 VLL y se observa en la figura 6.6 el diagrama unifilar de este panel eléctrico, finalmente a la entrada y salida del UPS de 400 kVA que trabaja a una tensión de 460 V y se observa en la figura 6.7 el diagrama unifilar de este panel eléctrico.





**Figura 6.4 Diagrama de Conexiones utilizado**

En la figura 6.4 se muestra la conexión para las tres mediciones, debido a que la configuración es un sistema trifásico estrella + PEN (neutro y cable de protección combinado).

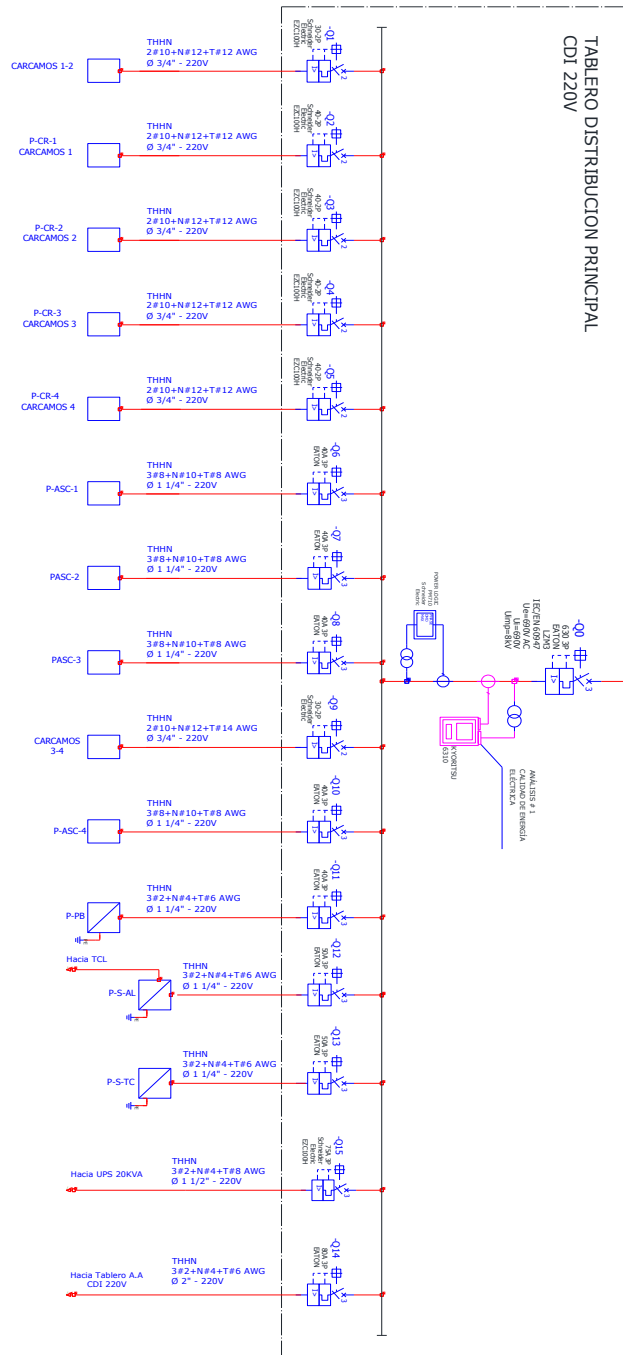
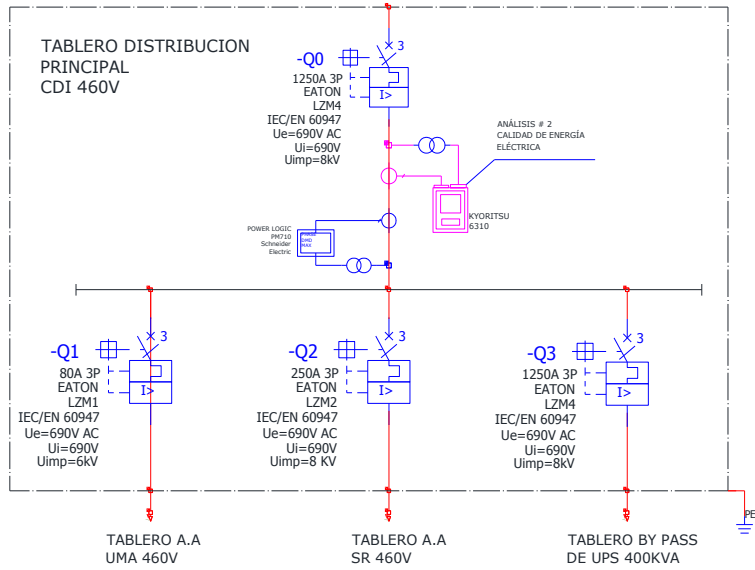
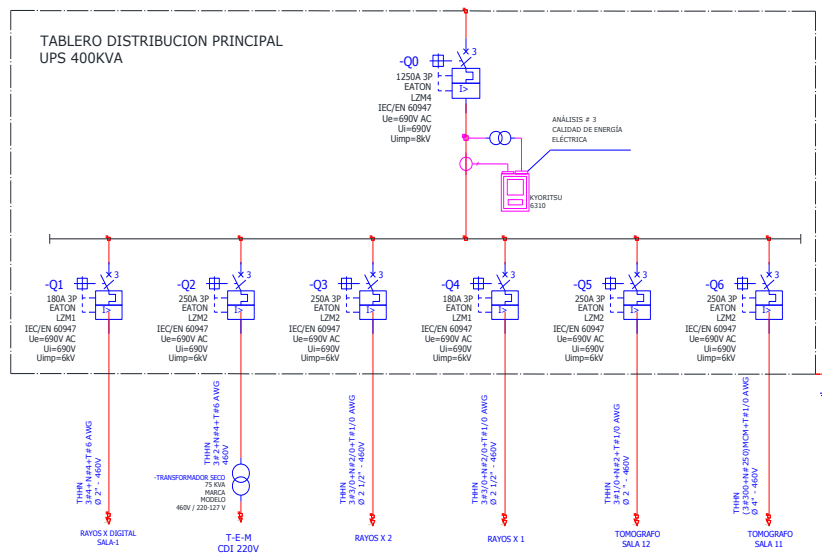


Figura 6.5 Diagrama Unifilar Conexión del KYORITSU en Panel de 220 V



**Figura 6.6 Diagrama Unifilar Conexión del KYORITSU en Panel 460 V**



**Figura 6.7 Diagrama Unifilar Conexión del KYORITSU Panel del UPS 460 V**

### 6.3 SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA ELÉCTRICO

La distribución del sistema eléctrico está diseñado de la siguiente manera: La alimentación de 13.8 kVA llega al bunker, en donde se encuentran dos transformadores, de 1000 kVA conexión  $\Delta$ -Y a 13.8 kV/460-266 V, y 500 kVA conexión  $\Delta$ -Y a 13.8 kV/220-127 V respectivamente los cuales alimentan al edificio de centro de diagnóstico por imágenes del hospital Luis Vernaza.

La alimentación llega a los paneles principales ubicados en el cuarto de distribución en el subterráneo del edificio, estos paneles de distribución son:

- Panel De Distribución Principal 220V
- Panel de Distribución Principal 460V
- UPS 400 kVA
- Panel de Distribución Principal UPS 460V

El panel de distribución de 220 V trifásico + neutro y tierra el cual está alimentando cargas tales como: computadoras, impresoras,

consultorios, ecografía doppler, cardiología, sala prueba de esfuerzo, vestidores, sala de recuperación, administración y alumbrado.

La distribución del panel de 460 V trifásico + neutro y tierra el cual está alimentando cargas tales como: UMAS (Unidades Manejadoras de Aire), Acondicionadores de Aire a 460 V y dos UPS en paralelo cada uno de 400 kVA con voltaje de operación de 460 V. Las cargas respaldadas por los dos UPS de 400 kVA es la siguiente: 3 Salas de Rayos X, 2 Salas de Tomografía de 128 Cortes, Transformador Seco para Mamografía y Ecografía.

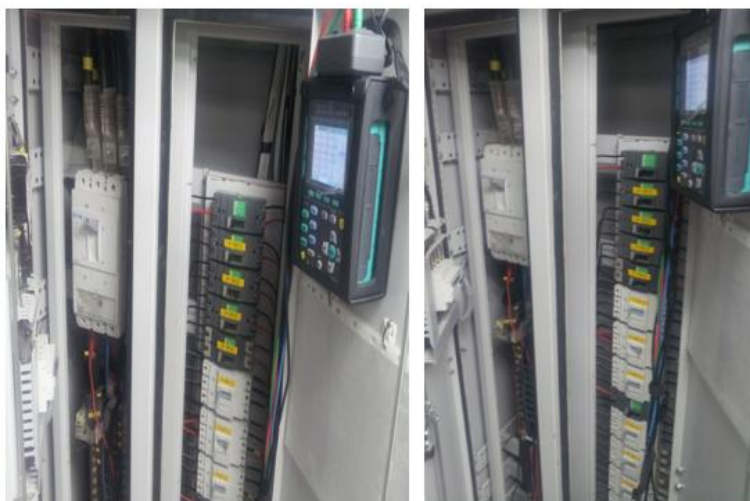
#### **6.4 FOTOS DE LA INSTALACIÓN DEL KYORITSU 6310**

Se procedió con la instalación en los siguientes paneles de distribución principal:

- P.D.P 220 V, En la figura 6.8 se observa la conexión física del equipo y en la figura 6.5 la conexión en diagrama unifilar.
- P.D.P 460 V, En la figura 6.9 se observa la conexión física del equipo y en la figura 6.6 la conexión en diagrama unifilar.

- P.D.P.U 460 V, En la figura 6.10 se observa la conexión física del equipo y en la figura 6.7 la conexión en diagrama unifilar.

Todas las conexiones realizadas se configuraron en el modo 3P4W X1 como se indica en la figura 6.5.



**Figura 6.8 Tablero 220 V del Edificio CDI donde fue localizado el KYORITSU**



**Figura 6.9 Tablero 460 V del CDI donde fue localizado el KYORITSU**



**Figura 6.10 Tablero del UPS 460 V del CDI donde fue localizado el KYORITSU**

## CAPÍTULO 7

### 7 DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 7.1 PANEL DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL DE 220 V

**Sistema de 220 V:** De acuerdo al primer análisis realizado en P.D.P 220 V que alimenta a paneles secundarios como: P-CR-1 (Paneles de alimentación a varias cargas como: computadora, impresoras, consultorios, oficinas de ecografía Doppler, oficinas de cardiología, sala prueba de esfuerzo, vestidores, sala de recuperación, administración, alumbrado, etc.), P-CR-2(off), P-CR-3, P-CR-4, P-ASC-1 (Panel de Ascensores), P-ASC-2 (off), P-ASC-3, P-ASC-4, P-PB (Panel de Planta Baja), P-S-AI (Panel del Sistema de Alumbrado), P-S-TC (Panel del Sistema de Tomacorriente), T-A.A-220 (Tablero de Aire Acondicionado a 220V).



### 7.1.1 VOLTAJE E INTENSIDAD EN P.D.P 220 V

Se midió valores instantáneos, mínimos, máximos y promedio de la tensión (RMS), intensidad (RMS), potencia activa, reactiva y aparente, factores de potencia, ángulos de fase, frecuencia, energía eléctrica activa, reactiva y aparente (RMS). Son guardados por el sistema al realizar análisis de transitorios, desequilibrio y propiamente de valores instantáneos. Los datos fueron adquiridos por día, y cada 10 minutos se guardaron, (cabe mencionar que el sistema se modificó en ciertos parámetros para obtener más muestras y dar graficas del comportamiento del sistema)

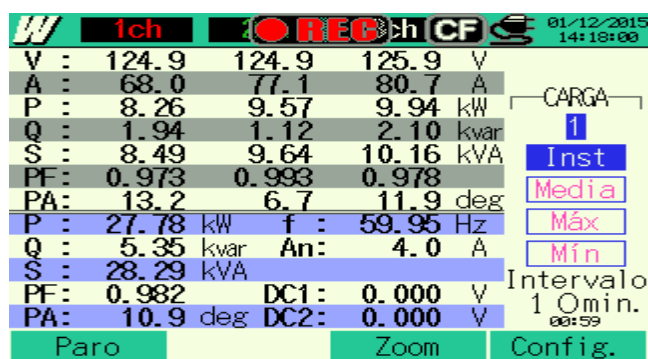
**Tabla 9 Variaciones de Voltaje y Corriente del Panel de 220 V**

TABLA A						
Parámetros	V1	V2	V3	A1	A2	A3
Mínimo	124,18	124,40	125,40	61,20	73,87	77,33
Máximo	125,63	126,23	127,32	109,17	115,95	122,23
Promedio	125,08	124,98	125,98	73,07	84,90	83,52

TABLA B				
Parámetros	FRECU	P(W)	Q(VAR)	S(VA)
Mínimo	59,42	27031,00	1167,67	26960,03
Máximo	60,10	39043,17	16841,67	43390,04
Promedio	59,92	30555,67	6590,25	28866,90

Los valores de la Tabla 9 fueron adquiridos en el transcurso de 7 días de medición consecutiva y son los principales parámetros eléctricos de toda instalación o red eléctrica que brinda importante información para realizar análisis y cálculos pertinentes como son los casos de armónicos, desequilibrios y factor de potencia.



**Figura 7.1 Mediciones Instantáneas de W en Panel de 220V**

En la figura 7.1 se muestra una de las funciones que brinda el analizador de calidad de energía eléctrica y en la Tabla 10 los símbolos mostrados por el analizador de redes eléctricas.

**Tabla 10 Símbolos Mostrados por Pantalla**

Símbolos mostrados por pantalla													
V	Tensión	A	Intensidad			P	Potencia activa	+	Consumo	Q	Potencia reactiva	+	Retardo
							.	Regeneración	.		Adelanto		
S	Potencia aparente	PF	Factor potencia	+	Retardo	PA	Ángulo de fase	+	Retardo	f	Frecuencia		
			.	Adelanto	.		Adelanto						
An	Corriente neutro	DC	Entrada analógica tensión			DC	Entrada analógica tensión						
	1	(canal 1)				2	(canal2)						

**Nota:**

Para un equipo, una parte de instalación que no es más que receptor (o generador), el interés de la convención IEEE es añadir a los indicadores FP y  $\cos \phi$  el tipo del componente reactivo.

Capacitivo: Signo positivo de los indicadores FP y  $\cos \phi$

Inductivo: Signo negativo de los indicadores FP y  $\cos \phi$

**7.1.2 ANÁLISIS DE VALORES DE VOLTAJES P.D.P 220 V**

En este panel eléctrico el valor nominal es 124 V, no se presenta decaída de tensión ni aumento, denotando que el voltaje llega en algunos caso al valor de 125.98 V, siendo esto en porcentaje 0.15% mayor al voltaje nominal. Este porcentaje

está dentro de lo que establece la norma del CONELEC 004/01 que se basa en el enunciado IEEE 1100-1999, pero se recalca que esto no sucede en rangos de nano segundos, con variaciones dependientes al comportamiento de la carga. Se analizó por voltajes promedios de actividades en la semana, y se obtuvo un valor de 125.34 voltios (línea-neutro) por fase, el cual está dentro del valor promedio establecido (menor al 10% del valor nominal). En la Tabla 11 se hace referencia a los datos de voltaje obtenidos.

**Tabla 11 Lista de Datos Adquiridos de Voltaje**

	Media	127.4815	127.4804	127.5462	127.4133	127.7065	127.7000	127.7745
	Max	128.1000	128.0000	128.1000	128.0000	130.3000	128.2000	130.3000
	Max valor registrado	17/01/2015 15:53:40	17/01/2015 15:53:35	17/01/2015 15:53:40	17/01/2015 15:53:45	17/01/2015 16:01:35	17/01/2015 16:01:35	17/01/2015 16:01:35
	Min	126.7000	126.8000	127.1000	126.7000	127.1000	127.3000	127.3000
	Min valor registrado	17/01/2015 16:01:35	17/01/2015 16:01:35	17/01/2015 16:01:25	17/01/2015 16:01:35	17/01/2015 15:58:10	17/01/2015 15:58:10	17/01/2015 15:58:10
No	DateTime	INST_V1[V]	AVG_V1[V]	MAX_V1[V]	MIN_V1[V]	INST_V2[V]	AVG_V2[V]	MAX_V2[V]
1	17/01/2015 15:48:05	127.8000	127.9000	127.9000	127.7000	128.0000	127.9000	128.0000
2	17/01/2015 15:48:10	127.7000	127.9000	127.8000	127.7000	127.9000	127.9000	127.9000
3	17/01/2015 15:48:15	127.6000	127.7000	127.8000	127.6000	127.8000	127.8000	127.9000
4	17/01/2015 15:48:20	127.6000	127.7000	127.8000	127.6000	127.9000	127.9000	127.9000
5	17/01/2015 15:48:25	127.7000	127.7000	127.8000	127.6000	128.0000	127.9000	128.0000
6	17/01/2015 15:48:30	127.7000	127.7000	127.7000	127.7000	128.0000	127.9000	128.0000
7	17/01/2015 15:48:35	127.5000	127.6000	127.6000	127.5000	127.9000	127.8000	127.9000
8	17/01/2015 15:48:40	127.7000	127.7000	127.7000	127.6000	127.8000	127.9000	128.0000
9	17/01/2015 15:48:45	127.6000	127.7000	127.7000	127.6000	127.8000	127.8000	127.9000
10	17/01/2015 15:48:50	127.7000	127.7000	127.8000	127.6000	127.9000	127.9000	127.9000
11	17/01/2015 15:48:55	127.7000	127.6000	127.7000	127.6000	127.8000	127.8000	127.8000
12	17/01/2015 15:49:00	127.7000	127.7000	127.7000	127.7000	127.9000	127.8000	127.9000
13	17/01/2015 15:49:05	127.7000	127.7000	127.7000	127.6000	127.9000	127.8000	127.9000
14	17/01/2015 15:49:10	127.6000	127.7000	127.7000	127.6000	127.9000	127.8000	127.9000
15	17/01/2015 15:49:15	127.7000	127.6000	127.7000	127.5000	127.9000	127.8000	127.9000
16	17/01/2015 15:49:20	127.8000	127.7000	127.8000	127.6000	128.0000	127.9000	128.0000
17	17/01/2015 15:49:25	127.8000	127.8000	127.8000	127.7000	127.9000	128.0000	128.1000

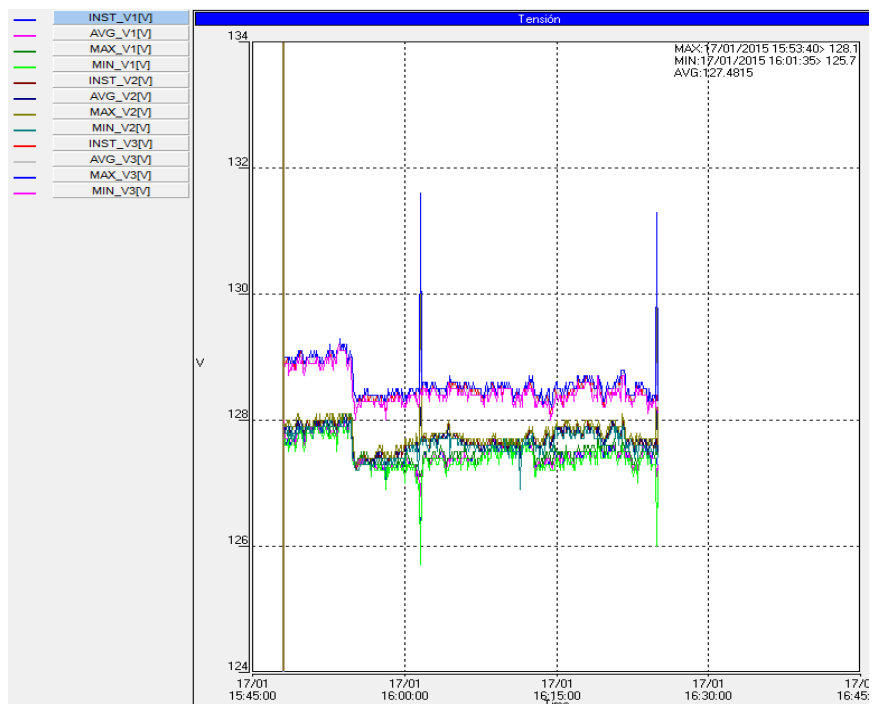
### 7.1.3 DESBALANCE DE VOLTAJE EN P.D.P 220 V

Se calculó el desbalance con la ecuación dada por la referencia [24].

$$\%DV_T = \frac{3 * (V_{MÁX} - V_{MÍN})}{V_A + V_B + V_C} * 100 \quad (7.1)$$

$$\%DV_T = \frac{3 * (127.32 - 124.18)}{(125.08 + 124.98 + 125.98)} * 100 = 0.835\% \quad (7.2)$$

Existe un desbalance entre las fase producida por el voltaje máximo relacionado con el voltaje nominal (125V) dando como resultado un desbalance de 0.835%; este valor está dentro del rango establecido en la norma ANSI/IEEE 446-1995 que establece un valor máximo de del 2% al 5%. En la figura 7.2 se muestran los datos de voltaje adquiridos y visualizados en forma gráfica.



**Figura 7.2 Un Día de Datos Adquiridos del Voltaje**

#### **7.1.4 ANÁLISIS DE VALORES DE CORRIENTES EN P.D.P 220 V**

Al analizar la corriente en estados nominales a plena carga, se identificó que fluctúa en variación de las actividades y secuencia en la carga demandante. La Tabla 12 muestra los datos adquiridos con respecto a corriente.

**Tabla 12 Lista de Datos Adquiridos de la Intensidad**

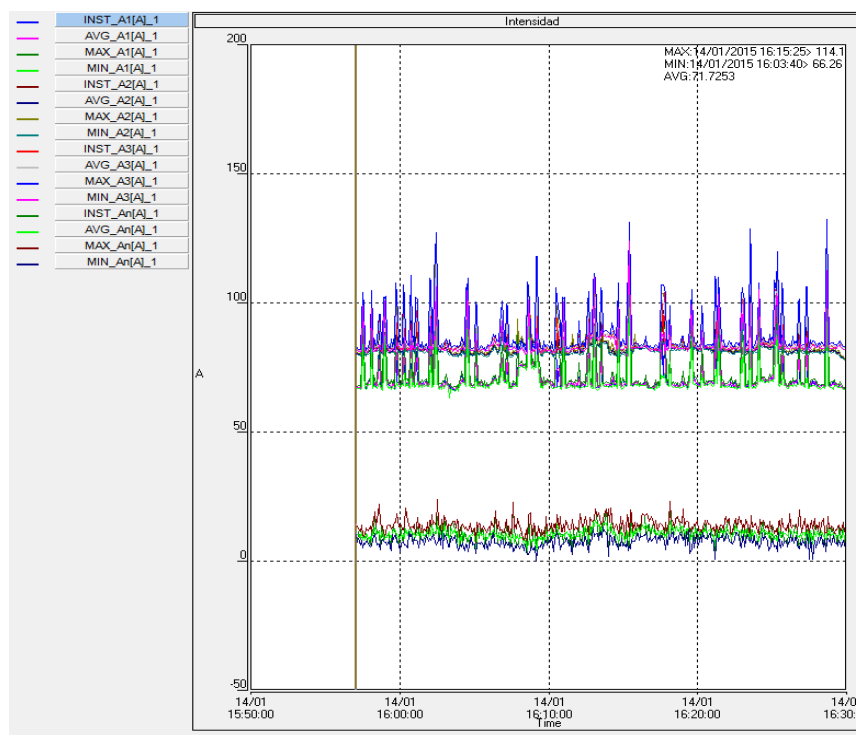
Archivo   Editar   Imprimir   Salir								
	Media	71.0406	71.0118	73.1306	69.1603	73.5794	78.5520	80.3203
	Max	92.7800	92.9100	101.9000	90.5100	102.0000	101.1000	108.3000
	Max valor registrado	13/01/2015 16:51:35	13/01/2015 16:51:35	13/01/2015 16:36:35	13/01/2015 16:39:20	13/01/2015 16:36:35	13/01/2015 16:36:35	13/01/2015 16:36:35
	Min	65.7000	66.5100	66.7700	65.7000	73.8400	74.1500	74.7500
	Min valor registrado	13/01/2015 16:45:10	13/01/2015 16:45:25	13/01/2015 16:45:25	13/01/2015 16:45:10	13/01/2015 16:43:05	13/01/2015 16:45:15	13/01/2015 16:45:10
No	Date/Time	INST_A1[A]_1	AVG_A1[A]_1	MAX_A1[A]_1	MIN_A1[A]_1	INST_A2[A]_1	AVG_A2[A]_1	MAX_A2[A]_1
1	13/01/2015 16:33:05	67.4900	67.1700	68.0000	66.7400	75.7300	75.9600	76.5600
2	13/01/2015 16:33:10	69.2200	68.1200	69.2200	67.1600	77.7400	77.0600	77.6800
3	13/01/2015 16:33:15	90.7200	77.5000	90.7200	69.0700	96.1000	85.8600	98.1000
4	13/01/2015 16:33:20	89.9200	90.1800	91.2700	89.2900	96.2400	97.1800	98.5100
5	13/01/2015 16:33:25	90.4800	89.6600	90.4800	89.5200	96.8400	96.1600	96.9600
6	13/01/2015 16:33:30	67.9500	72.3000	80.7700	67.9500	75.2800	79.3900	86.7400
7	13/01/2015 16:33:35	68.2300	67.8800	68.7800	67.3500	75.9400	76.2200	77.2900
8	13/01/2015 16:33:40	69.5600	68.5200	69.5600	67.3200	75.8200	75.9400	76.2100
9	13/01/2015 16:33:45	67.9800	69.2200	71.9900	67.7700	75.7900	76.0900	77.6000
10	13/01/2015 16:33:50	69.3600	68.4500	69.3600	67.3100	76.1500	75.9300	76.2100
11	13/01/2015 16:33:55	90.6400	86.8500	94.7900	72.8300	94.4900	90.9600	97.7000
12	13/01/2015 16:34:00	70.4000	76.6700	90.4900	70.4000	77.1100	82.5400	94.7400
13	13/01/2015 16:34:05	69.3900	70.2400	71.1600	69.1400	77.5500	77.2400	77.8600
14	13/01/2015 16:34:10	68.4300	68.7900	69.5300	68.1300	76.4700	76.7100	77.1500
15	13/01/2015 16:34:15	79.7400	70.9000	79.7400	68.1200	86.5800	78.1900	86.5800
16	13/01/2015 16:34:20	77.9700	86.7600	92.2200	77.9700	82.8600	91.1800	95.4900
17	13/01/2015 16:34:25	69.2500	69.1300	70.7600	68.0900	77.1300	77.2400	78.3800
18	13/01/2015 16:34:30	67.6300	67.9800	69.5600	66.8200	76.5900	76.5400	77.0100
19	13/01/2015 16:34:35	66.8300	67.6400	68.4500	66.8300	75.5700	76.2500	76.8700
20	13/01/2015 16:34:40	89.5600	74.2800	89.5600	66.4800	96.5900	82.6000	96.5900
21	13/01/2015 16:34:45	66.9100	71.1800	81.3700	66.9100	75.1300	78.5000	87.1100

Las corrientes nominales promedio del sistema en la línea A1 son de 73.07 A, en la línea A2 es de 84.9 A y el de la línea A3 es de 83.52 A. Al momento de utilizar la carga del sistema en un arranque típico de los equipos se detectó que la corriente de la línea A1 subió de 73.07 a 109.17 A siendo esto 6,6 veces más del valor nominal, en la línea A2 de 84.9 a 115.95 A siendo esto 7.3 veces más del valor hasta la estabilización, en la línea A3 de 83.52 a 122.23 A siendo un incremento de 6.8 veces. El desbalance que se analiza entre las corriente a

máxima carga entre A1 y A2 es 6.21 %, entre A1 y A3 11.96 %, y entre A2 y A3 5.41%. Esto indica que no existe un desbalance según la norma ANSI/IEEE 446-1995 que dice que no debe de sobre pasar el 40 % de desbalance por fase.

El sistema está correctamente dimensionado en sus conductores para estas corrientes, pero el motivo de preocupación es al realizar el arranque de la carga gobernante del sistema, debido a que se demuestra un aumento de corriente (se producen picos de corriente). Esto solo ocurre en intervalos muy pequeños de tiempo, al realizar variaciones de encendido de carga inyectada, ya existente en el sistema. En la figura 7.3 se aprecia los datos de corrientes adquiridos en forma gráfica.





**Figura 7.3 Un Día de Datos Adquiridos Intensidad**

El sistema analizado, después de un transformador de 500 kVA que alimenta a este circuito, también suministra energía eléctrica a otras cargas existentes, por lo que no solo influye al nuevo edificio de CDI. Indirectamente en un sistema trifásico de 4 hilos con carga no lineal balanceada, el cual es nuestro caso, la corriente en el neutro dependerá básicamente del contenido de picos de corriente presente en el sistema. Al tener estos valores del neutro no se atribuyen a un desbalance, por lo mencionado anteriormente se indica

que el sistema esta balanceado. En la Tabla 13 se muestra los valores en magnitud de la corriente en el neutro.

**Tabla 13 Corriente en el Neutro Panel 220 V**

Parámetros	Corriente del Neutro (A)
MINIMA	0.4
MAXIMA	22.62
PROMEDIO	10.08

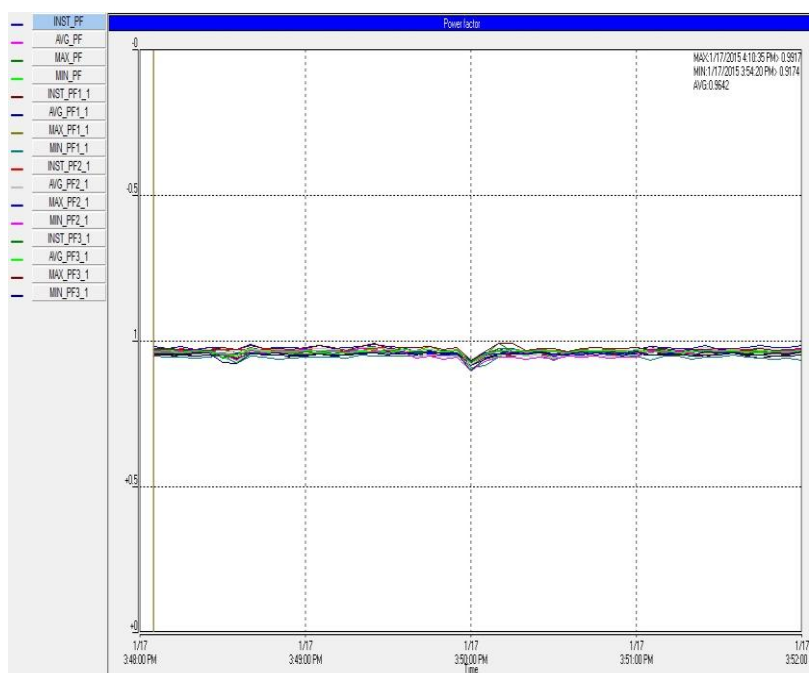
#### **7.1.5 ANÁLISIS DEL FACTOR DE POTENCIA P.D.P 220 V**

De los datos registrados se encontró que el factor de potencia total de este punto en promedio durante el periodo de máxima carga es de 0,96 y en el periodo de mínima carga el factor de potencia en promedio es de 0,916. Se observa que la fase A, tiene un factor de potencia de 0.90 y que en la fase B y C las cargas se encuentran con un buen factor de potencia. Estos valores se pueden observar en la Tabla 14. El promedio es de 0.96, el cual está dentro de lo que señala el CONELEC con un valor mínimo de 0.92.

**Tabla 14 Valores Obtenidos del Factor de Potencia**

RESUMEN PROMEDIADO DE LOS VALORES OBTENIDOS CON RESPECTO AL FACTOR DE POTENCIA.				
	FP (Total)	FP Línea A	FP Línea B	FP Línea C
<b>Mínima</b>	0,913	0,902	0,912	0,917
<b>Máxima</b>	0,993	0,996	0,998	1
<b>Promedio</b>	0,971	0,965	0,972	0,968

En la figura 7.4 se observa el factor de potencia de forma gráfica que corresponde al Panel de 220 V.



**Figura 7.4 Factor de Potencia Panel 220 V**

### 7.1.6 MEDICIÓN DE FRECUENCIA EN P.D.P 220 V

Se obtuvieron mediciones con variaciones de frecuencia dado por valores máximos y mínimos registrados en el Kyoritsu, en cual se pudo apreciar como resultado que la máxima frecuencia fue de 60.10 Hz en un porcentaje del 0.16 % de variación con respecto a la máxima frecuencia y la mínima registrada fue de 59.42 Hz en un porcentaje de 0.4 % menor al valor óptimo.

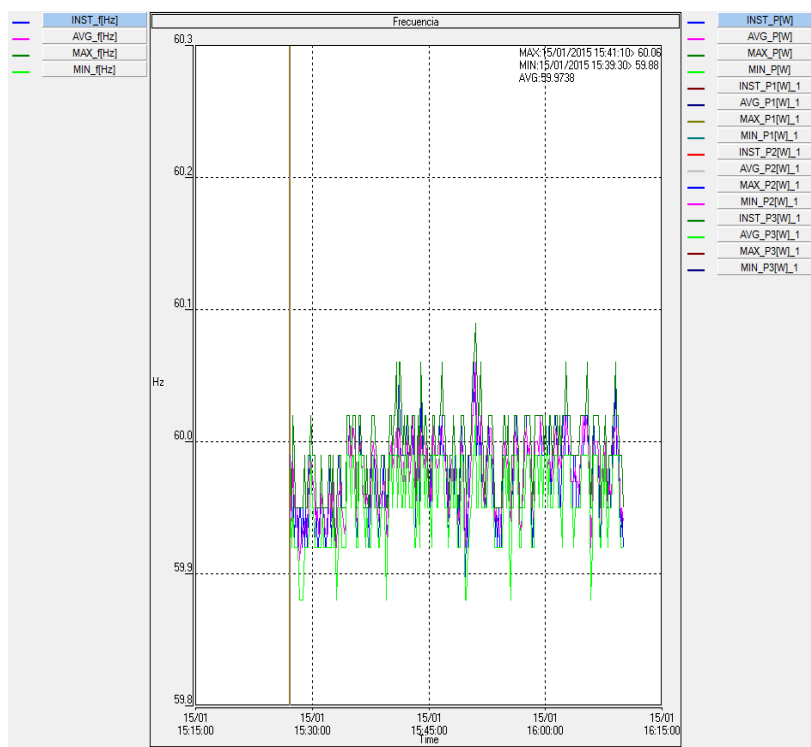
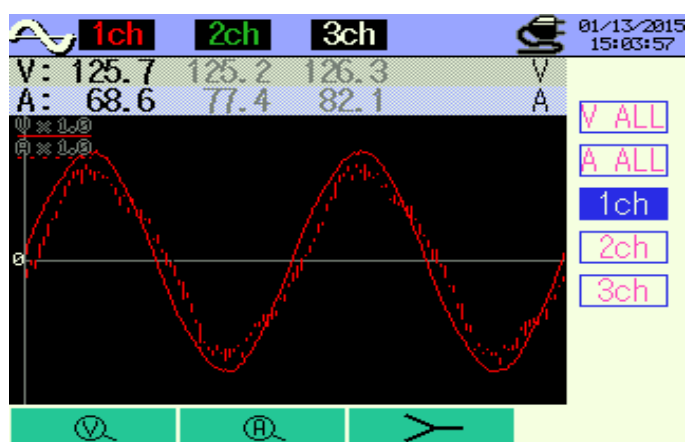


Figura 7.5 Frecuencia Panel 220V

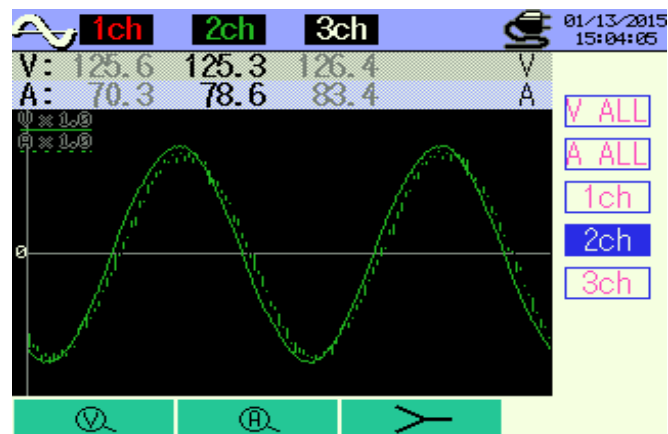
Estos valores están dentro del rango que establece las Normas de Acometidas, Cuartos de Transformadores y Sistemas de Medición para el Suministro de Electricidad (NATSIM) donde la variación máxima de frecuencia está por el orden de +/- 5%. Por lo que no hay problema en el Sistema de 220 V con respecto a la frecuencia y se observa en la figura 7.5 la frecuencia en forma gráfica.

### 7.1.7 MEDICIÓN CON LAS FUNCIONES DE ONDA EN P.D.P 220 V



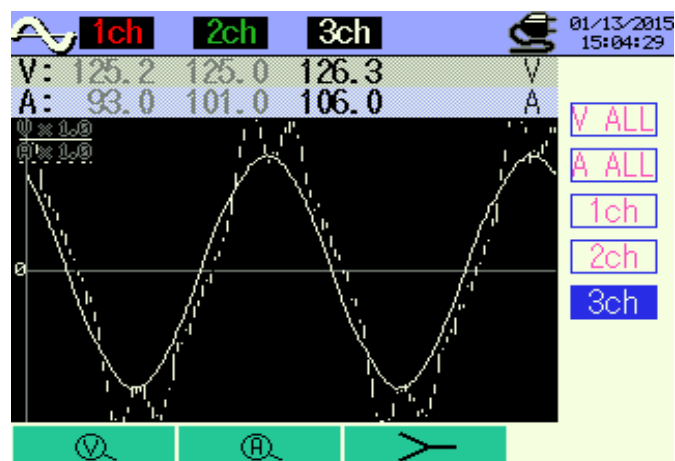
**Figura 7.6 Mediciones Instantáneas de Onda Canal 1 Panel 220 V**

Es una medición gráfica para visualizar las formas de onda tanto de voltaje como de corriente existentes en la red eléctrica.



**Figura 7.7 Mediciones Instantáneas de Onda Canal 2  
Panel 220 V**

En esta medición se obtuvo los datos fundamentales del sistema, como es el voltaje línea-línea. Se presentan las formas de onda tanto de voltaje como corriente en los 3 canales y cada canal corresponde a una fase.



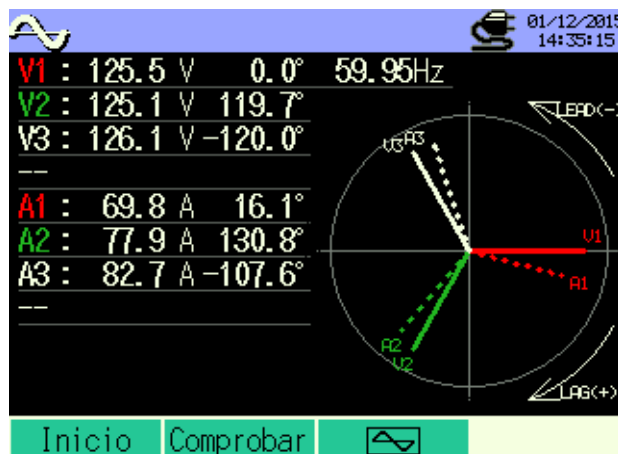
**Figura 7.8 Mediciones Instantáneas de Onda Canal 3  
Panel 220 V**

Las Figuras 7.6 - 7.7 - 7.8 indican que las corrientes tienen una forma senoidal sin perturbaciones a considerar en las 3 fases.

#### **7.1.8 DIAGRAMA FASORIAL EN P.D.P 220 V**

Es una función que permite verificar gráficamente los valores de voltaje y corriente poniendo énfasis en sus fases correspondientes ya que se trata de gráficos con fasores. Con la función de onda se verifica lo siguiente:

- Los datos están siendo correctamente adquiridos.
- Si se dimensionó los valores adecuados para el sistema trifásico.
- Las magnitudes y fasores de las diferentes líneas del sistema.



**Figura 7.9 Diagrama Fasorial y Magnitudes Panel 220 V**

El sistema fue bien dimensionado con respecto a la carga que se analizó. Se observa en la figura 7.9 el ángulo de desfasamiento del sistema de 220 V correctamente y se aprecian los valores instantáneos del Voltaje y Corriente. Algunas condiciones de utilización imponen modificar los parámetros por un factor de corrección del equipo (Transformadores de corriente o de Voltaje), pero como se indica no excede el valor de utilización obtenida.

**Observaciones:**

- El grafico de la figura 7.9 representa en el plano fasorial las relaciones existentes entre voltajes y corrientes,



como el ángulo de desfase existente en relación al voltaje y a la corriente.

- Indican los diferentes voltajes que alimentan al sistema, que está siendo representado con un código de color para cada diferente canal. En las mediciones adquiridas durante un tiempo que el equipo recopiló datos promedios, instantáneos, máximos y mínimos.

#### **7.1.9 MEDICIÓN DE ARMÓNICOS**

Mediante la función de Armónicos del analizador de redes se procedió a obtener los datos que van desde la medición de la armónica fundamental hasta la de orden 62. Para presentar los datos resumidos, que indican el estado de la red eléctrica con respecto a este parámetro eléctrico a analizar se utilizó la siguiente metodología:

1. Medición con la función de armónicos por medio del analizador de energía eléctrica.

2. Obtención de los datos por medio de la tarjeta de memoria externa del analizador de energía eléctrica hacia la PC portátil.
3. Verificación de que los datos obtenidos por día, fecha y lugar de medición realizada estén correctos.
4. Clasificación y resumen de los datos obtenidos en forma de tablas en Microsoft Excel y finalmente presentación de datos finales en tablas de Microsoft Word.
5. Comparación de los niveles de  $THD_v$  y  $THD_I$  con la regulación del CONELEC 004/01.
6. Diagnóstico del problema producido por la incursión de Distorsión Armónica si fuera el caso.
7. Solución recomendada para eliminar la presencia de Distorsiones Armónicas en lo posible.

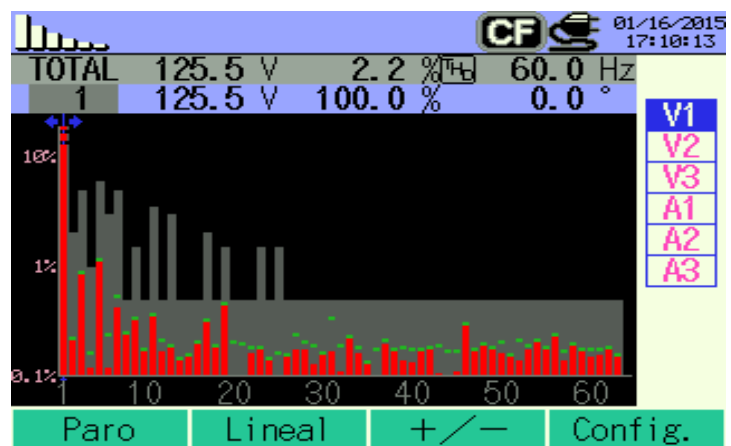
Es necesario indicar que se muestran 5 tablas por punto de medición realizada, una tabla que indica el total de Distorsión

Armónica tanto de voltaje como de corriente en porcentaje y las 4 tablas restantes donde se especifica el orden de armónica más significativa, en este caso se considera las armónicas de orden 3, 5, 7 y 9. Los límites para distorsión armónica total en porcentaje  $THD_V = 5\%$  y para  $THD_I = 20\%$ . La regulación del CONELEC 004/01 establece los rangos permitidos para  $THD_V$  y está clasificada según el orden de la armónica. Ver Tabla 5. Con respecto al  $THD_I$  se utiliza la norma IEEE 519 para casos donde se requiere un análisis adicional. Ver Tabla 7.

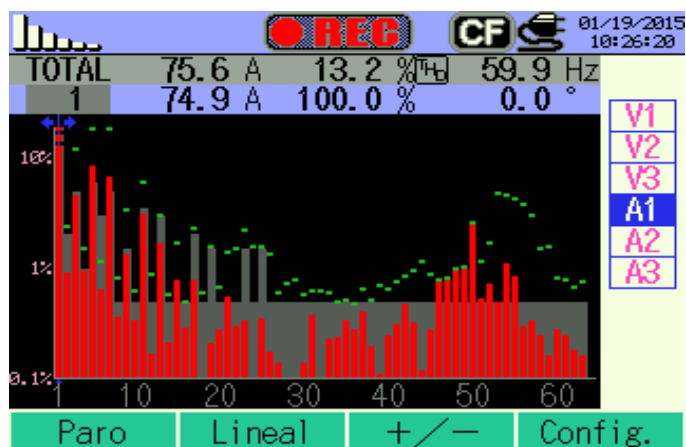
Para realizar el análisis y la comparación de los valores experimentales con las normas considerando las 4 primeras armónicas impares se utilizó las ecuaciones (4.2), (4.3), (4.4), (4.5) y (4.6).

### 7.1.10 MEDICIÓN DE ARMÓNICOS EN P.D.P 220V

Se presentan imágenes capturadas en el momento de la medición realizada por el analizador de potencia. Por medio de la tecla Print Screen que posee el dispositivo se pudo obtener las siguientes imágenes:



**Figura 7.10 Medición en tiempo real de Armónico de Voltaje V1 Panel 220 V**



**Figura 7.11 Medición en tiempo real de Armónico de Corriente A1 Panel 220 V**

Las imágenes presentadas de las figuras 7.10 y 7.11 indican el total de la distorsión armónica, el voltaje, corriente de operación en ese instante de tiempo, frecuencia, el orden de armónicos y la visualización de los niveles de armónicos.

A continuación se presenta en la Tabla 15 datos que contiene la distorsión armónica total del sistema trifásico.

**Tabla 15 Resumen General de Armónicos Panel de 220 V**

RESUMEN GENERAL DE ARMONICOS PANEL DE 220V						
PARAMETROS	V1	V2	V3	A1	A2	A3
V-A MINIMO	123,70	123,88	124,84	59,16	68,74	73,76
V-A MAXIMO	126,88	127,04	127,94	98,94	101,26	110,10
V-A PROM	125,50	125,61	126,51	69,96	80,55	83,78
THD% MIN	1,86%	1,87%	1,78%	9,15%	3,57%	6,52%
THD% MAX	2,67%	2,72%	2,69%	26,96%	20,27%	23,41%
THD % PROM	2,23%	2,27%	2,16%	12,88%	7,90%	9,66%

- **Análisis de Distorsión Armónica General**

Los resultados de las mediciones reflejadas en la Tabla 15 indican que **si cumplen** la norma tanto en THD<sub>v</sub> y THD<sub>i</sub>.

A continuación se presenta la Tabla 16 que contiene el resumen de los armónicos de tercer orden.

**Tabla 16 Resumen Armónicos de Tercer Orden Panel de 220 V**

RESUMEN DE ARMONICOS DE TERCER ORDEN PANEL DE 220V						
PARAMETROS	V1	V2	V3	A1	A2	A3
V-A MINIMO	0,799	0,551	0,466	2,445	1,084	3,109
V-A MAXIMO	1,300	1,071	1,172	6,563	6,662	8,673
V-A PROM	1,139	0,842	0,742	4,908	2,170	4,570
THD% MIN	0,64%	0,44%	0,37%	4,29%	1,49%	4,26%
THD% MAX	1,03%	0,84%	0,91%	6,99%	6,74%	7,71%
THD % PROM	0,91%	0,67%	0,59%	7,20%	2,71%	5,53%

- **Análisis de Distorsión Armónica de Tercer Orden**

La regulación del CONELEC 004/001 para las armónicas de voltaje de tercer orden su tolerancia es 5%. Ver Tabla 5. La norma IEEE 519 para las armónicas en corriente de orden  $n < 11$  su tolerancia es 15%. Ver Tabla 7. Por lo tanto para armónicas individuales las mediciones reflejadas en la Tabla 16 indican que **si cumplen** la norma los armónicos THD<sub>v</sub> y THD<sub>i</sub> de orden 3.

A continuación se presenta la Tabla 17 que contiene el resumen de los armónicos de quinto orden.

**Tabla 17 Resumen Armónico de Quinto Orden Panel de 220 V**

RESUMEN DE ARMONICOS DE QUINTO ORDEN PANEL 220V						
PARAMETROS	V1	V2	V3	A1	A2	A3
V-A MINIMO	0,731	0,710	0,788	0,239	0,212	0,385
V-A MAXIMO	1,900	1,846	2,100	19,788	14,750	20,318
V-A PROM	1,334	1,265	1,412	3,937	3,640	4,171
THD% MIN	0,59%	0,57%	0,63%	0,38%	0,30%	0,50%
THD% MAX	1,49%	1,44%	1,63%	20,37%	14,80%	18,31%
THD % PROM	1,06%	1,00%	1,11%	5,54%	4,45%	4,97%

- **Análisis de Distorsión Armónico de Quinto Orden**

En la regulación del CONELEC 004/001 para las armónicas de voltaje de quinto orden, su tolerancia es 6%. Ver Tabla 5. La norma IEEE 519 para las armónicas en corriente de orden  $n < 11$  indica una tolerancia del 15%. Ver Tabla 7. Por lo tanto para armónicos individuales las mediciones reflejadas en la Tabla 17 indican que **si cumplen** la norma los armónicos THD<sub>v</sub> y THD<sub>i</sub> de orden 5.

A continuación se presenta la Tabla 18 que contiene el resumen de los armónicos de séptimo orden.

**Tabla 18 Resumen Armónicos de Séptimo Orden Panel de 220 V**

RESUMEN DE ARMONICOS DE SEPTIMO ORDEN PANEL 220V						
PARAMETROS	V1	V2	V3	A1	A2	A3
V-A MINIMO	0,437	0,254	0,332	1,127	0,400	0,928
V-A MAXIMO	1,395	1,545	1,530	14,542	10,574	13,970
V-A PROM	0,903	0,865	0,890	3,557	2,755	3,469
THD% MIN	0,35%	0,20%	0,27%	1,82%	0,58%	1,21%
THD% MAX	1,09%	1,21%	1,19%	15,12%	10,64%	12,61%
THD % PROM	0,72%	0,68%	0,70%	5,05%	3,37%	4,14%



- **Análisis de Distorsión Armónico de Séptimo Orden**

En la regulación del CONELEC 004/001 para las armónicas de voltaje de séptimo orden, su tolerancia es 5%. Ver Tabla 5. La norma IEEE 519 para las armónicas en corriente de orden  $n < 11$  indica una tolerancia del 15%. Ver Tabla 7. Por lo tanto para armónicos individuales las mediciones reflejadas en la Tabla 18 indican que **si cumplen** la norma los armónicos THD<sub>v</sub> y THD<sub>i</sub> de orden 7.

A continuación se presenta la Tabla 19 que contiene el resumen de los armónicos de noveno orden.

**Tabla 19 Resumen Armónicos de Noveno Orden Panel de 220 V**

RESUMEN DE ARMOICOS DE NOVENO ORDEN PANEL 220V						
PARAMETROS	V1	V2	V3	A1	A2	A3
V-A MINIMO	0,207	0,095	0,202	0,408	0,189	0,180
V-A MAXIMO	0,601	0,530	0,523	1,694	1,557	1,276
V-A PROM	0,374	0,265	0,351	0,896	0,889	0,596
THD% MIN	0,17%	0,08%	0,16%	0,67%	0,28%	0,23%
THD% MAX	0,47%	0,42%	0,41%	1,79%	1,58%	1,15%
THD % PROM	0,30%	0,21%	0,28%	1,31%	1,13%	0,71%

- **Análisis de Distorsión Armónico de Noveno Orden**

En la regulación del CONELEC 004/001 para las armónicas de voltaje de noveno orden, su tolerancia es 1.5%. Ver Tabla 5. La norma IEEE 519 para las armónicas en corriente de orden  $n < 11$  indica una tolerancia del 15%. Ver Tabla 7. Por lo tanto las mediciones reflejadas en la Tabla 19 indican que **si cumplen** la norma los armónicos THD<sub>v</sub> y THD<sub>i</sub> de orden 9.

- **Resumen de Análisis de la Distorsión Armónica en Panel de 220 V**

**Tabla 20 Resumen de Distorsión Armónica  
Panel 220 V**

PANEL 220V			
ARMONICO	%	NORMA	CUMPLE
THDV	2,27	CONELEC	SI
THDI	12,88	IEEE 519	SI
V3 (%)	0,91	CONELEC	SI
I3 (%)	7,2	IEEE 519	SI
V5 (%)	1,11	CONELEC	SI
I5 (%)	5,54	IEEE 519	SI
V7 (%)	0,72	CONELEC	SI
I7 (%)	5,05	IEEE 519	SI
V9 (%)	0,3	CONELEC	SI
I9 (%)	1,31	IEEE 519	SI

La Tabla 20 muestra el resumen de los resultados finales del P.D.P 220V con respecto a los armónicos.

En conclusión el THD<sub>v</sub> **cumple** la regulación del CONELEC 004/01 y el THD<sub>i</sub> **cumple** la norma IEEE 519 por lo que no existe problemas de distorsión armónica en el P.D.P 220v.

#### 7.1.11 MEDICIÓN DE RELACIÓN DE DESEQUILIBRIO EN P.D.P 220 V

En la Tabla 21 se muestra el desequilibrio de la corriente que se obtuvo del analizador de calidad de energía eléctrica KYORITSU para el Panel de 220 V.


**Tabla 21 Relación de Desequilibrio Obtenido del Analizador de Calidad de Energía Eléctrica del Panel 220 V**

MEDIA DE DESEQUILIBRIO 220 VOLTIOS		
	UV	UA
<b>Mínimo</b>	0,61	0,13
<b>Máximo</b>	1,5	18,367
<b>Media</b>	1,067	4,333

En el cual se evidencia que el promedio de la relación de desequilibrio del voltaje es 1,066 % y en corriente el 4.33 %. En el concepto de medición de desequilibrio se utiliza tensiones de línea, a modo de eliminar la componente homopolar, ya que influiría en la medición del factor de desbalance. El analizador de calidad de la energía eléctrica capta todas las variaciones y calcula el desequilibrio en función de la fórmula que se representa en la Tabla 22.

**Tabla 22 Método de Medición de la Relación de Desequilibrio**

Medición de Relación de Desequilibrio

Método medición	 Vector Relación de desequilibrio de Tensión / Intensidad
Elemento a guardar	(Datos medidos en la función W) + (Relación de desequilibrio)
Configuraciones de conexión válidas	①3P3W3A, ②3P4W × 1, ③3P4W × 1+1A
Fórmula	$umb = \frac{tensión\_de\_fase\_invertida(intensidad)}{tensión\_de\_fase\_positiva(intensidad)}$

- **Desequilibrio de voltaje:**

$$Desequilibrio = \frac{V_{max} - V_{medio}}{V_{medio}} * 100\% \quad (7.3)$$

$$V_{medio} = \frac{V_a + V_b + V_c}{3} \quad (7.4)$$

$$V_{medio} = \frac{125.08 + 124.98 + 125.98}{3} = 125.34$$

$$V_{\max(\text{promedio})} = \frac{125.63 + 126.40 + 127.40}{3} = 126.47$$

$$\text{Desequilibrio} = \frac{126.47 - 125.34}{125.34} * 100\% = 0.90\%$$

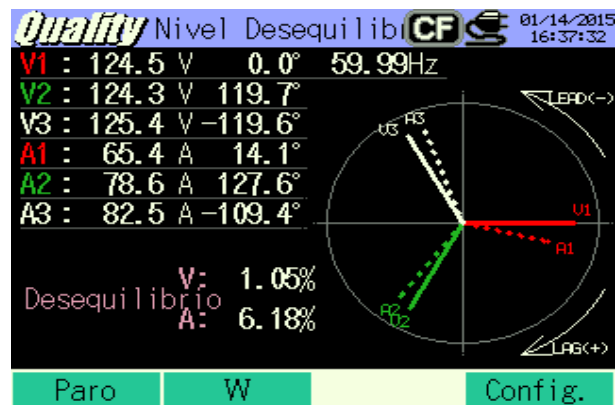
- **Desequilibrio de corriente:**

$$\text{Desequilibrio} = \frac{I_{\max} - I_{media}}{I_{media}} * 100\% \quad (7.5)$$

$$I_{media} = \frac{I_a + I_b + I_c}{3} \quad (7.6)$$

$$I_{media} = \frac{74.06 + 84.90 + 83.52}{3} = 80.826$$

$$\text{Desequilibrio} = \frac{84.90 - 80.826}{80.826} * 100\% = 5\%$$

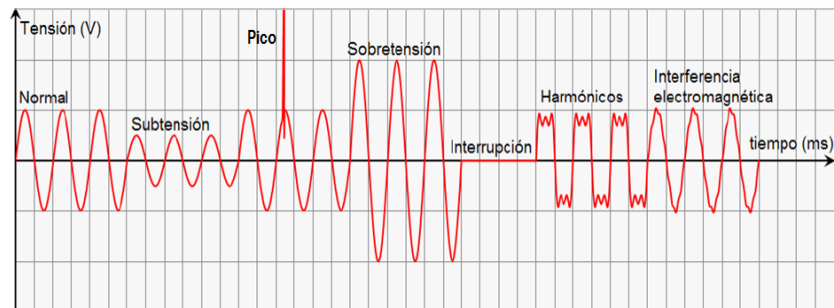


**Figura 7.12 Muestreo de Desequilibrio Panel de 220 V**

En la figura 7.12 se muestra el desequilibrio instantáneo en Panel de 220 V. Basándose en la norma IEC 61000-2-1 – IEC 61000-4-27 – NEMA - ANSI C84.1 la relación de desequilibrio del voltaje es de 0.9 %, **Si cumple la norma.**

Con la norma IEC 61000-2-1 – IEC 61000-4-27 – NEMA - ANSI C84.1 la relación de desequilibrio de corriente es 5 %, **Si cumple la norma.**

### 7.1.12 MEDICIÓN DE TRANSITORIOS



**Figura 7.13 Diferentes Anomalías de los Fenómenos Transitorios**

En la figura 7.13 se representa las diferentes anomalías de los fenómenos transitorios. El término transitorios se utiliza en el análisis de sistemas eléctrico para referirse a un evento indeseable y momentáneo. Se puede definir como un cambio súbito en el estado estable de la tensión. En un sistema se considera pico de voltaje cuando existe 1.1% veces el  $V_{peak}$  nominal de la red eléctrica.

Realizando los cálculos en  $V_{rms}$  a Voltajes peak, se obtiene la formula (7.7).

$$V_{RMS} = V_{BN} - V_{CN} = V_{peak} \sin(\omega t) - V_{peak} \sin(\omega t - 120^\circ) \quad (7.7)$$

Donde  $V_{peak}$  es el voltaje pico de la fase de voltaje. Por medio de identidades trigonométricas,  $V_{RMS}$  (voltaje de la línea rms) queda de la siguiente forma:

$$V_{RMS} = \sqrt{2} \times V_{peak} \sin(\omega t + 30^\circ) \quad (7.8)$$

Al analizar el valor de la onda cada una individualmente, siendo el valor  $V_{rms}$  la medición de línea neutro, (se programó el analizador para grabar los datos de esa forma) se obtienen las siguiente formulas en el análisis de magnitud de la onda.

$$V_{peak} = \frac{v}{0.707} \quad (7.9)$$

Para el sistema de 220 V utilizando la fórmula (7.9) se obtiene la ecuación (7.10) para  $V_{LN}$ .

$$V_{peak} = \frac{124}{0.707} = 175 V_{peak} L - N \quad (7.10)$$



### Sistema de 460 V:

Para el sistema de 460 V utilizando la fórmula (7.9) se obtienen las siguientes ecuaciones (7.11) para  $V_{LN}$ .

$$V_{\text{peak}} = \frac{272}{0.707} = 384,7V_{\text{peak L-N}} \quad (7.11)$$

- **Voltaje Pico Considerado un Problema en el Sistema.**

### Sistema de 220 V:

$$V_{\text{peak-max}} = V_{\text{peak}} * 1.1 \quad (7.12)$$

En el sistema de 220 V reemplazando la ecuación (7.10) en la ecuación (7.12) se obtienen (7.13).

$$V_{\text{peak-max}} = 175 V_{\text{peak L-N}} * 1.1 \approx 192.5 V_{\text{peak L-N}} \quad (7.13)$$

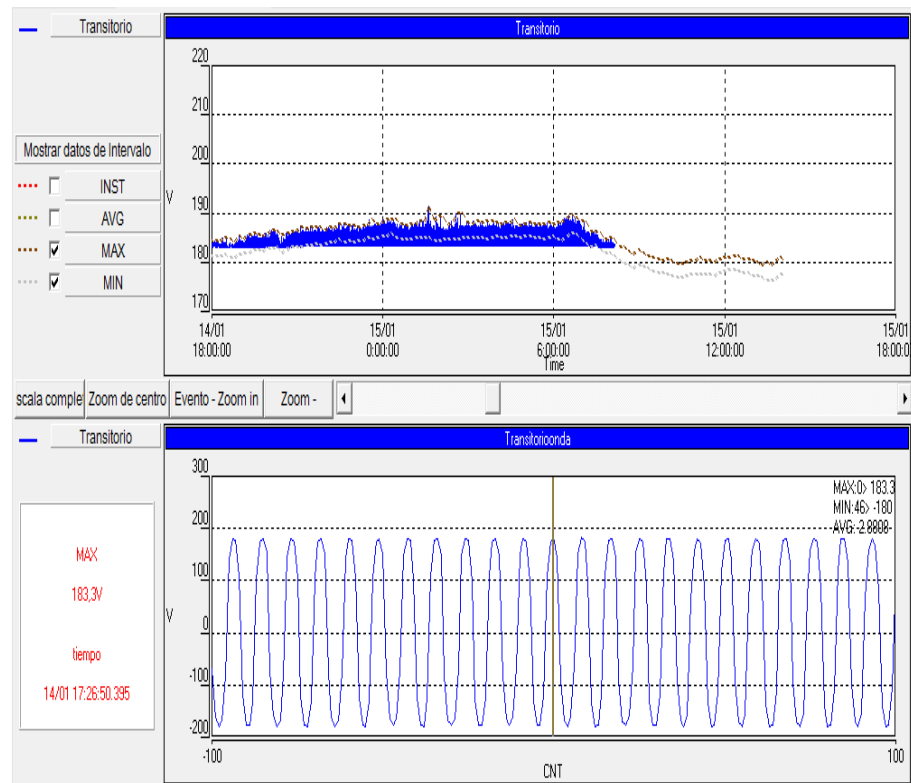
**Sistema de 460 V:**

$$V_{\text{peak-max}} = V_{\text{peak}} * 1.1 \quad (7.14)$$

En el sistema de 460V reemplazando la ecuación (7.11) en la ecuación (7.14) se obtienen (7.15).

$$V_{\text{peak-max}} = 384.7V_{\text{peak L-N}} * 1.1 \approx 423.17V_{\text{peak L-N}} \quad (7.15)$$

### 7.1.13 MEDICIÓN DE TRANSITORIOS EN P.D.P 220V



**Figura 7.14 Datos de Transitorios Obtenidos Panel de 220 V**

Analizando la figura 7.14 se observa que dentro de la totalidad de registro, existen fenómenos que sobrepasaron los 9%. Estos eventos ocurrieron a partir de la hora de encendido de la carga, con variación de larga duración, con un aumento de voltaje hasta los 191 voltios. (Siendo el 9,947 %). Dichos eventos llegaron correspondientemente a un nivel de porcentaje de 6% y 9.94 % con respecto al voltaje, esto indica

que estos datos llegan al límite para ser denominados eventos transitorios.

**Tabla 23 Evidencia de la Fluctuación Momentánea del Voltaje (Picos de Sobre Voltaje)**

N°	Hora y fecha	INST	AVG	MAX	MIN
29	14/01 21:59:00.000	185.3000	184.9000	186.5000	183.7000
30	14/01 22:09:00.000	185.1000	185.3000	187.1000	184.0000
31	14/01 22:19:00.000	185.4000	185.4000	186.9000	184.0000
32	14/01 22:29:00.000	185.8000	185.7000	187.8000	184.5000
33	14/01 22:39:00.000	185.6000	185.5000	187.7000	184.1000
34	14/01 22:49:00.000	185.4000	185.7000	187.5000	184.3000
35	14/01 22:59:00.000	185.3000	185.3000	187.5000	183.9000
36	14/01 23:09:00.000	185.3000	185.5000	187.1000	184.2000
37	14/01 23:19:00.000	185.7000	185.5000	187.3000	184.3000
38	14/01 23:29:00.000	185.8000	185.9000	187.4000	184.8000
39	14/01 23:39:00.000	186.3000	186.0000	188.6000	184.7000
40	14/01 23:49:00.000	186.9000	186.1000	187.8000	184.8000
41	14/01 23:59:00.000	185.3000	186.3000	188.1000	185.3000
42	15/01 00:09:00.000	186.3000	186.6000	188.6000	185.2000
43	15/01 00:19:00.000	187.2000	186.7000	188.7000	185.8000
44	15/01 00:29:00.000	186.2000	186.4000	188.6000	184.8000
45	15/01 00:39:00.000	185.9000	185.9000	187.7000	184.6000
46	15/01 00:49:00.000	186.3000	185.9000	187.5000	184.6000
47	15/01 00:59:00.000	185.3000	186.1000	187.6000	184.6000
48	15/01 01:09:00.000	185.7000	185.9000	187.8000	184.8000
49	15/01 01:19:00.000	186.5000	186.1000	188.2000	184.9000
50	15/01 01:29:00.000	185.7000	186.0000	188.2000	184.8000
51	15/01 01:39:00.000	186.5000	186.2000	191.2000	184.9000
52	15/01 01:49:00.000	185.2000	186.0000	188.4000	184.4000
53	15/01 01:59:00.000	185.7000	185.5000	189.2000	184.3000
54	15/01 02:09:00.000	185.3000	185.6000	188.8000	184.5000
55	15/01 02:19:00.000	186.0000	185.5000	187.3000	184.5000
56	15/01 02:29:00.000	186.0000	185.8000	188.3000	184.7000
57	15/01 02:39:00.000	185.9000	185.7000	189.8000	184.5000
58	15/01 02:49:00.000	185.7000	185.9000	190.0000	184.8000
59	15/01 02:59:00.000	186.0000	186.1000	187.9000	184.9000
60	15/01 03:09:00.000	186.1000	186.1000	187.6000	184.8000

Se observa en la Tabla 23 el tiempo exacto que se registró el evento transitorio.

- **Análisis de Resultados, Medición de Transitorios en P.D.P 220 V.**

**No Cumple la Norma del CONELEC 004/01**, ya que se detectó un 10 % mayor al voltaje nominal por lo que ya es un pico de sobre voltaje.

Aproximadamente dentro de 7 eventos obtenidos durante los días de captación de sucesos del panel de 220 V, se presentaron varios, los cuales no sobrepasan el 10%, llegando a 8% y 9%. Pero el evento de 9.947% afecta gravemente al sistema si se considera que durante 365 días, 1 evento por 24horas, esto ocasionaría daños de instrumento dentro de esta línea de transmisión eléctrica.

Dichos eventos son provocados por dos razones:

- Transitorios presente por el comportamiento de la carga
- Alimentación de transitorios por sistemas vecinos.

#### **7.1.14 ÁREAS A PROTEGER EN EL SISTEMA DE 220 V PARA MITIGAR LOS EVENTOS TRANSITORIOS DEL EDIFICIO DEL CDI**

La selección de los equipos a proteger para los pico de sobre voltaje se basa en la norma ANSI/IEEE C62.41 y estos se denominan Supresores de Transientes, la instalación es para conexión trifásica con modos de protección LN, LL (modo normal), LG, NG (modo común).

Las áreas son las siguientes:

- **Protección para el panel principal de transmisión 220 V en el Bunker.**
  - Instalar Supresor de Transientes Modelo PTX160-3Y101, protección para sobrecorriente máxima de 160 kA por fase y 80 kA por nodo.
  - De acuerdo a la norma ANSI/IEEE C62.41 el Supresor de Transientes es de **Categoría C.**

- **Protección para el panel principal 220 V del centro de diagnóstico por imágenes.**
  - Instalar Supresor de Transientes Modelo PTX120-3Y101, protección para sobrecorriente máxima de 120 kA por fase y 60 kA por nodo.
  - De acuerdo a la norma ANSI/IEEE C62.41 el Supresor de Transientes es de **Categoría B**.
  
- **Protección para el panel de a/c a 220 V.**
  - Instalar Supresor de Transientes Modelo XT100-3Y101, protección para sobrecorriente máxima de 100 kA por fase y 50 kA por nodo.
  - De acuerdo a la norma ANSI/IEEE C62.41 el Supresor de Transientes es de **Categoría B**.

Para verificar y clasificar la utilización de las Categorías se realizó un documento basado en la norma IEEE. (Anexo C: Importancia de Instalar Supresores de Pico y Clasificación de Transitorios por Categorías).

## 7.2 PANEL DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL DE 460 V

**Sistema de 460 V:** Está conformado principalmente por 3 cargas y son las siguientes: Panel A.A SR 460V (Serpentín de Aire Acondicionado), Panel de A.A UMA 460V (Unidad de Mantenimiento de Aire Acondicionado) y Panel By Pass UPS 400kVA que a su vez incluye dos ups en paralelo de 400kVA y se encuentran en un sub panel denominado Panel de Distribución Principal UPS. Este sub panel respalda a las siguientes cargas: 3 Salas de Rayos X, 2 Salas de Tomografía de 128 Cortes, Transformador Seco para Mamografía, Ecografía y Eco Cardiógrafo.



### 7.2.1 VOLTAJE E INTENSIDAD EN P.D.P 460 V

**Tabla 24 Variaciones de Voltaje y Corriente Panel 460 V**

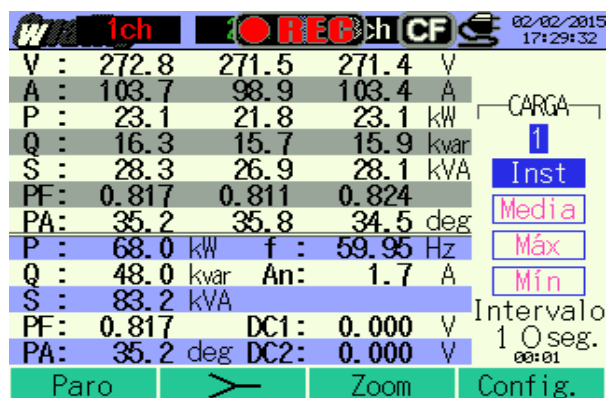
TABLA A						
Parámetros	V1	V2	V3	A1	A2	A3
MINIMA	270,44	269,37	266,10	96,05	92,50	95,04
MAXIMA	274,33	273,74	273,83	194,86	187,84	193,76
PROMEDIO	272,02	271,16	271,17	106,75	105,80	115,51

TABLA B				
Parámetros	FRECU	P(W)	Q(VAR)	S(VA)
MINIMA	59,43	63680,00	21529,57	77951,43
MAXIMA	60,46	124257,14	92430,00	155794,29
PROMEDIO	60,01	71879,60	48468,16	85462,66

En la Tabla 24 se observan los valores de voltaje y corriente de las diferentes líneas del panel de distribución de 460 V.

La figura 7.15 muestra las mediciones instantáneas del analizador de calidad de red eléctrica.



**Figura 7.15 Mediciones Instantáneas de W Panel 460V**

## 7.2.2 ANÁLISIS DE VALORES DE VOLTAJE P.D.P 460 V

Siendo el valor nominal 271 V, debido al Transformador Moretran de 1000 kVA en la posición del tag 2 a 460/266 V. Al analizar el Sistema de 460 V del CDI el voltaje máximo medido es de 274.33 V, siendo esto en porcentaje 1.2% mayor al voltaje nominal. Este porcentaje está dentro de lo que establece la norma del CONELEC 004/01 que se basa en el enunciado IEEE 1100-1999. Se analizó por voltajes promedios de actividades en la semana, y se obtuvo un valor de 271.1 V (línea-neutro), el cual está dentro del valor promedio establecido (menor al 10% del valor nominal).

**Tabla 25 Lista de Datos Adquiridos Panel de 460 V**

Fichero Editar Imprimir Salir							
	Media	270.0824	270.0776	270.4661	268.6736	268.8967	268.9065
	Max	271.8000	271.3000	271.8000	270.9000	270.5000	270.2000
	Max valor registrado	28/01/2015 16:54:30	28/01/2015 16:52:20	28/01/2015 16:54:30	28/01/2015 16:50:50	28/01/2015 16:55:00	28/01/2015 16:54:30
	Min	268.7000	269.0000	269.4000	268.3000	267.1000	267.7000
	Min valor registrado	28/01/2015 16:06:50	28/01/2015 16:06:50	28/01/2015 16:06:50	28/01/2015 16:05:40	28/01/2015 16:05:40	28/01/2015 16:06:50
No	DateTime	INST_V1[V]	AVG_V1[V]	MAX_V1[V]	MIN_V1[V]	INST_V2[V]	AVG_V2[V]
1	28/01/2015 16:05:10	269.3000	269.2000	269.5000	268.9000	268.0000	267.9000
2	28/01/2015 16:05:20	269.1000	269.2000	269.5000	268.0000	267.7000	267.9000
3	28/01/2015 16:05:30	269.5000	269.1000	269.5000	268.8000	268.3000	267.9000
4	28/01/2015 16:05:40	269.9000	269.1000	269.8000	268.3000	267.1000	267.9000
5	28/01/2015 16:05:50	269.4000	269.0000	269.4000	268.5000	268.3000	267.7000
6	28/01/2015 16:06:00	269.4000	269.4000	269.6000	268.7000	268.4000	268.3000
7	28/01/2015 16:06:10	269.7000	269.4000	269.8000	268.8000	268.0000	268.1000
8	28/01/2015 16:06:20	269.6000	269.6000	269.8000	268.4000	267.8000	268.0000
9	28/01/2015 16:06:30	269.4000	269.3000	269.7000	268.8000	268.5000	268.3000
10	28/01/2015 16:06:40	269.5000	269.4000	269.9000	268.9000	268.7000	268.0000
11	28/01/2015 16:06:50	268.7000	269.4000	269.7000	268.7000	267.8000	268.3000
12	28/01/2015 16:07:00	269.5000	269.5000	269.8000	268.2000	268.7000	268.5000
13	28/01/2015 16:07:10	269.7000	269.6000	269.9000	268.8000	268.5000	268.4000
14	28/01/2015 16:07:20	269.5000	269.7000	269.9000	268.2000	268.5000	268.5000
15	28/01/2015 16:07:30	269.7000	269.5000	269.8000	268.2000	268.7000	268.4000
16	28/01/2015 16:07:40	269.1000	269.3000	269.9000	268.9000	268.5000	268.4000
17	28/01/2015 16:07:50	269.5000	269.5000	270.0000	269.0000	268.2000	268.6000
18	28/01/2015 16:08:00	270.2000	269.5000	270.2000	268.1000	269.0000	268.4000
19	28/01/2015 16:08:10	269.4000	269.4000	270.0000	268.0000	267.8000	268.4000
20	28/01/2015 16:08:20	269.6000	269.5000	269.9000	268.1000	268.5000	268.3000
21	28/01/2015 16:08:30	269.2000	269.3000	269.7000	268.9000	268.6000	268.2000
22	28/01/2015 16:08:40	269.4000	269.4000	269.7000	268.9000	268.5000	268.4000
23	28/01/2015 16:08:50	269.0000	269.5000	269.9000	268.0000	268.3000	268.2000
24	28/01/2015 16:09:00	269.7000	269.5000	269.8000	268.1000	268.5000	268.5000
25	28/01/2015 16:09:10	269.2000	269.4000	269.8000	268.0000	268.8000	268.5000
26	28/01/2015 16:09:20	269.1000	269.4000	269.8000	268.9000	268.3000	268.4000

La Tabla 25 es una evidencia de la lista de datos adquiridos en el panel de 460 V.

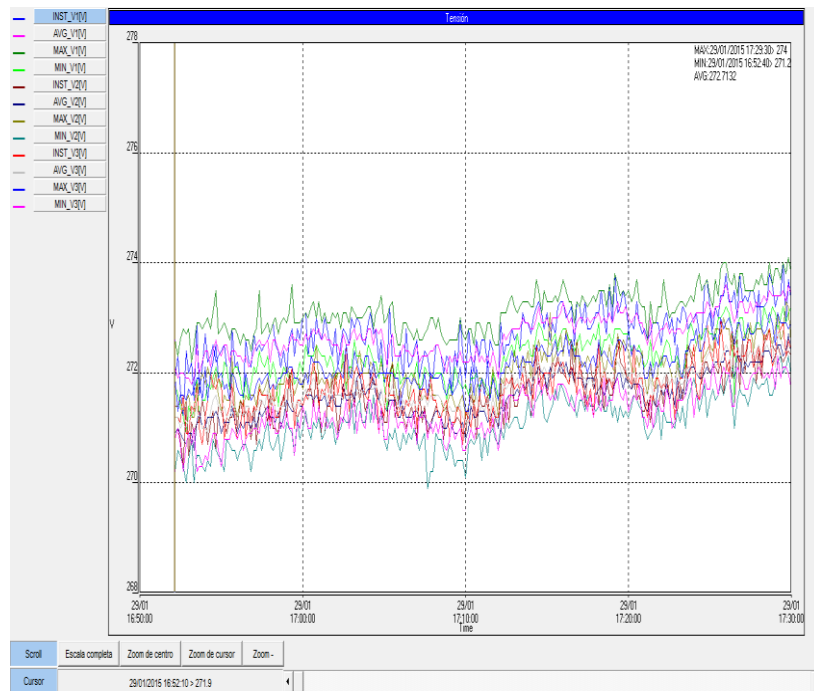
### 7.2.3 DESBALANCE DE VOLTAJE EN P.D.P 460 V

Se calculó el desbalance con la formula (5.4) dada por la referencia [24].

$$\%DV_T = \frac{3 * (V_{MÁX} - V_{MIN})}{V_A + V_B + V_C} * 100 \quad (5.4)$$

$$\%DV_T = \frac{3 * (274.33 - 266.10)}{(272.02 + 271.16 + 2271.17)} * 100 = 3.031\%$$

Existe un desbalance máximo entre las fases producidas por el voltaje máximo relacionado con el voltaje nominal (271 V) dando como resultado un desbalance de 3.031%; este valor está dentro del rango establecido en la norma ANSI/IEEE 446-1995 que establece un valor máximo del 2% al 5%.



**Figura 7.16 Un día de Datos Adquiridos Panel 460V**

En la figura 7.16 se observan los datos de voltajes adquiridos del Panel 460 V de forma gráfica. Se receptaron datos durante toda la semana que variaban de 1 a 1.2 % mayor al valor nominal.

Estos fenómenos se dan cuando están entre 60 y 90 % en funcionamiento del sistema.

#### 7.2.4 ANÁLISIS DE VALORES DE CORRIENTE EN P.D.P 460 V

Al analizar la corriente en estados nominales a plena carga, se identificó que fluctúa en variación de las actividades y secuencia en la carga demandante. Con el análisis en este punto, se calculó los siguientes desbalances de corrientes entre la fase 2 y 3 un 10%, el desbalance entre la fase 1 y 2 llega a 0,8%, el desbalance entre la fase 3 y 1 llega a 8,7%. En base a la norma **ANSI/IEEE 446-1995 en este caso no sobrepasó el 40 % de la corriente nominal**. Por lo tanto no existe desbalance.

Los cambios en porcentaje del valor promedio al valor máximo, son en la fase 1 de 82.53%, el desbalance en la fase 2 de 77.5%, el desbalance en la fase 3 de 67.7%. Estos valores indican que las cargas existentes en este circuito están fluctuando en su demanda de corriente.

La Tabla 26 muestra la corriente en el neutro del P.D.P de 460 V.

**Tabla 26 Corriente en el Neutro**

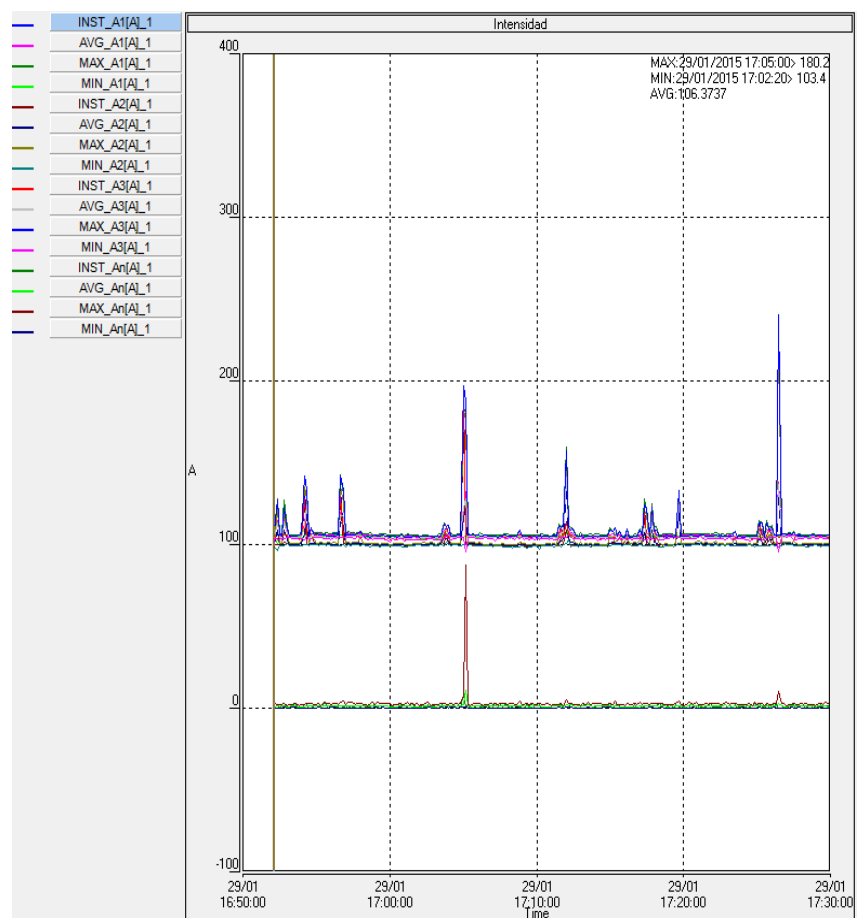
Parámetros	Corriente del Neutro (A)
MINIMA	0.03
MAXIMA	28.10
PROMEDIO	1.3

Al tener estos valores del neutro no se atribuyen a un desbalance, por lo mencionado anteriormente se concluye que el sistema está balanceado.

**Tabla 27 Lista de Datos Adquiridos de Corriente Panel 460 V**

Archivo Editar Imprimir Salir									
	Media	272.7132	271.5966	271.7452	106.3737	100.9486	105.3899	1.2160	68778.2644
	Max	274.0000	272.9000	273.0000	100.2000	173.9000	192.1000	8.0794	116300.0000
	Max valor registrado	29/01/2015 17:29:30	29/01/2015 17:27:30	29/01/2015 17:25:40	29/01/2015 17:05:00	29/01/2015 17:05:00	29/01/2015 17:05:00	29/01/2015 17:05:00	29/01/2015 17:05:00
	Min	271.2000	270.3000	270.7000	103.4000	96.3000	102.6000	0.0007	67110.0000
	Min valor registrado	29/01/2015 16:52:40	29/01/2015 16:52:40	29/01/2015 16:53:50	29/01/2015 17:02:20	29/01/2015 17:09:20	29/01/2015 17:01:00	29/01/2015 17:22:50	29/01/2015 17:25:40
No	DateTime	INST_V1[V]	INST_V2[V]	INST_V3[V]	INST_A1[A]	INST_A2[A]	INST_A3[A]	INST_A4[A]	INST_P[W]
1	29/01/2015 16:52:10	271.9000	270.9000	271.2000	106.9000	99.9000	104.2000	0.4022	68360.0000
2	29/01/2015 16:52:20	272.3000	271.0000	271.2000	106.8000	99.7800	103.9000	1.2460	68260.0000
3	29/01/2015 16:52:30	271.7000	270.8000	271.1000	104.3000	99.8100	104.2000	0.2603	67800.0000
4	29/01/2015 16:52:40	271.2000	270.3000	271.6000	105.0000	99.8400	104.3000	1.9470	68090.0000
5	29/01/2015 16:52:50	272.4000	271.5000	270.9000	107.9000	101.3000	106.7000	3.0140	68620.0000
6	29/01/2015 16:53:00	272.0000	270.5000	270.9000	105.1000	100.8000	105.1000	0.5690	68130.0000
7	29/01/2015 16:53:10	272.2000	271.1000	271.4000	105.4000	100.2000	104.1000	1.0480	68190.0000
8	29/01/2015 16:53:20	271.5000	270.9000	271.3000	106.0000	100.6000	104.7000	0.8087	68080.0000
9	29/01/2015 16:53:30	272.9000	271.1000	271.8000	105.6000	99.6600	104.4000	2.6310	68100.0000
10	29/01/2015 16:53:40	271.6000	271.1000	271.0000	105.2000	99.5600	105.4000	1.4210	68020.0000
11	29/01/2015 16:53:50	272.1000	271.5000	270.7000	106.9000	101.0000	103.4000	0.3316	68130.0000
12	29/01/2015 16:54:00	272.7000	271.2000	271.2000	107.3000	102.5000	105.6000	0.0615	69170.0000
13	29/01/2015 16:54:10	272.2000	270.7000	271.5000	134.5000	126.2000	128.1000	2.1900	84080.0000
14	29/01/2015 16:54:20	272.3000	271.1000	272.0000	106.2000	100.2000	105.0000	3.0260	68340.0000
15	29/01/2015 16:54:30	272.5000	271.3000	271.8000	106.4000	99.7100	103.8000	0.0547	68310.0000
16	29/01/2015 16:54:40	272.2000	270.6000	271.7000	106.2000	105.7000	110.4000	0.2554	68190.0000
17	29/01/2015 16:54:50	272.3000	271.4000	271.9000	106.3000	100.5000	104.9000	1.3400	68610.0000
18	29/01/2015 16:55:00	272.4000	271.3000	271.8000	106.9000	101.0000	105.9000	1.4710	68560.0000
19	29/01/2015 16:55:10	272.5000	271.1000	270.8000	106.6000	100.1000	104.8000	1.4160	68480.0000
20	29/01/2015 16:55:20	272.1000	270.9000	271.2000	106.0000	100.4000	104.9000	1.8000	68030.0000
21	29/01/2015 16:55:30	271.7000	271.2000	271.4000	106.5000	99.7700	104.6000	2.8250	68700.0000
22	29/01/2015 16:55:40	272.8000	271.2000	271.8000	106.9000	99.3700	104.8000	2.8650	68350.0000
23	29/01/2015 16:55:50	272.1000	271.4000	271.1000	106.7000	100.5000	104.2000	0.0230	68290.0000
24	29/01/2015 16:56:00	272.2000	271.0000	270.8000	106.7000	99.7700	105.1000	2.1140	68000.0000
25	29/01/2015 16:56:10	271.9000	271.5000	271.0000	106.5000	100.1000	104.9000	1.1760	68340.0000
26	29/01/2015 16:56:20	271.5000	271.2000	271.5000	106.6000	100.2000	104.4000	0.6591	68150.0000
27	29/01/2015 16:56:30	272.6000	271.3000	270.8000	106.8000	99.7600	104.4000	0.7745	68200.0000
28	29/01/2015 16:56:40	272.2000	271.2000	271.4000	134.0000	126.2000	129.4000	1.6470	83020.0000
29	29/01/2015 16:56:50	272.1000	270.8000	271.1000	106.9000	100.4000	104.3000	0.6797	68310.0000
30	29/01/2015 16:57:00	272.7000	271.4000	271.4000	106.7000	101.0000	104.2000	0.3172	68090.0000
31	29/01/2015 16:57:10	272.4000	270.7000	271.3000	107.2000	100.6000	105.4000	1.7470	68710.0000
32	29/01/2015 16:57:20	272.5000	271.3000	271.7000	106.0000	100.7000	104.9000	0.2220	68640.0000
33	29/01/2015 16:57:30	272.4000	271.5000	271.6000	106.4000	100.8000	105.7000	0.6991	68660.0000
34	29/01/2015 16:57:40	272.5000	271.4000	271.6000	106.4000	100.5000	105.4000	0.2401	68490.0000

En la Tabla 27 se observa una lista de datos adquiridos por el analizador de redes. Se justifica esta variación por razones de la naturaleza de la carga, que está induciendo corriente en el neutro.



**Figura 7.17 Un día de Datos Adquiridos de la Corriente Panel 460 V**



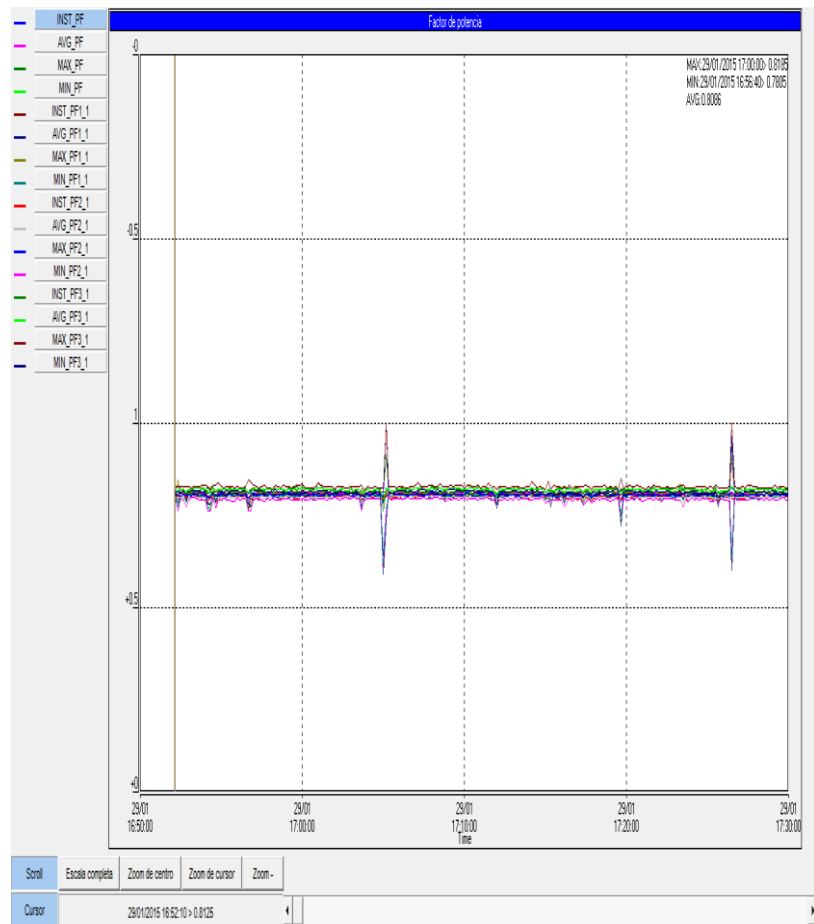
La figura 7.17 muestra los datos adquiridos de corriente en forma gráfica. La corriente en esta etapa tiene un comportamiento variable, el cual está afectando directamente a Tomógrafos y Rayos X que son las cargas más sensibles

### 7.2.5 ANÁLISIS DEL FACTOR DE POTENCIA EN P.D.P 460 V

**Tabla 28 Resumen del Factor de Potencia Panel 460 V**

TOTAL				
	FP (Total)	FP Línea A	FP Línea B	FP Línea C
<b>Mínima</b>	0,68	0,7014	0,6685	0,6557
<b>Máxima</b>	0,9408	0,9385	0,9512	0,9557
<b>Promedio</b>	0,8071	0,8027	0,7985	0,8185

De los datos registrados, se realizó la Tabla 28 en donde el factor de potencia total de este punto en promedio durante el periodo de máxima carga es de 0,94 y en el periodo de mínima carga el factor de potencia en promedio es de 0,8. No obstante se observa que la fase B, tiene un factor de potencia que bajó a 0.66 y que en la fase A y C las cargas se encuentran con un factor de potencia de 0.70 y 0.65. Siendo el promedio un valor de 0.80, el cual **no** está dentro de la norma del CONELEC 004/01 que es de 0.92.



**Figura 7.18 Factor de Potencia Panel 460 V**

En la figura 7.18 se muestra el factor de potencia de forma gráfica. En este análisis el Panel de 460 V se evidencia una disminución del factor de potencia por causa de Reactivos en el Sistema. Se puede concluir que este fenómeno se debe de controlar cuidándose de las cargas inductivas, en caso

contrario se tendrá que dimensionar un banco de capacitores sostenible.

A pesar de realizar las mediciones y haber detectado un factor de potencia de 0.82 en el P.D.P 460 V que fue inferior al mínimo recomendado por la regulación del CONELEC 004/01 que es 0.92. No se recomienda la instalación de un banco de condensadores como solución para mejorar de 0.82 a 0.92 ya que el lugar donde se realizó el análisis no fue en la acometida principal del HLV.

El factor de potencia en la acometida principal del HLV es de 0.94 que es un valor que está dentro del rango que dicta la regulación del CONELEC 004/01

## 7.2.6 MEDICIÓN DE FRECUENCIA EN P.D.P 460 V

Se obtuvieron resultados en donde la máxima frecuencia fue de 60.10 Hz en un porcentaje del 0.16 % de variación con respecto a la máxima frecuencia y la mínima registrada fue de 59.9 Hz en un porcentaje de 0.1 % menor al valor óptimo.

En la figura 7.19 se muestra la frecuencia del panel de 460 V en forma gráfica.

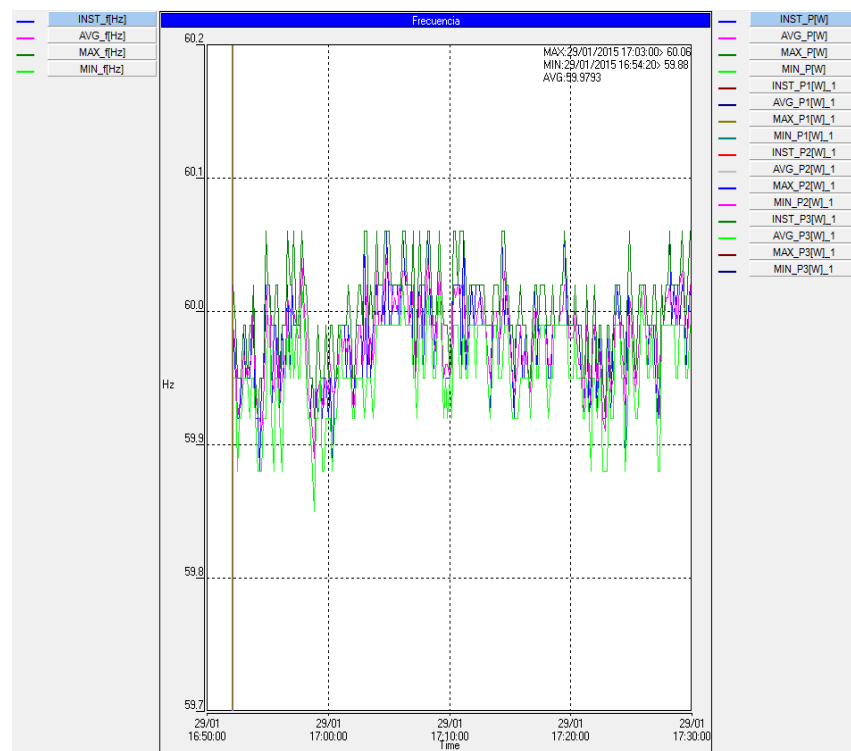
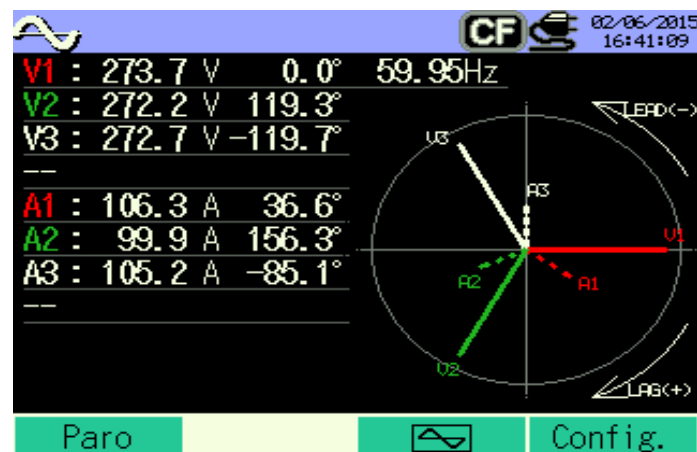


Figura 7.19 Frecuencia Panel 460 V

Estos valores están dentro del rango que se establece en la normativa NATSIM e indica que la variación máxima de frecuencia esta por el orden de +/- 5%. Por lo que no hay problema en el Sistema de 460 V con respecto a la frecuencia.

### 7.2.7 DIAGRAMA FASORIAL EN P.D.P 460 V



**Figura 7.20 Diagrama Fasorial y Magnitudes Panel 460 V**

La figura 7.20 indica que el sistema fue bien dimensionado con respecto a la carga que analizada porque se observa el ángulo de desfase del sistema de 460 voltios correctamente y se aprecian los valores instantáneos del Voltaje y Corriente.

El sistema trifásico se encuentra balanceado en sus magnitudes con respecto a los voltajes y con un desfase de por línea de 120 grados, el cual es correcto para el sistema que se está analizando

#### 7.2.8 MEDICIÓN DE RELACIÓN DE DESEQUILIBRIO EN P.D.P 460 V

**Tabla 29 Relación de Desequilibrio Panel de 460 V**

MEDIA DE DESEQUILIBRIO 460 VOLTIOS		
	UV	UA
<b>Mínimo</b>	0,26	0,055
<b>Máximo</b>	2,085	31,95
<b>Media</b>	1,275	14,975

En la Tabla 29 se observa el desequilibrio de la corriente que se obtuvo del analizador de red en el panel de 460 V. El promedio de la relación de desequilibrio del voltaje es de 1,275 % y en corriente el 14.975 %.

- **Desequilibrio de voltaje:**

$$Desequilibrio = \frac{V_{max} - V_{medio}}{V_{medio}} * 100\% \quad (7.16)$$

$$V_{medio} = \frac{V_a + V_b + V_c}{3} \quad (7.17)$$

$$V_{medio} = \frac{272.02 + 271.16 + 271.17}{3} = 271.45$$

$$V_{\max(\text{promedio})} = \frac{274.33 + 274.24 + 274.19}{3} = 274.25$$

$$Desequilibrio = \frac{274.25 - 271.45}{271.45} * 100\% = 1.03\%$$

- **Desequilibrio de corriente:**

$$Desequilibrio = \frac{I_{max} - I_{media}}{I_{media}} * 100\% \quad (7.18)$$

$$I_{media} = \frac{I_a + I_b + I_c}{3} \quad (7.19)$$

$$I_{media} = \frac{106.75 + 105.8 + 115.51}{3} = 109.35$$

$$I_{\max(\text{promedio})} = 125 \text{ Amp}$$

$$\text{Desequilibrio} = \frac{125 - 109.35}{109.35} * 100\% = 14.31\%$$



**Figura 7.21 Muestreo de Desequilibrio Panel 460V**

La figura 7.21 muestra el desequilibrio obtenido por el analizador de calidad de energía del Panel de 460 V. Basándose a la norma IEC 61000-2-1 – IEC 61000-4-27 – NEMA - ANSI C84.1. La relación de desequilibrio del voltaje es de 1.27 %, **Cumple con la norma.**

Basándose a la norma IEC 61000-2-1 – IEC 61000-4-27 – NEMA - ANSI C84.1 la relación de desequilibrio de corriente es de 14.9 %, **No cumple con la norma.**



### 7.2.9 MEDICIÓN DE ARMÓNICOS EN P.D.P 460 V

A continuación se presentan imágenes capturadas en el momento de la medición realizada por el analizador de potencia.

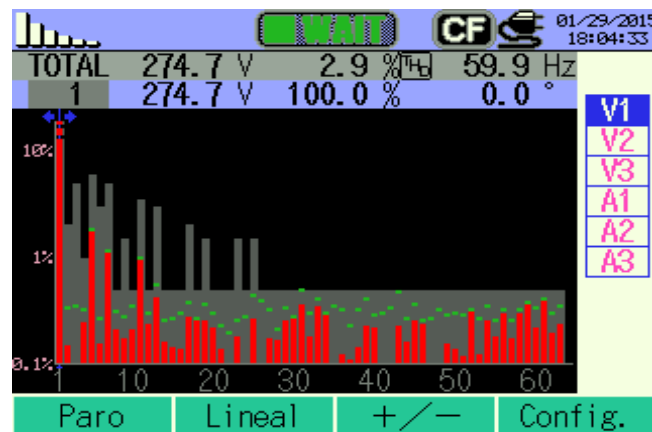
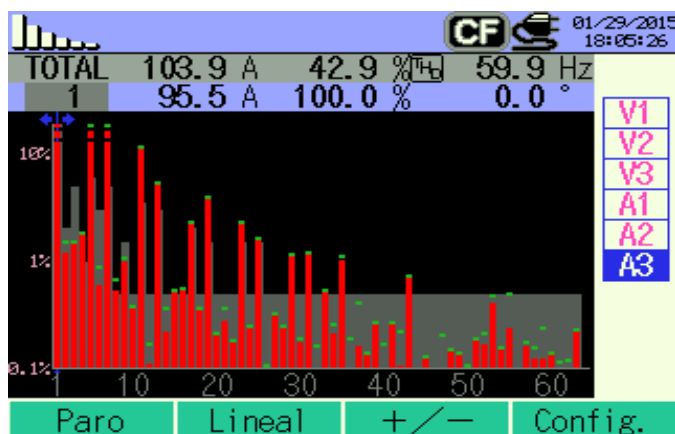


Figura 7.22 Medición en tiempo real de Armónicos de Voltaje V1 Panel 460 V



**Figura 7.23 Medición en tiempo real de Armónicos de Voltaje V1 Panel 460 V**

Las figuras 7.22 y 7.23 presentadas, muestran información adicional valiosa como es el total de la distorsión armónica, el voltaje o corriente de operación en ese instante de tiempo, frecuencia, el orden de armónicos y la visualización de los niveles de armónicos. Se observa en la figura 7.23 armónico de corriente de 42.9% en la fase 3 que no cumplen la norma IEEE 519.

A continuación se presenta la Tabla 30 resumida que contiene la distorsión armónica total del sistema trifásico.

**Tabla 30 Resumen General de Armónicos Panel 460 V**

RESUMEN GENERAL DE ARMONICOS PANEL 460V						
PARAMETROS	V1	V2	V3	A1	A2	A3
V-A MINIMO	268,73	266,87	266,93	100,12	97,20	103,00
V-A MAXIMO	279,73	279,83	279,57	150,13	135,87	131,07
V-A PROM	274,96	274,45	274,45	105,27	101,35	106,29
THD % MIN	2,29%	2,33%	2,25%	38,53%	38,87%	39,49%
THD % MAX	4,40%	4,28%	4,32%	42,78%	44,12%	45,63%
THD % PROM	3,22%	3,19%	3,12%	40,30%	41,20%	41,76%

- **Análisis de la Distorsión Armónica General en Panel de 460 V**

Los resultados de las mediciones reflejadas en la Tabla 30 indican que **si cumplen** la norma para THD<sub>v</sub>, pero en el caso de THD<sub>i</sub> **no cumplen** la norma.

A continuación se presenta la Tabla 31 que contiene el resumen de los armónicos de tercer orden.

**Tabla 31 Resumen Armónicos de Tercer Orden Panel 460 V**

RESUMEN DE ARMONICOS DE TERCER ORDEN PANEL DE 460V						
PARAMETROS	V1	V2	V3	A1	A2	A3
V-A MINIMO	0,031	0,012	0,210	0,684	0,758	0,495
V-A MAXIMO	1,377	1,200	1,924	5,144	4,667	4,011
V-A PROM	0,438	0,477	0,862	2,814	2,386	1,945
THD% MIN	0,01%	0,00%	0,08%	0,74%	0,84%	0,53%
THD% MAX	0,49%	0,43%	0,69%	3,91%	4,13%	2,80%
THD % PROM	0,16%	0,17%	0,31%	2,88%	2,56%	1,98%

- **Análisis de la Distorsión Armónica de Tercer Orden en Panel de 460 V**

La regulación del CONELEC 004/001 para las armónicas en voltaje de tercer orden su tolerancia es 5%. Ver Tabla 5. La norma IEEE 519 para las armónicas en corriente de orden  $n < 11$  su tolerancia es 15%. Ver Tabla 7. Por lo tanto para armónicas individuales las mediciones reflejadas en la Tabla 31 indican que **si cumplen** la norma los armónicos  $THD_V$  y  $THD_I$  de orden 3.

A continuación se presenta la Tabla 32 que contiene el resumen de los armónicos de quinto orden.

**Tabla 32 Resumen Armónicos de Quinto Orden Panel 460 V**

RESUMEN DE ARMONICOS DE QUINTO ORDEN PANEL 460V						
PARAMETROS	V1	V2	V3	A1	A2	A3
V-A MINIMO	3,181	3,092	2,908	28,633	26,920	29,513
V-A MAXIMO	8,579	8,071	8,881	48,880	41,877	53,923
V-A PROM	5,501	5,244	5,523	31,174	29,696	31,851
THD% MIN	1,18%	1,16%	1,09%	30,82%	29,75%	32,31%
THD% MAX	3,07%	2,89%	3,18%	35,11%	36,21%	37,62%
THD % PROM	2,00%	1,91%	2,01%	31,94%	31,80%	32,41%

- **Análisis de Distorsión Armónica de Quinto Orden en Panel de 460 V**

La regulación del CONELEC 004/001 para las armónicas en voltaje de quinto orden su tolerancia es 6%. Ver Tabla 5. La norma IEEE 519 para las armónicas en corriente de orden  $n < 11$  su tolerancia es 15%. Ver Tabla 7. Por lo tanto para armónicas individuales las mediciones reflejadas en la Tabla 32 indican que **si cumplen** la norma para  $THD_V$ , pero en el caso de  $THD_I$  **no cumplen** la norma, ambos de orden 5.

A continuación se presenta la Tabla 33 que contiene el resumen de los armónicos de séptimo orden.

**Tabla 33 Resumen Armónicos de Séptimo Orden Panel 460 V**

RESUMEN DE ARMONICOS DE SEPTIMO ORDEN PANEL 460V						
PARAMETROS	V1	V2	V3	A1	A2	A3
V-A MINIMO	1,262	1,109	1,293	17,000	18,580	20,347
V-A MAXIMO	6,807	6,718	5,859	26,593	25,427	30,640
V-A PROM	3,952	3,864	3,472	19,336	20,352	21,927
THD% MIN	0,47%	0,42%	0,48%	18,30%	20,54%	22,27%
THD% MAX	2,44%	2,40%	2,10%	19,87%	22,25%	21,38%
THD % PROM	1,44%	1,41%	1,27%	19,81%	21,80%	22,31%

- **Análisis de la Distorsión Armónica de Séptimo Orden en Panel de 460 V**

La regulación del CONELEC 004/001 para las armónicas en voltaje de séptimo orden su tolerancia es 5%. Ver Tabla 5. La norma IEEE 519 para las armónicas en corriente de orden  $n < 11$  su tolerancia es 15%. Ver Tabla 7. Por lo tanto para armónicas individuales las mediciones reflejadas en la Tabla 33 indican que **si cumplen** la norma para  $THD_V$ , pero en el caso de  $THD_I$  **no cumplen** la norma, ambos de orden 7.

A continuación se presenta la Tabla 34 que contiene el resumen de los armónicos de noveno orden.

**Tabla 34 Resumen Armónicos de Noveno Orden Panel 460 V**

RESUMEN DE ARMONICOS DE NOVENO ORDEN PANEL 460V						
PARAMETROS	V1	V2	V3	A1	A2	A3
V-A MINIMO	0,095	0,034	0,192	0,115	0,182	0,731
V-A MAXIMO	1,927	1,400	1,634	2,581	2,175	1,987
V-A PROM	0,712	0,444	0,763	1,457	1,130	1,319
THD% MIN	0,04%	0,01%	0,07%	0,12%	0,20%	0,80%
THD% MAX	0,69%	0,50%	0,59%	1,96%	1,93%	1,39%
THD % PROM	0,26%	0,16%	0,28%	1,49%	1,21%	1,34%

- **Análisis de la Distorsión Armónica de Noveno Orden en Panel de 460 V**

La regulación del CONELEC 004/001 para las armónicas en voltaje de noveno orden su tolerancia es 1.5%. Ver Tabla 5. La norma IEEE 519 para las armónicas en corriente de orden  $n < 11$  su tolerancia es 15%. Ver Tabla 7. Por lo tanto para armónicas individuales las mediciones reflejadas en la Tabla 34 indican que **si cumplen** la norma los armónicos  $THD_v$  y  $THD_i$  de orden 9.

- **Límites y Análisis de Distorsión de Corriente en Panel de 460 V según la Distorsión de Demanda (TDD)**

Debido a que se encontró armónicos de corriente aplicando el  $THD_i$  se hace un segundo análisis utilizando el TDD para verificar si estos niveles de armónicos afectan a la red eléctrica y se utiliza la ecuación (4.6):

$$TDD = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_L} * 100 \quad (4.6)$$

**Tabla 35 Tensión de Cortocircuito en Función de la Potencia Aparente. [29]**

TRANSFORMADORES						
S(kva)	200	250	315	400	500	630
Vccl(%)	4	4	4	4	4	4
TRANSFORMADORES						
S(kva)	800	1000	1250	1600	2000	2500
Vccl(%)	5	5	5	5	6,25	6,25

Para calcular la corriente de corto circuito en el punto de medición de calidad de energía eléctrica se utiliza la  $I_{CCS}$  del transformador mediante la siguiente ecuación:

$$I_{CCS} = \frac{S}{\sqrt{3} \left( \frac{U_{CC}}{100} \right) U_s} \quad (7.20)$$

Donde:

$S$ : Potencia del Transformador en kVA

$U_{CC}$ : Tensión Porcentual de Cortocircuito del Transformador

$U_s$ : Tensión Secundaria en Carga en Voltios

$I_{CCS}$ : Intensidad de Cortocircuito Secundaria en kA



Para saber el valor a utilizar con respecto al  $U_{cc}$  se busca en la Tabla 35 este valor según la potencia aparente del transformador. Reemplazando Valores en la ecuación planteada se obtiene:

$$I_{ccs} = \frac{1000}{\sqrt{3} \left( \frac{5}{100} \right) \times 460} = 25.10kA \quad (7.21)$$

Luego se obtiene la relación  $I_{cc}/I_L$  y se muestra en la siguiente Tabla 36.

**Tabla 36 Relación  $I_{cc}/I_L$**

Relación $I_{cc}/I_L$	
$I_{cc}$	25.10k A
$I_L$	115,51 A
$I_{cc}/I_L$	217,29

La relación  $I_{cc}/I_L$  es un parámetro para definir los niveles de corrientes y según Tabla 7 de la Norma IEEE 519 el valor obtenido está entre el rango de 100-1000 que corresponde a la cuarta fila y los valores para TDD= 15% y para  $n < 11$  corresponde el 12%.

A continuación se presenta la Tabla 37 que contiene el resumen de los TDD del Panel de 460 V.

**Tabla 37 Distorsión de Demanda Total Panel 460 V**

TDD TOTAL			
PARAMETROS	A1	A2	A3
THD% MIN	28,83%	28,33%	31,04%
THD% MAX	48,43%	42,65%	53,83%
THD % PROM	31,88%	31,25%	33,54%

Los datos mostrados en la Tabla 37 indican que A1, A2 y A3 **no cumple** la norma.

A continuación se presenta la Tabla 38 que contiene el resumen de los TDD de orden 3 del Panel de 460 V.

**Tabla 38 Distorsión de Demanda Tercer Orden Panel 460 V**

TDD n=3			
PARAMETROS	A1	A2	A3
THD% MIN	0,59%	0,66%	0,43%
THD% MAX	4,45%	4,04%	3,47%
THD % PROM	2,44%	2,07%	1,68%

Los datos mostrados en la Tabla 38 indican que A1, A2 y A3 **si cumple** la norma para  $n = 3$ .

A continuación se presenta la Tabla 39 que contiene el resumen de los TDD de orden 5 del Panel de 460 V.

**Tabla 39 Distorsión de Demanda Quinto Orden Panel 460 V**

TDD n=5			
PARAMETROS	A1	A2	A3
THD% MIN	24,79%	23,31%	25,55%
THD% MAX	42,32%	36,25%	46,68%
THD % PROM	26,99%	25,71%	27,57%

Los datos mostrados en la Tabla 39 indican que A1, A2 y A3 **no cumple** la norma .para  $n = 5$ .

A continuación se presenta la Tabla 40 que contiene el resumen de los TDD de orden 7 del Panel de 460 V.

**Tabla 40 Distorsión de Demanda Séptimo Armónico**

TDD n=7			
PARAMETROS	A1	A2	A3
THD% MIN	14,72%	16,09%	17,61%
THD% MAX	23,02%	22,01%	26,53%
THD % PROM	16,74%	17,62%	18,98%

Los datos mostrados en la Tabla 40 indican que A1, A2 y A3 **no cumple** la norma .para n = 7.

A continuación se presenta la Tabla 41 que contiene el resumen de los TDD de orden 9 del Panel de 460 V.

**Tabla 41 Distorsión de Demanda Noveno Armónico**

TDD n=9			
PARAMETROS	A1	A2	A3
THD% MIN	0,10%	0,16%	0,63%
THD% MAX	2,23%	1,88%	1,72%
THD % PROM	1,26%	0,98%	1,14%

Los datos mostrados en la Tabla 41 indican que A1, A2 y A3 **si cumple** la norma .para n = 7.

- **Resumen del Análisis de la Distorsión Armónica Incluyendo el TDD en Panel de 460 V**

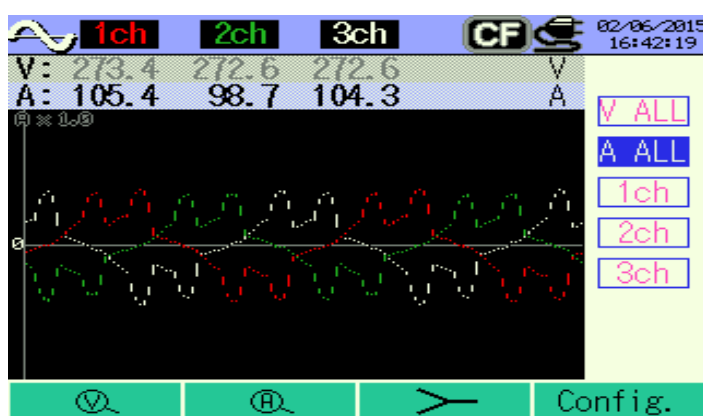
**Tabla 42 Resumen del Análisis de Armónicos Panel 460 V**

PANEL 460V			
ARMONICO	%	NORMA	CUMPLE
THDV	3,22	CONELEC	SI
THDI	41,76	IEEE 519	NO
TDD	33,54	IEEE 519	NO
V3 (%)	0,31	CONELEC	SI
I3 (%)	2,44	IEEE 519	SI
V5 (%)	2,01	CONELEC	SI
I5 (%)	27,57	IEEE 519	NO
V7 (%)	1,27	CONELEC	SI
I7 (%)	18,98	IEEE 519	NO
V9 (%)	0,28	CONELEC	SI
I9 (%)	1,14	IEEE 519	SI

De los datos obtenidos y procesados con respecto al voltaje la distorsión armónica **si Cumple la norma del CONELEC 004/01**, pero al analizar la corriente se encontró la existencia de distorsión de demanda que **no Cumple la Norma IEEE 519**, además dentro de las armónicas individuales más significativas que se analizó en detalle por medio del concepto de Distorsión de Demanda (TDD) se encontró que las de quinto y séptimo orden **no Cumplen la Norma IEEE 519**. Ver Tabla 42.

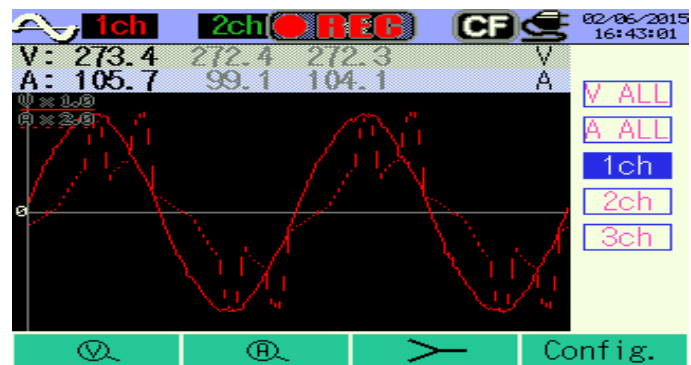
- **Forma de Onda de Voltaje y Corriente en Panel de 460 V**

En las siguientes figuras se presentan las ondas de voltaje y corriente con el fin de observar la distorsión existente en la forma de onda de corriente.



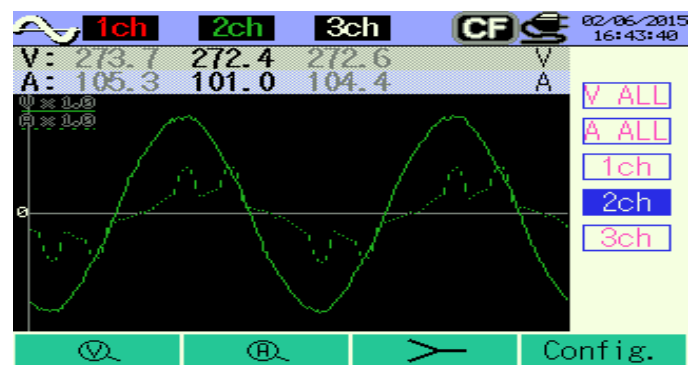
**Figura 7.24 Formas de Onda de las Corrientes A1, A2, A3**

La figura 7.24 muestra las formas de onda distorsionadas de todas las corrientes del Panel de 460 V.



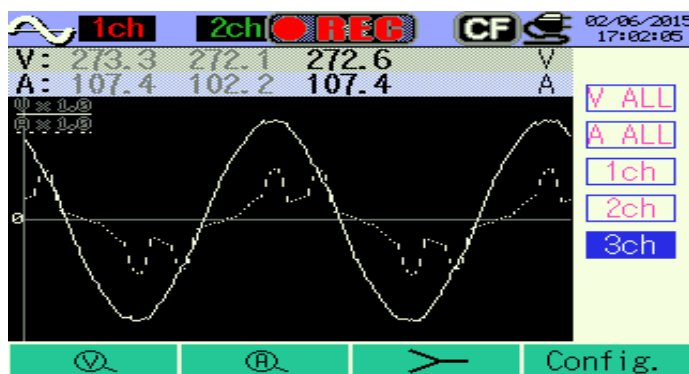
**Figura 7.25 Forma de Onda Voltaje y Corriente del Canal 1**

La Figura 7.25 muestra simultáneamente las ondas de voltaje y corriente de la fase 1 del canal 1.



**Figura 7.26 Forma de Onda Voltaje y Corriente del Canal 2**

La Figura 7.26 muestra simultáneamente las ondas de voltaje y corriente de la fase 2 del canal 2.



**Figura 7.27 Forma de Onda Voltaje y Corriente del Canal 3**

La figura 7.27 muestra simultáneamente las ondas de voltaje y corriente de la fase 3 del canal 3.

De todas las formas de onda observadas que representan las 3 fases de voltaje y corriente, existe una distorsión de la onda de corriente en las fases A1, A2 y A3 debido al UPS y a las cargas no lineales conectadas al mismo. Además este a su vez pertenece al Panel de 460 V del CDI del HLV como la tercera carga identificada con el nombre de By Pass del UPS 400 kVA.



### 7.2.10 DETERMINACIÓN DEL FILTRO DE ARMÓNICOS Y AREA A PROTEGER DEL SISTEMA DE 460 V

Se desea satisfacer el nivel de Distorsión de Demanda Total (TDD) a valores menores a 20% para el P.D.P 460 V.

**Tabla 43 Datos del sistema Eléctrico Panel 460 V**

TENSION DEL SISTEMA	460 VAC
CORRIENTE PROMEDIO	115,51 A
THD EN CORRIENTE	33,54 %
ENERGIA REACTIVA CONSUMIDA	48,468 kVAR

En la Tabla 43 se muestran los datos del sistema eléctrico para calcular el tamaño del filtro activo. Mediante la ecuación (7.22) se calcula la corriente rms armónica.

$$I_H = \frac{I_{RMS}}{\sqrt{\frac{1}{THD_i^2} + 1}} \quad (7.22)$$

Dónde:

$I_{RMS}$ : Corriente total de carga

$THD_i$ : Tasa de distorsión armónica en corriente

$I_H$ : Corriente efectiva armónica.

Con los datos de la Tabla 43 se obtiene:

$$I_H = \frac{115.51}{\sqrt{\frac{1}{0.335^2} + 1}} = 36.69 A_{RMS}$$

El filtro compensa simultáneamente los armónicos y los reactivos mediante inyección dinámica de corriente. La capacidad total de inyección del filtro está dada por la siguiente ecuación:

$$I_{FILTRO} = \sqrt{I_H^2 + I_R^2} \quad (7.23)$$

Donde:

$I_{FILTRO}$ : Capacidad requerida del filtro activo

$I_H$ : Corriente efectiva armónica requerida

$I_R$ : Corriente efectiva reactiva requerida

Asumiendo factor de potencia objetivo unitario se estima corriente equivalente necesaria para compensar 48,468 kVAR que absorbe el conjunto de cargas no lineales.

$$I_R = \frac{Q_c}{\sqrt{3} * V_{L-L}} \quad (7.25)$$

$$I_R = \frac{48.468_{kVAR}}{\sqrt{3} * 460V} = 60.83 A$$

Finalmente:

$$I_{Filtro} = \sqrt{36.69^2 + 60.83^2} = 71.038 A$$

Por lo tanto para esta aplicación es necesario un filtro activo con una capacidad de corriente para 100 amperios.

- **Selección del Filtro de Armónicos**

**Tabla 44 Selección de Filtro Activo**

TABLA DE SELECCIÓN DE FILTRO					
CORRIENTE NOMINAL (RMS)	MAXIMA POTENCIA REACTIVA (KVAR)			ENCERRAMIENTO	PESO
	208 V	400 V	480 V	CLASE	Lbs (kg)
50	18	34,8	41,8	NEMA 12 / IP30	661 (300)
100	38	88,2	83,1		771 (350)
300	108	207,8	249,4		1212(550)

**Tabla 45 Selección Transformador de Corriente para Filtro Activo**

TABLA DE SELECCION DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE				
CAPACIDAD EN AMP	PESO (lb)	PRECISION	CAPACIDAD DE CARGA	CORRIENTE SECUNDARIA
500	3,5	2%	3 VA	5ª
1000	3,5	1%	10VA	5ª
3000	4,25	1%	45VA	5ª
5000	5,5	1%	45VA	5ª

En el panel de distribución de 460 V la corriente  $I_F = 71,083$  A, por lo tanto observando la Tabla 44 se escoge el filtro de 100 A (RMS), y sus correspondientes transformadores de corriente de 500 A de capacidad en base a la Tabla 45

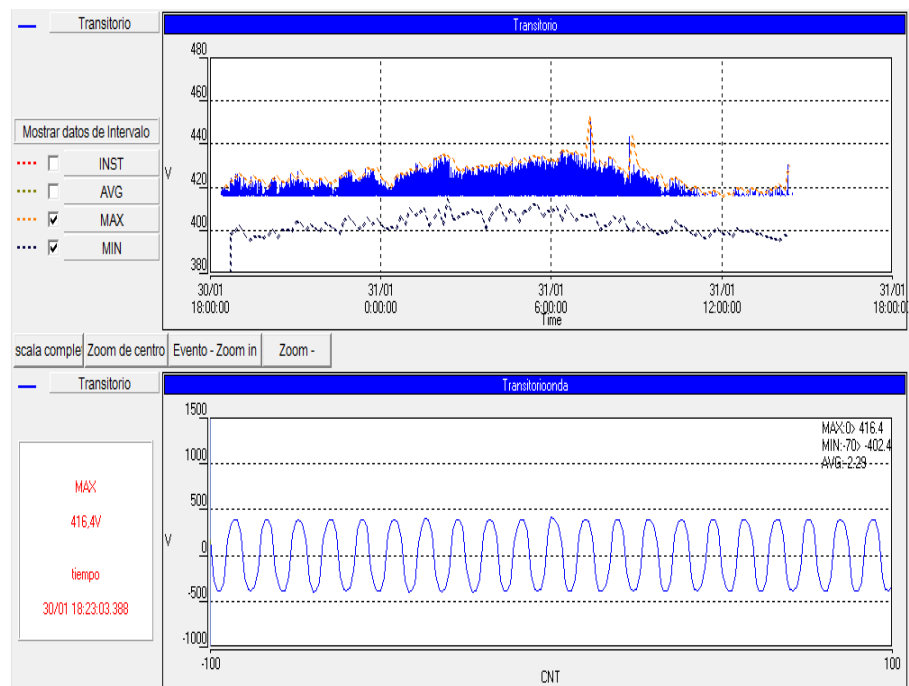
- **Área a Proteger para Mitigar los Eventos de Distorsión Armónica de Corriente en el CDI del HLV**

La instalación se la debe realizar en paralelo a las cargas comprendidas en:

- **Panel de Distribución Principal 460 V**

## 7.2.11 MEDICIÓN DE TRANSITORIO EN P.D.P 460 V

Dentro de la totalidad de registro, existen eventos transitorios mayores al 10%. La figura 7.28 indica una visión general en forma gráfica de los transitorios adquiridos en panel 460 V. Estos eventos ocurrieron en el transcurso de las mediciones, con un aumento de voltaje hasta los 443.2 y 452 voltios.



**Figura 7.28 Datos Transitorios adquiridos en Panel 460 V**

Dichos eventos llegaron a un nivel de porcentaje de 14.73 % y 17.5 % con respecto al voltaje nominal de 384.7 Vpeak L-N, esto indica que los datos llegan al límite para ser denominados eventos transitorios. La Tabla 46 indica los datos transitorios mencionados pertenecientes al panel 460V.

**Tabla 46 Datos Transitorios Panel 460V**

Lista de Intervalos de Calidad					
Imprimir Salir					
Nº	Hora y fecha	INST	AVG	MAX	MIN
70	31/01 06:03:00.000	423.8000	422.1000	432.2000	408.7000
71	31/01 06:13:00.000	419.7000	422.2000	431.7000	410.5000
72	31/01 06:23:00.000	424.7000	423.7000	436.4000	404.5000
73	31/01 06:33:00.000	429.6000	424.9000	436.4000	410.8000
74	31/01 06:43:00.000	426.8000	424.8000	435.2000	407.1000
75	31/01 06:53:00.000	418.1000	423.9000	436.1000	404.2000
76	31/01 07:03:00.000	426.2000	422.0000	434.6000	407.0000
77	31/01 07:13:00.000	428.6000	421.2000	434.3000	406.2000
78	31/01 07:23:00.000	422.6000	420.7000	452.1000	406.8000
79	31/01 07:33:00.000	420.5000	420.7000	431.3000	407.4000
80	31/01 07:43:00.000	423.8000	419.7000	432.2000	399.6000
81	31/01 07:53:00.000	411.4000	418.9000	429.9000	401.7000
82	31/01 08:03:00.000	425.3000	418.8000	433.4000	402.6000
83	31/01 08:13:00.000	411.4000	419.7000	432.7000	405.9000
84	31/01 08:23:00.000	413.0000	417.7000	428.6000	403.9000
85	31/01 08:33:00.000	411.4000	416.5000	427.8000	406.3000
86	31/01 08:43:00.000	417.0000	413.5000	424.4000	400.3000
87	31/01 08:53:00.000	414.9000	414.4000	443.2000	399.3000
88	31/01 09:03:00.000	419.1000	418.2000	430.1000	403.9000
89	31/01 09:13:00.000	414.6000	417.1000	428.0000	400.4000
90	31/01 09:23:00.000	406.5000	415.6000	428.0000	402.1000
91	31/01 09:33:00.000	411.2000	413.9000	424.0000	399.6000
92	31/01 09:43:00.000	414.6000	413.6000	423.8000	398.1000
93	31/01 09:53:00.000	413.3000	411.6000	425.1000	398.8000
94	31/01 10:03:00.000	405.3000	409.5000	419.6000	398.7000
95	31/01 10:13:00.000	414.3000	411.0000	423.6000	399.8000
96	31/01 10:23:00.000	413.6000	413.2000	424.2000	404.1000
97	31/01 10:33:00.000	410.1000	412.8000	422.6000	401.5000
98	31/01 10:43:00.000	412.6000	411.1000	420.8000	401.1000
99	31/01 10:53:00.000	409.2000	410.4000	418.8000	398.9000
100	31/01 11:03:00.000	413.0000	410.2000	419.6000	397.5000
101	31/01 11:13:00.000	410.4000	409.5000	419.4000	398.6000

- **Análisis de la Medición de Transitorios en Panel de 460 V**

**No cumple la Norma del CONELEC 004/01**, ya que se detectó un 17.5 % mayor al voltaje nominal, por lo que ya es un evento que se denomina transiente de pico de sobre voltaje.

El evento de 17.5 % afecta gravemente al sistema si se considera que durante 365 días, 1 evento por 24 horas, esto ocasionaría daños de instrumentos, dentro de esta línea de transmisión eléctrica. Dichos eventos son provocados por dos razones:

- Transitorios presente por el comportamiento de la carga.
- Transitorios introducido por sistemas vecinos.

### **7.2.12 ÁREAS A PROTEGER EN EL SISTEMA DE 460 V PARA MITIGAR LOS EVENTOS TRANSITORIOS DEL EDIFICIO DEL CDI**

La selección de los equipos a proteger para los pico de sobre voltaje se basa en la norma ANSI/IEEE C62.41 y estos se denominan Supresores de Transientes, la instalación es para conexión trifásica con modos de protección LN, LL (modo normal), LG, NG (modo común).

Las áreas son las siguientes:

- **Protección para el panel principal de transmisión 460 V en el Bunker.**
  - Instalar Supresor de Transientes Modelo PTX160-3Y201, protección para sobrecorriente máxima de 160 kA por fase y 80 kA por nodo.
  - De acuerdo a la norma ANSI/IEEE C62.41 el Supresor de Transiente es de **Categoría C.**



- **Protección para el panel principal a 460 V del edificio centro de diagnóstico por imágenes.**
  - Instalar Supresor de Transientes Modelo PTX120-3Y201, protección para sobrecorriente máxima de 120 kA por fase y 60 kA por nodo.
  - De acuerdo a la norma ANSI/IEEE C62.41 el Supresor de Transiente es de **Categoría B.**
  
- **Protección para el panel de a/c a 460 V.**
  - Instalar Supresor de Transientes Modelo XT100-3Y201, protección para sobrecorriente máxima de. 100 kA por fase y 50 kA por nodo.
  - De acuerdo a la norma ANSI/IEEE C62.41 el Supresor de Transiente es de **Categoría B.**

- **Protección para el panel principal de respaldo ups (Salida del Ups) de 460 V en el edificio centro de diagnóstico por imágenes.**
  - Instalar Supresor de Transientes Modelo PTX120-3Y201, protección para sobrecorriente máxima de 100 kA por fase y 50 kA por nodo.
  - De acuerdo a la norma ANSI/IEEE C62.41 el Supresor de Transiente es de **Categoría B**

Para verificar y clasificar la utilización de las Categorías se realizó un documento basado en la norma IEEE. (Anexo C: Importancia de Instalar Supresores de Pico o Transientes y Clasificación de Transitorios por Categorías).

### **7.3 PANEL DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL DEL UPS 460V – 400KVA**

Previo a este panel se encuentra el Panel By Pass de UPS 400kVA donde se encuentran los brekers de protección y de by pass para el sistema de alimentación ininterrumpida. El área que está siendo respalda por los 2 UPS en paralelo de 400 kVA son: las salas de rayos x, las salas de tomografía y transformador seco, los brekers principales de las cargas mencionadas se encuentran localizadas en Panel de Distribución Principal UPS (P.D.P.U).

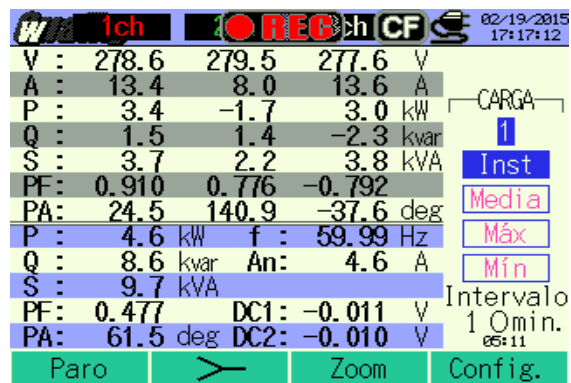
### 7.3.1 VOLTAJE E INTENSIDAD DE LA CARGA DEL UPS A SU SALIDA P.D.P.U 460 V

**Tabla 47 Variaciones de Voltaje y Corriente Panel UPS 460V**

TOTAL PROMEDIADO						
Parámetro	V1	V2	V3	A1	A2	A3
MINIMA	276,62	277,76	271,46	10,02	6,40	10,62
MAXIMA	281,32	283,06	281,24	86,44	86,76	69,16
PROMEDIO	278,14	279,20	277,64	12,63	10,26	18,48

TOTAL PROMEDIADO				
Parámetro	FRECU	P(W)	Q(VAR)	S(VA)
MINIMA	59,86	9177,2	-58254	7600,6
MAXIMA	60,04	43468	57898	72726
PROMEDIO	59,96	5678,3	-1717,5	9491,7

Esta carga es una sub - carga del Panel de Distribución Principal de 460 V, por lo que no se analiza el factor de potencia dado que es influencia directamente del Panel de 460 V, de igual manera la frecuencia en Hz. La Tabla 47 presenta un resumen de los principales parámetros eléctricos a analizar. La figura 7.29 muestra mediciones instantáneas del panel de salida del ups 460 V.



**Figura 7.29 Mediciones Instantáneas Panel Salida UPS 460 V**

### 7.3.2 ANÁLISIS DE VALORES DE VOLTAJES EN LA SALIDA DEL UPS EN P.D.P.U 460 V

Siendo el valor nominal 271 V se registró un aumento con respecto a los datos adquiridos, en un valor de 278 V promedio del sistema.

Se concluye que no se presenta decaída de tensión ni aumento, observando que el voltaje aumenta a un valor de 282 V promedio, siendo esto en porcentaje 4% mayor al voltaje nominal. Este porcentaje está dentro de lo que establece la norma del CONELEC 004/01 que se basa en el enunciado IEEE 1100-1999, se analizó por voltajes promedios de actividades en la semana, y se obtuvo un valor

de 278 V (línea-neutro) por fase, el cual está dentro del valor promedio establecido.

### 7.3.3 DESBALANCE DE VOLTAJE EN LA SALIDA DEL UPS P.D.P.U 460 V

Se calculó el desbalance con la formula (7.1) dada por la referencia [24].

$$\%DV_T = \frac{3 * (V_{MáX} - V_{MIN})}{V_A + V_B + V_C} * 100 \quad (7.1)$$

$$\%DV_T = \frac{3 * (283.06 - 271.46)}{(278.14 + 279.20 + 277.64)} * 100 = 4.16\%$$

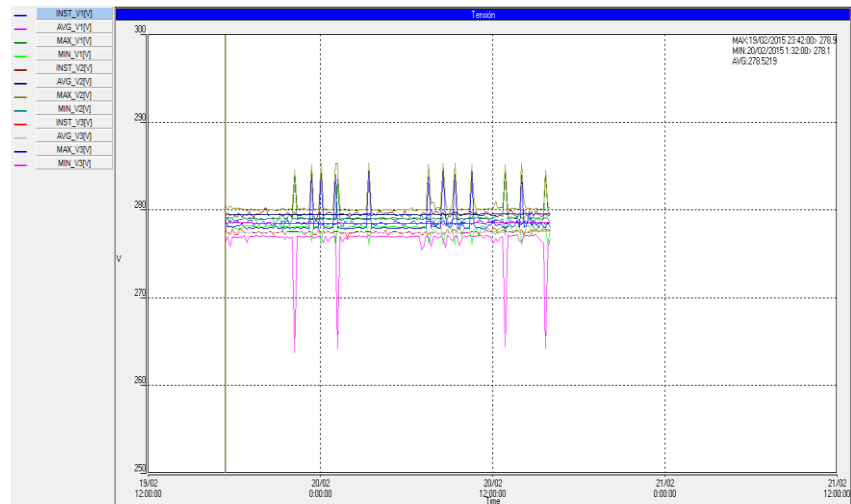
Se analiza que se produce un desbalance entre las fases producidas por el voltaje máximo relacionado con el voltaje nominal (278V) dando como resultado un desbalance de 4,16%; este valor está dentro del rango establecido en la norma ANSI/IEEE 446-1995 que establece un valor máximo del 2% al 5%.

**Tabla 48 Lista de Datos Adquiridos Panel Salida UPS de 460 V**

Fichero Editar Imprimir Salir							
	Media	37.8438	12.6410	9.1430	9.8203	32.7886	7.1777
	Max	94.3100	13.2200	26.8500	16.7300	93.0200	7.8310
	Max valor registrado	23/02/2015 15:46:00	23/02/2015 15:17:00	23/02/2015 15:25:00	23/02/2015 15:31:00	23/02/2015 15:46:00	23/02/2015 15:31:00
	Min	12.9600	11.3600	6.9320	7.3330	7.8230	6.7290
	Min valor registrado	23/02/2015 15:56:00	23/02/2015 15:36:00	23/02/2015 15:54:00	23/02/2015 15:55:00	23/02/2015 15:56:00	23/02/2015 16:01:00
No	DateTime	MAX_A1[A]_1	MIN_A1[A]_1	INST_A2[A]_1	AVG_A2[A]_1	MAX_A2[A]_1	MIN_A2[A]_1
1	23/02/2015 15:17:00	80.8000	13.2200	7.8240	13.9300	89.5700	7.6160
2	23/02/2015 15:18:00	93.1100	13.1400	11.2200	15.7400	91.9400	7.5300
3	23/02/2015 15:19:00	70.1500	12.8600	7.5070	8.7580	27.7800	7.3740
4	23/02/2015 15:20:00	18.4900	12.6000	7.5590	8.7450	14.1300	6.8820
5	23/02/2015 15:21:00	74.8200	12.7400	7.7070	13.9000	84.0000	7.2650
6	23/02/2015 15:22:00	17.1100	12.6300	7.3230	7.9620	11.2400	7.0440
7	23/02/2015 15:23:00	24.9300	12.5100	12.3700	9.4120	19.1100	6.9650
8	23/02/2015 15:24:00	26.7500	12.6000	22.6400	8.7390	22.8400	7.0450
9	23/02/2015 15:25:00	33.9100	12.5800	26.8500	11.1600	31.5300	7.1400
10	23/02/2015 15:26:00	33.5800	12.1200	10.5800	9.5420	31.4700	6.9830
11	23/02/2015 15:27:00	16.6700	12.7200	7.4530	7.9480	10.2200	7.2380
12	23/02/2015 15:28:00	21.5300	12.8300	7.4190	8.9920	16.3300	7.2890
13	23/02/2015 15:29:00	16.1300	12.4500	8.6610	7.9290	10.6400	6.8100
14	23/02/2015 15:30:00	20.7100	12.8500	14.6900	9.2520	15.7400	7.3270
15	23/02/2015 15:31:00	91.5500	13.1900	15.3400	16.7300	90.9900	7.8310
16	23/02/2015 15:32:00	20.1800	12.4200	7.8980	8.0340	15.2000	7.0100
17	23/02/2015 15:33:00	21.1700	12.8800	7.6440	8.9790	15.8400	7.4460
18	23/02/2015 15:34:00	58.4000	13.0000	7.6080	8.8960	15.5500	7.1920
19	23/02/2015 15:35:00	17.8900	12.9900	7.7550	8.0130	11.8300	7.1910
20	23/02/2015 15:36:00	16.0000	11.3600	8.9970	7.7970	11.8200	7.1580

En la Tabla 48 se indica una lista breve de los datos adquiridos del P.D.P.U 460V. El voltaje máximo que alcanzó fue de 283.06 V, que es 4.45% mayor al voltaje nominal, este valor no sobrepasa lo indicado por la Norma del CONELEC 004/01. La figura 7.30 muestra datos de voltajes adquiridos

en un día de medición. Se obtuvieron datos durante toda la semana que variaban del 1 al 4.45 % más del valor nominal.



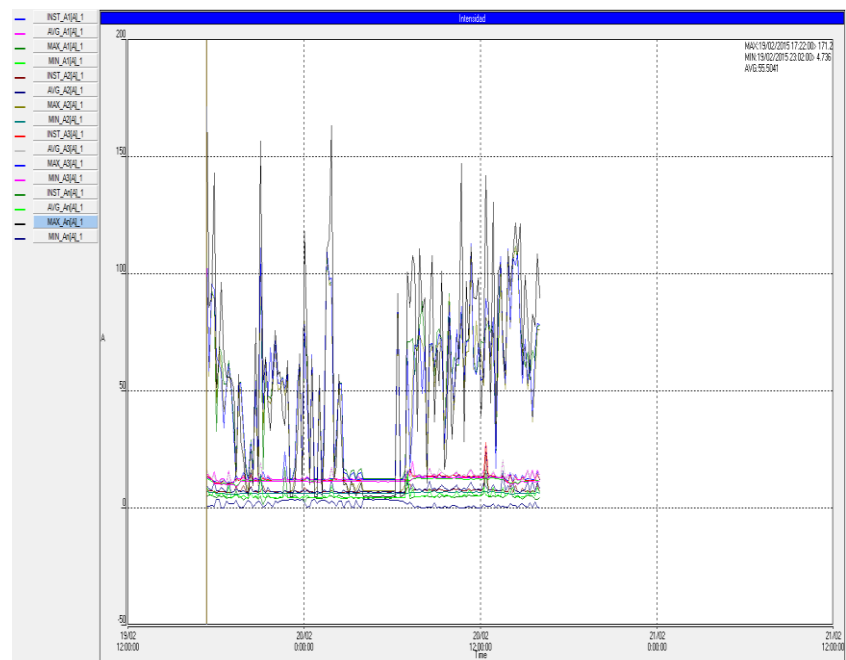
**Figura 7.30 Un día Datos Adquiridos de Voltaje Panel Salida UPS 460 V**

#### **7.3.4 ANÁLISIS DE VALORES DE CORRIENTES EN LA SALIDA DEL UPS EN P.D.P.U 460V 460 V**

Al analizar la corriente en estados nominales a plena carga, se determinó que fluctúa en variación de las actividades y secuencia en la carga demandante, estos porcentajes llegaron a un 85.38 % superior a la intensidad promedio de corriente de la línea A1, se menciona este porcentaje debido a que es el mayor a considerar.



Se encontró serios desbalances de corrientes entre la fase 2 y 3 un 80%, el desbalance entre la fase 1 y 2 llega a 23 %, el desbalance entre la fase 3 y 1 llega a 46.3 %, en este caso si supera el 40 % permitido según norma ANSI/IEEE 446-1995.



**Figura 7.31 Lista Datos Adquiridos Corriente Panel Salida UPS 460 V**

En la figura 7.31 se observa gráficamente las variaciones de corrientes existentes. Se justifica esta variación por razones de la naturaleza de la carga, y por esta misma razón existe corriente eléctrica en el conductor neutro.

**Tabla 49 Un día de Datos Adquiridos de Corriente Panel Salida UPS 460 V**

Fichero Editar Imprimir Salir								
	Media	51.5193	11.7316	7.4126	7.8607	47.9901	6.3483	12.4964
	Max	111.6000	12.8500	23.8200	15.7200	111.4000	7.2140	27.7700
	Max valor registrado	20/02/2015 14:22:00	20/02/2015 8:52:00	20/02/2015 12:22:00	20/02/2015 13:32:00	20/02/2015 14:22:00	20/02/2015 8:52:00	20/02/2015 12:22:00
	Min	12.4300	9.1390	6.4100	6.5540	7.3480	5.7140	10.2600
	Min valor registrado	19/02/2015 23:02:00	19/02/2015 19:22:00	20/02/2015 2:22:00	19/02/2015 19:02:00	20/02/2015 4:52:00	19/02/2015 19:22:00	19/02/2015 18:42:00
No	DateTime	MAX_A1Q1_1	MIN_A1Q1_1	INST_A2Q1_1	AVG_A2Q1_1	MAX_A2Q1_1	MIN_A2Q1_1	INST_A3Q1_1
1	19/02/2015 17:22:00	105.4000	12.3300	7.5820	9.6220	104.9000	7.0750	13.4700
2	19/02/2015 17:32:00	58.6600	12.3100	7.2760	7.9500	56.1000	6.7340	13.3300
3	19/02/2015 17:42:00	92.9100	11.4900	7.4910	7.7440	91.4700	6.7400	12.9900
4	19/02/2015 17:52:00	89.1200	10.7300	7.0430	10.8700	89.5600	6.4970	10.7900
5	19/02/2015 18:02:00	32.8200	10.7000	6.7130	7.3400	44.9800	6.3620	10.6400
6	19/02/2015 18:12:00	66.7000	10.5100	6.9830	7.2360	67.8800	6.3500	10.7500
7	19/02/2015 18:22:00	66.6400	10.4300	6.6510	8.8170	60.1600	6.3450	10.6800
8	19/02/2015 18:32:00	52.8900	10.8100	7.1460	7.6590	41.3200	6.2200	11.7900
9	19/02/2015 18:42:00	52.7700	10.1400	6.4570	6.6080	50.4200	5.9790	10.2600
10	19/02/2015 18:52:00	62.7400	9.9540	6.5970	11.5800	60.6000	5.9570	10.3400
11	19/02/2015 19:02:00	52.5000	10.1400	6.7420	6.5540	50.4200	5.6740	10.5300
12	19/02/2015 19:12:00	36.5600	10.1600	7.0390	7.0090	30.6100	5.5440	10.5800
13	19/02/2015 19:22:00	15.3000	9.1390	9.0730	7.9060	11.5600	5.7140	12.5300
14	19/02/2015 19:32:00	53.3600	10.4600	6.8200	7.3540	50.7800	5.9590	11.6600
15	19/02/2015 19:42:00	53.5000	11.7500	7.3450	6.8910	50.8700	6.1410	12.1000
16	19/02/2015 19:52:00	33.7800	11.7400	9.4270	7.4300	31.4800	6.1270	13.9100
17	19/02/2015 20:02:00	17.0000	11.6700	6.9060	6.7750	11.0500	6.0740	11.9100
18	19/02/2015 20:12:00	12.6700	11.6800	6.8290	6.7910	7.4180	6.0770	11.6800
19	19/02/2015 20:22:00	28.8700	11.7000	9.3730	8.8670	24.9800	6.0690	14.0400
20	19/02/2015 20:32:00	16.5000	11.7700	6.9450	6.8320	12.6300	6.1100	11.7700
21	19/02/2015 20:42:00	54.8200	11.6900	6.9360	7.1780	51.8100	6.1300	11.6800
22	19/02/2015 20:52:00	15.6800	11.6300	6.7880	6.8100	9.6980	6.0440	11.6500
23	19/02/2015 21:02:00	110.9000	11.6800	6.9680	14.4600	108.8000	6.1020	11.6300
24	19/02/2015 21:12:00	16.5400	11.6500	9.4530	7.1610	33.3900	6.3420	12.9700
25	19/02/2015 21:22:00	64.2600	11.4800	6.7700	6.7680	62.3200	6.2730	11.7600

La Tabla 49 muestra datos adquiridos de los valores de corriente en la salida del ups de 460 V.

### 7.3.5 MEDICIÓN DE LA RELACIÓN DE DESEQUILIBRIO EN LA SALIDA DEL UPS EN P.D.P.U 460V

En la Tabla 50 se observa el desequilibrio de voltaje y corriente que se obtuvo en un instante determinado durante el tiempo de medición en el panel de salida del UPS a 460 V y el promedio de la relación de desequilibrio del voltaje es de 1,578 % y para corriente el 31.92 %.

**Tabla 50 Medición Instantánea del Desequilibrio Panel Salida UPS 460 V**

MEDIA DE DESEQUILIBRIO 460 VOLTIOS EN UPS		
	UV	UA
<b>Mínimo</b>	0,866	8,11
<b>Máximo</b>	3,66	99,8
<b>Media</b>	1,578	31,96

Realizando los cálculos teóricos pertinentes para las relaciones de desequilibrio del voltaje y corriente se obtiene:

- **Desequilibrio de voltaje:**

$$Desequilibrio = \frac{V_{max} - V_{medio}}{V_{medio}} * 100\% \quad (7.26)$$

$$V_{medio} = \frac{V_a + V_b + V_c}{3} \quad (7.27)$$

$$V_{medio} = \frac{273 + 272.5 + 272.5}{3} = 272.6$$

$$V_{max(promedio)} = \frac{276 + 278.7 + 279.2}{3} = 277.9$$

$$Desequilibrio = \frac{277.9 - 272.6}{272.6} * 100\% = 1.9\%$$

- **Desequilibrio de corriente:**

$$Desequilibrio = \frac{I_{max} - I_{media}}{I_{media}} * 100\% \quad (7.28)$$

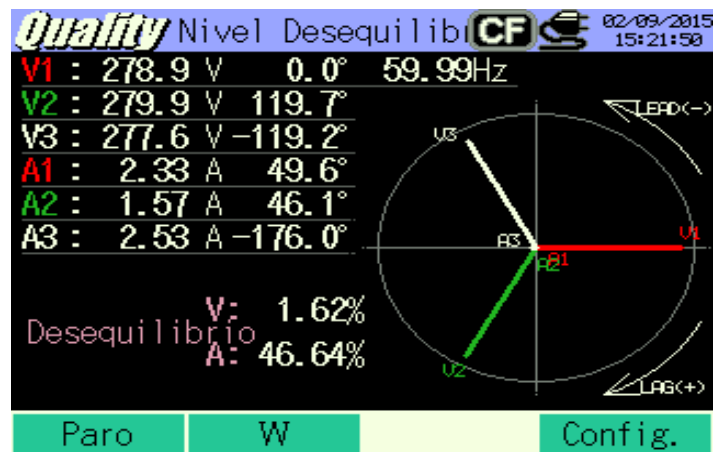
$$I_{media} = \frac{I_a + I_b + I_c}{3} \quad (7.29)$$

$$I_{media} = \frac{39.59 + 38.74 + 41.2}{3} = 39.84$$

$$I_{max(promedio)} = 53 \text{ Amp}$$

$$Desequilibrio = \frac{53 - 39.84}{39.84} * 100\% = 33\%$$

En la figura 7.32 adquirida del analizador de calidad de energía eléctrica muestra el desequilibrio del P.D.P.U 460 V.



**Figura 7.32 Muestreo Desequilibrio Panel Salida UPS 460 V**

Basándose a la norma IEC 61000-2-1 – IEC 61000-4-27 – NEMA - ANSI C84.1 la relación de desequilibrio del voltaje es de 1.5 %, **Cumple con la Norma.**

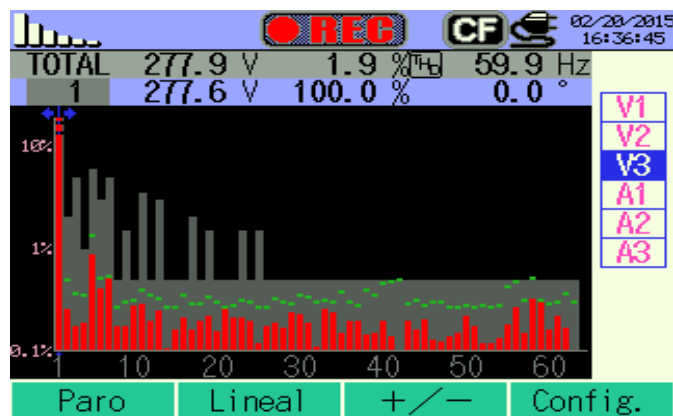
Basándose a la norma IEC 61000-2-1 – IEC 61000-4-27 – NEMA - ANSI C84.1 la relación de desequilibrio de corriente es de 31,9 %, **No Cumple con la Norma.**

Esto confirma la existencia de corrientes no sinusoidales y de cargas no lineales con consumo variable de corriente en su funcionamiento que es uno de los motivos de la existencia de desequilibrios en este punto de medición.

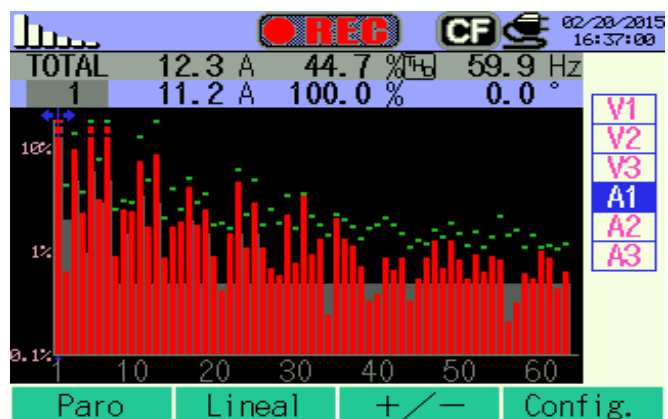
#### **7.3.6 MEDICIÓN DE ARMÓNICOS EN LA SALIDA DEL UPS EN P.D.P.U 460 V**

Luego de realizar las mediciones para detección de armónicos en el P.D.P de 460 V se procedió a realizar la medición de armónicos en la salida del UPS para verificar el comportamiento de las corrientes de las cargas que son respaldadas por el UPS.

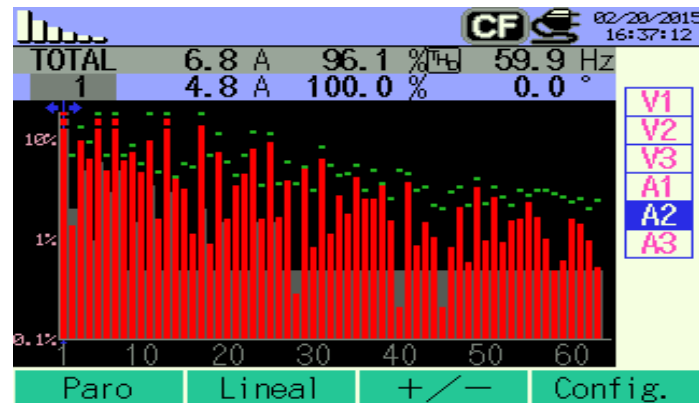
A continuación se presentan imágenes capturadas en el momento de la medición realizada por el analizador de potencia.



**Figura 7.33 Medición en tiempo real de Armónicos  
Panel Salida UPS 460 V**



**Figura 7.34 Mediciones en tiempo real de Armónicos  
Panel Salida UPS 460 V**

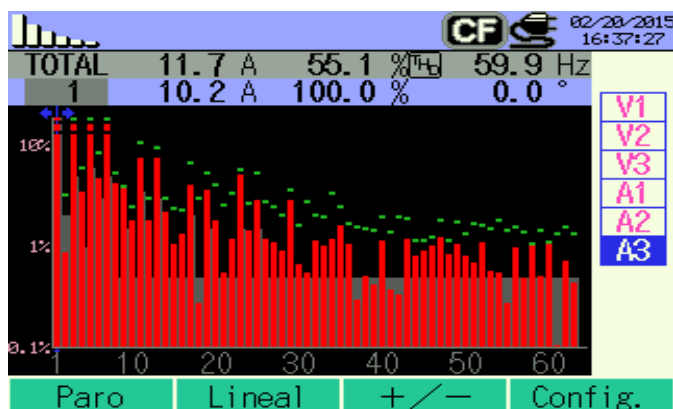


**Figura 7.35 Mediciones en tiempo real de Armónicos  
Panel Salida UPS 460 V**

Las imágenes presentadas 7.33, 7.34, 7.35 y 7.36 indican información adicional valiosa como es el total de la distorsión armónica, el voltaje o corriente de operación en ese instante de tiempo, frecuencia, el orden de armónicos y la visualización de los niveles de armónicos por barras.

Se observa la existencia de niveles de armónicos de corrientes mayores al 20% en las fases de corriente A1, A2 y A3 que no cumplen la norma IEEE 519.





**Figura 7.36 Mediciones en tiempo real de Armónicos  
Panel Salida UPS 460 V**

A continuación se presenta la Tabla 51 que contiene la distorsión armónica total del sistema trifásico en la salida del UPS 460 V.

**Tabla 51 Resumen de Armónicos General Panel  
Salida UPS 460 V**

RESUMEN GENERAL ARMONICOS PANEL SALIDA UPS 460V						
PARAMETROS	V1	V2	V3	A1	A2	A3
V-A MINIMO	208,85	279,08	277,58	12,51	7,31	12,96
V-A MAXIMO	209,30	279,80	278,20	24,08	41,87	50,71
V-A PROM	209,06	279,47	277,93	13,86	9,56	15,01
THD % MIN	1,32%	1,84%	1,76%	41,83%	59,03%	44,69%
THD % MAX	1,69%	2,31%	2,24%	58,26%	91,18%	62,48%
THD % PROM	1,45%	2,01%	1,95%	45,91%	77,01%	50,45%

- **Análisis de la Distorsión Armónica General en la Salida del UPS en Panel del UPS a 460 V**

Los resultados de las mediciones reflejadas en la Tabla 51 indican que **si cumplen** la norma en  $THD_v$ , pero en el caso de  $THD_i$  **no cumplen** la norma.

A continuación se presenta la Tabla 52 que contiene el resumen de los armónicos de tercer orden.

**Tabla 52 Resumen Armónicos Tercer Orden Panel Salida UPS 460 V**

RESUMEN DE ARMONICOS DE TERCER ORDEN PANEL 460V SALIDA UPS						
PARAMETROS	V1	V2	V3	A1	A2	A3
V-A MINIMO	0,131	0,169	0,336	0,784	0,319	1,305
V-A MAXIMO	0,734	0,596	1,229	1,490	1,125	1,733
V-A PROM	0,416	0,371	0,718	1,185	0,556	1,549
THD% MIN	0,05%	0,06%	0,12%	7,58%	6,78%	13,83%
THD% MAX	0,26%	0,21%	0,44%	5,99%	6,12%	10,50%
THD % PROM	0,15%	0,13%	0,26%	9,48%	8,87%	14,59%

- **Análisis de la Distorsión Armónica de Tercer Orden en la Salida del UPS en Panel del UPS a 460 V**

En la regulación del CONELEC 004/001 para las armónicas en voltaje de tercer orden, su tolerancia es 5%.

Ver Tabla 5. La norma IEEE 519 para las armónicas de corriente de orden  $n < 11$  indica una tolerancia del 15%.

Ver Tabla 7. Por lo tanto para armónicas individuales las mediciones reflejadas en la Tabla 52 indican que **si cumplen** la norma los armónico  $THD_V$  y  $THD_I$  de orden 3.

A continuación se presenta la Tabla 53 que contiene el resumen de los armónicos de quinto orden.

**Tabla 53 Resumen Armónicos Quinto Orden Panel Salida UPS 460 V**

RESUMEN DE ARMONICOS DE QUINTO ORDEN PANEL 460V SALIDA UPS						
PARAMETROS	V1	V2	V3	A1	A2	A3
V-A MINIMO	2,215	2,492	2,127	3,840	3,546	4,276
V-A MAXIMO	4,322	3,437	3,255	11,866	17,067	10,536
V-A PROM	2,764	2,767	2,484	4,903	4,437	4,866
THD% MIN	0,80%	0,89%	0,77%	37,05%	74,10%	44,67%
THD% MAX	1,55%	1,23%	1,17%	41,00%	60,27%	47,92%
THD % PROM	0,99%	0,99%	0,89%	39,48%	67,26%	45,00%

- **Análisis de la Distorsión Armónica de Quinto Orden en la Salida del UPS en Panel del UPS a 460 V**

En la regulación del CONELEC 004/001 para las armónicas de voltaje de quinto orden, su tolerancia es 6%.

Ver Tabla 5. La norma IEEE 519 para las armónicas de corriente de orden  $n < 11$  indica una tolerancia del 15%.

Ver Tabla 7. Por lo tanto para armónicas individuales las mediciones reflejadas en la Tabla 53 indican que **si cumplen** la norma  $THD_V$ , pero en el caso de  $THD_I$  **no cumplen** la norma, ambo de orden 5.

A continuación se presenta la Tabla 54 que contiene el resumen de los armónicos de séptimo orden.

**Tabla 54 Resumen Armónicos Séptimo Orden Panel Salida UPS 460 V**

RESUMEN DE ARMONICOS DE SEPTIMO ORDEN PANEL 460V SALIDA UPS						
PARAMETROS	V1	V2	V3	A1	A2	A3
V-A MINIMO	0,996	0,684	0,910	1,123	1,219	0,946
V-A MAXIMO	1,864	1,114	1,706	10,311	11,379	6,084
V-A PROM	1,456	0,881	1,273	2,575	2,270	2,267
THD% MIN	0,36%	0,25%	0,33%	10,78%	25,66%	10,25%
THD% MAX	0,67%	0,40%	0,61%	35,18%	33,65%	22,39%
THD % PROM	0,52%	0,32%	0,46%	20,27%	34,05%	20,90%

- **Análisis de la Distorsión Armónica de Séptimo Orden en la Salida del UPS en Panel del UPS a 460 V**

En la regulación del CONELEC 004/001 para las armónicas de voltaje de séptimo orden, su tolerancia es 5%. Ver Tabla 5. La norma IEEE 519 para las armónicas de corriente de orden  $n < 11$  indica una tolerancia del 15%. Ver Tabla 7. Por lo tanto para armónicas individuales las mediciones reflejadas en la Tabla 54 indica que **si cumplen** la norma  $THD_V$ , pero en el caso de  $THD_I$  **no cumplen** la norma, ambos de orden 7.

A continuación se presenta la Tabla 55 que contiene el resumen de los armónicos de noveno orden.

**Tabla 55 Resumen Armónicos Noveno Orden  
Panel Salida UPS 460 V**

RESUMEN DE ARMONICOS DE NOVENO ORDEN PANEL 460V SALIDA UPS						
PARAMETROS	V1	V2	V3	A1	A2	A3
V-A MINIMO	0,057	0,164	0,295	0,102	0,201	0,078
V-A MAXIMO	0,779	0,433	1,022	0,485	0,540	0,366
V-A PROM	0,334	0,287	0,616	0,258	0,323	0,202
THD% MIN	0,02%	0,06%	0,11%	0,98%	4,20%	0,81%
THD% MAX	0,28%	0,15%	0,37%	2,13%	3,23%	2,21%
THD % PROM	0,12%	0,10%	0,22%	2,07%	4,95%	1,89%

- **Análisis de la Distorsión Armónica de Noveno Orden en la Salida del UPS en Panel del UPS a 460 V**

En la regulación del CONELEC 004/001 para las armónicas de voltaje de noveno orden su tolerancia es 1.5%. Ver Tabla 5. La norma IEEE 519 para las armónicas de corriente de orden  $n < 11$  indica una tolerancia del 15%. Ver Tabla 7. Por lo tanto para armónicas individuales las mediciones reflejadas en la Tabla 34 indican que **si cumplen** la norma los armónicos  $THD_V$  y  $THD_I$  de orden 9.

- **Límites de Distorsión Armónica de Corriente en Panel Salida UPS 460 V según Distorsión de Demanda Total (TDD)**

Con los datos obtenidos por medio del analizador de calidad de energía y de acuerdo a la Norma IEEE 519 se determina si la distorsión armónica detectada tendrá un impacto negativo en la red eléctrica. Para este fin se utiliza una medida de distorsión de corriente denominada Distorsión de Demanda Total (TDD):

$$TDD = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_L} * 100 \quad (4.1)$$

Para calcular la corriente de corto circuito en el punto de medición de calidad de energía eléctrica se utiliza la  $I_{ccs}$  del transformador mediante la siguiente ecuación:

$$I_{ccs} = \frac{S}{\sqrt{3} \left( \frac{U_{cc}}{100} \right) U_s} \quad (7.20)$$

Para saber el valor a utilizar con respecto al  $U_{cc}$  se busca en la Tabla 35 este valor según la potencia aparente del

transformador. Reemplazando valores en la ecuación planteada se obtiene:

$$I_{ccs} = \frac{1000}{\sqrt{3} \left( \frac{5}{100} \right) \times 460} = 25.10kA$$

Luego se obtiene la relación Icc/IL y se muestra en la Tabla 56.

**Tabla 56 Relación Icc/IL Panel Salida UPS 460 V**

Relación Icc/IL	
Icc	25.10k A
IL	69.16 A
Icc/IL	362.93

La relación Icc/IL es un parámetro para definir los niveles de corriente permitido y según Tabla 7 de la Norma IEEE 519 el valor obtenido está en el rango 100-1000 que corresponde a la cuarta fila y los valores son para TDD= 15% y para n < 11 corresponde el 12%.

A continuación se presenta la Tabla 57 que contiene el resumen de los TDD del Panel Salida UPS 460 V.



**Tabla 57 Distorsión de Demanda Total Panel Salida UPS 460 V**

TDD TOTAL			
PARAMETROS	A1	A2	A3
V-A MINIMO	5,90%	5,45%	6,61%
V-A MAXIMO	22,84%	29,71%	17,78%
V-A PROM	8,20%	7,27%	8,08%

Los datos mostrados en la Tabla 57 indican que A1, A2 y A3 **si cumplen** la norma.

A continuación se presenta la Tabla 58 que contiene el resumen de los TDD de orden 3 del Panel Salida UPS 460V.

**Tabla 58 Distorsión de Demanda Tercer Orden Panel Salida UPS 460 V**

TDD n=3			
PARAMETROS	A1	A2	A3
THD% MIN	1,13%	0,46%	1,89%
THD% MAX	2,15%	1,63%	2,51%
THD % PROM	1,71%	0,80%	2,24%

Los datos mostrados en la Tabla 58 indican que A1, A2 y A3 **si cumplen** la norma para n=3.

A continuación se presenta la Tabla 59 que contiene el resumen de los TDD de orden 5 del Panel Salida UPS 460V.

**Tabla 59 Distorsión de Demanda Quinto Orden Panel Salida UPS 460 V**

TDD n=5			
PARAMETROS	A1	A2	A3
THD% MIN	5,55%	5,13%	6,18%
THD% MAX	17,16%	24,68%	15,23%
THD % PROM	7,09%	6,42%	7,04%

Los datos mostrados en la Tabla 59 indican que A1, A2 y A3 **si cumplen** la norma para n=5.

A continuación se presenta la Tabla 60 que contiene el resumen de los TDD de orden 7 del Panel Salida UPS 460V.

**Tabla 60 Distorsión de Demanda Séptimo Orden Panel Salida UPS 460 V**

TDD n=7			
PARAMETROS	A1	A2	A3
THD% MIN	1,62%	1,76%	1,37%
THD% MAX	14,91%	16,45%	8,80%
THD % PROM	3,72%	3,28%	3,28%

Los datos mostrados en la Tabla 60 indican que A1, A2 y A3 **si cumplen** la norma para  $n=7$ .

A continuación se presenta la Tabla 61 que contiene el resumen de los TDD de orden 9 del Panel Salida UPS 460 V.

**Tabla 61 Distorsión de Demanda Noveno Orden Panel Salida UPS 460 V**

TDD n=9			
PARAMETROS	A1	A2	A3
THD% MIN	0,15%	0,29%	0,11%
THD% MAX	0,70%	0,78%	0,53%
THD % PROM	0,37%	0,47%	0,29%

Los datos mostrados en la Tabla 61 indican que A1, A2 y A3 **si cumplen** la norma para  $n=9$ .

- **Resumen del Análisis de la Distorsión Armónica Incluyendo el TDD en Panel Salida UPS 460 V**

**Tabla 62 Resumen del Análisis de Armónicos Panel Salida UPS 460 V**

PANEL SALIDA UPS 460V			
ARMONICO	%	NORMA	CUMPLE
THDV	2,01	CONELEC	SI
THDI	77,01	IEEE 519	NO
TDD	8,20	IEEE 519	SI
V3 (%)	0,26	CONELEC	SI
I3 (%)	8,38	IEEE 519	SI
V5 (%)	0,99	CONELEC	SI
I5 (%)	26,53	IEEE 519	SI
V7 (%)	0,52	CONELEC	SI
I7 (%)	13,93	IEEE 519	SI
V9 (%)	0,22	CONELEC	SI
I9 (%)	1,75	IEEE 519	SI

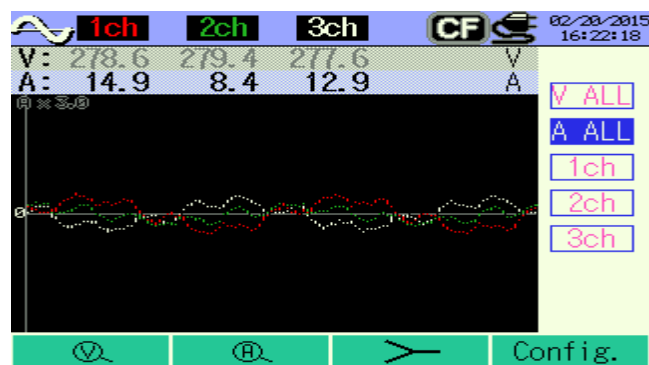
Debido a la existencia de armónicos de corriente utilizando la ecuación del  $THDI$ , se procedió a realizar un segundo análisis utilizando la ecuación de Distorsión de Demanda Total (TDD) para verificar si los armónicos detectados afectan al P.D.P.U 460 V.

De los datos obtenidos y procesados con respecto a voltaje la distorsión armónica de voltaje **si Cumple la norma del CONELEC 004/01**, al analizar la corriente se encontró la no existencia de distorsión de demanda por lo

que **si Cumple la Norma IEEE 519**, además dentro de las armónicas individuales más significativas que se analizó en detalle por medio del concepto de Distorsión de Demanda (TDD) **si Cumplen la Norma IEEE 519**. En resumen no existe armónicos de corriente ni de voltaje que incumplan con las normas en la salida del UPS.

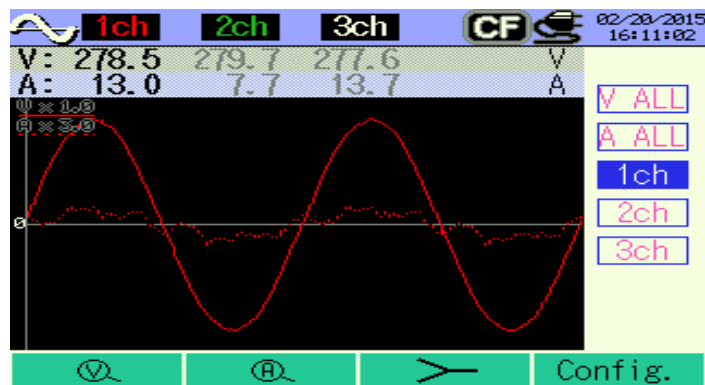
- **Forma de Onda de Voltaje y Corriente en la Salida del UPS en Panel del UPS a 460 V**

A continuación se presentan las ondas de voltaje y corriente con el fin de observar la distorsión existente en la forma de onda de corriente.

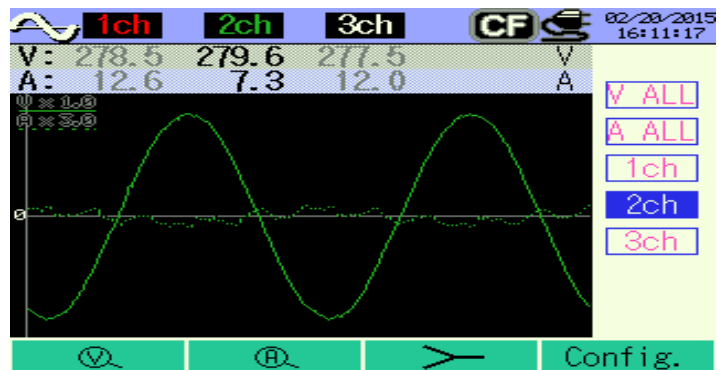


**Figura 7.37 Formas de Onda de las Corrientes A1, A2, A3**

En la figura 7.37 se muestra las 3 ondas de corrientes en tiempo real donde se puede observar la distorsión de corriente existente.

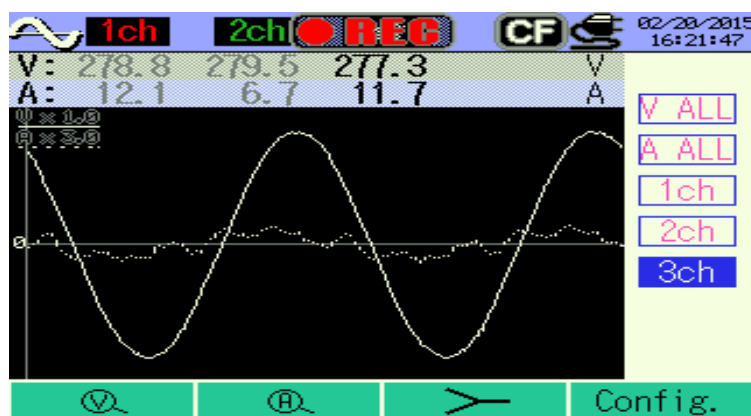


**Figura 7.38 Formas de Onda de Voltaje Canal 1  
Panel Salida UPS 460 V**



**Figura 7.39 Formas de Onda de Voltaje Canal 2  
Panel Salida UPS 460 V**

En las figuras 7.38, 7.39 y 7.40 donde se indica de forma simultánea las formas de onda de voltaje y corriente de cada una de las fases. Se observa que la magnitud de corriente es pequeña por lo que los niveles de armónicos detectados por el analizador de energía eléctrica son muy elevados sin embargo por el análisis incluyendo el TDD que toma en cuenta la corriente de carga nominal se llegó a la conclusión que estos valores de armónicos disminuyen cuando los equipos médicos trabajan a su capacidad nominal y por tanto cumplen las normas.



**Figura 7.40 Formas de Onda de Voltaje Canal 3  
Panel Salida UPS 460 V**

### 7.3.7 VOLTAJE E INTENSIDAD EN PANEL ENTRADA UPS 460V

**Tabla 63 Parámetros Eléctricos Medidos Panel Entrada UPS 460V**

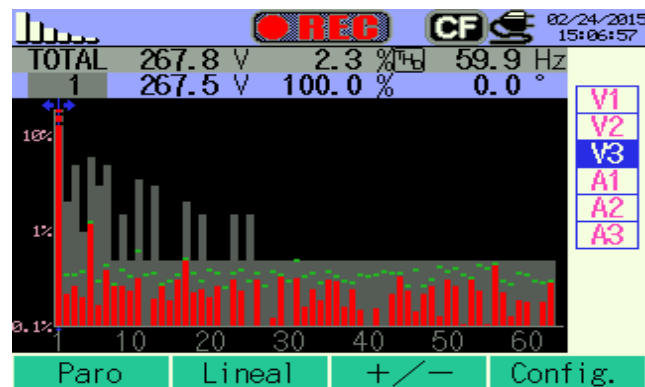
TOTAL PROMEDIADO						
Parámetro	V1	V2	V3	A1	A2	A3
MINIMA	269,45	268,20	268,75	38,39	37,00	39,37
MAXIMA	275,2	280,90	275,00	47,24	45,99	47,72
PROMEDIO	273,01	275,09	272,6	40,51	39,40	41,84
TOTAL PROMEDIADO						
Parámetro	FRECU	P(W)	Q(VAR)	S(VA)		
MINIMA	59,63	17490,00	25565,00	32338,87		
MAXIMA	60,03	22930,00	30485,00	38345,00		
PROMEDIO	59,98	18817,11	27213,89	31775,50		

Los valores de la Tabla 63 corresponden a una sub - carga del Panel de 460 V, con la diferencia de que estos datos se midieron en la entrada del UPS con el fin de evidenciar el funcionamiento y el efecto que produce el UPS de 400 kVA.



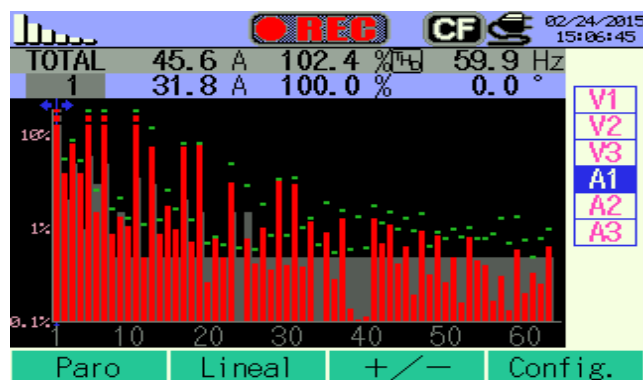
### 7.3.8 MEDICIÓN DE ARMÓNICOS EN LA ENTRADA DEL UPS EN P.D.P.U 460 V

Después de medir los armónicos en el panel de 460V en la entrada del UPS se obtuvieron las figuras 7.41 y 7.42. Se realizó esta medición adicional para poder emitir un diagnóstico más preciso al saber el comportamiento de la corriente en la entrada y salida del UPS.



**Figura 7.41 Mediciones en tiempo real Armónicos de Voltaje Panel Entrada UPS 460 V**

En Las figuras 7.41 y 7.42 se observa un valor de THD<sub>i</sub> superior al 100% por tanto a continuación se detalla por medio de tablas todos los valores necesarios para un análisis general en base a los valores medidos.



**Figura 7.42 Mediciones en tiempo real Armónicos de Voltaje Panel Entrada UPS 460 V**

**Tabla 64 Resumen General Armónicos Panel Entrada UPS 460 V**

RESUMEN GENERAL ARMONICOS PANEL 460V ENTRADA UPS						
PARAMETROS	V1	V2	V3	A1	A2	A3
V-A MINIMO	269,00	267,50	267,70	35,79	20,43	39,37
V-A MAXIMO	281,50	282,40	281,50	92,40	90,20	59,21
V-A PROM	276,05	275,74	275,71	39,59	39,24	41,47
THD % MIN	2,03%	2,20%	2,05%	76,21%	76,95%	84,13%
THD % MAX	4,46%	4,35%	4,18%	114,60%	131,20%	111,60%
THD % PROM	3,07%	3,13%	3,06%	110,11%	106,38%	107,33%

**Tabla 65 Resumen Armónicos de Tercer Orden Panel Entrada UPS 460 V**

RESUMEN DE ARMONICO DE TERCER ORDEN PANEL 460V ENTRADA UPS						
PARAMETROS	V1	V2	V3	A1	A2	A3
V-A MINIMO	0,137	0,155	0,271	0,653	0,288	0,891
V-A MAXIMO	1,148	0,714	1,724	3,173	2,239	2,344
V-A PROM	0,478	0,378	0,880	1,836	1,156	1,394
THD% MIN	0,05%	0,06%	0,10%	4,97%	4,92%	9,05%
THD% MAX	0,41%	0,25%	0,62%	6,37%	7,09%	10,11%
THD % PROM	0,17%	0,14%	0,32%	9,92%	8,94%	10,83%

**Tabla 66 Resumen Armónico Quinto Orden Panel  
Entrada UPS 460 V**

RESUMEN DE ARMÓNICOS DE QUINTO ORDEN PANEL 460V ENTRADA UPS						
PARAMETROS	V1	V2	V3	A1	A2	A3
V-A MINIMO	2,594	2,840	2,528	11,751	6,827	12,683
V-A MAXIMO	6,150	5,683	6,113	29,200	26,129	22,100
V-A PROM	4,178	4,076	4,080	13,160	12,474	13,479
THD% MIN	0,95%	1,04%	0,93%	60,77%	80,26%	64,98%
THD% MAX	2,19%	2,02%	2,18%	53,31%	62,69%	59,31%
THD % PROM	1,51%	1,47%	1,48%	60,26%	74,50%	63,82%

**Tabla 67 Resumen Armónicos Séptimo Orden Panel  
Entrada 460 V**

RESUMEN DE ARMÓNICOS DE SÉPTIMO ORDEN PANEL 460V ENTRADA UPS						
PARAMETROS	V1	V2	V3	A1	A2	A3
V-A MINIMO	0,516	0,440	0,521	8,006	5,205	9,401
V-A MAXIMO	4,088	3,735	3,862	18,865	15,064	14,351
V-A PROM	2,324	2,008	2,082	9,578	9,284	10,222
THD% MIN	0,19%	0,16%	0,19%	36,69%	50,47%	40,36%
THD% MAX	1,46%	1,33%	1,38%	40,42%	31,32%	33,06%
THD % PROM	0,84%	0,73%	0,75%	42,00%	47,56%	43,33%

**Tabla 68 Resumen Armónicos Noveno Orden Panel  
Entrada UPS 460 V**

RESUMEN DE ARMÓNICOS DE NOVENO ORDEN PANEL 460V ENTRADA UPS						
PARAMETROS	V1	V2	V3	A1	A2	A3
V-A MINIMO	0,092	0,031	0,273	0,189	0,192	0,219
V-A MAXIMO	1,442	0,669	1,254	1,024	0,884	0,878
V-A PROM	0,571	0,319	0,697	0,573	0,510	0,566
THD% MIN	0,03%	0,01%	0,10%	1,09%	3,01%	1,08%
THD% MAX	0,51%	0,24%	0,45%	1,98%	3,50%	2,80%
THD % PROM	0,21%	0,12%	0,25%	2,77%	4,10%	2,73%

En la Tabla 64 se muestra un resumen de los datos medidos y se observa que los armónicos de voltaje **si cumplen** la

regulación del CONELEC 004/001, con respecto a la corriente se encontró armónicos que sobrepasan el 100% por lo que no cumpliría ninguna norma existente debido a este alto grado de armónicas detectadas. En el análisis por orden de armónicas realizada en la Tabla 65 el armónico de tercer orden **si cumple** con la norma IEEE 519. En las Tablas 66, 67 y 68 se detectaron la existencia de armónicos de quinto y séptimo orden que **no cumplen** la norma IEEE 519.

- **Límites de la Distorsión Armónica de Corriente en Panel Entrada UPS 460 V según Distorsión de Demanda Total (TDD).**

Debido a alto grado de armónicos mostrados en la Tabla 64 se recurre al análisis de armónicos con la ayuda de la Distorsión de Demanda Total para confirmar o descartar si existen corrientes con niveles de distorsión armónica no permitidas según normas.

Para este fin se utiliza la siguiente ecuación:

$$TDD = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_L} * 100 \quad (4.1)$$

Luego se obtiene la relación  $I_{cc}/I_L$ , que se utiliza como corriente de cortocircuito  $I_{cc} = 25.10\text{kA}$ , valor ya calculado con la ecuación (7.20) y para la corriente  $I_L$  se usa la corriente promedio de la Tabla 63.

**Tabla 69 Relación  $I_{cc}/I_L$  Panel Entrada UPS 460V**

Relación $I_{cc}/I_L$	
$I_{cc}$	25.10k A
$I_L$	41.84 A
$I_{cc}/I_L$	599.90

La relación  $I_{cc}/I_L$  de la Tabla 69 es un parámetro para definir los niveles de corriente permitido y según la Tabla 7 de la Norma IEEE 519 el valor obtenido está entre el rango de 100-1000 que corresponde a la cuarta fila y los valores para  $TDD = 15\%$  y para  $n < 11$  corresponde el 12%.

A continuación se presenta la Tabla 70 que contiene el resumen de los TDD del Panel de 460 V en la entrada del UPS.

**Tabla 70 Distorsión Demanda Total Panel Entrada UPS 460 V**

TDD TOTAL			
PARAMETROS	A1	A2	A3
THD% MIN	39,00%	24,00%	43,92%
THD% MAX	94,56%	80,60%	71,74%
THD % PROM	45,16%	43,30%	47,26%

Los datos mostrados en la Tabla 70 indican que A1, A2 y A3 **no cumple** la norma.

A continuación se presenta la Tabla 71 que contiene el resumen de los TDD de orden 3 del Panel de 460 V en la entrada del UPS.

**Tabla 71 Distorsión Demanda Tercer Orden Panel Entrada UPS 460 V**

TDD n=3			
PARAMETROS	A1	A2	A3
THD% MIN	19,13%	12,44%	22,47%
THD% MAX	45,09%	36,00%	34,30%
THD % PROM	22,89%	22,19%	24,43%

Los datos mostrados en la Tabla 71 indican que A1, A2 y A3 **no cumplen** la norma.

A continuación se presenta la Tabla 72 que contiene el resumen de los TDD de orden 5 del Panel de 460 V en la entrada del UPS.

**Tabla 72 Distorsión Demanda Quinto Armónico Panel Entrada UPS 460V**

TDD n=5			
PARAMETROS	A1	A2	A3
THD% MIN	28,09%	16,32%	30,31%
THD% MAX	69,79%	62,45%	52,82%
THD % PROM	31,45%	29,81%	32,22%

Los datos mostrados en la Tabla 72 indican que A1, A2 y A3 **no cumplen** la norma.

A continuación se presenta la Tabla 73 que contiene el resumen de los TDD de orden 7 del Panel de 460 V en la entrada del UPS.

**Tabla 73 Distorsión Demanda Séptimo Armónico  
Panel Entrada UPS 460 V**

TDD n=7			
PARAMETROS	A1	A2	A3
THD% MIN	19,13%	12,44%	22,47%
THD% MAX	45,09%	36,00%	34,30%
THD % PROM	22,89%	22,19%	24,43%

Los datos mostrados en la Tabla 73 indican que A1, A2 y A3 **no cumple** la norma.

A continuación se presenta la Tabla 74 que contiene el resumen de los TDD de orden 9 del Panel de 460 V en la entrada del UPS.

**Tabla 74 Distorsión Demanda Noveno Armónico  
Panel Entrada UPS 460 V**

TDD n=9			
PARAMETROS	A1	A2	A3
THD% MIN	0,45%	0,46%	0,52%
THD% MAX	2,45%	2,11%	2,10%
THD % PROM	1,37%	1,22%	1,35%

Los datos mostrados en la Tabla 74 indican que A1, A2 y A3 **si cumplen** la norma.



- **Resumen del Análisis de la Distorsión Armónica Incluyendo el TDD en Panel Entrada UPS 460 V**

De los datos obtenidos y procesados con respecto a voltaje la distorsión armónica **si cumple la norma** del CONELEC 004/01, pero al analizar la corriente se encontró la existencia de Distorsión de Demanda (TDD) que **no cumple** la Norma IEEE 519, Ver Tabla 75, además dentro de las armónicas individuales más significativas que se analizó en detalle por medio del concepto de Distorsión de Demanda (TDD) se encontró que existen armónicas de tercero, quinto y séptimo orden que **no cumplen** la Norma IEEE 519.

**Tabla 75 Resumen del Análisis de Armónicos Panel Entrada UPS 460 V**

PANEL ENTRADA UPS 460V			
ARMONICO	%	NORMA	CUMPLE
THDV	3,07	CONELEC	SI
THDI	110,11	IEEE 519	NO
TDD	47,26	IEEE 519	NO
V3 (%)	0,32	CONELEC	SI
I3 (%)	24,43	IEEE 519	NO
V5 (%)	1,51	CONELEC	SI
I5 (%)	32,22	IEEE 519	NO
V7 (%)	0,84	CONELEC	SI
I7 (%)	24,43	IEEE 519	NO
V9 (%)	0,25	CONELEC	SI
I9 (%)	1,35	IEEE 519	SI

Estas mediciones se realizaron para confirmar que las cargas que generan armónicos son las no lineales que provienen del P.D.P del UPS 400 kVA, también hay que considerar que el UPS como una carga no lineal inyecta armónicos a la red. Además se determinó que en la salida del UPS existe armónicos con niveles de corrientes pequeños que no afectan a la red según el análisis realizado con la ayuda del TDD, pero en la entrada del UPS existen armónicos de tercero, quinto y séptimo orden que **no cumplen** la Norma IEE 519. Esto se debe por la naturaleza de las cargas no lineales instaladas en la red eléctrica.

#### **7.4 MEDICIÓN DE CARGAS INDIVIDUALES DEL UPS DE 400KVA – 460 V**

Con el fin de descubrir y confirmar que las cargas no lineales pertenecientes a este panel eléctrico generan distorsión en la onda de corriente. Además del comportamiento en el consumo de corriente eléctrica según su estado de funcionamiento:

**Rayos X Sala 1, Rayos X N2, Rayos X N1:** En su funcionamiento general este equipo médico demanda una corriente variable y se identificó que al generar rayos x para la obtención de imágenes médicas el consumo de corriente es de 15 a 25 amperios, es decir a plena carga. En espera para la generación de rayos x el consumo es alrededor de 1,35 a 3 amperios.

Además se pudo observar que mientras el consumo de corriente es el mínimo el THD<sub>i</sub> aumenta y cuando la corriente aumenta en el momento de generar los rayos x el THD<sub>i</sub> disminuye.

**Tomógrafo sala 12 y sala 11:** Este equipo médico también utiliza rayos x para obtener imágenes médicas la diferencia con los equipos de rayos x es que el tomógrafo produce imágenes detalladas de cortes axiales de la parte del cuerpo que está siendo estudiada y el equipo de rayos x obtiene una imagen plana en dos dimensiones a partir de un cuerpo tridimensional haciendo pasar a través del mismo un haz de rayos x. Para obtener imágenes médicas el tomógrafo consume corrientes entre 40 y 50 amperios.

En espera para la generación de los rayos x para generar los cortes axiales el consumo está alrededor de 7 a 10 amperios. Al igual que los equipos de rayos x mientras el consumo de corriente es el mínimo el THD<sub>i</sub> aumenta y cuando la corriente aumenta en el momento de generar los rayos x el THD<sub>i</sub> disminuye.

Se puede concluir que existe distorsión armónica que **no cumple** la norma IEEE 519 cuando el equipo está consumiendo el mínimo de corriente eléctrica.

**Transformador Seco:** Esta carga está constituida por tres transformadores secos monofásicos que forman un banco de transformadores trifásicos para alimentar a las siguientes cargas:

- Eco cardiógrafo
- Ecógrafo
- Mamógrafo

Durante las mediciones realizadas se obtuvieron mediciones de corrientes entre 15 y 20 amperios con un THD<sub>i</sub> y TDD promedio de 30%. Hay que recordar que al tratar con cargas no lineales es difícil tener una corriente promedio que refleje la realidad de la situación, ya que estas corrientes varían cuando estos equipos médicos están en funcionamiento para generar las imágenes médicas requeridas y cuando están en “reposo” el consumo de corriente eléctrica es relativamente bajo.

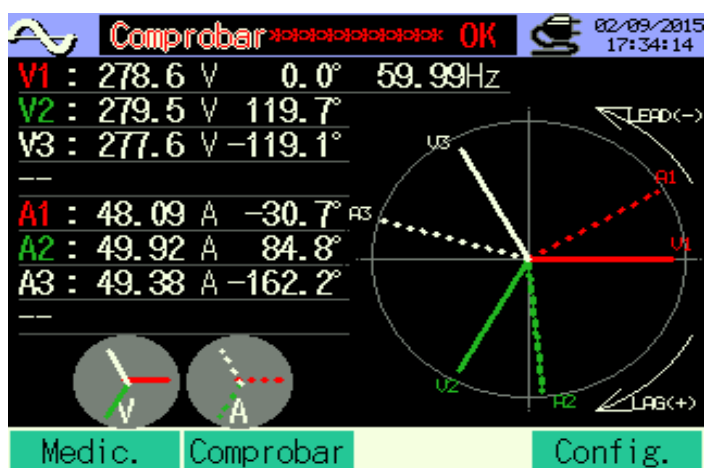
Para ilustrar lo mencionado se presenta a continuación imágenes de mediciones realizadas en tiempo real donde se respalda lo expuesto en el párrafo anterior.



**Figura 7.43 Medición Fasorial tiempo real Carga: Tomógrafo Sala 12**

En la Figura 7.43 se observa el comportamiento de la carga no lineal en estado de “reposo” y es en el que mayor tiempo permanece. No hay problemas de desequilibrios tanto en voltaje como en corriente.


En el estado de funcionamiento a “plena carga” del Tomógrafo se observa en la figura 7.44 un aumento de la corriente en sus 3 fases y en la figura 7.45 se observa valores de corriente que sobrepasan el umbral de corriente configurado de 50A.



**Figura 7.44 Medición Fasorial tiempo real Carga: Tomógrafo Sala 12**



Figura 7.45 Medición Fasorial tiempo real Carga: Tomógrafo Sala 12

El símbolo  indica que la intensidad medida supera una cierta condición.

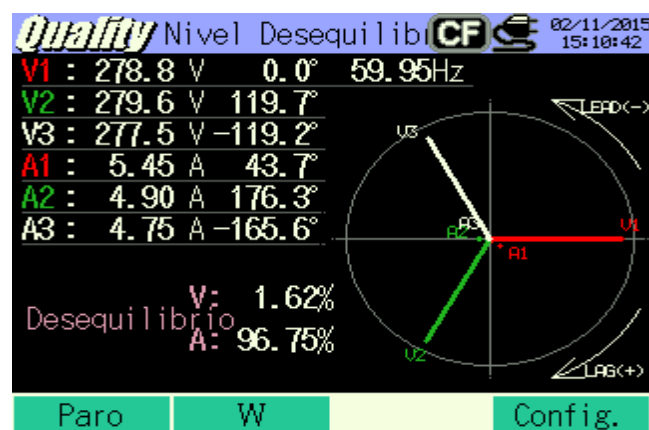
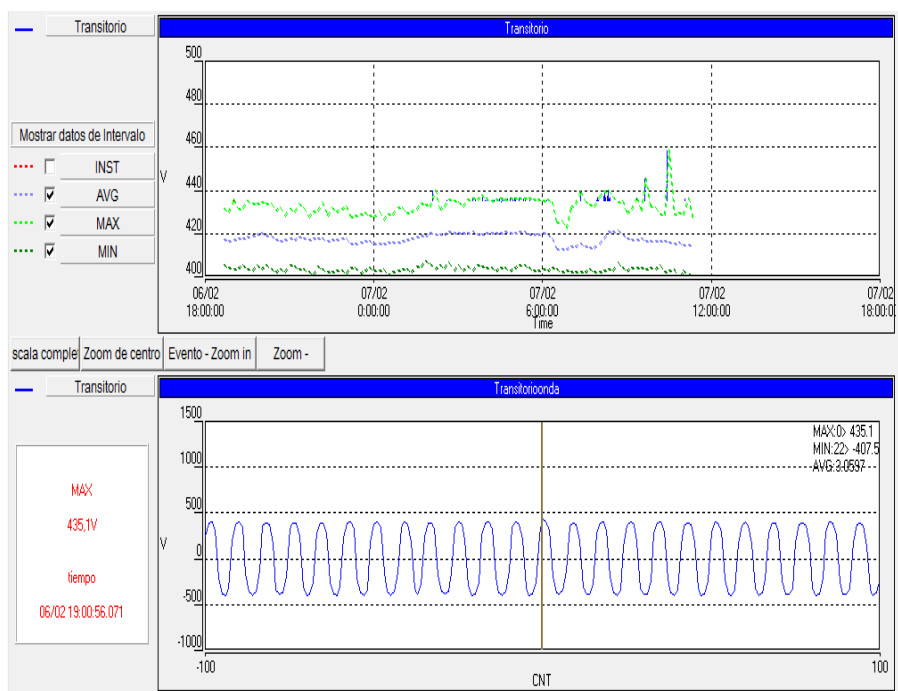


Figura 7.46 Medición Fasorial tiempo real Carga: Tomógrafo Sala 12

En la Figura 7.46 se observa un aumento en el desequilibrio en la parte de corriente en especial con respecto a las fases de las corrientes, esto se debe a que en ese momento estaban en funcionamiento las demás cargas no lineales en estado de “plena carga” además se observa que los niveles de corriente en magnitud han disminuido con respecto a la figura 7.44.



## 7.5 MEDICIÓN DE TRANSITORIO EN LA SALIDA DEL UPS P.D.P.U 460 V



**Figura 7.47 Datos Adquiridos en Panel UPS 460 V**

En la figura 7.47 se muestran datos de voltajes en Panel UPS 460 V. Dentro de la totalidad de registro, también existen transitorios con valores mayores al 10% permitido por la norma. Con un aumento de voltaje hasta los 458 V. Dichos eventos alcanzó a un porcentaje de 19 % con respecto al voltaje nominal, por lo que estos datos sobrepasan el límite y se denominan eventos transitorios.

### **7.5.1 OBSERVACIÓN DE LA MEDICIÓN DEL TRANSITORIO EN LA SALIDA DEL UPS EN P.D.P.U 460 V**

**No cumple la norma del CONELEC 004/01**, ya que se detectó un 19 % mayor al voltaje nominal y es un evento que se denomina transiente (pico de sobre voltaje). Entre 7 eventos obtenidos durante los días de captación de sucesos del Panel de UPS 460 V, se midió valores mayores al 10% del voltaje nominal. El evento de 19% afecta gravemente al sistema si se considera que durante 365 días, 1 evento por 24horas.

Estos eventos son provocados por dos razones:

- Transitorios presente por el comportamiento de la carga
- Alimentación de transitorios por sistemas vecinos.

### **7.5.2 EQUIPOS MÉDICOS A PROTEGER EN EL SISTEMA DE 460 V PARA LAS CARGAS RESPALDADAS POR EL UPS DE 400 kVA CON EL FIN DE MITIGAR LOS TRANSIENTES DE VOLTAJE EN CDI**

La selección de los equipos a proteger para los pico de sobre voltaje se basa en la norma ANSI/IEEE C62.41, que indica que en todos los equipos médicos el Supresor de Transiente es de **Categoría A**, la instalación es para conexión trifásica con modos de protección LN, LL (modo normal), LG, NG (modo común).

Las áreas son las siguientes:

- **Protección para el panel de equipos médicos (P.E.M) 220 V después del transformador seco ubicado en el P.D.P.U 460 V.**
  - Instalar Supresor de Transientes Modelo XT100-3Y101, protección para sobrecorriente máxima de 100 kA por fase y 50 kA por nodo.
  - De acuerdo a la norma ANSI/IEEE C62.41 el Supresor de Transiente es de **Categoría B**

- **Protección individual para la carga Rayos X1 en el P.D.P.U 460 V**
  - Instalar Supresor de Transientes Modelo XT100-3Y201, protección para sobrecorriente máxima de 100 kA por fase y 50 kA por nodo.
  
- **Protección individual para la carga Rayos X2 en el P.D.P.U 460 V**
  - Instalar Supresor de Transientes Modelo XT100-3Y201, protección para sobrecorriente máxima de 100 kA por fase y 50 kA por nodo.
  
- **Protección individual para la carga Rayos X3 en el P.D.P.U 460 V**
  - Instalar Supresor de Transientes Modelo XT100-3Y201, protección para sobrecorriente máxima de 100 kA por fase y 50 kA por nodo.

- **Protección individual para la carga Mamógrafo en el P.E.M 220 V**
  - Instalar Supresor de Transientes Modelo XT100-3Y101, protección para sobrecorriente máxima de 100 kA por fase y 50 kA por nodo.
  
- **Protección individual para la Carga Sala 11 en el P.D.P.U 460 V.**
  - Instalar Supresor de Transientes Modelo XT100-3Y201, protección para sobrecorriente máxima de 100 kA por fase y 50 kA por nodo.
  
- **Protección individual para la carga Tomógrafo Sala 12 en el P.D.P.U 460 V**
  - Instalar Supresor de Transientes Modelo XT100-3Y201, protección para sobrecorriente máxima de 100 kA por fase y 50 kA por nodo.

Para verificar y clasificar la utilización de las Categorías se realizó un documento basado en la norma IEEE. (Anexo C: Importancia de

Instalar Supresores de Pico y Clasificación de Transitorios por Categorías).

## **7.6 TENSIONES NEUTRO - TIERRA**

La mayoría de las cargas informáticas y equipos médicos presentan gran sensibilidad a posibles tensiones entre el neutro y el conductor de protección. Estas tensiones son inexistentes en el transformador, dado que en ese punto neutro y tierra están conectados. Cuando la corriente de retorno circula por el neutro aparece una diferencia de potencial N-PE equivalente a la caída de tensión en el hilo de neutro después del transformador.

El problema siempre se localiza dentro de la propia instalación del cliente, debido básicamente a 3 causas:

1. Escasa sección del hilo de neutro y conexiones defectuosas.  
Este es un apartado muy común y poco observado: conexiones mal hechas y poco apretadas conllevan altas caídas de tensión en esos circuitos, que pueden causar huecos de tensión, además de chispazos que generan transitorios de tipo oscilatorio.

2. Alto contenido de armónicos de 3<sup>o</sup> orden circulando por el hilo de neutro.
  
3. Conexiones entre neutro y tierra dentro de la instalación. En su mayoría desconocidas y sin localizar. Este fenómeno, además de ser peligroso desde el punto de vista de la seguridad, provoca que parte de la corriente de retorno fluya por el conductor de protección en vez del neutro. Si la resistencia de tierra no es el más adecuado (alto valor) la caída de tensión será demasiado elevada y provocará la aparición de tensiones N-PE peligrosas, al mismo tiempo que conllevará una operación errática de la electrónica de control.

### 7.6.1 VERIFICACIÓN DE RESISTENCIA DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA INSTALADAS EN P.D.P 460 V



**Figura 7.48 Mediciones de la Malla del Panel UPS 460 V**

La figura 7.48 indica las mediciones realizadas en las instalaciones del CDI por medio del medidor de gancho para puesta a tierra marca KYORITSU.

Después de haber realizado las mediciones de puesta a tierra se obtuvo los siguientes resultados:

Tierra de la malla de 460 V

- 0.92  $\Omega$
- 80  $\Omega$
- 0.88  $\Omega$
- 0,9  $\Omega$



Promedio de: 0,875.

Los valores fluctuaron de 0.8 ohm a 0,92 ohm en 4 tomas que se realizaron por toda el área a analizar. Se recuerda que la medición de cada punto a tierra debe ser menor a 1  $\Omega$ ; los resultados obtenidos se encuentran dentro de los parámetros ideales que indica la norma IEEE 1100- 2005. No se encontró ruido presente en las tomas de mediciones, en el caso de encontrar se puede deducir que tienen algunos de sus puntos que están sulfatados y que no están haciendo un buen contacto en cada punto de la malla a tierra.

#### **7.6.2 VERIFICACIÓN DE RESISTENCIA DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA INSTALADA PARA EL P.D.P 220 V**

Después de haber realizado las mediciones se obtuvo resultados de 4 mediciones:

Tierra de la malla de 220 V

- 0.94  $\Omega$
- 1.1  $\Omega$
- 1.09  $\Omega$

- 0,97  $\Omega$

Promedio de: 1,025.

Los valores fluctuaron de 0.94 ohm y 1,1 ohm en 4 tomas que se realizaron por toda el área a analizar. Se recuerda que la medición de cada punto a tierra debe ser menor a 1  $\Omega$ ; los resultados obtenidos se encuentran dentro de los parámetros ideales que indica la norma IEEE 1100- 2005.

#### **7.7 RESUMEN DE LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA ANALIZADA CONSIDERANDO LOS PARÁMETROS ELÉCTRICOS SEGÚN REGULACIÓN DEL CONELEC 004/01 Y NORMA IEEE**

En la Tabla 76 se muestra un resumen general del análisis de la calidad de energía eléctrica en CDI.

Se indica el parámetro eléctrico medido, el lugar donde se realizó la medición, los valores obtenidos, se indica si cumple la norma respectiva, las causas y las soluciones propuestas.

**Tabla 76 Resumen De Calidad de Energía Eléctrica Analizada**

CALIDAD DE SUMINISTRO	PUNTO DE MEDICION	VALORES MEDIDOS	VALORES POR NORMA	CUMPLE NORMA	CAUSAS	SOLUCION (INSTALAR)
TRANSIENTE	PANEL 220 V	9,947%	10,00%	NO CUMPLE	CARGAS INDUCTIVAS: MOTORES, COMPRESORES	SUPRESORES DE PICO
	PANEL 460V	16,57%				
	PANEL 460V UPS	18,2%				
ARMONICOS	PANEL 220 V (V)	2,27%	5,00%	SI CUMPLE	N/A	N/A
	PANEL 220 V (A)	12,88%	20,00%			
	PANEL 460V (V)	3,12%	5,00%			
	PANEL 460V (A)	41,76%	20,00%	NO CUMPLE	CARGAS NO LINEALES	FILTRO ACTIVOS
	P. 460V UPS (V)	2,01%	5,00%	SI CUMPLE	N/A	N/A
	P. 460V UPS (A)	8.20%	20,00%	SI CUMPLE	N/A	N/A
RELACION DE DESEQUILIBRIO	PANEL 220 V (V)	1,06%	5,00%	SI CUMPLE	N/A	N/A
	PANEL 220 V (A)	4,33%	10,00%			
	PANEL 460V (V)	1,28%	5,00%			
	PANEL 460V (A)	14,98%	10,00%	NO CUMPLE	CARGAS NO LINEALES	FILTROS ACTIVOS
	P. 460V UPS (V)	1,57%	5,00%	SI CUMPLE	N/A	N/A
	P. 460V UPS (A)	31,96%	10,00%	NO CUMPLE	CARGAS NO LINEALES	N/A
DESBALANCE	PANEL 220 V	0,835%	5,000%	SI CUMPLE	N/A	N/A
	PANEL 460V	3,03%				
	PANEL 460V UPS	4,16%				
FACTOR DE POTENCIA	PANEL 220 V	0,96	0,92	SI CUMPLE	N/A	N/A
	PANEL 460V	0,807		NO CUMPLE	CARGAS INDUCTIVAS	N/A
	PANEL 460V UPS	N/A		N/A	N/A	N/A
PUESTA A TIERRA	PANEL 220 V	1,025 $\Omega$	1,0 $\Omega$	SI CUMPLE	N/A	N/A
	PANEL 460V	0,875 $\Omega$				
	PANEL 460V UPS	0,875 $\Omega$				

## **CAPÍTULO 8**

### **8 CONSIDERACIONES GENERALES DE LAS PROPUESTAS DE SOLUCIÓN Y COTIZACIONES DE EQUIPOS DE PROTECCION ELÉCTRICA**

#### **8.1 CONSIDERACIONES GENERALES DE LA PROPUESTA EN LA IMPLEMENTACIÓN DE SUPRESORES DE PICO**

Luego de realizar el estudio de calidad de energía eléctrica en el CDI del HLV uno de los problemas detectados fue la presencia de transientes de voltaje que incumplen la norma del CONELC 004/01. Para atenuar la presencia de transientes en la red eléctrica analizada, se recomienda la instalación de “Supresores de Pico” con este dispositivo las cargas sensibles a transientes de voltaje estarán protegidas.

Los transientes de voltaje nunca se podrán eliminar en su totalidad pero si se pueden disminuir en niveles de tensión residual que no afecten o causen daño estructural a placas y tarjetas electrónicas o circuitos integrados. En total se está sugiriendo la instalación de 14 supresores de picos que se encuentran distribuidos de forma sistemática con el fin de proteger las siguientes cargas:

- Tomógrafo
  
- Mamógrafo
  
- Rayos X
  
- Eco cardiógrafo
  
- Ecógrafo
  
- Equipos de Control de Aire Acondicionado
  
- Equipos de Computación

En la Tabla 77 se detalla el tiempo de vida útil de los equipos mencionados según los fabricantes y el tiempo de garantía que ofrecen:

**Tabla 77 Vida Útil de equipos Médicos en CDI**

EQUIPOS A PROTEGER	Años Vida Útil	Garantía del Fabricante
Tomógrafo	10	1 año
Mamógrafo	10	1 año
Rayos X	10	1 año
Eco Cardiógrafo	5	1 año
Ecógrafo	5	1 año
E. Control de A.A	6	2 años
E. Computación	5	1 año

**Tabla 78 Costos de Mantenimiento de Equipos Médicos en CDI**

EQUIPOS A PROTEGER	Mantto Preventivo	Costo Mantto Preventivo	C. Mantto P. Anual	C. Mantto de Vida Útil
Tomógrafo	2 meses	\$ 400.00	\$ 2,400.00	\$ 24,000.00
Mamógrafo	2 meses	\$ 200.00	\$ 1,200.00	\$ 12,000.00
Rayos X	2 meses	\$ 150.00	\$ 900.00	\$ 9,000.00
Eco Cardiógrafo	1 meses	\$ 100.00	\$ 1,200.00	\$ 6,000.00
Eco Cardiograma	1 meses	\$ 100.00	\$ 1,200.00	\$ 6,000.00
E. Control de A.A	6 meses	\$ 400.00	\$ 800.00	\$ 4,800.00
E. Computación	6 meses	\$ 300.00	\$ 600.00	\$ 3,000.00

La Tabla 78 muestra los costos de mantenimiento referenciales proporcionados por el departamento de mantenimiento del hospital

Luis Vernaza. La Tabla 79 indica el mantenimiento total de los equipos médicos durante su vida útil.

**Tabla 79 Costos de Mantenimiento por Vida Útil de Equipos Médicos en CDI**

EQUIPOS A PROTEGER	# de Equipos	C. Mantto de Vida Útil	C. Mantto Total por Vida Útil
Tomógrafo	2	\$ 24,000.00	\$ 48,000.00
Mamógrafo	1	\$ 12,000.00	\$ 12,000.00
Rayos X	3	\$ 9,000.00	\$ 27,000.00
Eco Cardiógrafo	1	\$ 6,000.00	\$ 6,000.00
Eco Cardiograma	2	\$ 6,000.00	\$ 12,000.00
E. Control de A.A	1	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00
E. Computación	1	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00

**Tabla 80 Inversión en Adquisición de Equipos Médicos**

EQUIPOS A PROTEGER	# de Equipos	INVERSION EN EQUIPO	INVERSION TOTAL
Tomógrafo	2	\$ 900,000.00	\$ 1,800,000.00
Mamógrafo	1	\$ 120,000.00	\$ 120,000.00
Rayos X	3	\$ 245,000.00	\$ 735,000.00
Eco Cardiógrafo	1	\$ 125,000.00	\$ 125,000.00
Eco Cardiograma	2	\$ 130,000.00	\$ 260,000.00
E. Control de A.A	1	\$ 8,000.00	\$ 8,000.00
E. Computación	20	\$ 500.00	\$ 10,000.00
TOTAL			\$ 3,058,000.00

La Tabla 80 indica la inversión inicial de los equipos médicos, equipos de aire acondicionado y equipos de computación en CDI.

La Tabla 81 indica la inversión a realizar en la adquisición e instalación de los supresores de pico.

Con las tablas mostradas se pretende tener una idea de la importancia de proteger equipos médicos debido a su alto valor económico en su adquisición y de mantenimiento. La información mostrada es proporcionada por el departamento de mantenimiento del HLV.

**Tabla 81 Inversión de Supresores de Pico**

INVERSION GENERAL PARA PROTECCION DE TRANSIENTES DE VOLTAJE EN CDI DEL HLV		
1	SUPRESORES DE PICOS	\$ 26.707,52
2	INSTALACION DE SP	\$ 1.332,80
TOTAL		\$ 28.040,32

### 8.1.1 COTIZACIÓN DE SUPRESORES DE PICO

A continuación se presenta en la Tabla 82 la cotización para la compra de supresores de pico.



**Tabla 82 Cotización Detallada de Supresores de Pico**

SUPRESORES DE PICO PARA TRANSITORIOS DE VOLTAJE					
Ítem	Descripción	Und.	Cant.	V.Unit.	V.Total
1	Para P.D.P 460V en Bunker DPS Modelo: PTX160-3Y201	und.	1	\$ 3.135,00	\$ 3.135,00
2	Para P.D.P 220V en Bunker DPS Modelo: PTX160-3Y101	und.	1	\$ 3.135,00	\$ 3.135,00
3	Para P.D.P UPS 460V en CDI DPS Modelo: PTX120-3Y201	und.	1	\$ 2.279,00	\$ 2.279,00
4	Para P.D.P 460V en CDI DPS Modelo: PTX120-3Y201	und.	1	\$ 2.279,00	\$ 2.279,00
5	Para P.D.P 220V en CDI DPS Modelo: PTX120-3Y101	und.	1	\$ 2.040,00	\$ 2.040,00
6	Para P.E.M en CDI DPS Modelo: XT100-3Y101	und.	1	\$ 1.260,00	\$ 1.260,00
7	Para Panel Rayo X 1 en CDI DPS Modelo: XT100-3Y201	und.	1	\$ 1.260,00	\$ 1.260,00
8	Para Panel Rayos X 2 en CDI DPS Modelo: XT100-3Y201	und.	1	\$ 1.260,00	\$ 1.260,00
9	Para Panel Rayos X 3 en CDI DPS Modelo: XT100-3Y201	und.	1	\$ 1.260,00	\$ 1.260,00
10	Para Panel Mamógrafo en CDI DPS Modelo: XT50-3Y101	und.	1	\$ 1.079,00	\$ 1.079,00
11	Para Panel Tomógrafo S11 en CDI PDS Modelo: XT100-3Y201	und.	1	\$ 1.260,00	\$ 1.260,00
12	Para Panel Tomógrafo S12 en CDI DPS Modelo: XT100-3Y201	und.	1	\$ 1.260,00	\$ 1.260,00
13	Para Panel A/C 460V DPS Modelo: XT100-3Y201	und.	1	\$ 1.260,00	\$ 1.260,00
14	Para Panel A/C 220V DPS Modelo: XT50-3Y101	und.	1	\$ 1.079,00	\$ 1.079,00
SON: Veinte y seis mil setecientos siete con 52/100 dólares Americanos				Sub-Total	\$ 23.846,00
				IVA 12%	\$ 2.861,52
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 26.707,52</b>

## 8.1.2 COTIZACIÓN DE INSTALACIÓN DE LOS SUPRESORES DE PICO

A continuación en la Tabla 83 se detallan los precios de instalación de cada uno de los supresores de picos especificando área a instalar y los modelos sugeridos.

**Tabla 83 Cotización Instalación de Supresores de Pico**

INSTALACIÓN DE SUPRESORES DE PICOS SOBRE VOLTAJE EN CDI DEL HLV				
Ítem	Descripción: Lugar de Instalación y Modelo	Cant.	V.Unit.	V.Total
1	P.D.P 460V en Bunker. DPS Modelo PTX160-3Y201	1	\$ 85,00	\$ 85,00
2	P.D.P 220V en Bunker. DPS Modelo: PTX160-3Y101	1	\$ 85,00	\$ 85,00
3	P.D.P.U 460V en CDI. DPS Modelo: PTX120-3Y201	1	\$ 85,00	\$ 85,00
4	P.D.P de 460V en CDI. DPS Modelo: PTX120-3Y201	1	\$ 85,00	\$ 85,00
5	P.D.P de 220V en CDI. DPS Modelo: PTX120-3Y101	1	\$ 85,00	\$ 85,00
6	P.E.M de 220V en CDI. DPS Modelo: XT100-3Y101	1	\$ 85,00	\$ 85,00
7	Panel de Rayos X 1. DPS Modelo: XT100-3Y201	1	\$ 85,00	\$ 85,00
8	Panel de Rayos X 2. DPS Modelo: XT100-3Y201	1	\$ 85,00	\$ 85,00
9	Panel de Rayos X 3. DPS Modelo: XT100-3Y201	1	\$ 85,00	\$ 85,00
10	Panel del Mamógrafo. DPS Modelo: XT100-3Y101	1	\$ 85,00	\$ 85,00
11	Panel Tomógrafo Sala 11. DPS Modelo: XT100-3Y201	1	\$ 85,00	\$ 85,00
12	Panel Tomógrafo Sala 12. DPS Modelo: XT100-3Y201	1	\$ 85,00	\$ 85,00
13	Panel de A/C 460V. DPS Modelo: XT100-3Y201	1	\$ 85,00	\$ 85,00
14	Panel de A/C 220V. DPS Modelo: XT100-3Y101	1	\$ 85,00	\$ 85,00
SON: Un mil trescientos treinta y dos, con 80/100 dólares americanos			Sub-Total	\$1.190,00
			IVA 12%	\$ 142,80
			<b>TOTAL</b>	<b>\$1.332,80</b>

Los valores expuestos en la Tabla 83 son los correspondientes a costos de mercados ofertados por diferentes empresas en la actualidad y fueron promediados aproximando a un valor de \$ 85,00 dólares americanos por instalación de cada supresor de pico.

## **8.2 CONSIDERACIONES GENERALES DE LA PROPUESTA EN LA IMPLEMENTACIÓN DE FILTRO ACTIVO**

Luego de realizar el estudio de calidad de energía eléctrica en el Centro de Diagnóstico por Imágenes del Hospital Luis Vernaza, otro problema detectado fue la presencia de armónicos de corriente en el P.D.P de 460V que no cumplen la norma de la IEEE 519, sin embargo hay que aclarar que en distorsión armónica de voltajes no existen problemas porque si cumplen con la norma del CONELEC 004/01. Para eliminar la presencia de armónicos de corrientes a niveles que cumplan con la norma de la IEEE 519, se optó por seleccionar un filtro activo en paralelo a las cargas del P.D.P 460V con una capacidad de 100 A.

Con la instalación del filtro activo se atenúan las corrientes armónicas y como efecto secundario se disminuye la carga reactiva que por consiguiente mejora el factor de potencia en el P.D.P de 460V.

Además tiene la capacidad de disminuir el desequilibrio entre fases de corrientes. Con estos beneficios se protege a las cargas vecinas de este Panel como son el conjunto de cargas de Unidad Manejadora de Aire (UMA), y Serpentin de Aire Acondicionado (A.A SR), ya que el UPS o SAI (Sistema de alimentación ininterrumpida) como carga no lineal y es una fuente generadora de armónicos de corriente.

## **CAPÍTULO 9**

### **9 RESULTADOS DEL PROYECTO**

Al finalizar el análisis de calidad de energía eléctrica se elaboró el informe final, manual de instalación de supresores de transientes, actualización del plano eléctrico del CDI y se capacitó al personal técnico del departamento de mantenimiento del HLV.

#### **9.1 CAPACITACIÓN AL PERSONAL TÉCNICO DEL HLV**

Las capacitaciones impartidas comenzaron el día 13 de Julio del 2015 hasta el 16 de julio del 2015 con una duración de 2 horas por día en las oficinas de mantenimiento del HLV, fueron presenciales y orientadas a 4 técnicos del área de mantenimiento eléctrico de

manera individual por razones de horarios de trabajos y políticas internas de la institución. (Anexo D: Registro de Asistencia de la Capacitación).

Se realizó una evaluación de 10 preguntas, cada pregunta tiene un valor de 10 puntos dando un total de 100 puntos como máxima calificación posible. Se obtuvo un promedio en notas de 89.25/100 teniendo como nota máxima 100 y como nota mínima 65. Las calificaciones estuvieron bastante satisfactorias ya que el promedio de notas indica que las recomendaciones realizadas en la capacitación fueron asimiladas por cada técnico capacitado.

Para realizar la capacitación se elaboró un contenido para tratar de llevar a cabo de forma fácil y organizada los temas que a continuación se enumeran:

- 1) Introducción
- 2) Objetivos
- 3) Conceptos Básicos de Electricidad
- 4) El Cuerpo Humano y la Electricidad

4.1) Efectos Fisiológicos de La Corriente Eléctrica

4.2) Macroshock y Microshock

5) Importancia de la Línea a Tierra

6) Accidentes Eléctricos y Riesgo Hospitalario

6.1) Situaciones Peligrosas

6.2) Causas de Accidentes Eléctricos en Hospitales

7) Equipos Médicos Actuales en CDI

8) Mantenimiento Preventivo

9) Calidad de la Energía

9.1) Efecto de una mala Calidad de Energía Eléctrica

9.2) Normas CONELEC 004/01

10) Prevención de Accidentes Eléctricos

11) Conclusiones

## 9.2 ENTREGA DEL PROYECTO

Luego de concluir con el proceso de revisión y aceptación del informe del análisis de calidad de energía eléctrica, manual de instalación de supresores de transientes y actualización del plano eléctrico del CDI por parte del Ing. Richar Valarezo, jefe del departamento de mantenimiento y el Sr. Raúl López, técnico eléctrico, se coordinó la fecha para la entrega formal de los productos esperados definidos en el proyecto entre la ESPOL, a través de la Unidad de Vinculación con la Sociedad y el HLV de la ciudad de Guayaquil. El día miércoles 12 de Agosto de 2015, la delegación de ESPOL se dirigió a las oficinas del departamento de mantenimiento del Hospital Luis Vernaza para verificar que los compromisos definidos al inicio del proyecto, hayan sido cumplidos en su totalidad.

La presentación formal de los productos esperados se desarrolló ante la presencia de los delegados del Hospital, el Sr. Raúl López Ortega, técnico eléctrico de la organización beneficiaria, el Ing. Richard Valarezo Espejo, jefe del departamento de mantenimiento de la organización beneficiaria. De la parte de ESPOL estuvieron presentes el Ing. Holger Cevallos Ulloa, profesor delegado por la FIEC y Director del Proyecto, la Lcda. Aleyda Quinteros Trelles,



Asistente de la Unidad de Vinculación con la Sociedad, y los estudiantes encargados de ejecutar el proyecto: Walter David Santillán Montalvo y Carlos Andrés Rivera Jara.

Acto seguido se firmó un acta que estipula la entrega y aceptación de los productos esperados por parte de la organización beneficiaria. (Anexo E: Acta de Conformidad de Resultados).

### **9.3 DESCRIPCIÓN DEL MANUAL DE INSTALACIONE DEL SUPRESOR DE PICOS**

Después de definir los equipos de protección eléctrica para proteger al sistema de 460 V y 220 V con respecto a los transientes de voltajes detectados por medio del analizador de calidad de la energía KYORITSU, se procedió a elaborar un manual de instalación para tomar las debidas precauciones de seguridad eléctrica y efectuar una correcta instalación por parte de los técnicos eléctricos y facilitar la supervisión por parte del jefe del departamento de mantenimiento (Anexo F: Manual de Usuario para la Instalación de Supresores de Pico o Transientes).

## **CONCLUSIONES**

1. El análisis de calidad de la energía eléctrica en el área centro de diagnóstico por imágenes del HLV usando la regulación del CONELEC no. 004/01, cumplió con la captación de perturbaciones satisfactoriamente y se emitió medidas correctivas, las cuales ayudo positivamente a la entidad sin fines de lucro y a los ejecutores del proyecto sirviendo como experiencia para demostrar la ingeniería de conocimientos adquiridos en la universidad.
2. El analizador de redes eléctricas aplicado al análisis de calidad de energía eléctrica efectuó el proceso de obtención de datos para realizar el proyecto con datos precisos y confiables dado que capto los diversos fenómenos que afectan directamente al sistema eléctrico del edificio del CDI.

3. Los aspectos legales que señala la Constitución Política del Ecuador y el reglamento del Sector Eléctrico tienen por objetivo principal designar y diseñar planes estratégicos para la producción, generación y consumo de la energía eléctrica, que esto sea un servicio público de excelente calidad, por tal motivo el análisis de calidad de energía eléctrica es un procedimiento que se está usando para determinar que los servicios mencionados están cumpliendo las disposiciones que prescribe las leyes y reglamentos que se han citado en el presente proyecto, justificando la ejecución del mismo con el fin de precautelar los intereses del HLV, permitiéndose corregir y prevenir problemas existente en la red eléctrica del área analizada como es el CDI.
4. La aplicación de las teorías y conceptos de distorsión armónica y transitoria ayudo a la comprensión y mejor desenvolvimiento en el campo eléctrico, proporcionando ayuda en los temas de la elaboración del análisis y permitiendo por medio de ellos obtener resultados óptimos.
5. Para determinar la calidad del producto que se está suministrando al HLV, se aplicó diferentes normas estándares, entre las más utilizadas fueron la Regulación del CONELEC 004/01 y la IEEE que establecen niveles adecuados de parámetros eléctricos facilitando el diagnóstico

posterior a los datos medidos en el proceso de análisis de calidad de energía eléctrica realizado

6. Mediante previo análisis de la distribución actual del sistema eléctrico, el cual proporcione información precisa, que facilitó la ejecución de las conexiones y configuraciones del analizador de red eléctrica utilizado en el edificio de CDI del HLV.
  
7. Se analizaron datos que demuestran que tanto en el análisis del sistema de 220 V como en el de 460V existe presencia de transitorios, los cuales No Cumplen la Norma del CONELEC 004/01, ya que se detectó un aumento del 10 % del voltaje nominal en el sistema de 220 V y un aumento del 19% del voltaje nominal en el sistema de 460 V. Al realizar el análisis de distorsión armónica de corriente y voltaje se encontró que en el sistema de 220 V los niveles detectados Si Cumplen la Norma del CONELEC 004/01 y la Norma IEEE 519. Caso contrario sucedió en el sistema de 460 V donde el análisis realizado en distorsión armónica de voltaje Si Cumple la Norma del CONELC 004/01, pero el análisis de la distorsión de corriente los niveles detectados No Cumple la Norma IEEE 519 en el P.D.P de 460 V. El sistema de puesta a tierra para el sistema de 220V y el de 460V se encuentran dentro de los parámetros normales

y cumplen con la norma IEEE 1100- 2005 estableciendo que la resistencia de malla de puesta a tierra debe ser menor o igual a  $1 \Omega$

8. Se presenta un presupuesto referencial para la implementación de resultados, como es la instalación de equipos supresores de pico en las áreas del CDI tanto para voltaje de 220 y 460 basándose en normas estándares de la IEEE C62.41, con lo cual se llegó al objetivo propuesto en el análisis de calidad y poder tener energía sin variaciones en el suministro de los equipos del CDI del HLV.
  
9. Con la entrega de los resultados del proyecto se cumplió con los objetivos planteados, y en especial con las propuestas de solución para tomar medidas correctivas y preventivas en base al resultado de los análisis realizados, además se capacitó al personal técnico reforzando los conocimientos acerca del correcto mantenimiento preventivo y disminución de riesgos eléctricos teniendo en cuenta la importancia de contar con una buena calidad de energía eléctrica.

## **RECOMENDACIONES**

1. El análisis realizado en el área de CDI servirá como un modelo de procedimiento a seguir, por lo que es importante continuar implementando este tipo de procesos en otras áreas críticas y de interés para el HLV con el fin de extender una buena calidad de energía en toda la institución.
2. En los futuros análisis de calidad de energía eléctrica a efectuarse en otras áreas pertenecientes al HLV, se los puede realizar con analizadores de redes eléctricas de mayor captación de datos y con mordazas flexibles para tener una mayor facilidad en la instalación.

3. Realizar procedimientos internos para instituciones como el HLV como políticas de control y regulación de los bienes y servicios públicos que la Constitución Política del Ecuador garantiza como derecho ineludible para con los ciudadanos y ciudadanas.
4. Se establece una mejor comprensión del THDI al analizar con mayor profundidad la teoría de causas y soluciones de este fenómeno, debido a que el documento describe un breve resumen de este tema que forma parte del análisis de calidad de energía eléctrica realizado en el HVL.
5. Complementar la buena calidad de energía eléctrica que actualmente se la realiza con Normas estándares, incluyendo otras específicas del área médica con el fin de mejorar las condiciones de trabajo buscando la excelencia en el momento de brindar un servicio médico de calidad.
6. Se puede mejorar el diagnóstico previo al análisis al realizar un reconocimiento de los problemas ya ocurrido en los equipos, como presencia de variaciones, quemaduras de equipos, disparo de disyuntores, parpadeo continuo de las iluminarias, etc. Esto ayudara a obtener una perspectiva de los fenómenos presente en área del CDI.

7. Se recomienda la instalación de supresores de pico en Paneles de Distribución Principal y Paneles Secundarios para proteger a los equipos médicos ubicados en el CDI. Para disminuir los niveles de armónicos de corrientes que no cumplen con la norma IEEE 519, se recomienda la instalación de un filtro activo de potencia con capacidad de 100 A en el P.D.P de 460 V. Establecer un programa periódico para la revisión del estado de la malla de puesta a tierra y el valor de su resistencia en ohmios ( $\Omega$ ) verificando el cumplimiento de la norma IEEE 1100- 2005.
8. Realizar un análisis de costo beneficio en el momento de adquirir los supresores de pico ya que en el mercado se encuentra variedad de marcas y tecnologías, por lo que se recomienda tratar de obtener supresores de pico con los 10 modos de protección: Línea a Línea (L1-L2; L1-L3; L2-L3), Línea a Neutro (L1-N; L2-N; L3-N), Línea Tierra (L1-T; L2-T; L3-T) y Neutro a Tierra (N-T).
9. Realizar el reconocimiento del área al instalar los supresores de pico y enfatizar la importancia de aplicar los procedimientos de seguridad apropiados cuando se trabaja con electricidad, de tal modo que se pueda identificar y mantener condiciones seguras en el lugar de trabajo para evitar peligros eléctricos.



## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Manual de Instrucciones. (s.f.) Analizador de Calidad del Suministro, KYORITSU [online]. Disponible en:  
[https://www.equiposmedida.com/documentacion/kyoritsu6310\\_manual.pdf](https://www.equiposmedida.com/documentacion/kyoritsu6310_manual.pdf)
- [2] Téllez, E. (s.f) Automatización, Productividad y Calidad S.A (AP&C), Programa de Ahorro de Energía, Distorsión Armónica [online]. Disponible en:  
<http://watergymex.org/contenidos/rtecnicos/Optimizando%20la%20Operacion%20y%20el%20Mantenimiento/Distorsion%20Armonica.pdf>
- [3] Fornieles, F. (s.f.) Armónicos: Efectos, Diagnostico y Soluciones [online]. Disponible en: <http://circuitor.es/es/documentacion-es/compensacion-de-energia-reactiva-y-filtrado-de-armonicos/filtros-de-armonicos>
- [4] Representaciones Eléctricas Aguilar S.A. (s.f.) Límites de Distorsión Armónica, Ficha Técnica. REA00510 [online]. Disponible en:  
<http://www.reasa.com.mx/pdf/FTREA00510-Limites-de-distorsion-armonica.pdf>
- [5] Representaciones Eléctricas Aguilar S.A. (s.f.) Distorsión Armónica, Ficha Técnica. REA00410 [online]. Disponible en:  
[www.reasa.com.mx/pdf/FTREA00410-Distorsion-amonica.pdf](http://www.reasa.com.mx/pdf/FTREA00410-Distorsion-amonica.pdf)

- [6] Schneider Electric. (s.f.) AccuSine Filtro Activo de Armónicos [online]. Disponible en: <http://www.schneider-electric.com/products/co/ls/4300-correccion-de-factor-de-energia-componentes-y-sistemas/4340-filtros-compensadores-activos/2187-accusine/>
- [7] NORMA IEEE 1100 - 2005 “Práctica Recomendada para Potencia y Puesta a Tierra de Equipos Electrónicos”.pdf, Disponible en: [http://www.techstreet.com/cgi-bin/detail?product\\_id=1267445](http://www.techstreet.com/cgi-bin/detail?product_id=1267445), consultado en Octubre del 2008
- [8] NORMA IEEE C62.41 “Guía de Aplicación para Dispositivos de Protección de Sobretensión en Bajo Voltaje (1000 Voltios o Menor)”. Pdf, Disponible en: <http://www.ewh.ieee.org>, consultado en Octubre del 2008.
- [9] “Filtros Activos de Potencia. pdf” por M. Lamich, UNIVERSIDAD POLITÈCNICA DE CATALUNYA, Disponible en: <http://www.pdf-search-engine.com/filtros-activospdf.html>, consultado en Octubre del 2008
- [10] Norma IEEE 519, Disponible en: <http://www.nas.net/~ludbrook/ieee519.html>, consultado Septiembre - Diciembre del 2008
- [11] REGULACIÓN DEL CONELEC 0004/01 Disponible en: [www.conelec.gob.ec/normativa/CalidadDeServicio.doc](http://www.conelec.gob.ec/normativa/CalidadDeServicio.doc)

- [12] LEY DEL RÉGIMEN DEL SECTOR ELÉCTRICO TOMO II Disponible en:  
[www.energia.gob.ec/wp-content/uploads/.../01/2.7-Leyes-conexas.pdf](http://www.energia.gob.ec/wp-content/uploads/.../01/2.7-Leyes-conexas.pdf)
- [13] Tesis Análisis de calidad de energía en los edificios utilizados por el hospital León Becerra. Disponible en:  
[dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2098/14/UPS-GT000158.pdf](http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2098/14/UPS-GT000158.pdf)
- [14] ANSI/IEEE std 1159 - 1995. "Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality"
- [15] ANSI/IEEE 1100 -1999 Disponible en: EMERALD BOOK "Recommended Practice for Powering and Grounding Sensitive Electronic Equipment" FIPS PUB 94 – 1983 (Federal Information Processing Standards) Guideline on Electrical Power for ADP installations
- [16] ANSI-IEEE std 446- 1995 Disponible en: Orange Book "Recommended Practice for emergency and standby power systems for Industrial and Commercial Applications"
- [18] Desbalance de tensión. Disponible en:  
<http://www.ecamec.com.ar/newsletter/bajarnotaa0909.pdf>

- [19] Desequilibrio de tensión Disponible en:  
[http://www.unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes\\_Finales\\_Investigacion/Agosto\\_2011/MURILLO%20MANRIQUE\\_FIEE/Desequilibrios%20de%20tensiones.pdf](http://www.unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes_Finales_Investigacion/Agosto_2011/MURILLO%20MANRIQUE_FIEE/Desequilibrios%20de%20tensiones.pdf)
- [20] Circuitos Eléctricos Trifásicos. Disponible en:  
[https://eva.fing.edu.uy/pluginfile.php/90431/mod\\_resource/content/1/CircuitosElectricosTrifasicos.pdf](https://eva.fing.edu.uy/pluginfile.php/90431/mod_resource/content/1/CircuitosElectricosTrifasicos.pdf)
- [21] Factor de Potencia. Disponible en:  
[http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke\\_factor\\_potencia/ke\\_factor\\_potencia\\_4.htm](http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_factor_potencia/ke_factor_potencia_4.htm)
- [22] Desequilibrio de tensión y corriente. Disponible en:  
[http://www.fenercom.com/pages/pdf/formacion/15-05-20\\_Jornada%20estaciones%20de%20servicio/6\\_Sistemas\\_de\\_optimizacion\\_de\\_suministro\\_electrico\\_GESINNE\\_fenercom-2015](http://www.fenercom.com/pages/pdf/formacion/15-05-20_Jornada%20estaciones%20de%20servicio/6_Sistemas_de_optimizacion_de_suministro_electrico_GESINNE_fenercom-2015)
- [23] Instalación de Supresores, manual de instalación. Disponible en:  
<http://www.eaton.com/Eaton/ProductsServices/Electrical/ProductsandServices/PowerQualityandMonitoring/SurgeProtectiveDevices/OEMandPanelMountSurge/index.htm#tabs-2>

- [24] REFERENCIA GUZMÁN, Orly, Ing., Obtenido del “Seminario de Calidad del Servicio de Distribución de Energía Eléctrica”, Desbalance de voltaje, 2008.
- [25] La Fuente, N. (s.f) Instalación de Supresores de Pico, Proveedor de Latinoamérica DPS Eaton, Folleto perteneciente a Empresa Masusa. Guayaquil-Ecuador.
- [26] Yapur, M. (s.f) Protección Contra Accidentes Eléctricos en el Uso de Equipos Médicos. Disponible en: Diapositivas Cátedra Electrónica Médica.
- [27] Protección Contra Accidentes Eléctricos en Ambientes Hospitalarios. Disponible en:  
<tps://www.fiec.espol.edu.ec/electronica-medica/Seguridad.doc>
- [28] Normas para el mantenimiento preventivo de equipos médicos de los hospitales y clínicas del país. Disponible en:  
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/5353/1/Normas%20para%20el%20mantenimiento%20preventivo%20de%20equipos%20medicos.pdf>
- [29] Impedancia de Cortocircuito de un Transformador. Tensiones de cortocircuito a considerar en función de la potencia aparente de los transformadores. Disponible en:  
<http://roble.pntic.mec.es/adog0009/1.4.html>

- [30] Constitución de la República del Ecuador 2008. Disponible en:  
[http://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4\\_ecu\\_const.pdf](http://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf)
- [31] Reglamento a la Ley del Sector Eléctrico: Disponible en:  
<http://www.energia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/01/Reglamentos-Generales.pdf>

## ANEXOS

### ANEXO A: CARTA DE AUSPICIO PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO



Guayaquil, 19 de febrero del 2015

Ingeniero  
**MARCOS TAPIA QUINCHA**  
*Director de la Unidad de Vínculos con la Sociedad*  
ESPOL  
Ciudad.

De mi consideración:

Reciba un cordial saludo a nombre de quienes hacemos el Hospital Luis Vernaza.

El motivo de la presente es para informar a usted que los señores: Carlos Rivera Jara con número de cédula 0926962655 y David Santillán con número de cédula 1204336075, estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electricidad Especialización Electrónica y Automatización Industrial de la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación, han sido autorizados para que realicen el Proyecto "**ANÁLISIS DE CALIDAD DE LA ENERGÍA ELECTRICA EN LAS ÁREAS CENTRO DE DIAGNÓSTICO POR IMÁGENES Y PABELLÓN VALDEZ DEL HOSPITAL LUIS VERNAZA USANDO LA REGULACIÓN DEL CONELEC No. - 004/01**".

La persona delegada para la supervisión del proyecto es el Ing. Richar Valarezo, Jefe del Dpto. de Mantenimiento.

Muy atentamente,

  
Ing. ADRIAN HUERTA PISCO  
GERENTE  
[ahuerta@jbgve.org.ec](mailto:ahuerta@jbgve.org.ec)  
Pbx 042-560300 ext:2151

## ANEXO B: ACTA DE COMPROMISO



### ACTA DE COMPROMISO DE LOS PROYECTOS DE GRADUACIÓN POR PRÁCTICAS COMUNITARIAS

**FECHA:** Martes 30 de Diciembre 2014

**PROYECTO:** *"Análisis de calidad de la energía eléctrica en las áreas centro de diagnóstico por imágenes y pabellón Valdez del Hospital Luis Vernaza usando la regulación del CONELEC No. -004/01"*

**PRESENTADO POR:** Carlos Andrés Rivera Jara y Walter David Santillán Montalvo, estudiantes de la carrera Ingeniería en Electricidad especialización Electrónica y Automatización Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC).

**BENEFICIARIO:** Hospital Luis Vernaza

**BENEFICIARIOS DE LA ORGANIZACIÓN:** Aproximadamente 120 pacientes

En la ciudad de Guayaquil, a los treinta días del mes de diciembre del dos mil catorce, en cumplimiento con lo establecido en la Transitoria Primera del Instructivo de la Unidad de Titulación de la ESPOL, en la Oficina de Vínculos con la Sociedad a las nueve horas se instala la reunión para tratar el tema de graduación por prácticas comunitarias y definir los requerimientos para el desarrollo del proyecto *"Análisis de calidad de la energía eléctrica en las áreas centro de diagnóstico por imágenes y pabellón Valdez del Hospital Luis Vernaza usando la regulación del CONELEC No. -004/01"*, presentado por los señores Carlos Andrés Rivera Jara y Walter David Santillán Montalvo, estudiantes de la Carrera Ingeniería en Electricidad especialización Electrónica y Automatización Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC).

Asisten a la celebración de la reunión las siguientes personas:

Sr. Raúl Andrés López Ortega, delegado por el Ing. Adrián Huerta Pisco, Director del Hospital Luis Vernaza; Lcda. Aleyda Quinteros Trelles, delegada por el Ing. Marcos Tapia Quincha, Director de la Unidad de Vínculos con la Sociedad; Ing. Holger Cevallos Ulloa, profesor delegado por la FIEC, para la supervisión del proyecto, según decreto del Decano de esta unidad en Oficio ESPOL-UVS-OFC-0194-2014 enviado el once de diciembre de dos mil catorce; los señores Carlos Andrés Rivera Jara y Walter David Santillán Montalvo, estudiantes de la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC).

**ACUERDAN:**





## ACTA DE COMPROMISO DE LOS PROYECTOS DE GRADUACIÓN POR PRÁCTICAS COMUNITARIAS

---

Ejecutar el proyecto *"Análisis de calidad de la energía eléctrica en las áreas centro de diagnóstico por imágenes y pabellón Valdez del Hospital Luis Vernaza usando la regulación del CONELEC No. -004/01"*, en los términos expuestos en la propuesta presentada por los estudiantes.

El Hospital Luis Vernaza, para facilitar el trabajo de los estudiantes, se compromete a realizar lo siguiente:

- Designar al Sr. Raúl Andrés López Ortega como responsable por parte de la Fundación para facilitar el trabajo de los estudiantes.
- La persona responsable está en la facultad de proveer información relevante de algún problema eléctrico que necesiten conocer los estudiantes.
- Libre apertura para el ingreso de los estudiantes para realizar las mediciones con el analizador de potencia, analizador de puesta a tierra, e inspección de las instalaciones eléctricas.
- Brindar acceso a los paneles eléctricos y acometidas para proceder a realizar las mediciones respectivas con los equipos a utilizarse.
- Controlar la asistencia mediante la persona responsable que designe la fundación.

ESPOL, a través del Director de la Oficina de Vínculos con la Sociedad, se compromete a:

- Dar seguimiento del cumplimiento y desarrollo del proyecto, así como colaborar en los aspectos logísticos y administrativos necesarios.

El Objetivo General de este proyecto es: *Analizar la calidad de la energía eléctrica en las áreas Centro de Diagnóstico por Imágenes y Pabellón Valdez del Hospital Luis Vernaza con el fin de detectar posibles perturbaciones o anomalías que estén afectando al sistema eléctrico, equipos médicos electrónicos y emitir un reporte de resultados y procedimientos para la ejecución de medidas correctivas y preventivas.*

Para el cumplimiento de este objetivo los estudiantes, se comprometen a:

- Analizar mediciones eléctricas para comprobar que la energía suministrada por la distribuidora local cumple con los rangos mínimos aceptables en los parámetros eléctricos



## ACTA DE COMPROMISO DE LOS PROYECTOS DE GRADUACIÓN POR PRÁCTICAS COMUNITARIAS

---

según las normas del Conelec 004/01 en baja tensión.

- Verificar el estado de los equipos eléctricos y electrónicos instalados actualmente.
- Analizar el sistema de puesta a tierra de las áreas a intervenir.
- Diseñar el sistema de protección eléctrica a implementarse para proteger a los equipos médicos de daños futuros causados por mala calidad de la energía.
- Proponer una solución para mejorar la calidad de energía eléctrica en el Centro de Diagnóstico por Imágenes y Pabellón Valdez del Hospital Luis Vernaza.
- Realizar análisis económico de las propuestas planteadas.

### RESULTADOS DEL PROYECTO:

Al final del trabajo los proponentes del proyecto se comprometen a entregar lo siguiente:

- Datos de los parámetros medidos con el analizador de calidad de energía y el analizador de puesta a tierra, que servirán como base y justificación de las acciones a tomar en el presente y futuro para mejorar el sistema eléctrico del hospital.
- Documentación digitalizada de los planos eléctricos actuales y las mejoras sugeridas que se deberán implementar en un futuro si se aumenta la infraestructura o si en su defecto se la mejora.
- Reportes documentados digitalmente e impreso de los problemas existentes con respecto al sistema eléctrico y sistema de puesta a tierra.
- Análisis de la calidad de energía eléctrica documentado digitalmente e impreso.
- Capacitación individual al personal de mantenimiento eléctrico de la importancia que tiene proteger a equipos y dispositivos médicos en el momento de instalación, prueba de funcionamiento y posterior puesta en marcha. La capacitación tiene una duración de 8 horas dirigido a 4 técnicos eléctricos.
- Manual digital e impreso de las instrucciones y equipos que se deben de implementar como protección para que las cargas eléctricas de la institución reciban una buena calidad de energía.

Se adjunta el proyecto presentado por los estudiantes y el cronograma de trabajo aprobado por todas las partes. No habiendo otro punto que tratar, se declara concluida la reunión a las nueve horas diez minutos.



**ACTA DE COMPROMISO  
DE LOS PROYECTOS DE GRADUACIÓN POR PRÁCTICAS  
COMUNITARIAS**

---

Atentamente,

**Sr. Raúl Andrés López Ortega**

Delegado por el Director del Hospital Luis  
Vernaza

**Lcda. Aleyda Quinteros Trelles**

Delegada por el Director de la Unidad de  
Vínculos con la Sociedad - ESPOL

**Ing. Holger Cevallos Ulloa**

Profesor Delegado para supervisar  
el proyecto FIEC-ESPOL

**Carlos Andrés Rivera Jara**

Estudiante proponente del proyecto  
FIEC-ESPOL

**Walter David Santillán Montalvo**

Estudiante proponente del proyecto  
FIEC-ESPOL

Elaborado por: Lic. Aleyda Quinteros

## ANEXO C: IMPORTANCIA DE INSTALAR SUPRESORES DE PICO O TRANSIENTES Y CLASIFICACION DE TRANSITORIOS POR CATEGORIAS

La IEEE determina que los supresores dejan pasar un remanente de voltaje y este es tan perjudicial como el que fue captado en principio. La importancia de determinar el voltaje remanente permitirá al usuario, fijar el mejor sistema en cascada a utilizar.

**Tabla 84 Voltaje Remanente Según IEEE**

<b>ESTÁNDAR 0.5 <math>\mu</math>s – 100 KHZ. VOLTAJES Y CORRIENTES ESPERADOS EN CATEGORÍAS A Y B.</b>				
<b>MONOFASICOS: L – N, L – GY (L&amp;N) – G</b>				
<b>POLIFÁSICO: L – L, L- GYL – G</b>				
CATEGORÍA	SISTEMA EXPUESTO	VOLTAJE (KV)	CORRIENTE (KA)	IMPEDANCIA EFECTIVA ( $\Omega$ )
A1	BAJO	2	0.07	30
A2	MEDIO	4	0.13	30
A3	ALTO	6	0.2	30
B1	BAJO	2	.17	12
B2	MEDIO	4	0.33	12
B3	ALTO	6	0.5	12
<b>ESTÁNDAR 1.2/50 <math>\mu</math>s – 8/20 <math>\mu</math>s. COMBINACIÓN DE ONDAS DE VOLTAJES Y CORRIENTES ESPERADOS EN CATEGORÍAS B Y C.</b>				
<b>MONOFASICOS: L – N, L – GY (L&amp;N) – G</b>				
<b>POLIFÁSICO: L – L, L- GYL – G</b>				
CATEGORÍA	SISTEMA EXPUESTO	VOLTAJE (KV)	CORRIENTE (KA)	IMPEDANCIA EFECTIVA ( $\Omega$ )
B1	BAJO	2	1	2
B2	MEDIO	4	2	2
B3	ALTO	6	3	2
C1	BAJO	6	3	2
C2	MEDIO	10	5	2
C3	ALTO	20	10	2

La Tabla 84 explica cuales son en opinión de la IEEE el nivel de transientes que se pueden presentar de acuerdo a esta clasificación, teniendo tres categorías como son:

Categoría C: Responde a transitorios que se esperan del servicio público producto de la conmutación en los patios de llaves o plantas de distribución.

Categoría B: Aquella en que se encuentran las cargas en los edificios como son: motores eléctricos, compresores, máquinas de soldar, bancos de condensadores, etc., es decir, la producción de los transientes producto de la conmutación de cargas internas.

Categoría A: Donde se tiene las áreas auxiliares o administrativas y donde se espera voltajes remanentes o atenuados por la distancia o por la labor de supresores instalados en las categorías anteriores.

## ANEXO D: REGISTRO DE ASISTENCIA A LA CAPACITACIÓN



### REGISTRO DE ASISTENCIA CAPACITACIÓN

"ANÁLISIS DE CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL ÁREA CENTRO DE DIAGNÓSTICO POR IMÁGENES DEL HOSPITAL LUIS VERNAZA USANDO LA REGULACIÓN DEL CONELEC 004/01"

Capacitadores:

- Walter David Santillán Montalvo
- Carlos Andrés Rivera Jara

FECHA	HORA	NOMBRES Y APELLIDO	CÉDULA	FIRMA
13/07/2015	8:00-10:00	Raúl López Ortega	0930389333	
14/07/2015	8:00-10:00	Carlos José Torrealba	0918126624	
15/07/2015	8:00-10:00	Enzo Herrera G	1701273941	
16/07/2015	8:00-10:00	Erick Romany J.	0924894744	

Junta de Beneficencia de Guayaquil  
HOSPITAL LUIS VERNAZA

Ing. José Zherdman

Sub-Jefe del Dpto. de Mantenimiento

## ANEXO E: ACTA DE CONFORMIDAD DE RESULTADOS



### ACTA DE CONFORMIDAD DE LOS RESULTADOS DE LOS PROYECTOS DE PRÁCTICAS COMUNITARIAS

**FECHA:** Miércoles 12 de Agosto de 2015

**PROYECTO:** *"Análisis de calidad de la energía eléctrica en el área centro de diagnóstico por imágenes del Hospital Luis Vernaza usando la regulación del CONELEC No. -004/01"*

**PRESENTADO POR:** Carlos Andrés Rivera Jara y Walter David Santillán Montalvo, estudiantes de la carrera Ingeniería en Electricidad especialización Electrónica y Automatización Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC).

**BENEFICIARIO:** Hospital Luis Vernaza

**BENEFICIARIOS DE LA ORGANIZACIÓN:** Aproximadamente 300 pacientes diarios (CDI).

En la ciudad de Guayaquil, a los doce días del mes de agosto del dos mil quince, a las once horas veinte minutos, en cumplimiento con lo establecido en la Transitoria Primera del Instructivo de la Unidad de Titulación de la ESPOL, en las instalaciones del Hospital Luis Vernaza, se instala la sesión y se procede a la entrega formal de los productos definidos en el proyecto *"Análisis de calidad de la energía eléctrica en el área centro de diagnóstico por imágenes del Hospital Luis Vernaza usando la regulación del CONELEC No. -004/01"*, presentado por los señores Carlos Andrés Rivera Jara y Walter David Santillán Montalvo, estudiantes de la Carrera Ingeniería en Electricidad especialización Electrónica y Automatización Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC).

Asisten a la celebración de la presente reunión las siguientes personas:

Sr. Raúl Andrés López Ortega, delegado por el Ing. Adrián Huerta Pisco, Gerente del Hospital Luis Vernaza; Ing. Richard Segundo Valarezo Espejo, Jefe del Departamento de Mantenimiento del Hospital Luis Vernaza; Lcda. Aleyda Quinteros Trelles, delegada por la Ph.D. Denise Rodríguez Zurita, directora de la Unidad de Vinculación con la Sociedad; Ing. Holger Cevallos Ulloa, profesor delegado por la FIEC, para la supervisión del proyecto, según decreto del Decano de esta unidad en Oficio ESPOL-UVS-OFC-0194-2014 enviado el once de diciembre de dos mil catorce; los señores Carlos Andrés Rivera Jara y Walter David Santillán Montalvo, estudiantes de la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC).



## ACTA DE CONFORMIDAD DE LOS RESULTADOS DE LOS PROYECTOS DE PRÁCTICAS COMUNITARIAS

### I. ANTECEDENTES:

En la sesión celebrada a los treinta días del mes de diciembre del dos mil catorce, los estudiantes proponentes acordaron ejecutar el proyecto: ***“Análisis de calidad de la energía eléctrica en el área centro de diagnóstico por imágenes del Hospital Luis Vernaza usando la regulación del CONELEC No. -004/01”***, en los términos expuestos en la propuesta presentada.

El objetivo general de este trabajo fue: *Analizar la calidad de la energía eléctrica en el área Centro de Diagnóstico por Imágenes del Hospital Luis Vernaza con el fin de detectar posibles perturbaciones o anomalías que estén afectando al sistema eléctrico, equipos médicos electrónicos y emitir un reporte de resultados y procedimientos para la ejecución de medidas correctivas y preventivas..*

Para alcanzar el objetivo general del proyecto, los estudiantes, se comprometieron a:

- Analizar mediciones eléctricas para comprobar que la energía suministrada por la distribuidora local cumple con los rangos mínimos aceptables en los parámetros eléctricos según las normas del Conelec 004/01 en baja tensión.
- Verificar el estado de los equipos eléctricos y electrónicos instalados actualmente.
- Analizar el sistema de puesta a tierra del área a intervenir.
- Diseñar el sistema de protección eléctrica a implementarse para proteger a los equipos médicos de daños futuros causados por mala calidad de la energía.
- Proponer una solución para mejorar la calidad de energía eléctrica en el Centro de Diagnóstico por Imágenes del Hospital Luis Vernaza.
- Realizar análisis económico de las propuestas planteadas.

A la fecha, doce de agosto de 2015, los estudiantes hacen la entrega formal de:

- Datos de los parámetros medidos con el analizador de calidad de energía y el analizador de puesta a tierra, que servirán como base y justificación de las acciones a tomar en el presente y futuro para mejorar el sistema eléctrico del hospital.
- Documentación digitalizada de los planos eléctricos actuales y las mejoras sugeridas que se deberán implementar en un futuro si se aumenta la infraestructura o si en su defecto se la mejora.
- Reportes documentados digitalmente e impreso de los problemas existentes con respecto al sistema eléctrico y sistema de puesta a tierra.





## ACTA DE CONFORMIDAD DE LOS RESULTADOS DE LOS PROYECTOS DE PRÁCTICAS COMUNITARIAS

- Análisis de la calidad de energía eléctrica documentado digitalmente e impreso.
- Capacitación individual al personal de mantenimiento eléctrico de la importancia que tiene proteger a equipos y dispositivos médicos en el momento de instalación, prueba de funcionamiento y posterior puesta en marcha. La capacitación tuvo una duración de 8 horas dirigido a 4 técnicos eléctricos.
- Manual digital e impreso de las instrucciones y equipos que se deben de implementar como protección para que las cargas eléctricas de la institución reciban una buena calidad de energía.

Cabe indicar que el análisis de calidad de la energía eléctrica en las áreas centro de diagnóstico por imágenes y pabellón Valdez del Hospital Luis Vernaza, establecidas en el Acta de Compromiso, del día 30 de diciembre 2014, fue cambiado por disposición del Ing. Richard Valarezo, Jefe de Mantenimiento del Departamento de Mantenimiento del Hospital Luis Vernaza, quedando solamente el análisis del área de Centro de Diagnóstico por Imágenes, debido a trabajos internos de la Institución. Así mismo mediante carta del 10 de Marzo de 2015 el Ing. Holger Cevallos Ulloa, profesor delegado para supervisar el proyecto, expresa su conformidad con el cambio efectuado, lo que garantiza el mismo resultado en el desarrollo del proyecto.

### II. CONFORMIDAD CON LOS RESULTADOS

Por medio de la presente, los abajo firmantes dejan constancia de su conformidad, de la excelencia y utilidad con los resultados del presente proyecto, el cual fue ejecutado en los tiempos convenidos, para constancia se adjunta a esta acta la carta por parte del profesor delegado certificando el número de horas empleadas por los estudiantes para realizar el proyecto, y el cronograma de trabajo actualizado.

La fecha de clausura y entrega ha sido convenida en este día, de acuerdo a la disponibilidad de cada una de las autoridades aquí presentes.

No habiendo otro punto que tratar, se declara concluida la reunión a las doce horas. Para constancia de lo actuado firman la presente acta:



**ACTA DE CONFORMIDAD DE LOS RESULTADOS  
DE LOS PROYECTOS DE PRÁCTICAS COMUNITARIAS**

 <b>Sr. Raúl Andrés López Ortega</b> Delegado por el Gerente del Hospital Luis Vernaza	 <b>Ing. Richard Segundo Valarezo Espejo</b> Jefe del Departamento de Mantenimiento del Hospital Luis Vernaza
 <b>Lcda. Aleyda Quinteros Trelles</b> Delegada por la Directora de la Unidad de Vinculación con la Sociedad - ESPOL	 <b>Ing. Holger Cevallos Ulloa</b> Profesor Delegado para supervisar el proyecto FIEC-ESPOL
 <b>Carlos Andrés Rivera Jara</b> Estudiante proponente del proyecto FIEC-ESPOL	 <b>Walter David Santillán Montalvo</b> Estudiante proponente del proyecto FIEC-ESPOL

Elaborado por: Noemí Lavid Cedeño

## ANEXO F: MANUAL PARA INSTALACION DE SUPRESOR DE PICOS O TRANSIENTES

### TABLA DE CONTENIDO

ANTES DE LA INSTALACIÓN.....	1
PAUTAS PARA LA INSTALACIÓN DE CONDUCTO.....	2
MONTAJE DEL SPD .....	4
CABLEADO SPD AL SISTEMA ELÉCTRICO .....	5
FASE INDIVIDUAL .....	6
BIFÁSICO SIMPLE.....	7
3-FASES (ESTRELLA).....	8
3-FASES DELTA (NO NEUTRAL).....	10
3-FASES DELTA (HIGH-PIERNA) .....	11

## INSTALACIÓN DE LOS SUPRESORES DE PICO DE SOBRE VOLTAJE

### ANTES DE LA INSTALACIÓN

Realizar o planificar la siguiente antes de instalar el SPD:

1. Dimensione el modelo SPD correcto.  
**¡ADVERTENCIA! PELIGRO DE DESCARGA:** Cuando se trabaja dentro del SPD como se describe en cualquiera de los siguiendo los pasos, asegúrese de seguir todas las prácticas de trabajo seguras para evitar el peligro de choque eléctrico.
2. Para los sistemas con un alambre neutral, tiene que haber una Neutro a Tierra / Tierra vínculo presente en la SPD. Tenga en cuenta que el SPD puede dañarse si no está conectado a tierra.
3. Medir la tensión entre neutro y tierra. Si este voltaje es mayor que 5 Vac, se ocasiona un problema que puede existir en el sistema eléctrico. El SPD aún puede ser instalado bajo esta condición, pero un electricista certificado debería ser consultado para corregir el problema.
4. El filtro de Active Network Tracking (ATN), que está contenido en la mayoría de los SPD, tendrá que ser desconectado, si el SPD está conectado a un panel eléctrico que alimentar a equipos médicos, o que contienen un circuito de falla a tierra, interruptor principal.
5. El SPD se puede montar en cualquier posición. Si es necesario, la cubierta se puede girar 180 grados para mejorar la legibilidad de la etiqueta. Al retirar la

cubierta, tenga cuidado de no dañar el indicador de luz o el cableado unidos a la cubierta.

6. Planta aislada: cable de tierra del SPD está unido internamente para su alojamiento. Si el sistema eléctrico utiliza una tierra aislada, su cable de tierra se debe conectar al sistema de aislado. Al hacer esta conexión, siga siempre las normas nacionales, estatales, y los códigos de cableado locales.
7. Cuando se utiliza un gabinete NEMA 4X, cuando la instalación es a la intemperie (resistente a la corrosión) conducto y accesorios para mantener la calificación de la carcasa 4X.
8. Plan de instalar el SPD lo más cerca posible al cuadro eléctrico.
9. Determinar los requisitos de tamaño de cableado del ser modelo SPD instalado.
10. Si es necesario, instale un dispositivo de protección contra sobrecargas entre el SPD y el sistema eléctrico por normas nacional, estatal, y los códigos eléctricos locales.

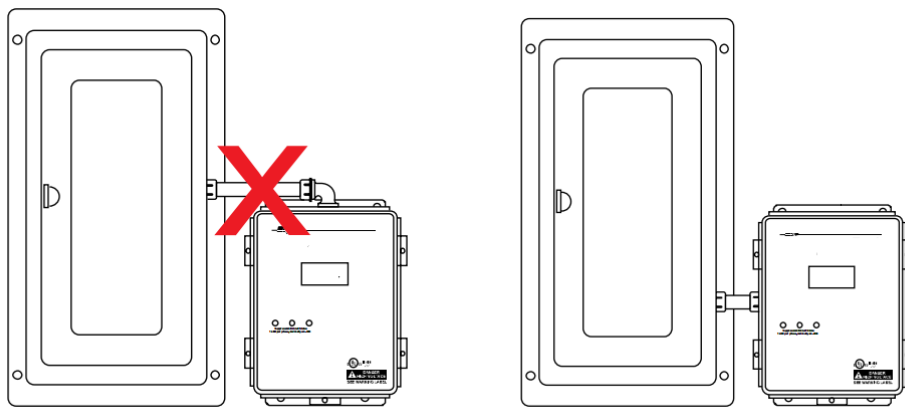
## **PAUTAS PARA LA INSTALACIÓN DE CONDUCTO**

Las siguientes pautas deben seguirse al instalar el conducto entre el SPD y cuadro eléctrico:

- Evite el uso de codos de 90 ° y mantener el conducto correr lo más corto y recto posible. Ver Figura 1.

- Si el sistema eléctrico utiliza una tierra aislada, el SPD debe ser aislado de tierra usando tubos conductores aislados.
- En su caso, utilizar a la intemperie (resistente a la corrosión) conducto y accesorios para mantener la NEMA 4X 4 o calificación del recinto.
- Si la caja SPD aún no tiene un agujero para la instalación de conducto, perforar o taladrar un agujero del tamaño adecuado para acomodar el tamaño de conducto que está siendo instalado.

**PRECAUCIÓN:** Elija un lugar agujero que proporcionará el mínimo de conexión Longitud de cable, mientras que también no perturbar o dañar los componentes internos del SPD. Tenga cuidado para capturar y eliminar todas las virutas de metal durante el proceso de perforación para evitar posibles cortocircuitos.

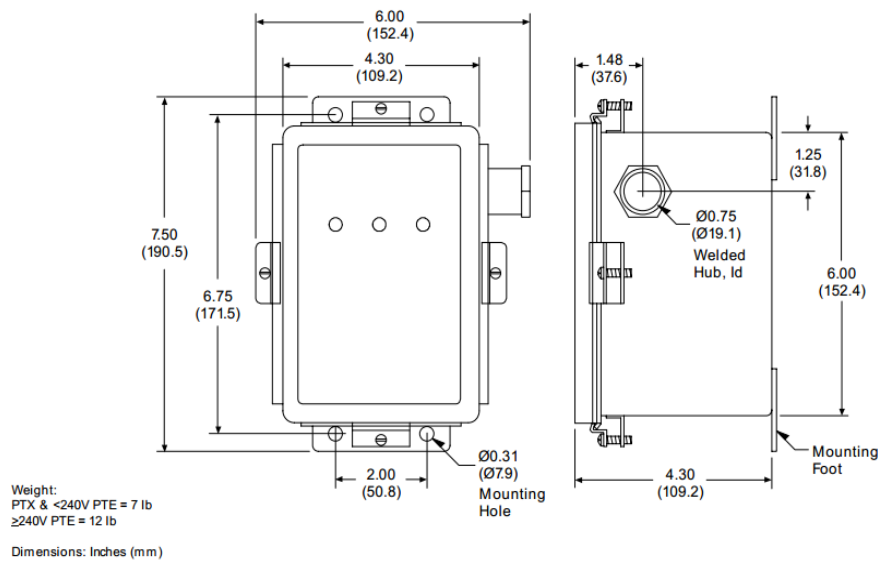


**Figura 0.1 Instalación del Conducto**

## MONTAJE DEL SPD

Seleccione una ubicación donde el SPD será montada basada en la configuración interna del panel eléctrico y el entorno físico fuera del panel. Elegir un lugar de montaje que proporcione la longitud más corta posible de alambre para el dispositivo de protección de sobre intensidad (cuando se usa) y luego a la barra eléctrica del panel. Una vez que la localización ha sido determinada, montar el SPD a la superficie en las inmediaciones de soporte utilizando los elementos de fijación adecuados.

Consejo: modelos SPD que son de peso ligero se pueden montar directamente en el panel eléctrico utilizando sólo tuercas.



**Figura 0.1 Modelo Característico DPS**

## CABLEADO SPD AL SISTEMA ELÉCTRICO

**¡ADVERTENCIA!** PELIGRO DE DESCARGA: Al trabajar en el interior del SPD, asegúrate de desenergizar el sistema eléctrico y siga las prácticas de trabajo seguras para evitar el peligro de choque eléctrico.

### ¡Importante!

- Mantenga todos los cables de conexión lo más corto y recto posible. Además, los conductores deben estar trenzados entre sí por aproximadamente una vez cada dos pulgadas para tanto como el tendido de cables como sea posible para conseguir el máximo rendimiento de SPD.
- Para todos los modelos SPD estándar debe conectarse al sistema eléctrico a través de un dispositivo de protección de sobre corriente externa.
- Conecte siempre el SPD al lado de carga del des conector principal.
- Si el sistema utiliza una tierra aislada, el cable de tierra de la SPD debe ser conectado al bus de tierra aislada del sistema.

1. Abra o retire la tapa de SPD.
2. Realice una de las siguientes opciones:

Para los modelos SPD que se suministran con alambre, identificar los cables neutros, tierra y fase. Estos cables se etiquetan y / o un código de color como sigue:

Neutro = Blanco o Gris

Tierra = verde o verde w / raya amarilla

Fase A, B, C = Negro

(No hay Neutral) sistemas eléctricos no contienen una (WHT) Cable neutro.

3. Pase los cables del SPD (a través del conducto si se usan) en el panel eléctrico.



4. A continuación se grafica las instrucciones para la correcta instalación. Lleve a cabo el procedimiento asociado de que el diagrama de cableado para conectar el SPD a barras del panel eléctrico.

### **FASE INDIVIDUAL**

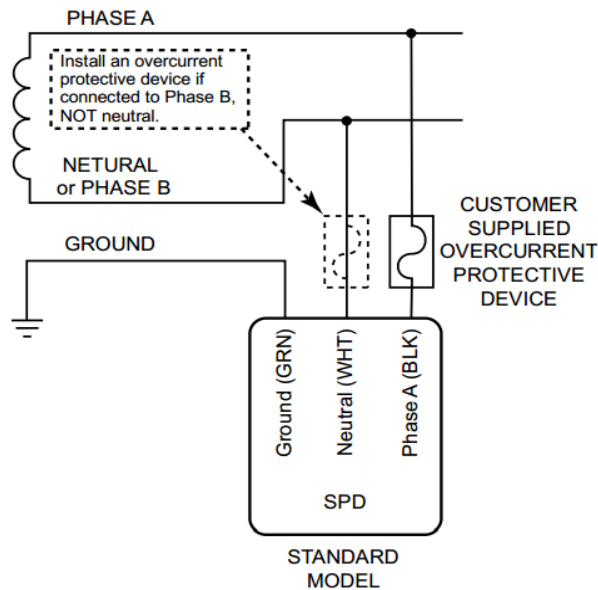
a. Conecte a tierra (GRN) Cable del SPD directamente a tierra del cuadro eléctrico barra colectora.

b. Realice una de las siguientes opciones:

- Conexión Neutral - Conecte el Neutro (WHT) de alambre de SPD directamente a barra colectora neutral del panel eléctrico.
- Fase B Line Conexión – Conectar Neutro (WHT) de alambre del SPD a través un dispositivo de protección sobre corriente al panel eléctrico de la fase B barra de bus de tensión.

c. Conecte la Fase A (BLK) Cable del SPD a través de un dispositivo de protección contra sobre corriente a la fase del panel de una barra de bus de tensión.

Nota: Para disyuntor o modelos SPD Desconecte el disyuntor, conecte los cables del SPD al panel eléctrico de acuerdo con las normas Nacional, Estatal, y los códigos locales.



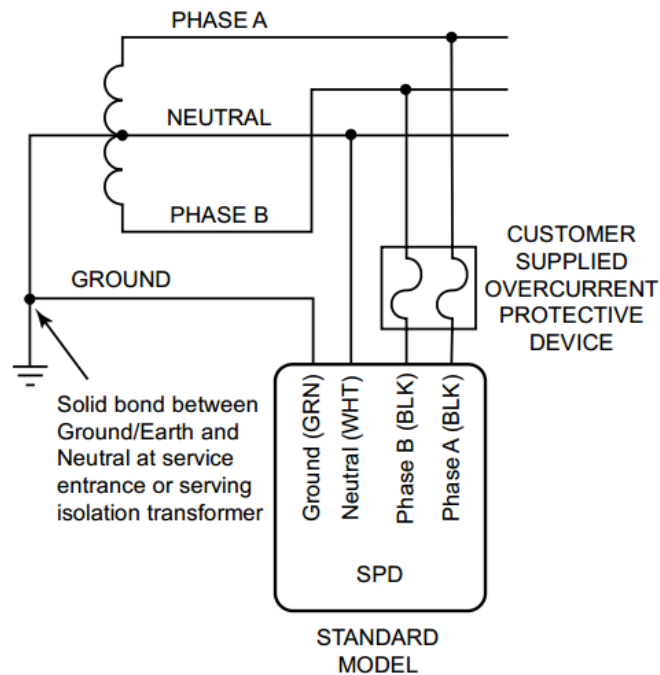
**Figura 0.1 Fase Individual**

## BIFÁSICO SIMPLE

**¡Importante!** No instale SPD si el Neutro o Ground (Tierra) de bonos no está presente como el SPD puede estar dañado.

- Conecte a tierra (GRN) Cable del SPD directamente a tierra del cuadro eléctrico barra colectora.
- Conecte Neutro (WHT) de alambre del SPD directamente al bus neutral del panel eléctrico.
- Conecte la Fase A (BLK) Cable del SPD a través de un dispositivo de protección contra sobre corriente a la fase del panel de una barra de bus de tensión.
- Repita el paso c para conectar los del SPD fase B (BLK) cable a la barra de bus asociada.

Nota: Para disyuntor o modelos SPD Desconecte el disyuntor, conecte los cables del SPD al panel eléctrico de acuerdo con las normas nacionales, estatales, y los códigos locales.



**Figura 0.1 Bifásico Simple**

### 3-FASES (ESTRELLA)

¡Importante! No instale si el SPD si el neutro a Tierra (Tierra) de bonos no es presente como el SPD puede dañarse.

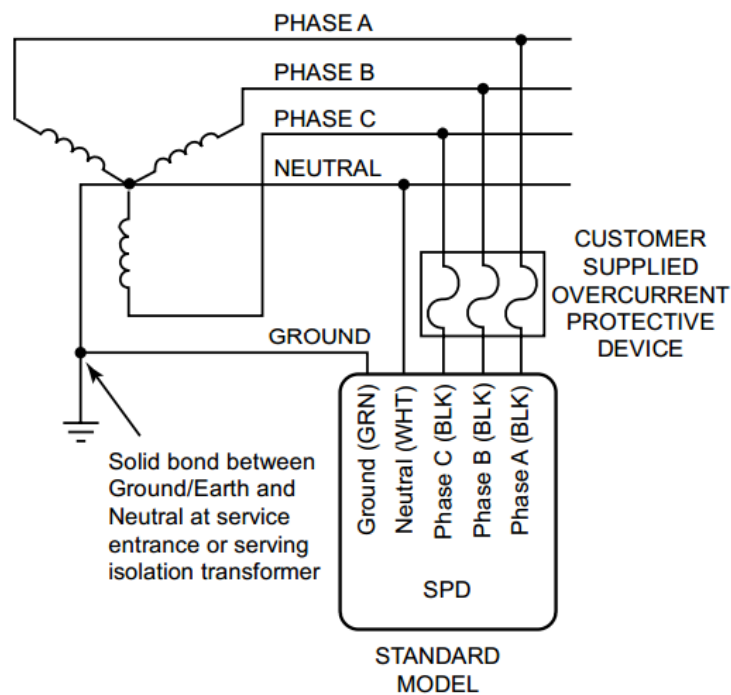
a. Conecte a tierra (GRN) Cable del SPD directamente a tierra del cuadro eléctrico barra colectora.

b. Conecte Neutro (WHT) de alambre del SPD directamente del Neutro del cuadro eléctrico barra colectora.

c. Conecte la Fase A (BLK) Cable del SPD a través de una sobre corriente de protección dispositivo a la fase A Tensión de cuadro eléctrico barra colectora.

d. Repita el paso c para conectar la Fase B y C (BLK) alambres del SPD a su asociado barras colectoras.

Nota: Para disyuntor o modelos SPD desconecte el disyuntor, conecte los cables del SPD al panel eléctrico de acuerdo con las normas nacionales, Estatales, y los códigos locales.

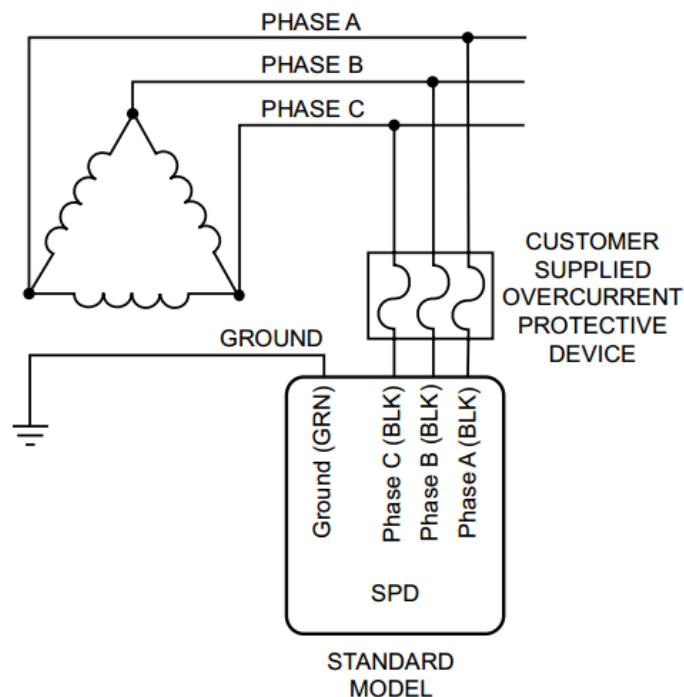


**Figura 0.1 Estrella**

### 3-FASES DELTA (NO NEUTRAL)

- Conecte a tierra (GRN) Cable del SPD directamente a tierra del cuadro eléctrico barra colectora.
- Conecte la Fase A (BLK) Cable del SPD a través de un dispositivo de protección contra sobre corriente a la fase del panel de una barra de bus de tensión.
- Repita el paso b para conectar Fase del SPD B y C (BLK) cables a su asociado barras colectoras.

Nota: Para disyuntor o modelos SPD desconecte el disyuntor, conecte los cables del SPD al panel eléctrico de acuerdo con las normas nacionales, Estatales, y los códigos locales.



**Figura 0.1 No Neutral**

### **3-FASES DELTA (HIGH-PIERNA)**

#### **¡Importante!**

No instale SPD si el Neutro o Ground (Tierra) de bonos no está presente como SPD puede estar dañado.

- a. Conecte a tierra (GRN) Cable del SPD directamente a tierra del cuadro eléctrico barra colectora.
- b. Conecte Neutro (WHT) de alambre del SPD directamente del Neutro del cuadro eléctrico barra colectora.
- c. Conecte la Fase A (BLK) Cable del SPD a través de un dispositivo de protección contra sobre corriente a la fase del panel de una barra de bus de tensión.
- d. Repita el paso c para conectar los del SPD Fase cables a B y C (BLK) su barras de bus asociados.

Nota: Para disyuntor o modelos SPD desconecte el disyuntor, conecte los cables del SPD al panel eléctrico de acuerdo con las normas nacionales, Estatales, y los códigos locales.