



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

**AREA DE LA ENERGIA, LAS INDUSTRIAS Y LOS
RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES**

Tesis de grado previa la obtención
del título de Ingeniero Electromecánico

**“AUDITORIA ELECTROENERGETICA EN EL
ÁREA DE LA ENERGÍA LAS INDUSTRIAS Y LOS
RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES DE
LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA “**

Autor: Vicente Agustín Rojas León

Director de Tesis: Ing. Juan Pablo Cabrera Samaniego

Fecha: Loja, octubre del 2011

Carrera: Ingeniería Electromecánica

Loja-Ecuador

CERTIFICACIÓN

Ing. Juan Pablo Cabrera Samaniego

**DOCENTE DEL AREA DE ENERGÍA, INDUSTRIAS Y RECURSOS NATURALES
NO RENOVABLES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

Certifico:

Que he dirigido y revisado la presente tesis titulada “AUDITORIA ELECTROENERGETICA EN EL ÁREA DE LA ENERGÍA LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA”, elaborada en forma previa a la obtención del grado de ingeniero en electromecánica, por VICENTE AGUSTIN ROJAS LEON; la misma que cumple con las exigencias reglamentarias, en forma y fondo, por lo que autorizo su presentación ante la autoridad académica correspondiente.

Loja, octubre del 2011

Ing. Juan Pablo Cabrera Samaniego

DIRECTOR

AUTORÍA

Todos los análisis conceptuales, críticas y opiniones acerca del problema de investigación, como los resultados de la investigación de campo, conclusiones y recomendaciones que constan en el presente informe final, son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Loja, octubre del 2011

Vicente Agustín Rojas León

Autor

“Saber mucho no es lo mismo que ser inteligente. La inteligencia no es sólo información, sino también juicio, la manera en que se recoge y maneja la información.”

CARL SAGAN

AGRADECIMIENTO

A la Carrera de Electromecánica del Área de la Energía, las industrias y Recursos Naturales No Renovables de la Universidad Nacional de Loja, en la cual transcurrió un considerable e importante tiempo de mi vida, a sus autoridades y docentes de los cuales guardo el aprendizaje entregado y su amistad.

Al Ing. Juan Pablo Cabrera Samaniego, distinguido docente del la Carrera de Electrónica, quien en la dirección del presente trabajo de tesis, compartió sus altos conocimientos, por su dedicación y paciencia.

Al Señor Ingeniero José Francisco Ochoa Alfaro, Director y docentes de la Carrera de Ingeniería de Electromecánica del Área de la Energía, las Industrias y recursos Naturales No Renovables, a mis compañeros por su sincero apoyo dentro de este proceso.

EL AUTOR

DEDICATORIA

La presente tesis se la dedico a mi familia, que gracias a sus consejos y palabras de aliento crecí como persona. A mis padres y hermanas por su apoyo y confianza incondicional, gracias por ayudarme a cumplir mis objetivos como persona y estudiante. A mi padre Ing. Vicente Rojas por brindarme los recursos necesarios y estar a mi lado apoyándome y aconsejándome siempre. A mi Madre Dra. Antonieta León por cada día hacer de mi una mejor persona a través de sus consejos enseñanzas y amor. A mis Hermanas Melisa y Tahisa por estar siempre presentes cuidándonos mutuamente siempre y brindándome aliento de cumplir mis metas. A mis abuelos por compartir su sabiduría y experiencia. A mis Tíos que nunca dejaron de brindar su cariño y apoyo incondicional en toda mi carrera como estudiante. A mis amigos LCD PUNX&DRUNX por el aliento apoyo y confianza y por las nuevas y las inolvidables aventuras que compartimos a lo largo de toda nuestras vida universitaria.

1. RESUMEN

En el siguiente trabajo se realiza el estudio del comportamiento del sistema de distribución eléctrico correspondiente al banco de transformadores trifásico de 75 KVA que alimenta a una parte del AEIRNNR. Las Áreas que abarca este banco de transformadores son el bloque 6, el bloque 5, bloque 4, bloque 3, y bloque 2.

Se midieron las principales magnitudes eléctricas como fue en el nodo principal de distribución es decir el punto mas cercano al banco de transformadores y respectivamente en cada edificio, utilizando equipos especializados en la recolección de datos de perturbaciones eléctricas que fueron proporcionados por el AEIRNNR tales como fueron Analizador de redes trifásico de la serie Fluke , registrador de potencia portable Metrel, pinzas amperimetricas, voltímetro etc..... las magnitudes que fueron considerara das fueron potencia, energía, corriente, tensión y los diferentes tipos de perturbaciones que pueden estar alterando la calidad de la energía y que caracterizan el comportamiento de un sistema eléctrico, se identificaron las áreas de mayor consumo y en que proporción las perturbaciones eléctricas están afectando al sistema eléctrico según los estándares propuestos por normas nacionales e internacionales.

En la presente investigación se hizo un estudio general del cableado y las protecciones tales como son las puestas ah tierra en cada acometida y el dimensionamiento de los relés en cada uno de los edificios y en el nodo principal y verificar si están correctamente instalados y dimensionados para tratar de evitar pérdidas de distribución y posibles sobrecargas que puedan afectar la continuidad del servicio, para lo cual se realizo el diagrama unifilar respectivo ya que no existía ninguno propuesto y el levantamiento de cargas respectivo para cada uno de las bloques que corresponden al banco de transformadores en estudio

Tanto el trabajo de campo como el procesamiento de la información se basaron en la aplicación de técnicas estadísticas

SUMMARY

In the following work is the study of the behavior of the electrical distribution system for three-phase transformer Bank in 75 KVA that feeds a part of the AEIRNNR. The areas covered by this Bank of transformers are block 6, 5, block 4, block 3, block and block 2.

Main electrical quantities were measured as it was in the main node distribution IE the point more close to the Bank of transformers and respectively in each building, using specialized equipment in the collection of electrical disturbances that were provided by the AEIRNNR such as they were three-phase Network Analyzer of the Fluke, portable power Metrel recorder series, clips amperimetricas, voltmeter etc. the quantities which were deemed das were power, energy, current, voltage and different types of disturbances that may be altering the quality of energy and that characterize the behavior of an electrical system, identified the areas of increased consumption and proportion electric shocks are affecting the electrical system according to the standards proposed by national and international standards.

A study was carried out in the present research general wiring and protections such as the sunsets are ah each connection and the sizing of the relays in each of the buildings and land in the node main and verify if they are properly sized and installed to try to avoid losses of distribution and possible overloads that may affect the continuity of the service, for which the respective unifilar diagram was conducted as there was none proposed, and the lifting of loads corresponding to each of the blocks that correspond to the Bank of transformers in study

Both field work and the processing of the information is based on the application of statistical techniques

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN	18
2.	REVISIÓN LITERARIA	20
2.1.	CALIDAD DE LA ENERGÍA	20
2.1.1.	<i>Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución en el Ecuador.....</i>	<i>24</i>
2.1.2.	<i>Calidad del Producto</i>	<i>25</i>
2.1.3.	<i>Calidad del Servicio Técnico:.....</i>	<i>25</i>
2.1.4.	<i>Calidad del Servicio Comercial.....</i>	<i>26</i>
2.1.5.	<i>Fenómenos que afectan la Calidad de la Energía.....</i>	<i>26</i>
2.1.5.1.	Transitorios Electromagnéticos - TEM	28
2.1.5.2.	Transitorios de Impulso	30
2.1.5.3.	Transitorios Oscilatorios	31
2.1.5.4.	Variaciones de Tensión de corta duración VTCD	33
2.1.5.5.	Caídas (sags)	33
2.1.5.6.	Subidas (swells)	36
2.1.5.7.	Interrupciones o pérdida completa de tensión.....	37
2.1.5.8.	Variaciones de tensión de larga duración VTLD.....	38
2.1.5.8.1.	Sobretensiones	39
2.1.5.8.2.	Subtensiones	39
2.1.5.8.3.	Interrupciones Sostenidas.....	39
2.1.5.9.	Desbalance de Tensión - DT.....	40
2.1.5.10.	Distorsión de forma de la señal DFS	41
2.1.5.10.1.	Referencia DC (DC Offset)	42
2.1.5.10.2.	Armónicos.....	42
2.1.5.10.3.	Cargas industriales.....	44
2.1.5.10.4.	Cargas residenciales.....	44
2.1.6.	<i>Fenómenos que afectan la Calidad de la Energía.....</i>	<i>47</i>
2.1.6.1.	Fluctuaciones de Tensión – FT.....	47
2.1.6.2.	Variaciones de la Frecuencia Industrial – VFI.....	49
2.1.7.	<i>Efectos que producen los fenómenos de la calidad de la energía, sobre la red eléctrica y los equipos eléctricos y electrónicos.....</i>	<i>49</i>
2.1.7.1.	Distorsiones Armónicas	49
2.1.7.2.	Fuentes que generan armónicos y sus efectos:	50
2.2.	AUDITORÍA ENERGÉTICA	52
2.2.1.	<i>Generalidades.....</i>	<i>52</i>
2.2.2.	<i>Desarrollo de las Auditorías Energéticas.....</i>	<i>58</i>
2.2.3.	<i>Complementos a la Auditoría Energética.....</i>	<i>59</i>
2.2.4.	<i>El Auditor Energético.....</i>	<i>60</i>
2.2.4.1.	Medios Materiales para las auditorias energéticas	60
2.2.4.1.1.	Medidas Eléctricas	61
2.2.5.	<i>Instrucciones generales</i>	<i>62</i>
2.2.6.	<i>Etapas de una auditoria energética</i>	<i>62</i>
2.2.6.1.	Preauditoría o Prediagnóstico	63
2.2.7.	<i>Complementos a la Auditoría Energética</i>	<i>63</i>
2.2.8.	<i>Beneficios de la Auditoría Energética.....</i>	<i>65</i>
2.3.	CONDUCTORES ELÉCTRICOS.....	67
2.3.1.	<i>El alma o elemento conductor.....</i>	<i>68</i>

2.3.2.	<i>El aislamiento</i>	69
2.3.3.	<i>Las cubiertas protectoras</i>	70
2.3.4.	<i>Clasificación de los conductores eléctricos de acuerdo a sus condiciones de empleo</i>	71
2.3.4.1.	Conductores de cobre desnudos.....	71
2.3.4.2.	Alambres y cables de cobre con aislación	71
2.3.5.	<i>Clasificación de conductores eléctricos según su rango de amperaje</i>	72
2.3.6.	VERIFICACION DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS	73
2.3.6.1.	Inspección de la instalación eléctrica.....	73
2.3.6.2.	Inspección visual.....	74
2.3.6.3.	Punto de empalme:.....	74
2.3.6.4.	Tableros de protección:	75
2.3.6.5.	Circuitos	76
2.3.6.6.	Mediciones y ensayos de la instalación	77
2.4.	DETERMINACIÓN DE DEMANDAS MÁXIMAS	79
2.4.1.	<i>Clasificación de los tipos de instalación</i>	79
2.4.2.	<i>Niveles de consumo de instalaciones domiciliarias</i>	79
2.4.2.1.	Determinación de niveles de consumo	79
2.4.2.2.	Determinación de la demanda máxima en instalaciones domiciliarias (viviendas unifamiliares) ...	80
2.4.2.3.	Potencia instalada de iluminación	80
2.4.2.4.	Potencia instalada en tomacorrientes.....	81
2.4.3.	<i>Determinación de la demanda máxima en edificios destinados principalmente a viviendas</i> ...	83
2.4.3.1.	Demanda máxima simultánea correspondiente al conjunto de viviendas	83
2.4.3.2.	Demanda máxima correspondiente a los servicios generales del edificio.....	84
2.4.3.3.	Demanda máxima correspondiente a los locales comerciales del edificio	85
2.4.4.	<i>Demanda máxima correspondiente a edificios comerciales o de oficinas</i>	86
2.4.4.1.	Determinación de la potencia instalada	86
2.4.4.1.1.	Potencia para tomacorrientes	87
2.4.4.2.	Determinación de la demanda máxima.....	88
2.4.5.	DETERMINACION DE LA DEMANDA MAXIMA EN INSTALACIONES INDUSTRIALES	88
2.4.6.	DETERMINACION DE LA DEMANDA MAXIMA EN INSTALACIONES DE EDIFICIOS PUBLICOS E INSTALACIONES ESPECIALES	88
2.5.	CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA	91
2.5.1.	<i>Tipos de potencia</i>	91
2.5.1.1.	Potencia efectiva	91
2.5.1.2.	Potencia reactiva	91
2.5.1.3.	Potencia aparente	92
2.5.1.4.	El triángulo de potencias	92
2.5.1.5.	El ángulo ϕ	93
2.5.1.6.	Cargas resistivas	93
2.5.1.7.	Cargas inductivas.....	93
2.5.1.8.	Cargas capacitivas	93
2.5.2.	<i>Diagramas fasoriales del voltaje y la corriente</i>	94
2.5.3.	<i>El bajo factor de potencia</i>	94
2.5.3.1.	Problemas por bajo factor de potencia	95
2.5.3.2.	Problemas económicos:.....	96
2.5.3.3.	Beneficios por corregir el factor de potencia	96
2.5.3.3.1.	Beneficios en los equipos:.....	96
2.5.3.3.2.	Beneficios económicos:.....	97

2.5.3.4.	Métodos de compensación	98
2.5.3.4.1.	Compensación individual	99
2.5.3.4.2.	Compensación en grupo.....	100
2.5.3.4.3.	Compensación central.....	100
2.5.3.5.	Cálculo de los kVARs del Capacitor	101
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	103
3.1.	MATERIALES E INSTRUMENTOS TÉCNICOS.....	103
3.2.	EQUIPOS UTILIZADOS PARA EL MONITOREO Y MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.....	103
3.2.1.	<i>Registadores trifásicos de calidad eléctrica de la Serie 1744 de Fluke Memobox</i>	<i>103</i>
3.2.2.	<i>Analizador de potencia PowerQ4 2592 metrel 3 fases/Registador de datos.....</i>	<i>105</i>
3.2.3.	<i>Multímetro</i>	<i>107</i>
4.	METODOLOGÍA	108
5.	RESULTADOS.....	109
5.1.	ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO EN EL AEIRNNR DE LA UNL	109
5.2.	RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS MEDICIONES REALIZADAS AL BANCO DE TRANSFORMADORES CON EL ANALIZADOR DE REDES FLUKE 1744/1743	111
5.2.1.	<i>Niveles de Tensión</i>	<i>111</i>
5.2.2.	<i>Perturbaciones electricas</i>	<i>114</i>
5.2.2.1.	<i>Parpadeo (Flicker)</i>	<i>114</i>
5.2.2.2.	<i>Armónicos.....</i>	<i>116</i>
5.2.3.	<i>Factor de potencia.....</i>	<i>122</i>
5.2.4.	<i>Cargabilidad</i>	<i>127</i>
5.2.4.1.	<i>Niveles de Carga</i>	<i>129</i>
5.2.5.	<i>Análisis del nivel de armónicos según la norma internacional IEEE-519.....</i>	<i>132</i>
5.2.5.1.	<i>Análisis de armónicos de tensión (THDV) según la norma IEEE-519</i>	<i>133</i>
5.2.5.1.1.	<i>Armónico de orden 3.....</i>	<i>133</i>
5.2.5.1.2.	<i>Armónica de orden 5.....</i>	<i>134</i>
5.2.5.2.	<i>Distorsión armónica total de voltaje por fase.....</i>	<i>135</i>
5.2.5.3.	<i>Análisis de armónicos de corriente (THDI) según la norma IEE-519</i>	<i>137</i>
5.2.5.3.1.	<i>Armónicos de corriente por fase (THDI)</i>	<i>137</i>
5.2.5.3.1.1.	<i>THDI 3.....</i>	<i>137</i>
5.2.5.3.1.2.	<i>THDI 5.....</i>	<i>139</i>
5.2.5.3.1.3.	<i>THDI 7.....</i>	<i>141</i>
5.2.5.3.1.4.	<i>THDI 9.....</i>	<i>143</i>
5.2.5.3.2.	<i>Armónicos de corriente totales por fase (THDI) total.....</i>	<i>145</i>
5.2.5.4.	<i>Presencia del tercer armónico presente en el conductor neutro.....</i>	<i>147</i>
5.3.	ANÁLISIS DE LOS CIRCUITOS SECUNDARIOS DEL BANCO DE TRANSFORMADORES DEL AEIRNNR OBTENIDOS CON EL REGISTRADOR DE POTENCIA POWER METREL	149
5.3.1.	<i>CIRCUITO # 1 (correspondiente al bloque 6).....</i>	<i>149</i>
5.3.1.1.	<i>Distorsión armónica de tension</i>	<i>150</i>
5.3.1.2.	<i>Distorsión armónica de corriente</i>	<i>151</i>
5.3.1.3.	<i>Factor de potencia.....</i>	<i>153</i>
5.3.1.4.	<i>Cargabilidad</i>	<i>154</i>
5.3.2.	<i>CIRCUITO # 2 (correspondiente al bloque 5 biblioteca y aula magna).....</i>	<i>155</i>
5.3.2.1.	<i>Distorsión armónica de tension</i>	<i>156</i>

5.3.2.2.	Distorsión armónica de corriente	157
5.3.2.3.	Cargabilidad circuito 2	159
5.3.3.	CIRCUITO # 3 (correspondiente al bloque 4 secretaria general).....	160
5.3.3.1.	Distorsión armónica de tension circuito 3.....	161
5.3.3.2.	Distorsión armónica de corriente circuito 3.....	162
5.3.3.3.	Cargabilidad circuito 3	164
5.3.4.	CIRCUITO # 4 (correspondiente al bloque 4 bloque de electromecánica).....	165
5.3.4.1.	Distorsión armónica de tension circuito 4.....	166
5.3.4.2.	Distorsión armónica de corriente circuito 4.....	167
5.3.4.3.	Factor de potencia.....	168
5.3.4.4.	Cargabilidad circuito 4	169
5.4.	CONSUMO DE ENERGÍA POR EL BANCO DE TRANSFORMADORES	170
6.	DISCUSIÓN	173
6.1.	DIAGNOSTICO DEL SISTEMA	175
6.1.1.	<i>Nodo Principal</i>	<i>175</i>
6.1.2.	<i>Circuito # 1.....</i>	<i>176</i>
6.1.3.	<i>Circuito # 2.....</i>	<i>176</i>
6.1.4.	<i>Circuito # 3.....</i>	<i>176</i>
6.1.5.	<i>Circuito # 4.....</i>	<i>177</i>
6.2.	SOLUCIONES.....	177
6.2.1.	<i>Corrección del factor de potencia.....</i>	<i>177</i>
6.2.1.1.	Cálculo del porcentaje de recargo	179
6.2.1.2.	Cálculo del porcentaje de bonificación.....	179
6.2.1.3.	Calculo del banco de capacitores	179
6.2.1.4.	Ventajas de la compensación del factor potencia	180
6.2.1.5.	Penalización por bajo factor de potencia 0.60.....	180
6.2.1.6.	Bonificación por alto factor de potencia 0.92	180
6.2.1.7.	Determinación del ahorro de consumo de energía al mejorar el factor de potencia.....	180
6.2.1.8.	Ahorro mensual	182
6.2.1.9.	Tiempo de retorno de la inversión por corrección de factor de potencia	184
6.2.2.	<i>Comprobación del dimensionamiento de los conductores en presencia de armónicos</i>	<i>184</i>
6.3.	AHORRO DE ENERGÍA EN EL SISTEMA DE ILUMINACIÓN	191
6.4.	SISTEMAS DE ILUMINACIÓN	191
6.4.1.	<i>Clasificación de balastos.</i>	<i>192</i>
6.4.1.1.	Balastro electromagnético.	192
6.4.1.2.	Balastro electrónico.	192
6.4.2.	<i>Eficiencia energética de balastos electromagnéticos y electrónicos</i>	<i>193</i>
6.4.2.1.	Factor de balastro.....	193
6.4.2.2.	Factor de eficacia del balastro.....	193
6.4.3.	<i>Cálculo de ahorro en consumo energético por cambio de luminarias.....</i>	<i>195</i>
6.4.4.	<i>Calculo de ahorro económico por cambio de luminarias</i>	<i>198</i>
6.5.	ANÁLISIS SOCIO ECONOMICO	199
6.6.	ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL.....	199
7.	CONCLUSIONES	200
8.	RECOMENDACIONES.....	203

9. BIBLIOGRAFÍA	205
10. ANEXOS	208

INDICE DE FIGURAS

1. FIGURA FORMA SINUSOIDAL DE SEÑAL DE TENSIÓN O CORRIENTE IDEAL, ESPERADA CONTINUAMENTE PARA GARANTIZAR UNA BUENA CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA	24
2. FIGURA CLASIFICACIÓN DE PERTURBACIONES.....	27
3. FIGURA TRANSITORIO DE IMPULSO DE CORRIENTE ORIGINADO POR UN RAYO	30
4. FIGURA TENSIÓN TRANSITORIA OSCILATORIA CAUSADA POR UNA DESCONEXIÓN DE CONDENSADORES	32
5. FIGURA CAÍDA DE TENSIÓN CAUSADA POR UNA FALLA FASE - TIERRA3	34
6. FIGURA CAÍDA DE TENSIÓN CAUSADA POR ARRANQUE DE UN MOTOR	35
7. FIGURA SUBIDA DE TENSIÓN CAUSADA POR UNA FALLA FASE – TIERRA.....	36
8. FIGURA INTERRUPCIÓN MOMENTÁNEA DEBIDO A UNA FALLA Y SUBSIGUIENTE OPERACIÓN DE RECIERRE4	38
9. FIGURA DESBALANCE EN UN ALIMENTADOR RESIDENCIAL DURANTE UNA SEMANA5.....	41
10. FIGURA FORMA DE SEÑAL DE TENSIÓN DISTORSIONADA, MEDIDA EN UN SISTEMA INDUSTRIAL	45
11. FIGURA MUESCAS DE TENSIÓN CAUSADAS POR UN CONVERTIDOR TRIFÁSICO	46
12. FIGURA FLUCTUACIÓN DE TENSIÓN O TITILACIÓN (FLICKER).....	48
13. FIGURA CONSUMOS DE POTENCIA	55
14. CABLE	68
15. MONOCONDUCTOR.....	69
16. MULTICONDUCTOR	69
17. AISLAMIENTO DE UN CONDUCTOR.....	70
18. ELEMENTOS DE INSPECCIÓN	74
19. EMPALME	75
20. TABLERO DE PROTECCIÓN.....	75
21. MEDICIONES Y ENSAYOS.....	78
22. FIGURA TRIANGULO DE POTENCIAS	92
23. FIGURA DIAGRAMAS FASORIALES DE VOLTAJE Y CORRIENTE.....	94
24. FIGURA FACTOR DE POTENCIA VS ÁNGULO Φ	94
25. FIGURA BAJO FACTOR DE POTENCIA.....	95

26.	FIGURA PÉRDIDAS EN UN CONDUCTOR VS FACTOR DE POTENCIA.....	96
27.	FIGURA COMPENSACIÓN DEL FP	97
28.	FIGURA MOTOR DE INDUCCIÓN SIN COMPENSACIÓN	98
29.	FIGURA MOTOR DE INDUCCIÓN CON CAPACITORES DE COMPENSACIÓN	98
30.	FIGURA COMPENSACIÓN INDIVIDUAL	99
31.	FIGURA COMPENSACIÓN EN GRUPO	100
32.	FIGURA COMPENSACIÓN CENTRAL.....	101
33.	FIGURA KVARs DEL CAPACITOR.....	101
34.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL BANCO DE TRANSFORMADORES	110
35.	NIVEL DE TENSION MAXIMA POR FASE	113
36.	NIVEL DE TENSION MINIMA POR FASE.....	114
37.	FLICKER.....	115
38.	THD FASES 1, 2 Y 3.....	122
39.	POTENCIA ACTIVA Y REACTIVA TOTAL	124
40.	POTENCIA ACTIVA Y REACTIVA FASE 1	124
41.	POTENCIA ACTIVA Y REACTIVA FASE 2	125
42.	POTENCIA ACTIVA Y REACTIVA FASE 3	126
43.	POTENCIA ACTIVA (P) Y COS FI TOTAL.....	126
44.	POTENCIA ACTIVA (P), POTENCIA REACTIVA (Q), Y POTENCIA APARENTE (S).....	129
45.	NIVEL DE CORRIENTE PROMEDIO POR FASE.....	130
46.	ANALISIS ENTRE VMIN Y IMAX DE LAS TRES FASES	131
47.	VALORES DE LA ARMÓNICA DE ORDEN 3 EN EL PERIODO DE MEDICIÓN.....	133
48.	VALORES DE LA ARMÓNICA DE ORDEN 5 EN EL PERIODO DE MEDICIÓN.....	134
49.	DISTORCION ARMONICA TOTAL DE TENSION	135
50.	VALORES DE LA ARMÓNICA DE ORDEN 3 DE CORRIENTE EN EL PERIODO DE MEDICIÓN.....	137
51.	VALORES DE LA ARMÓNICA DE ORDEN 5 DE CORRIENTE EN EL PERIODO DE MEDICIÓN.....	139
52.	VALORES DE LA ARMÓNICA DE ORDEN 7 DE CORRIENTE EN EL PERIODO DE MEDICIÓN	141
53.	VALORES DE LA ARMÓNICA DE ORDEN 9 DE CORRIENTE EN EL PERIODO DE MEDICIÓN	143
54.	VALORES DE LA DISTORCION ARMÓNICA TOTAL DE CORRIENTE EN EL PERIODO DE MEDICIÓN....	145
55.	THDI 3 EN EL CONDUCTOR NEUTRO.....	147
56.	DISTORSIÓN ARMÓNICA DE TENSÓN CIRCUITO 1.....	151
57.	DISTORSIÓN ARMÓNICA DE CORRIENTE CIRCUITO 1	152

58. DIAGRAMA DE DESBALANCE DE CORRIENTE Y VOLTAJE	154
59. DISTORSIÓN ARMÓNICA DE TENSIÓN CIRCUITO 1.....	156
60. DISTORSIÓN ARMÓNICA DE CORRIENTE CIRCUITO 2	157
61. DIAGRAMA DE DESBALANCE DE CORRIENTE Y VOLTAJE CIRCUITO 2.....	159
62. DISTORSIÓN ARMÓNICA DE TENSIÓN CIRCUITO 3.....	161
63. DISTORSIÓN ARMÓNICA DE CORRIENTE CIRCUITO 3	162
64. DIAGRAMA DE DESBALANCE DE CORRIENTE Y VOLTAJE	164
65. DISTORSIÓN ARMÓNICA DE TENSIÓN CIRCUITO 4.....	166
66. DISTORSIÓN ARMÓNICA DE CORRIENTE CIRCUITO 4	167
67. DIAGRAMA DE DESBALANCE DE CORRIENTE Y VOLTAJE	169
68. COMPORTAMIENTO DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN EL BANCO.....	170
69. CONSUMO DE ENERGÍA PROMEDIO DIARIO DEL BANCO	171
70. COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA HORARIA DEL BANCO.....	172
71. DIAGRAMA DE CORRIENTE NOMINAL AFECTADA POR EL FACTOR DE POTENCIA	178
72. FILTRO DE ARMÓNICOS ACCUSINE	183
CALIDAD DEL PRODUCTO.....	221

INDICE DE TABLAS

I. TABLA CONTENIDO ESPECTRAL TÍPICO. DURACIÓN Y MAGNITUD PARA CADA UNA DE LAS SIETE CATEGORÍAS DE FENÓMENOS ELECTROMAGNÉTICOS QUE AFECTAN LA CEL	29
II. CALIBRES DE CONDUCTORES AWG	72
III. TABLA NIVELES DE CONSUMO DE ENERGÍA Y DEMANDA MÁXIMA, SEGÚN LA SUPERFICIE DE LA VIVIENDA.....	80
IV. TABLA DENSIDAD DE CARGA PARA ILUMINACIÓN (W/M2).....	81
V. TABLA FACTOR DE DEMANDA PARA ILUMINACIÓN Y TOMACORRIENTE.....	82
VI. TABLA FACTOR DE DEMANDA PARA TOMAS DE FUERZA	83
VII. TABLA FACTOR DE SIMULTANEIDAD	83
VIII. TABLA RELACIÓN DE APARATOS ELEVADORES.....	85
IX. TABLA POTENCIA DE ALUMBRADO ZONAS COMUNES.....	85
X. TABLA DENSIDAD DE CARGA PARA ILUMINACIÓN EN W/M2	87
XI. TABLA FACTOR DE DEMANDA EN EDIFICIOS COMERCIALES U OFICINAS	88
XII. TABLA FACTOR DE DEMANDA PARA ILUMINACIÓN EN EDIFICIOS PÚBLICOS	89

XIII.	TABLA FACTOR DE DEMANDA PARA TOMA CORRIENTES EN EDIFICIOS PÚBLICOS	90
XIV.	TABLA COEFICIENTE K.....	102
XV.	INDICADORES DE CALIDAD DE ENERGÍA SEGÚN LA REGULACIÓN CONELEC 0404/01.....	111
XVI.	CUMPLIMIENTO DE NIVELES DE TENSIÓN FASE 1	112
XVII.	CUMPLIMIENTO DE NIVELES DE TENSIÓN FASE 2	112
XVIII.	CUMPLIMIENTO DE NIVELES DE TENSIÓN FASE 3	113
XIX.	CUMPLIMIENTO DE FLICKER	115
XX.	LIMITES DE ARMÓNICOS DE TENSIÓN REGULACIÓN CONELEC 004/01	117
XXI.	CUMPLIMIENTO DE LA DISTORSIÓN ARMÓNICA DE TENSIÓN FASE 1.....	118
XXII.	CUMPLIMIENTO DE LA DISTORSIÓN ARMÓNICA DE TENSIÓN FASE 2.....	119
XXIII.	CUMPLIMIENTO DE LA DISTORSIÓN ARMÓNICA DE TENSIÓN FASE 3.....	120
XXIV.	CUMPLIMIENTO DE LA DISTORSIÓN ARMÓNICA DE TENSIÓN TOTAL	121
XXV.	CUMPLIMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA FASE 1.....	122
XXVI.	CUMPLIMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA FASE 2.....	123
XXVII.	CUMPLIMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA FASE 3.....	123
XXVIII.	CARGABILIDAD	128
XXIX.	TABLA RESUMEN DE CORRIENTES POR FASE.....	129
XXX.	LIMITES EN DISTORSIÓN DE VOLTAJE IEE-519	132
XXXI.	LIMITES EN DISTORSIÓN DE VOLTAJE IEE-519	132
XXXII.	CUMPLIMIENTO THDV3 SEGÚN IEEE-519.....	134
XXXIII.	CUMPLIMIENTO THDV5 SEGÚN IEEE-519.....	135
XXXIV.	CUMPLIMIENTO THDV TOTAL FASE 1 SEGÚN IEEE-519.....	136
XXXV.	CUMPLIMIENTO THDV TOTAL FASE 2 SEGÚN IEEE-519.....	136
XXXVI.	CUMPLIMIENTO THDV TOTAL FASE 3 SEGÚN IEEE-519.....	136
XXXVII.	CUMPLIMIENTO ARMÓNICOS DE CORRIENTE DE ORDEN 3	138
XXXVIII.	CUMPLIMIENTO ARMÓNICOS DE CORRIENTE DE ORDEN 5	140
XXXIX.	CUMPLIMIENTO ARMÓNICOS DE CORRIENTE DE ORDEN 7	142
XL.	CUMPLIMIENTO ARMÓNICOS DE CORRIENTE DE ORDEN 9	144
XLI.	CUMPLIMIENTO DISTORCION ARMÓNICA TOTAL DE CORRIENTE.....	146
XLII.	CUMPLIMIENTO DE NIVELES DE TENSIÓN CIRCUITO 1	149
XLIII.	CUMPLIMIENTO DE LA DISTORSIÓN ARMÓNICA DE TENSIÓN CIRCUITO 1.....	150
XLIV.	CUMPLIMIENTO DE LA DISTORSIÓN ARMÓNICA DE CORRIENTE CIRCUITO 1	151

XLV.	CUMPLIMIENTO FACTOR DE POTENCIA CIRCUITO 1	153
XLVI.	VALORES MÁXIMOS, MÍNIMOS Y PROMEDIOS DE CORRIENTES POR FASE Y % DE DESBALANCE	154
XLVII.	CUMPLIMIENTO DE NIVELES DE TENSIÓN CIRCUITO 2	155
XLVIII.	CUMPLIMIENTO DE LA DISTORSIÓN ARMÓNICA DE TENSIÓN CIRCUITO 2	156
XLIX.	CUMPLIMIENTO DE LA DISTORSIÓN ARMÓNICA DE CORRIENTE CIRCUITO 2	157
L.	CUMPLIMIENTO FACTOR DE POTENCIA CIRCUITO 2	158
LI.	VALORES MÁXIMOS, MÍNIMOS Y PROMEDIOS DE CORRIENTES POR FASE Y % DE DESBALANCE	159
LII.	CUMPLIMIENTO DE NIVELES DE TENSIÓN CIRCUITO 3	160
LIII.	CUMPLIMIENTO DE LA DISTORSIÓN ARMÓNICA DE TENSIÓN CIRCUITO 3.....	161
LIV.	CUMPLIMIENTO DE LA DISTORSIÓN ARMÓNICA DE CORRIENTE CIRCUITO 3	162
LV.	CUMPLIMIENTO FACTOR DE POTENCIA CIRCUITO 3	163
LVI.	VALORES MÁXIMOS, MÍNIMOS Y PROMEDIOS DE CORRIENTES POR FASE Y % DE DESBALANCE	164
LVII.	CUMPLIMIENTO DE NIVELES DE TENSIÓN CIRCUITO 4.....	165
LVIII.	CUMPLIMIENTO DE LA DISTORSIÓN ARMÓNICA DE TENSIÓN CIRCUITO 4.....	166
LIX.	CUMPLIMIENTO DE LA DISTORSIÓN ARMÓNICA DE CORRIENTE CIRCUITO 4	167
LX.	CUMPLIMIENTO FACTOR DE POTENCIA CIRCUITO 4	168
LXI.	VALORES MÁXIMOS, MÍNIMOS Y PROMEDIOS DE CORRIENTES POR FASE Y % DE DESBALANCE	169
LXII.	RESUMEN ANÁLISIS DEL NODO PRINCIPAL Y CIRCUITOS SECUNDARIOS	174
LXIII.	FACTORES DE CORRECCIÓN PARA CABLES QUE TRANSPORTAN CORRIENTES TRIPLE-N	187
LXIV.	CORRIENTES ADMISIBLES (EN A) EN SERVICIO PERMANENTE CON UNA THDI DEL TERCER ARMÓNICO DEL 45% (CABLES DE CUATRO CONDUCTORES A 0,6/1 KV, 90°C)	188
LXV.	CORRIENTES ADMISIBLES (EN A) EN SERVICIO PERMANENTE CON UNA THDI DEL TERCER ARMÓNICO DEL 33% (CABLES DE CUATRO CONDUCTORES A 0,6/1 KV, 90°C)	189
LXVI.	PRESENCIA DEL TERCER ARMÓNICO POR FASE	190
LXVII.	VALORES LÍMITE EN PORCIENTO DEL FACTOR DE BALASTO	193
LXVIII.	VALORES LÍMITE DE FACTOR DE EFICACIA DE BALASTO PARA BALASTOS ELECTROMAGNÉTICOS 194	
LXIX.	VALORES LÍMITE DE FACTOR DE EFICACIA DE BALASTO PARA BALASTOS ELECTRÓNICOS.....	194
LXX.	DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS DE 40 W.....	196
LXXI.	DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS DE 36W.....	196
LXXII.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS LÁMPARAS FLUORESCENTES T12 VERSIÓN -S - LUMILUX T8 LÁMPARAS FLUORESCENTES MARCA OSRAM	197

1. INTRODUCCIÓN

Desde hace algunos años se está tomando conciencia sobre “la calidad de la energía eléctrica”. El consumo de energía eléctrica crece en la actualidad de forma considerable debido al desarrollo de nuevas tecnologías que están transformando la sociedad, en general lo que aumenta continuamente la productividad. Históricamente este desarrollo tecnológico va ligado con la utilización de la energía eléctrica, siendo cada vez más alto el porcentaje de uso del consumo de energía eléctrica. Dentro del concepto de calidad de energía la alteración en la “forma de la onda” tiene lugar en los propios procesos de producción, transporte y distribución, así como en la utilización de determinados receptores que generan perturbaciones; siendo estos factores inevitables pero si se pueden minimizar. Actualmente las empresas de generación y distribución de energía eléctrica, tienen que afrontar dos importantes retos:

Aumentar la capacidad de generación y distribución de energía eléctrica, para responder a la demanda creciente, debido a que los sistemas de generación y distribución están funcionando muy cerca del límite de su capacidad máxima.

Asegurar la calidad de la energía eléctrica suministrada, con la finalidad de garantizar el correcto funcionamiento de los equipos conectados a las redes de distribución, considerando también que la calidad de la energía eléctrica es de gran importancia para contribuir con el desarrollo tecnológico.

No existe hasta el momento una definición completamente aceptada del término calidad del suministro eléctrico o calidad de la energía eléctrica (“power quality”), siendo los estándares internacionales más empleados los siguientes:

El estándar IEC 61000-4-30 define power quality como las “características de la electricidad en un punto dado de una red de energía eléctrica, evaluadas con relación a un conjunto de parámetros técnicos de referencia”. 1

El estándar IEEE 1159-1995 define la calidad de la energía eléctrica como “una gran variedad de fenómenos electromagnéticos que caracterizan la tensión y la corriente en un instante dado y en un punto determinado de la red eléctrica.

En general, la calidad del suministro de energía eléctrica se puede considerar como la combinación de la disponibilidad del suministro de energía eléctrica, junto con la calidad de la tensión y de la corriente suministradas, entendiéndose la falta de calidad como la desviación de esas magnitudes de su forma ideal, por lo que, cualquier desviación se considera como una perturbación o como una pérdida en su calidad.

2. REVISIÓN LITERARIA

CAPITULO I

2.1.CALIDAD DE LA ENERGÍA

Conviene que el término calidad, no se utilice aislado para expresar un grado de excelencia en un sentido comparativo, sino usarlo en sentido cuantitativo para evaluaciones técnicas. Para expresar estos significados, se debe usar un adjetivo calificativo como: excelente, alta, baja, media, buena, mala.

Actualmente, el estudio de la calidad de la energía eléctrica ha adquirido mucha importancia y tal vez la razón más importante es la búsqueda del aumento de productividad y competitividad de las empresas. Así mismo porque existe una interrelación entre calidad de la energía eléctrica, la eficiencia y la productividad. Para aumentar la competitividad, las empresas requieren optimizar su proceso productivo mediante:

- Utilización de equipos de alta eficiencia como: motores eléctricos, bombas, etc.
- Automatización de sus procesos mediante dispositivos electrónicos y de computación (microcontroladores, computadores, PLC, etc.).
- Reducción de costos vinculados con la continuidad del servicio y la calidad de la energía.
- Reducción de las pérdidas de energía.
- Evitar costos por sobredimensionamiento y tarifas.
- Evitar el envejecimiento prematuro de los equipos.

Un circuito eléctrico de corriente alterna consta, en su caso más sencillo, de una fuente de energía y de una carga eléctrica. La fuente proporciona energía eléctrica y la carga la transforma en otro tipo de energía. Siempre que la fuente proporcione una cantidad de energía por unidad de tiempo, es decir, una determinada cantidad de potencia eléctrica, la señal de tensión de la fuente forzará una señal de corriente a través del circuito. Por tanto,

cuando se habla de Power Quality o Calidad de la Energía Eléctrica, se está haciendo referencia tanto a la calidad de las señales de tensión y corriente, como a la continuidad o confiabilidad del servicio de energía eléctrica.

La creciente utilización de dispositivos basados en microelectrónica, los cuales son cada vez más susceptibles y menos inmunes al entorno electromagnético, ha incrementado en los últimos años el interés por las señales de tensión y corriente eléctrica; esto ha venido acompañando con el desarrollo de equipos de protección y una terminología especial para describir los fenómenos. Es así como el concepto de Power Quality ha evolucionado en la última década a escala mundial. De hecho, se ha aumentado la importancia de un suministro de energía eléctrica basada en criterios que van más allá de la simple continuidad o confiabilidad del servicio, pasando a un espectro mucho más amplio que tiene que ver con grandes desarrollos científicos y tecnológicos en los campos de la interferencia y la compatibilidad electromagnética. Por lo expuesto, ha causado confusión entre usuarios que no entienden porque un equipo no trabaja como se esperaba. Muchas palabras ambiguas han sido usadas con significados múltiples o no muy claros. Por ejemplo, las palabras Pico o Impulsos de Tensión son usadas para describir una amplia variedad de perturbaciones que causan fallas o mala operación en un equipo. Un Supresor de Picos puede suprimir alguna clase de estos picos o impulsos electromagnéticos, pero no tendrá ningún efecto sobre otros. Otro ejemplo muy común, es la creencia generalizada que un pararrayos tipo Franklin instalado en la parte superior de un edificio y conectado a tierra protege equipos eléctricos y electrónicos contra los efectos electromagnéticos que generan los rayos, ignorando el concepto de un sistema integral de protección contra rayos. La CEL en términos generales es un conjunto de propiedades inherentes tanto al servicio como a la señal de tensión o corriente eléctrica que permiten apreciarla como igual, mejor o peor que otras. Por tanto, podemos afirmar que la CEL en su concepto más amplio debe considerar tanto la continuidad del servicio como las señales de tensión y corriente eléctrica, en un tiempo dado y en un espacio determinado de un sistema de potencia eléctrico. La definición del termino Calidad de la Energía Eléctrica no es única y varia de país en país. Veamos algunas definiciones tomadas de instituciones que tratan sobre el tema en diferentes partes del mundo.

El Instituto EPRI (Electric Power Research Institute) de los Estados Unidos, por ejemplo, define la calidad de la Energía Eléctrica (Power Quality) como: "Cualquier problema de potencia manifestado en la desviación de la tensión, de la corriente o de la frecuencia, de sus valores ideales que ocasione falla o mala operación del equipo de un usuario."

La norma IEC (61000-2-2/4) y la norma CONELEC (50160) definen la Calidad de la Energía Eléctrica como: "Una característica física del suministro de electricidad, la cual debe llegar al cliente en condiciones normales, sin producir perturbaciones ni interrupciones en los procesos del mismo".

Para la norma IEEE 1159 de 1995: "El termino se refiere a una amplia variedad de fenómenos electromagnéticos que caracterizan la tensión y la corriente eléctricas, en un tiempo dado y en una ubicación dada en el sistema de potencia".

La CREG en Colombia en su Resolución 070 de 1998 conceptuó que: "El termino calidad de la potencia suministrada se refiere a las perturbaciones y variaciones de estado estacionario de la tensión y corriente suministrada por el Operador de Red.

El termino calidad del servicio prestado se refiere a los criterios de confiabilidad del servicio." Algunos países han incluido en el concepto de Calidad de Energía Eléctrica -CEL tanto lo correspondiente al diseño, construcción y operación de la instalación eléctrica como la atención al usuario (facturación y reclamos). A continuación se propone definir la CEL de la siguiente manera y, a partir de allí, desarrollar su concepto:

La Calidad de la Energía Eléctrica - CEL, es un conjunto de características físicas de las señales de tensión y corriente para un tiempo dado y un espacio determinado, con el objetivo de satisfacer necesidades de un cliente"

Algunos autores consideran que la entidad a la cual se aplica el concepto de Calidad de la Energía Eléctrica es solamente la señal de tensión. Esto sería cierto si se considera un sistema eléctrico lineal en el cual el generador alimenta una sola carga, mediante una fuente de tensión. Sin embargo, los sistemas eléctricos pueden ser enmallados y una carga (corriente) puede contaminar nuevamente la red de alimentación y esta a su vez aumentar a otra carga con una señal de tensión y corriente contaminada. Por ello lo más conveniente es involucrar en la Calidad de la Energía Eléctrica tanto a la fuente como a la carga, es decir

las señales de tensión y corriente. Las características físicas de la CEL, son la continuidad del servicio durante las 24 horas del día y los 365 días del año, la amplitud, frecuencia, forma de onda de la señal de tensión y corriente, las cuales están definidas por valores o índices en resoluciones, guías o normas nacionales e internacionales, dentro de rangos que son técnica y económicamente aceptables.

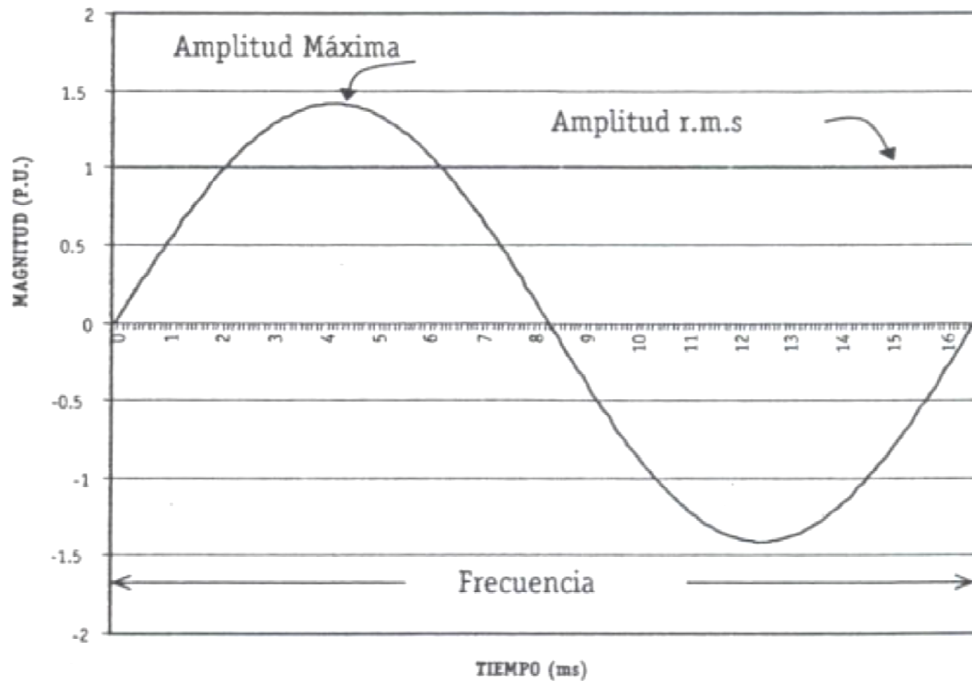
La discontinuidad o variación de estos valores o índices, pueden causar degradación, mal funcionamiento o fallas en dispositivos, equipos o sistemas eléctricos, electrónicos o de comunicación, que disminuyen la CEL y afectan técnica y económicamente a sus usuarios.

La calidad de energía eléctrica puede dividirse en dos grandes temas:

- La Calidad del Servicio de Energía Eléctrica, el cual tiene que ver directamente con el tiempo, es decir, la Continuidad del Servicio.
- La Calidad de la Potencia Eléctrica, que se refiere a las variaciones en la forma de onda, frecuencia y amplitud de las señales de corriente y tensión.

La calidad del servicio debe entenderse en este contexto como la continuidad de la señal de tensión y no, como otros autores lo consideran, atención al cliente, donde involucran todo lo referente a la administración, desde la preparación y entrega de las facturas de consumo de energía eléctrica, hasta la respuesta a las demandas telefónicas de los usuarios por desconexión del circuito.

Es importante aclarar aquí que, si bien la definición que se ha propuesto está acorde con la argumentación presentada, la aplicación del concepto de CEL es relativa, pues depende de las necesidades del usuario. Por ejemplo, para un usuario residencial urbano o rural la Calidad de la Energía Eléctrica está referida más a la continuidad que a la calidad de la señal, mientras que para un usuario industrial con equipos de control basados en microelectrónica la exigencia no solo es de calidad en la continuidad del servicio sino en las señales de tensión y corriente.



1. Figura Forma sinusoidal de señal de tensión o corriente ideal, esperada Continuamente para garantizar una buena Calidad de la Energía Eléctrica

Con base en lo anterior se puede caracterizar, de acuerdo con la figura 1.1, cuatro variables que definen la CEL:

- Amplitud
- Frecuencia
- Forma de la señal
- Continuidad

2.1.1. Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución en el Ecuador

Para garantizar a los consumidores un suministro eléctrico continuo y confiable, fue necesario dictar regulaciones relacionadas con los estándares mínimos de calidad y procedimientos técnicos de medición y evaluación a los que deben someterse las empresas

distribuidoras del servicio eléctrico, los mismos que fueron emitidos y aprobados por el CONELEC, nos referimos a la Regulación 004/01

Por lo tanto el CONELEC con esta regulación, controla y vigila a las empresas eléctricas del Ecuador, la calidad de Servicio eléctrico, que ofrecen, y se medirán considerando los siguientes aspectos:

2.1.2. Calidad del Producto

La calidad del producto técnico que se controlarán son el nivel de voltaje, las perturbaciones y el factor de potencia, siendo el Distribuidor responsable de efectuar las mediciones correspondientes, el procesamiento de los datos levantados, la determinación de las compensaciones que pudieran corresponder a los consumidores afectados y su pago a los mismos. Toda la información deberá estar a disposición del CONELEC al momento que se le requiera.

2.1.3. Calidad del Servicio Técnico:

La calidad del servicio técnico prestado se evaluará sobre la base de la frecuencia y la duración total de Interrupción. Durante la subetapa 1 se efectuarán controles en función a Índices Globales para el Distribuidor discriminando por empresa y por alimentador de MV. El levantamiento de información y cálculo se efectuará de forma tal que los indicadores determinados representen en la mejor forma posible la cantidad y el tiempo total de las interrupciones que afecten a los consumidores. Para los consumidores con suministros en Media tensión o en Alta tensión, se determinarán índices individuales.

En la Subetapa 2 los indicadores se calcularán a nivel de consumidor, de forma tal de determinar la cantidad de interrupciones y la duración total de cada una de ellas que afecten a cada consumidor. El período de control será anual, por tanto, los Distribuidores presentarán informes anuales al CONELEC, especificando las interrupciones y los índices de control resultantes.

Sin embargo de lo anterior, los cálculos de los índices de calidad se efectuarán para cada mes del año considerado y para el año completo.

2.1.4. Calidad del Servicio Comercial

Las empresas eléctricas de distribución tienen la obligación de proveer, además del suministro de la energía eléctrica, un conjunto de servicios comerciales relacionados, necesarios para mantener un nivel adecuado de satisfacción a los consumidores. La calidad del servicio comercial al consumidor, que debe ser cumplida por el Distribuidor, responderá a los siguientes parámetros:

a) Niveles Individuales de Calidad Comercial

Son aquellos vinculados a las prestaciones garantizadas a cada Consumidor.

b) Niveles Globales de Calidad Comercial

Se corresponden con metas de calidad para todo el Distribuidor.

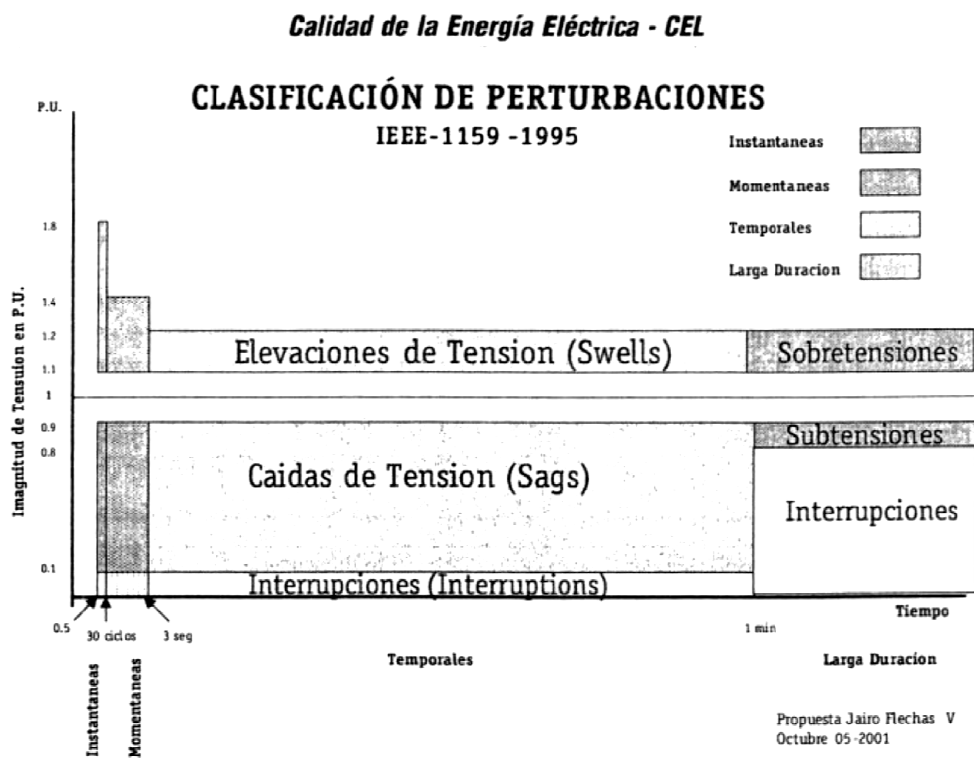
2.1.5. Fenómenos que afectan la Calidad de la Energía.

Los parámetros de amplitud, frecuencia, forma de onda y continuidad de un sistema eléctrico, electrónico o de comunicaciones, pueden verse afectado por diferentes tipos de perturbaciones que se pueden dividir de acuerdo con su duración en siete categorías:

1. Transitorios electromagnéticos -TEM
2. Variaciones de tensión de corta duración - VTCD
3. Variaciones de tensión de larga duración – VTLD
4. Desbalance de tensión - DT
5. Distorsión de la forma de la señal – DFS
6. Fluctuaciones de tensión - FT

7. Variación de la frecuencia industrial - VFI

En el siguiente gráfico se puede observar la presentación esquemática de la tabla 1.1, en la cual se observa el contenido espectral típico duración y magnitud de cada una de las siete categorías mencionadas anteriormente:



2. *Figura Clasificación de Perturbaciones*

2.1.5.1. Transitorios Electromagnéticos - TEM

El término transitorio ha sido usado durante mucho tiempo en el análisis de variaciones en un sistema de potencia, para indicar un evento que es indeseable y de naturaleza momentánea. La noción de un transitorio oscilatorio amortiguado debido a un circuito RL es probablemente en lo que más piensa un ingeniero electricista cuando escucha la palabra transitorio. Otra palabra comúnmente usada como sinónimo de transitorio es pico o impulso de tensión (surge en inglés). Un ingeniero electricista en una subestación pensará en un pico o impulso de tensión debido al impacto de un rayo, para lo cual un descargador de sobre tensión (o mal llamado Pararrayos) es usado para protección del equipo eléctrico de la Subestación.

Un usuario final frecuentemente usa la palabra indiscriminadamente para describir cualquier cosa inusual que puede ser observada en el sistema eléctrico, desde subidas o bajadas de tensión, hasta interrupciones usando expresiones comunes como "se fue 12 la luz por un rayo que cayó"

Table 1
Categories and Characteristics of Power System Electromagnetic Phenomena

Categories	Typical Spectral Content	Typical Duration	Typical Voltage Magnitude
1.0 Transients			
1.1 Impulsive			
1.1.1 Nanosecond	5 ns rise	< 50 ns	
1.1.2 Microsecond	1 μ s rise	50 ns - 1 ms	
1.1.3 Millisecond	0.1 ms rise	> 1 ms	
1.2 Oscillatory			
1.2.1 Low Frequency	< 5 kHz	.3 - 50 ms	0 - 4 pu
1.2.2 Medium Frequency	5 - 500 kHz	20 μ s	0 - 8 pu
1.2.3 High Frequency	0.5 - 5 MHz	5 μ s	0 - 4 pu
2.0 Short Duration Variations			
2.1 Instantaneous			
2.1.1 Sag		0.5 - 30 cycles	0.1 - 0.9 pu
2.1.2 Swell		0.5 - 30 cycles	1.1 - 1.8 pu
2.2 Momentary			
2.2.1 Interruption		0.5 cycles - 3 s	< 0.1 pu
2.2.2 Sag		30 cycles - 3 s	0.1 - 0.9 pu
2.2.3 Swell		30 cycles - 3 s	1.1 - 1.4 pu
2.3 Temporary			
2.3.1 Interruption		3 s - 1 min	< 0.1 pu
2.3.2 Sag		3 s - 1 min	0.1 - 0.9 pu
2.3.3 Swell		3 s - 1 min	1.1 - 1.2 pu
3.0 Long Duration Variations			
3.1 Interruption, Sustained		> 1 minute	0.0 pu
3.2 Undervoltages		> 1 minute	0.8 - 0.9 pu
3.3 Overvoltages		> 1 minute	1.1 - 1.2 pu
4.0 Voltage Unbalance		steady state	0.5 - 2%
5.0 Waveform Distortion			
5.1 DC Offset		steady state	0 - 0.1%
5.2 Harmonics	0 - 100th H	steady state	0 - 20%
5.3 Inter-harmonics	0 - 6 kHz	steady state	0 - 2%
5.4 Notching		steady state	
5.5 Noise	broad-band	steady state	0 - 1%
6.0 Voltage Fluctuations	< 25 Hz	intermittent	0.1 - 7%
7.0 Power Frequency Variations		< 10 s	

Abbreviations

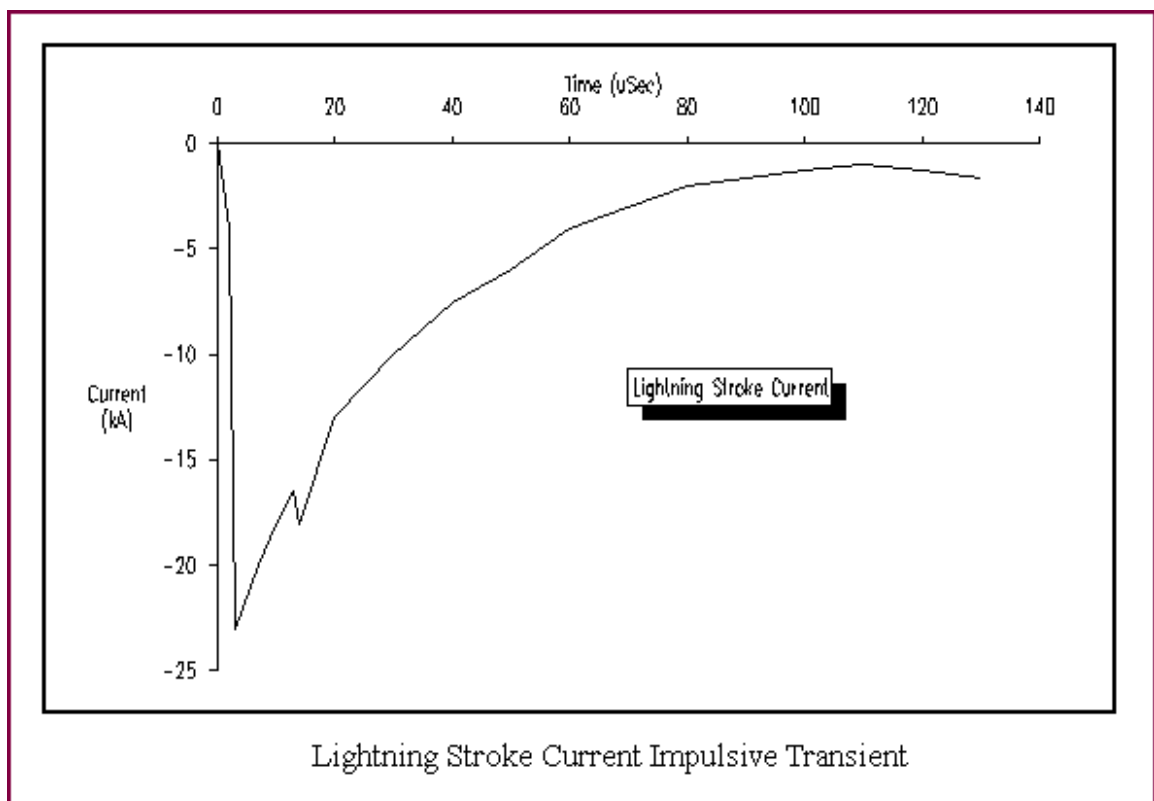
ns	Nanosecond (10^{-9} seconds)	kHz	Kilohertz (10^3 cycles/second)
μ s	Microsecond (10^{-6} seconds)	MHz	Megahertz (10^6 cycles/second)
ms	Millisecond (10^{-3} seconds)	H	Harmonic number
pu	Per-unit (same as percent divided by 100)	s	Seconds

I. Tabla Contenido espectral típico. duración y magnitud para cada una de las siete categorías De fenómenos electromagnéticos que afectan la CEL

De una forma amplia y técnica, los transitorios electromagnéticos pueden ser clasificados en dos categorías: Transitorios de Impulso y Transitorios: Oscilatorios.

2.1.5.2. Transitorios de Impulso

Un Transitorio de Impulso es un cambio súbito, de frecuencia no industrial, de la condición de estado estacionario de tensión o corriente o ambas y es unidireccional en polaridad positivo o negativo. Los Transitorios de Impulso son normalmente caracterizados por sus tiempos de subida o de frente (rise time) y de cola (decay). Por ejemplo una onda de impulso de corriente de 8/20 μs y -22 kA, aumenta de cero a su valor pico de -22 kA en 8 μs y luego decae a la mitad de su valor pico en 20 μs . El origen más común de los Transitorios de Impulso son los rayos. La figura 3 ilustra un Transitorio de Impulso negativo de corriente, originado por un rayo



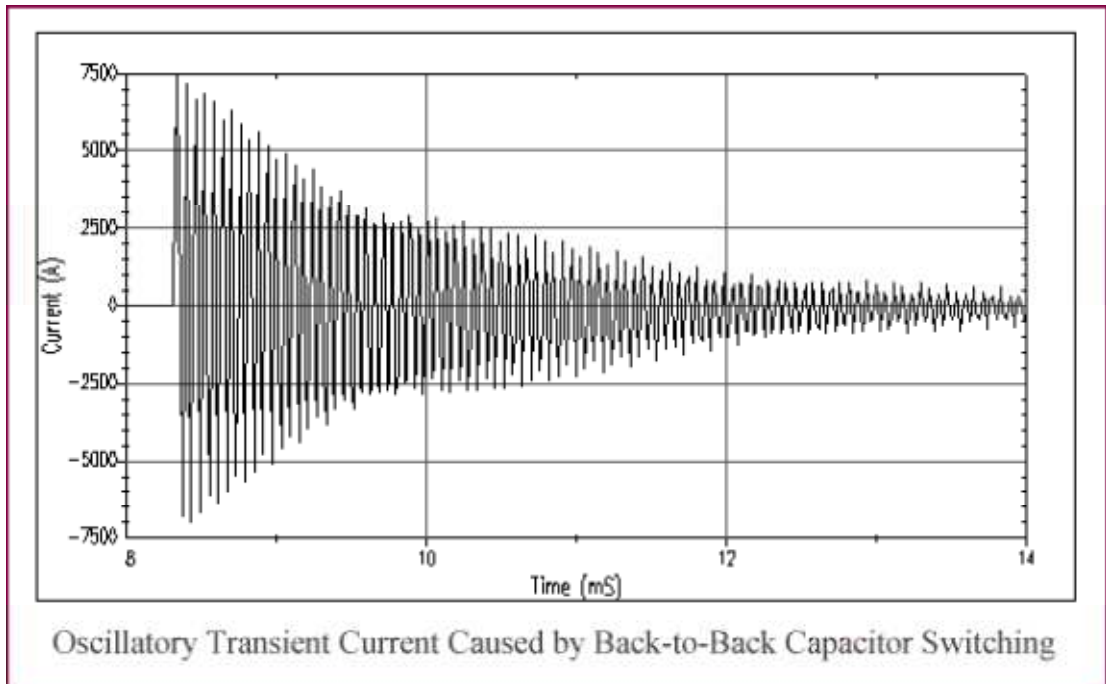
3. *Figura Transitorio de Impulso de corriente originado por un rayo*

Los Transitorios de Impulso pueden excitar la frecuencia natural de los circuitos (RLC) de un sistema de potencia y producir Transitorios Oscilatorios.

2.1.5.3. Transitorios Oscilatorios

Un Transitorio Oscilatorio es un cambio súbito, de frecuencia no industrial, de la condición de estado estacionario de tensión o corriente o ambas, que incluye tanto valores positivos como negativos.

Transitorio Oscilatorio consiste de una tensión o corriente cuyos valores instantáneos cambian rápidamente de polaridad. Esta descrito por su contenido espectral (predominantemente frecuencia), duración y magnitud. El contenido espectral se subdivide en altas, medias y bajas frecuencias. Los rangos de frecuencia para estas clasificaciones son escogidos para coincidir con los tipos comunes de fenómenos transitorios en sistemas de potencia. Los Transitorios Oscilatorios de alta frecuencia (500kHz - 5MHz) y duración de microsegundos son frecuentemente el resultado de la respuesta de un sistema local a un Transitorio de Impulso. Los Transitorio Oscilatorios de media frecuencia (5-500 kHz) y duración de décimas de microsegundos pueden deberse a la maniobra de condensadores como se ilustra en la figura 4



4. *Figura Tensión transitoria Oscilatoria causada por una desconexión de condensadores*

Los Transitorios Oscilatorios de media frecuencia también pueden ser debidos a respuestas de un sistema a un Transitorio de impulso.

Los Transitorios Oscilatorios de baja frecuencia (menos de 5kHz) y una duración de 0,3ms a 50ms se deben frecuentemente, a energización de bancos de condensadores, con frecuencias típicas de oscilación entre 300 y 900 Hz. El valor pico de estas energizaciones está entre 1,3 y 1,5 p.u. con duración entre 0,5 y 3 ciclos, dependiendo de la amortiguación del sistema. Los Transitorios Oscilatorios con frecuencias menores de 300 Hz pueden también ser encontrados en los sistemas de distribución. Estos son generalmente asociados con ferresonancia y energización de transformadores. Los transitorios que involucran capacidades en serie pueden caer también dentro de esta categoría. Ellos ocurren cuando el sistema responde por resonancia con componentes de baja frecuencia en las corrientes de "arranque" (inrush current en inglés), de los transformadores o cuando por condiciones inusuales resulta en ferresonancia. La estimación de las magnitudes de los transitorios

electromagnéticos se resuelve matemáticamente conociendo los parámetros de la perturbación y del sistema que es perturbado.

2.1.5.4. Variaciones de Tensión de corta duración VTCD

Esta categoría abarca la categoría de la Norma IEC para Voltaje Dips y Short Interruptions. Cada tipo de variación puede ser designada como instantánea, momentánea, o temporal, dependiendo de su duración. Las VTCD tienen su origen en condiciones de falla, la energización de grandes cargas que requieren grandes corrientes de arranque o conexiones inestables en cables de potencia. Dependiendo de la localización de la falla y de las condiciones del sistema, la falla puede causar:

- Caídas de tensión (Sags)
- Aumentos de tensión (Swells)
- Interrupción o pérdida completa de tensión

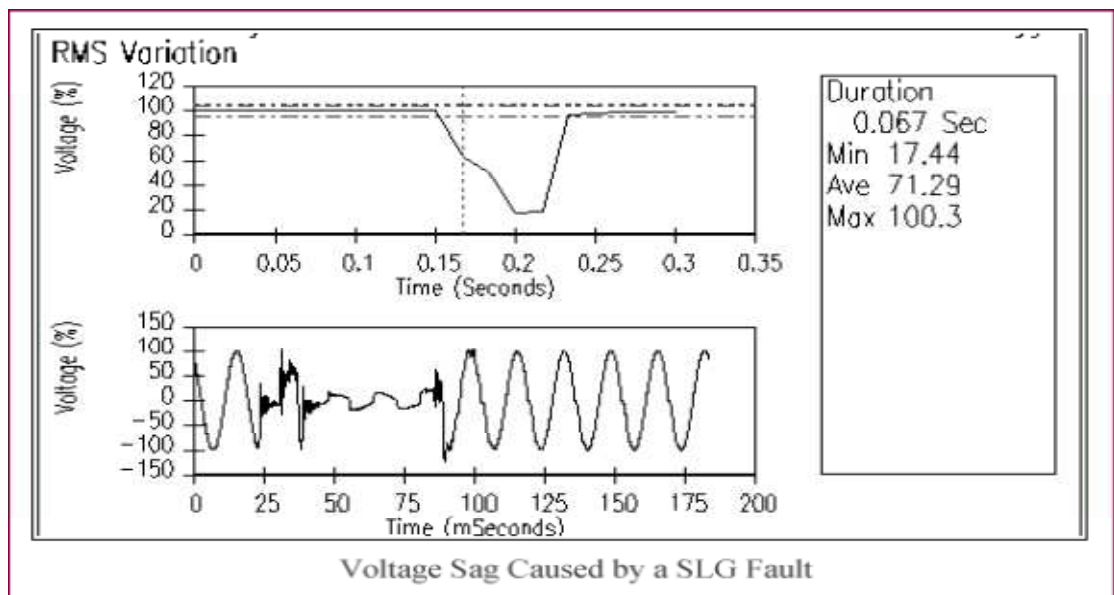
La condición de falla puede estar cerca o lejos del punto de interés. En cualquier caso, el impacto sobre la duración de la tensión durante la condición de falla es de corta duración, hasta que el equipo de protección opere para aclarar la falla.

2.1.5.5. Caídas (sags)

Es un decrecimiento entre 0,1 y 0,9 p.u. en tensión o corriente r.m.s a frecuencia industrial, con duración entre 0.5 ciclos y un minuto. Aunque el término Sag en inglés, no ha sido definido formalmente por ninguna norma norteamericana, este ha sido aceptado en la terminología técnica. La norma IEC define a este fenómeno como Dip. Los dos términos Sag y Dip son sinónimos, con una frecuencia de Sag en los Estados Unidos. Ambos términos tienen la traducción al español de caídas (de tensión).

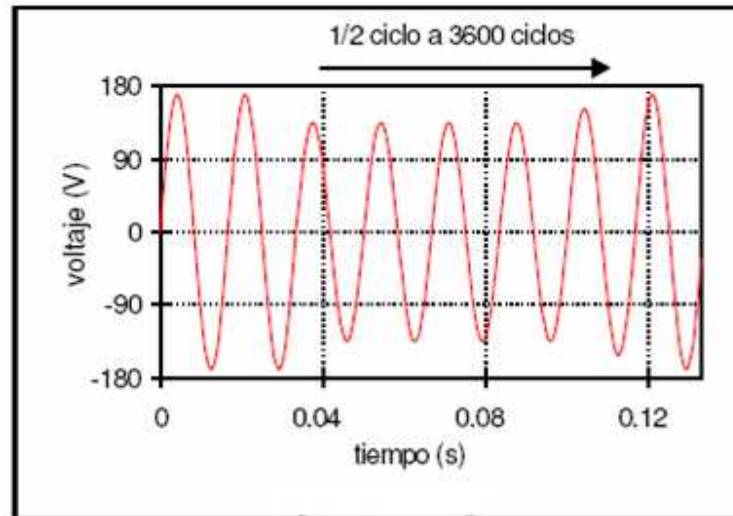
Para describir el fenómeno se deben usar expresiones como: "Una caída de magnitud del 10%", lo cual indica un evento durante el cual la tensión r.m.s decreció un 10%. La figura 1.5 muestra una caída típica asociada a una falla fase - tierra sobre otro alimentador de la

misma Subestación. Una caída de 80% puede presentarse durante 3 ciclos hasta que el interruptor de la Subestación interrumpa la corriente de falla. Los típicos tiempos de aclaración de falla van de 3 a 30 ciclos, dependiendo de la magnitud de la corriente y del tipo de protección de sobre corriente.



5. *Figura Caída de tensión causada por una falla fase - tierra3*

Las caídas son generalmente asociadas a fallas en el sistema, pero pueden también ser causadas por energización de grandes cargas a arranque de grandes motores, como el caso mostrado en la figura 5



6. *Figura Caída de tensión causada por arranque de un motor*

Un motor de inducción necesita entre 6 y 10 veces la corriente total de carga durante su arranque. Si la magnitud de la corriente es relativamente mayor que la corriente disponible en el punto de alimentación del sistema, la caída de tensión puede ser muy significativa. En este caso, la caída será del orden de un 80% y la tensión retornara a su normalidad en cerca de tres segundos, un tiempo muy superior al despeje de una falla en un sistema de potencia (máximo 30 ciclos = 500 ms). A pesar de recientes esfuerzos, la duración de una caída no ha sido claramente definida en las normas. Una duración típica definida en algunas publicaciones va desde 2ms (cerca de una décima de ciclo) a un par de minutos.

Las subtensiones que caen menos de medio ciclo no pueden ser caracterizados efectivamente como un cambio en el valor r.m.s del valor de frecuencia fundamental; entonces, estos eventos son considerados transitorios. Las subtensiones que caen más de un minuto pueden ser controladas por equipos reguladores de tensión y pueden estar asociadas con causas diferentes a fallas en el sistema. Entonces estas se clasifican como Variaciones de Tensión de Larga Duración.

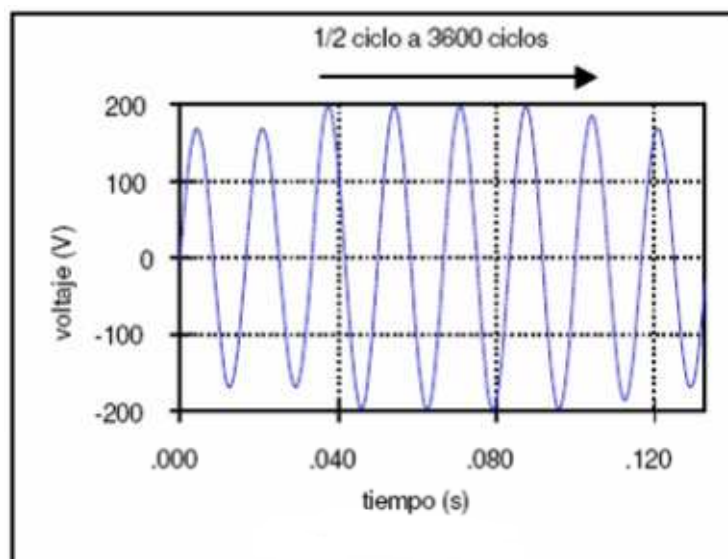
La duración de una caída se subdivide, en tres categorías, que coinciden con las tres categorías de Subidas e Interrupciones de Tensión:

- Instantáneas
- Momentáneas
- Temporales

Se considera que estas duraciones corresponden al tiempo de operación de un equipo de protección típico, así como a la duración recomendada por organizaciones técnicas internacionales.

2.1.5.6. Subidas (swells)

Una subida se define como un incremento entre 1,1 y 1,8 p.u. en tensión o corriente r.m.s a frecuencia industrial para duraciones de 0,5 ciclos a 1 min. Igual que las caídas, las subidas están generalmente asociadas con condiciones de falla del sistema, pero ellas no son tan comunes como las caídas de tensión. Una forma en que subida puede ocurrir por el aumento de una tensión temporal sobre las fases no falladas durante una falla fase - tierra. La figura 42 ilustra este caso.



7. *Figura Subida de tensión causada por una falla fase – tierra*

Las subidas pueden también ser causadas por maniobras de apertura de grandes cargas a energización de grandes bancos de condensadores.

Las subidas se caracterizan por su magnitud (valor r.m.s) y duración. La severidad de una subida de tensión durante una condición de falla es función de la localización de la falla, la impedancia del sistema y la puesta a tierra.

Para un sistema no aterrizado, con impedancia de secuencia cero infinita, las tensiones fase - tierra en las fases no aterrizadas serán 1,73 p.u. durante una condición de falla fase - tierra. Cerca de la Subestación, en un sistema aterrizado, habrá mucho menor aumento de tensión sobre las fases no falladas debido a que el transformador de la Subestación está usualmente conectado en triángulo - estrella, entregando una baja impedancia de secuencia cero, que es camino para las corrientes de falla. El término sobretensiones momentáneas es usado por muchos ingenieros como sinónimo del término subida de tensión.

2.1.5.7. Interrupciones o pérdida completa de tensión

Una interrupción ocurre cuando la tensión de alimentación o la corriente de carga decrecen a menos de 0,1 p.u. para un período de tiempo que no exceda 1 min. Esta definición difiere técnicamente de la presentada en las Resoluciones CREG 070-98 Y, 089-99, según las cuales se clasifican las interrupciones en instantáneas (inferior o igual a 1 min.), transitorias (superior 3 min. e inferior o igual a 5 min.) y temporales (mayor a 5 min.). Para efectos de cuantificar la CEL, en términos de servicio y potencia, la clasificación dada actualmente por la CREG no es conveniente.

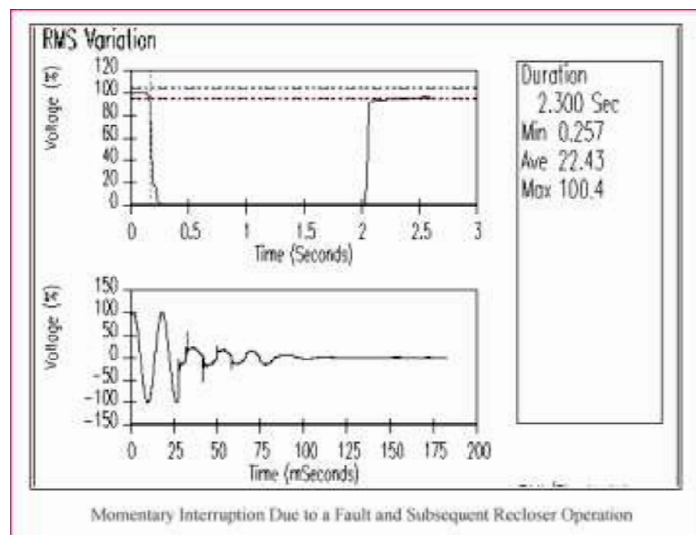
Las interrupciones pueden ser el resultado de fallas en el sistema de potencia, fallas de equipos o malas operaciones de control. Las interrupciones son medidas por su duración cuando la magnitud de tensión es siempre menor del 10% del nominal. La duración de una interrupción debido a una falla en el sistema de alimentación está determinada por el tiempo de operación de los equipos de protección.

Los recierres instantáneos generalmente limitan la interrupción causada por una falla no permanente a menos de 30 ciclos. El recierre retrasado del equipo de protección puede causar una interrupción momentánea temporal. La duración de una interrupción debida al mal funcionamiento o pérdida de conexiones puede considerarse irregular. Algunas interrupciones pueden estar precedidas por una caída de tensión cuando las" interrupciones son debidas a fallas en el sistema de alimentación.

La caída de tensión ocurre entre el tiempo cuando se inicia la falla y la operación del equipo de protección. La figura 3.9 muestra una interrupción momentánea durante una caída de tensión de cerca del 20% durante tres ciclos y la posterior caída a cero en cerca de 1,8 seg. hasta que el recierre vuelve a cerrar. La forma de onda de la caída de tensión es típica de una falla con arco.

2.1.5.8. Variaciones de tensión de larga duración VTLD

Las Variaciones de Tensión de Larga Duración - VVLD corresponden a una desviación r.m.s a frecuencia industrial para tiempos mayores a un minuto. Una Variación de Tensión se considera de Larga Duración, cuando se exceden los límites presentados en la tabla (Normas ANSI C84.1 Y NTC 1340) por más de 1 min.



8. *Figura Interrupción momentánea debido a una falla y subsiguiente operación de recierre4*

Las VTLD pueden ser:

- Sobretensiones
- Subtensiones
- Interrupciones Sostenidas

Sobretensiones y las Subtensiones generalmente no son el resultado de falla del sistema, sino son causados por variaciones de carga en el sistema y operaciones de maniobra del sistema.

2.1.5.8.1. Sobretensiones

Una sobretensión es un incremento en la tensión r.m.s mayor de 110% a frecuencia industrial por un tiempo superior a un minuto. Sobretensiones son generalmente el resultado de maniobras (por ejemplo, apertura de grandes cargas) o energización de bancos de condensadores. Las sobretensiones resultan porque el sistema es o muy débil para la regulación de tensión deseada o por controles de tensión inadecuados. Una posición incorrecta del conmutador de un transformador puede dar como resultado un sistema con sobretensión.

2.1.5.8.2. Subtensiones

Subtensión es un decrecimiento en la tensión r.m.s menor de 90% a frecuencia industrial por un tiempo superior a un minuto.

Las subtensiones son el resultado de los eventos inversos que causan sobretensiones. El cierre de una carga o la apertura de un banco de condensadores pueden causar una subtensión hasta que el equipo regulador de tensión del sistema pueda ajustar la tensión dentro de los límites de tolerancia. Los circuitos sobrecargados pueden también resultar en subtensiones.

2.1.5.8.3. Interrupciones Sostenidas

Cuando la tensión de alimentación ha estado en cero por un periodo superior a un minuto, la VTLD se considera como interrupción sostenida. Las interrupciones de tensión superiores a un minuto son frecuentemente permanentes y requieren intervención humana para restaurar el sistema.

El término interrupción sostenida se refiere a fenómenos específicos en sistemas de potencia y en general no tienen relación con el término salida. Los operadores de red usan los términos salida (de operación) o interrupción para describir fenómenos de similar naturaleza para reportes de confiabilidad. Sin embargo, esto causa confusión para el usuario final quien piensa en una salida como cualquier interrupción que pare un proceso. Esto

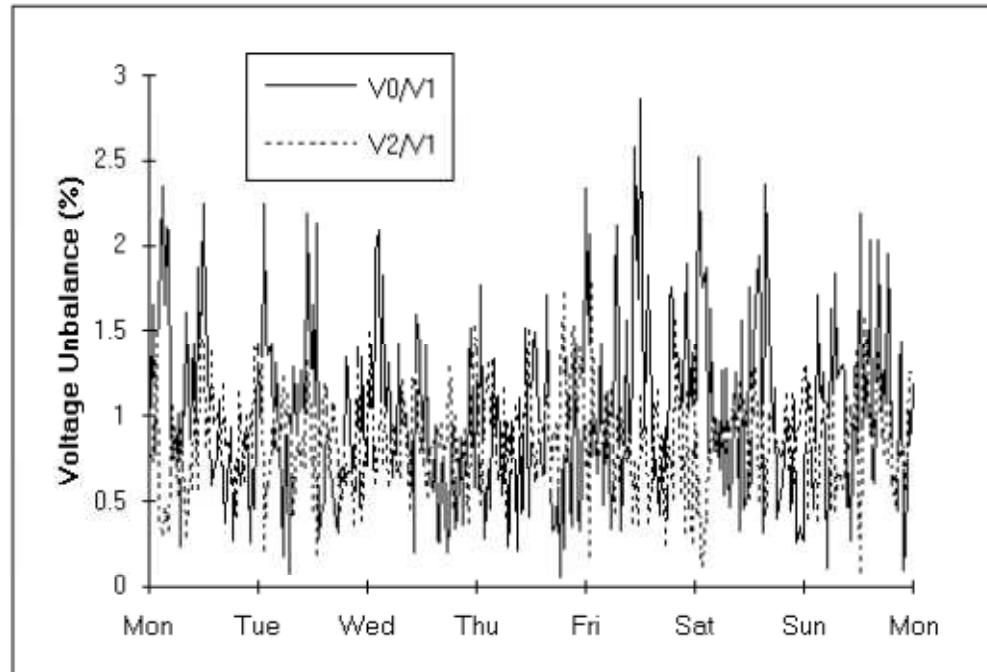
sería menor a medio ciclo. Salida (Outage) como lo define a Norma IEEE 1008, no se refiere a un fenómeno específico, sino al estado de un componente en un sistema que ha fallado en su función. Entonces, usar el término salida en el contexto de monitoreo de Calidad de la Energía Eléctrica no tiene relación con confiabilidad ni con otras estadísticas de continuidad de servicio. De esta manera, el término interrupción ha sido definido para ser mas específico respecto a la ausencia de tensión por largos períodos.

2.1.5.9. Desbalance de Tensión - DT

El Desbalance de Tensión - DT es algunas veces definido como la desviación máxima del promedio de las tres fases de tensiones o corrientes, dividido por el promedio de las tensiones o corrientes de las tres fases, expresado en tanto por ciento

$$DT_T = \frac{3(T_{MAX} - T_{MIN})}{T_a + T_b + T_c}$$

El DT también puede ser definido mediante componentes simétricas. La relación entre la componente de secuencia negativa o cero a la componente de secuencia positiva puede ser usada para especificar un porcentaje de desbalance. La figura 9 muestra un ejemplo de estas dos relaciones para una semana con tendencia de desbalance en un alimentador residencial. Desbalances de tensión severos (mayores del 5%) pueden ser el resultado de condiciones e carga monofásicas.



9. *Figura Desbalance en un alimentador residencial durante una semana5*

2.1.5.10. Distorsión de forma de la señal DFS

Una Distorsión de forma de la señal se define como una desviación de estado estacionario de una onda sinusoidal de frecuencia industrial, principalmente caracterizada por el contenido espectral de la desviación Existen cinco tipos de distorsión de forma de la señal:

- DC Adicional (DC offset)
- Armónicos
- Interarmónicos
- Muecas (Notches)
- Ruido

2.1.5.10.1. Referencia DC (DC Offset)

La presencia de una tensión o una corriente d.c. en un sistema de potencia a.c. se denomina Referencia DC (DC Offset). Esto puede ocurrir como el resultado de una perturbación geomagnética debido al efecto de rectificación de media onda. La corriente directa en redes de corriente alterna puede tener efectos negativos, por ejemplo, en los núcleos de los transformadores pues se pueden saturar en operación normal, causando calentamiento adicional y pérdida de vida del transformador. La DC también puede causar erosión electrolítica en electrodos de puesta a tierra y otros conductores.

2.1.5.10.2. Armónicos

Los armónicos son señales de tensión o corriente sinusoidales que tienen frecuencias que son múltiplos enteros de la frecuencia para la cual el sistema de alimentación está diseñado para operar (60 Hz) las formas de onda distorsionadas pueden ser descompuestas en una suma de la frecuencia fundamental y los armónicos. La distorsión armónica se origina en las características no lineales de los equipos y cargas de un sistema de potencia.

Estas perturbaciones son causadas generalmente por equipos o cargas que tienen un funcionamiento con una característica tensión - corriente no lineal. Estos equipos pueden ser considerados como fuentes de armónicos de corriente y en algunos casos como fuentes de armónicos de tensión dependiendo de su impedancia al armónico en cuestión.

Los armónicos de corriente provenientes de diferentes fuentes producen caídas de tensión armónicas en la impedancia del sistema, distorsionando, la forma de onda de tensión. Los armónicos de corrientes provenientes de diferentes fuentes en general o tienen la misma fase y deben tratarse como favores (sus efectos se suman vectorialmente). Debido a la conexión de cargas reactivas capacitivas (tales como capacitores para corrección del factor de potencia), o el efecto de la capacidad de los cables, pueden ocurrir condiciones de resonancia paralelo o serie en la red y provocar aumentos o magnificación de la tensión de armónicos, incluso en puntos lejanos de la carga distorsionante.

Fuentes de armónicos

Las fuentes de armónicos de corriente pueden provenir de equipamientos de la propia red de suministro (generación, transmisión y distribución) o por cargas industriales o residenciales.

- Armónicos en generación transmisión y distribución.

Los armónicos de corriente generados por equipamientos electromecánicos de la propia red de suministro en las etapas de generación transmisión y distribución son despreciables con un bajo nivel de distorsión ejemplo: generadores, transformadores, etc. Los generadores no producen una onda senoidal pura, pero la magnitud de los armónicos normalmente es despreciable con un apropiado diseño (ranuras por polo, alojamiento de bobinas, etc.). En transformadores y reactores la distorsión es causada por condiciones de funcionamiento con saturación del hierro.

Otros equipos recién utilizados en la red de suministro tales como compensadores estáticos de potencia reactiva (SVC) y convertidores de frecuencia en aplicaciones de HVDC (transmisión de corriente continua en alta tensión) introducen diferentes niveles de armónicos, dependiendo del tipo, operación y compensación de armónicos que utilicen.

- Armónicos en las cargas

Son los principales generadores de armónicos y se los puede clasificar en cargas industriales y residenciales, ejemplo.

Equipos con control de fase y alta potencia (rectificadores controlados).

Rectificadores no controlados, especialmente con filtrado capacitivo (usados en televisores, convertidores de frecuencia, UPSs, balastos electrónicos, etc.). Estos producen armónicos en fase con otras cargas y no se compensan en la red.

2.1.5.10.3. Cargas industriales.

Constituyen generalmente la mayor fuente de distorsión armónica en la red, e incluye los convertidores de potencia (rectificadores), hornos de arco, hornos de inducción, etc.)

2.1.5.10.4. Cargas residenciales

Estas cargas tienen un comportamiento distorsionante individual que puede ser despreciable, pero el efecto simultáneo de muchas de ellas puede provocar una considerable distorsión armónica, los equipos que contribuyen son: televisores, dispositivos controlados por tiristores (reguladores de intensidad de luz), dispositivos de aplicación domestica en general, lámparas de descarga gaseosa, equipos de oficina (computadoras, impresoras, etc.) con fuentes conmutadas. Los principales efectos perjudiciales de los armónicos son:

- Mal funcionamiento de dispositivos de regulación, control y protección.
- Mal funcionamiento en sistemas de control, sistemas de comunicación y control que utilizan la red pública como elemento de comunicación.
- Pérdidas adicionales en capacitores, cables, transformadores, motores y generadores.
- Ruido adicional en motores y otros equipos, pulsación de torque en motores.
- Interferencia en telecomunicaciones debido al acoplamiento inductivo.

Los bancos de capacitores de compensación de factor de potencia puedan provocar elevaciones peligrosas de tensión en puntos remotos de la red debido a que forman resonancias series y paralelo en algunas frecuencias de los armónicos.

La influencia de los armónicos sobre instrumentos de medición que emplea discos de inducción es despreciable.

Los efectos dañinos de los armónicos en los equipamientos pueden clasificarse en instantáneos y de largo término.

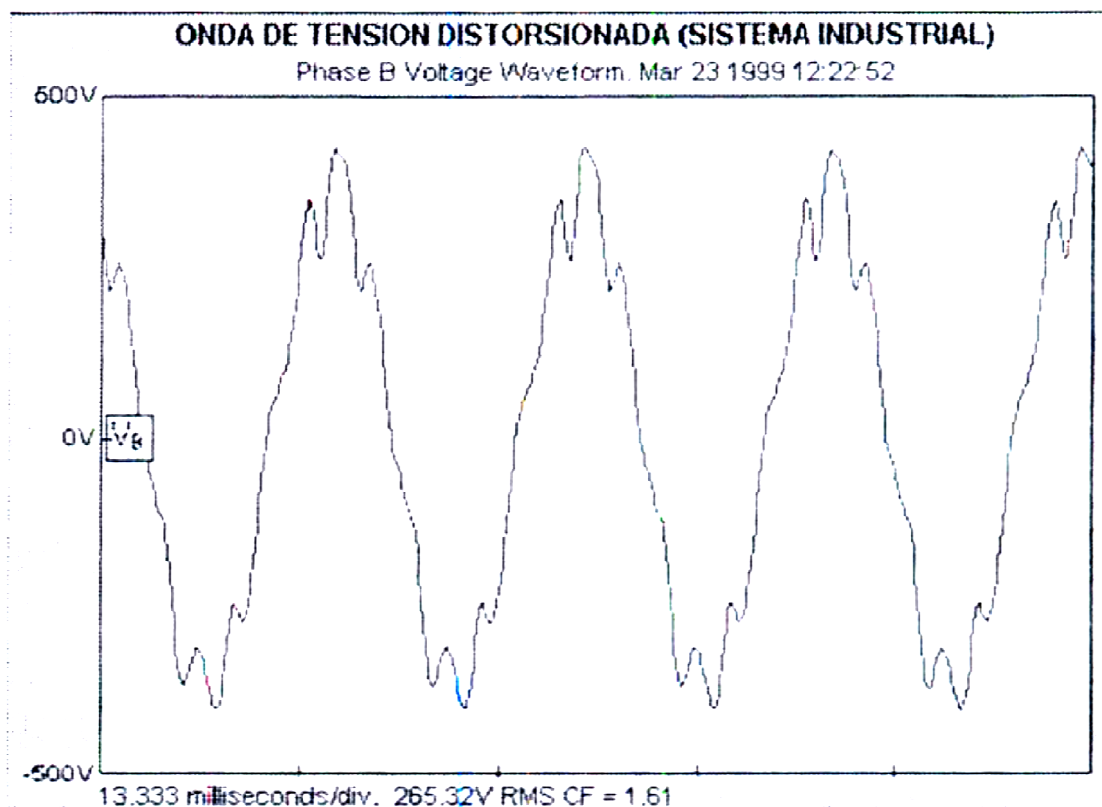
Los efectos instantáneos están asociados con fallas, operación defectuosa, o degradación del funcionamiento de los dispositivos debido al desplazamiento del cruce por cero de la forma de onda de tensión.

Los equipamientos de regulación electrónica y computadores son susceptibles a estos efectos.

Los armónicos de gran amplitud pueden causar mal funcionamiento en receptores de control y relés de protección.

Los efectos de largo plazo están asociados a problemas térmicos. Pérdidas adicionales y sobrecalentamiento provocan un envejecimiento prematuro e incluso daño en capacitores y maquinas rotantes.

La figura 45 ilustra la forma de señal de tensión medida en un sistema industrial, típico de distorsión armónica por cargas no lineales.



10. Figura Forma de señal de tensión distorsionada, medida en un sistema industrial

- Interarmónicos

Los interarmónicos son tensiones o corrientes que tienen componentes de frecuencia que no son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental. Ellos pueden aparecer como frecuencias discretas o como un espectro de banda ancha.

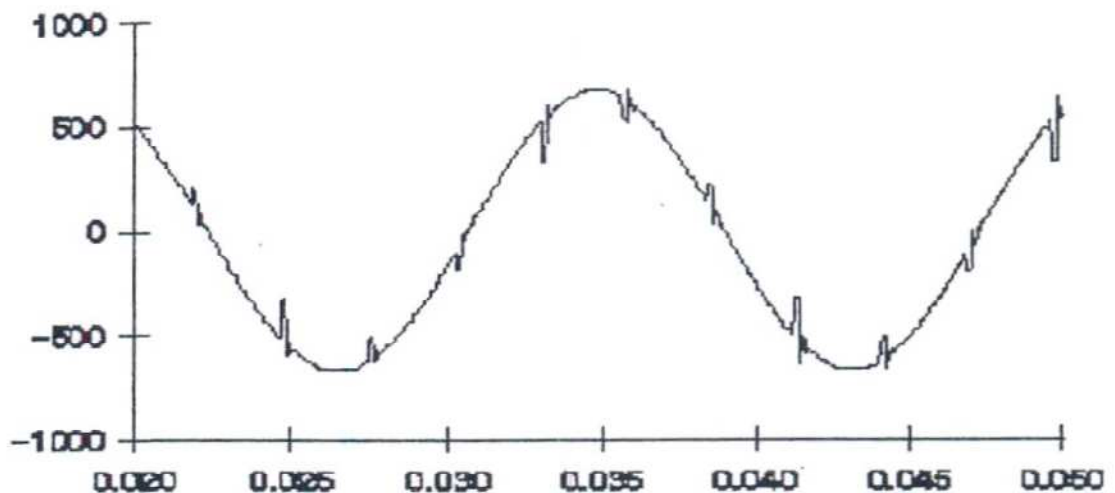
Los interarmónicos se pueden encontrar en redes de todas las tensiones. La principal fuente de una distorsión de forma de onda interarmónica son los convertidores estáticos de frecuencia, los ciclo convertidores, los motores de inducción y los 29 equipos de arco. Los efectos de los Interarmónicos no son bien conocidos. Parece que afectan las señales de onda portadora en sistemas de potencia o inducen titilación (flicker) visual en las pantallas.

- Muestras (Notches)

Las muescas son una perturbación periódica de tensión causada por la operación normal de equipos electrónicos de potencia cuando la corriente es conmutada de una fase a otra. Debido a que las muescas ocurren continuamente, estas pueden ser caracterizadas mediante un espectro armónico de tensión afectado; sin embargo, esta perturbación se trata siempre como un caso especial.

Los componentes de frecuencia asociados con muescas pueden ser relativamente altos y pueden no ser fácilmente caracterizados con equipos normales usados para medición de armónicos.

La figura 11 presenta un ejemplo de muescas de tensión de un convertidor trifásico que produce corriente continua. Las muescas ocurren cuando la corriente se conmuta de una fase a otra. Durante ese periodo, hay un cortocircuito momentáneo entre las dos fases llevando la tensión muy cerca de cero, hasta donde lo permitan las impedancias del sistema.



11. *Figura Muestras de tensión causadas por un convertidor trifásico*

- Ruido

El ruido es definido como una señal eléctrica indeseada con contenido espectral de banda amplia, menor de 200 kHz, superpuesta a la tensión o corriente de los conductores de fase o en los conductores de neutro o conductores de señal. Los ruidos en un sistema de potencia pueden ser causados por equipos electrónicos de potencia, circuitos de control, equipos de arco, cargas con rectificadores de estado sólido y maniobras del sistema. Los problemas de ruido son muy molestos pues interfieren los sistemas electrónicos o de comunicación cuando existen puestas a tierra inadecuadas que fallan en aislar el ruido producido por el sistema de potencia.

Básicamente, el ruido es cualquier distorsión indeseada de la señal de potencia que no puede ser clasificada como distorsión armónica o transitoria. El ruido perturba a los equipos electrónicos tales como microcomputadores y controladores programables. El problema puede ser mitigado usando filtros o transformadores de aislamiento.

2.1.6. Fenómenos que afectan la Calidad de la Energía.

2.1.6.1. Fluctuaciones de Tensión – FT

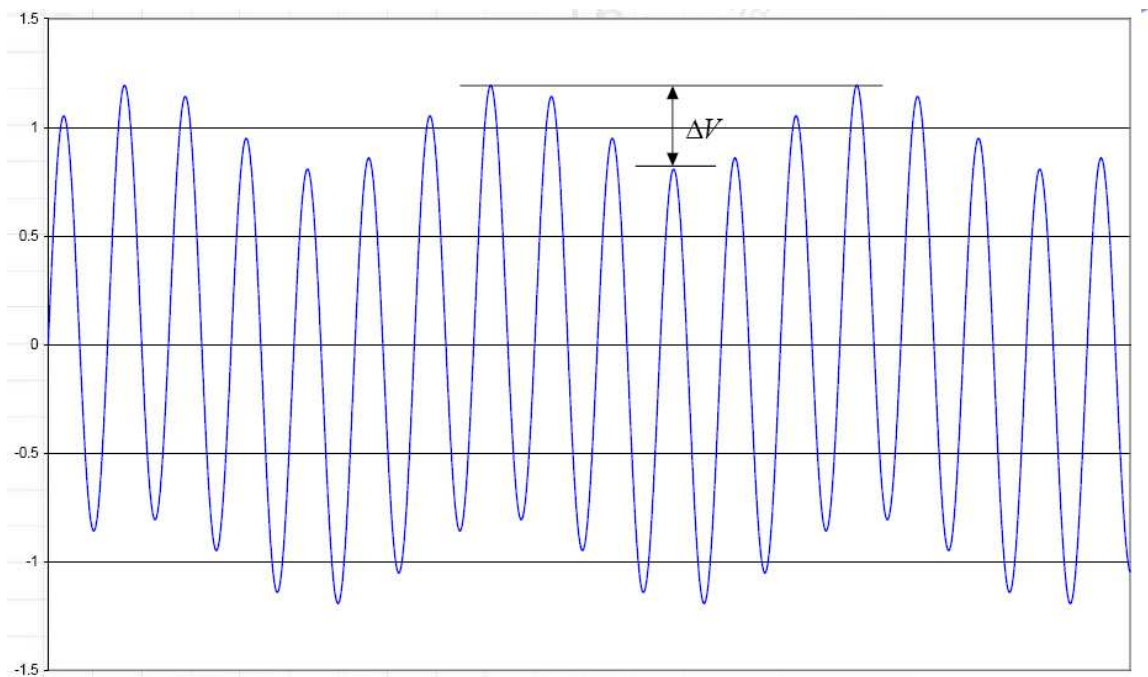
Las fluctuaciones de tensión son variaciones sistemáticas de tensión o una serie de cambios de tensión aleatorios. La magnitud normalmente no excede los rangos especificados por la norma ANSI C84.1 o NTC 1340 de 0,9 p.u. a 1,05 p.u. La norma IEC 61000-3-3 define varios tipos de fluctuaciones de tensión. Para efectos de considerarlos dentro del concepto de la CEL se pueden restringir a las fluctuaciones de tensión tipo d, las cuales son caracterizadas como una serie de fluctuaciones de tensión aleatorias o continuas.

Las cargas que pueden presentar variaciones continuas y rápidas en la magnitud de la corriente de carga pueden causar variaciones de tensión que son referidas como titilaciones (flickers en inglés). El termino titilación es derivado del impacto de la fluctuación de tensión sobre las bombillas, tal que ellas son percibidas por el ojo humano como una titilación.

Para usar el término técnicamente correcto, la fluctuación de tensión es un fenómeno electromagnético, mientras que la titilación es un resultado indeseable de la fluctuación de

tensión en algunas cargas. Sin embargo, los dos términos son usados frecuentemente en las normas internacionales.

La figura 12 presenta un ejemplo de una onda de tensión que produce fluctuación de tensión o titilación (flicker en Inglés). Esto es causado por un homo de arco, uno de los casos más comunes de fluctuaciones de tensión en sistemas de transmisión y distribución. La señal de titilación está definida por su magnitud r.m.s expresada como un porcentaje de la fundamental. La tensión de titilación es definida con respecto a la sensibilidad del ojo humano. Típicamente, magnitudes tan bajas como 0,5% pueden resultar en titilaciones perceptibles si las frecuencias están en el rango de 6 a 8 Hz.



12. Figura Fluctuación de Tensión o Titilación (Flicker)

2.1.6.2. Variaciones de la Frecuencia Industrial – VFI

Las variaciones de la frecuencia industrial son definidas como la desviación de la frecuencia fundamental de su valor nominal especificado (60 Hz para el caso ecuatoriano).

La frecuencia industrial está directamente relacionada a la velocidad de rotación de los generadores del sistema. Hay variaciones suaves en frecuencia como las que se dan en el balance dinámico entre carga y generación. El tamaño del desplazamiento de la frecuencia y su duración depende de las características de la carga y la respuesta del sistema de control de generación a cambios de carga.

Las variaciones de la frecuencia que salen de los límites de operación normal en estado estacionario del sistema de potencia pueden ser causadas por fallas en sistemas de transmisión robustos, un gran bloque de carga que está siendo desconectada o una gran fuente de generación que sale de operación. En los modernos sistemas de potencia interconectados, son raras las variaciones significativas de frecuencia.

2.1.7. Efectos que producen los fenómenos de la calidad de la energía, sobre la red eléctrica y los equipos eléctricos y electrónicos.

En este punto hablaremos de conceptos relacionados con las distintas distorsiones que provocan los fenómenos de calidad.

2.1.7.1. Distorsiones Armónicas

Estas se presentan generalmente debido a cargas eléctricas no lineales. El análisis de de las distorsiones de la forma de onda de tensión y corriente y su composición espectral permite caracterizar los elementos de perturbación más significativos y contribuir a un diagnóstico objetivo sobre calidad de la energía eléctrica, y a la solución de los problemas ocasionados por la misma.

Por ello es importante establecer de la manera más clara y precisa posible la magnitud de la distorsión y la contribución de cada componente espectral a ella. Para ello, las señales, deben ser adecuadamente adquiridas, procesadas e interpretadas para proveer un diagnóstico confiable de la situación.

2.1.7.2. Fuentes que generan armónicos y sus efectos:

Los armónicos de tensión y corriente son generados por cargas especiales, comúnmente denominadas cargas deformantes o no lineales. Las principales cargas generadoras de armónicos en un sistema eléctrico de potencia son las siguientes:

- Hornos de Arco voltaico, grupos de soldadura.
- Drives que alimentan motores de DC o AC
- Convertidores estáticos (rectificadores, reguladores de velocidad, arrancadores estáticos, cargadores de batería).
- Instalaciones de iluminación con lámparas de descarga

En baja tensión aparecen otros productores de armónicos, aunque de menor importancia por cuanto sus efectos son más limitados; entre estos se incluyen: soldadores eléctricos, dispositivos con transformadores de núcleo saturado, lámparas fluorescentes y en general alumbradas que requiera el empleo de balastos, fuentes AC/DC con tiristores, de uso frecuente en instalaciones de computadores, entre otros.

Como consecuencia de la inyección de corrientes armónicas en un sistema eléctrico, pueden ser citados, entre otros los siguientes efectos indeseables:

- Calentamiento en cables, transformadores y máquinas rotativas.
- Mal funcionamiento de los equipos electrónicos de control, de protección, de medida y de telecomunicaciones.
- Errores en los medidores tipo inducción.
- Aparición de sobretensiones armónicas, lo que puede ocasionar fallas, especialmente en los bancos de condensadores.
- Distorsión de la forma de onda en tensión, provocando sobrecargas, sobretensiones, resonancias y otros fenómenos que pueden transmitirse incluso a grandes distancias, afectando a otros usuarios.

- Mal funcionamiento de los sistemas controlados con señales codificadas, transmitidas a través de las redes.
- Deterioro del aislamiento de los componentes del sistema y por lo tanto la reducción de su vida útil.
- Reducción de la eficiencia en la transmisión y utilización de la potencia debido a incrementos en las pérdidas.

CAPITULO II

2.2. AUDITORÍA ENERGÉTICA

Es necesario tomar conciencia que uno de los aspectos de la eficiencia de la economía de cualquier empresa consiste en utilizar adecuadamente la energía eléctrica que se requiere para la operación en su planta o edificio, la que normalmente constituye uno de los costos más significativos en un mercado competitivo y globalizado. Para ello, es necesario realizar un diagnóstico energético a fin de determinar las acciones a realizar, las que deben sustentarse en un sistema de control adecuado del consumo eléctrico.

De esa manera, es necesario la identificación del consumo energético, que puede definirse como la respuesta a la pregunta de cómo, dónde y cuanta energía es empleada o desperdiciada y para ello, además del análisis del consumo eléctrico se requieren los perfiles energéticos, para establecer las áreas potenciales de ahorro de energía.

Para el análisis del ahorro a producir, es conveniente poner en práctica ciertas premisas básicas recordando que el objetivo no es dejar de emplear los equipos eléctricos sino utilizarlos eficientemente y el primer aspecto a considerar es la determinación de la energía se consume en el edificio, dónde y cómo se utiliza y cuál es el costo que representa.

2.2.1. Generalidades

Es muy importante que las empresas obtengan logros de ahorros importantes a través de un uso adecuado de la energía eléctrica en sus plantas o edificios, los que proyectados a escala país además de permitir un desarrollo más sostenible y competitivo, tiendan a conservar los recursos naturales y proteger el medio ambiente.

Para esbozar los lineamientos básicos a adoptar se debe conocer el problema en su real dimensión, como ser la cantidad y características de los consumos y los ahorros que se pueden obtener. Para ello, hay que medir con datos objetivos y significativos los procesos energéticos que se producen, para determinar dónde es posible y conveniente su aplicación

y establecer un diagnóstico energético con las soluciones a aplicar, para determinar con precisión el grado de eficiencia que se requiere.

De esa manera, es necesario la identificación del consumo energético, que puede definirse como la respuesta a la pregunta de cómo, dónde y cuanta energía es empleada o desperdiciada y para ello, además del análisis del consumo eléctrico se requieren los perfiles energéticos, para establecer las áreas potenciales de ahorro de energía.

Para el análisis del ahorro a producir, es conveniente poner en práctica ciertas premisas básicas recordando que el objetivo no es dejar de emplear los equipos eléctricos sino utilizarlos eficientemente y el primer aspecto a considerar es la determinación de la energía se consume en el edificio, dónde y cómo se utiliza y cuál es el costo que representa.

Sobre la base de dicho análisis, se debe decidir si es necesario efectuar una auditoria energética para conocer en detalle y con certeza cuales son las mejoras y eventuales inversiones a realizar y estos resultados permiten determinar con exactitud en cuanto pueden reducirse los costos y el tiempo de retorno de los montos a invertir. Para realizar todo estudio energético deben analizarse varios elementos básicos que importan en los consumos que son:

- Edificio Iluminación Aire acondicionado Instalación eléctrica
- Elementos de control
- Edificio

Para que un edificio esté bien ejecutado, debe contar con un adecuado aislamiento térmico, una buena orientación y protección de ventanas y estar dotado de una eficiente iluminación, porque ello requiere un sistema de climatización de verano más pequeño, dado que normalmente es el que consume más energía eléctrica.

El proyecto de un edificio que tienda al ahorro de energía en climatización en verano, debe cumplir los siguientes objetivos:

Reducir al mínimo las ganancias de calor por transmisión a través de los cerramientos.

Proteger eficazmente la ganancia de calor por radiación solar directa a través de las ventanas

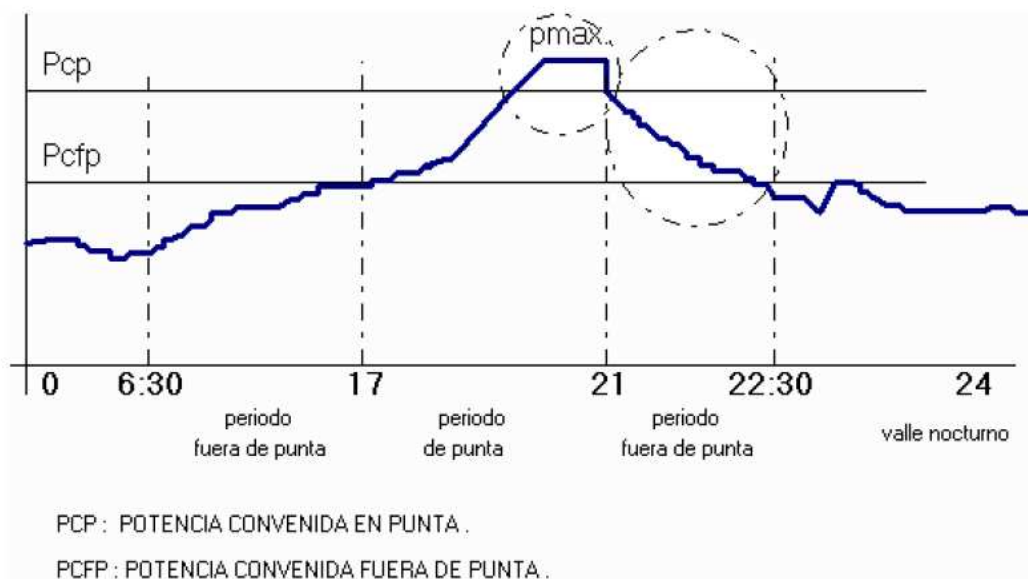
Intensificar la ventilación e iluminación natural de los locales

Minimizar los consumos eléctricos de las instalaciones de iluminación artificial y artefactos que disipen calor en los ambientes aumentando su eficiencia.

En la ejecución de los edificios deben emplearse aislantes térmicos que están constituidos por materiales de baja conductividad del calor y representan un elemento importante para evitar recalentamientos de muros y techos expuestos a la acción directa del sol, por lo que se infiere que el uso de aislamientos adecuados es una de las mejores formas de reducir los consumos energéticos en la climatización.

Las ventanas son los medios de comunicación visual con el exterior y de iluminación hacia el interior y además deben proveer una adecuada ventilación natural, debiendo ser adecuadamente dimensionadas. Debe tenerse en cuenta sin embargo, que los vidrios actúan como una trampa de calor dado que dejan pasar la luz solar y calientan los elementos del ambiente, pero a su vez la radiación calórica invisible que estos emiten, no pasa a través del vidrio, por lo cual el calor almacenado no puede escapar denominándose a ello, efecto invernadero y como este calor debe extraerse con aire acondicionado, es necesario dotar de una buena protección solar a las ventanas utilizando persianas, postigones de protección o parasoles.

Un aspecto muy importante a considerar es el recorte de los picos de demanda. En efecto, debe tenerse en cuenta que cuando el consumo supera la potencia convenida en punta o en fuera de punta por un período mayor a 15 minutos, las empresas de energía facturan sobre la base de ese valor máximo registrado durante un cierto período, generalmente 6 meses, de manera de penalizar los excesos de consumos de potencia, de acuerdo a lo indicado en la figura 13.



13. Figura consumos de potencia

Por ello, si se producen desvíos, es necesario el recorte de los picos de demanda denominado peak-save, para evitar dichas penalidades, por lo que es necesario contar con un dispositivo automático que separe el consumo de la red y arranque los grupos electrógenos.

En la optimización de energía eléctrica puede basarse en producir entre otros, los siguientes controles:

- Desfasajes en los arranques de motores programados.
- Transferencias de cargas eléctricas de acuerdo a la situación de consumo, día o noche, días feriados o laborables, estación del año, etc.
- Optimización de arranques y paradas de motores.
- Control de variadores de velocidad de ventiladores.
- Control de temperatura de agua o aire de climatización.
- Secuencias de funcionamiento de los equipos de climatización.
- Control de unidades de tratamiento de aire.

- Control de temperaturas de condensadores o de torres de enfriamiento.
- Optimización de consumos por contraste de curvas de consumos eléctricos anteriores registrados.

Para entender mejor como es una auditoria energética de una empresa hacemos una análisis más pequeño, así la auditoria la entendemos como una actividad que implica el análisis real sobre el consumo de energía de su Centro, en este caso un edificio.

¿Qué es una auditoría energética?

En esencia es una revisión del edificio, de los componentes que nos suministran el confort y de los hábitos que tenemos a la hora de usarlo con el objetivo de encontrar las oportunidades de mejorar la eficiencia energética (consumir menos energía asegurando el mismo confort) por un lado, y de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (sustituir fuentes de energía contaminantes por otras de origen renovable) por otro.

Luego de saber que es una auditoria energética debemos de saber ¿qué podemos medir?, y ¿Cómo podemos hacerlo?

Siendo prácticos, hay que medir aquello que va a tener incidencia sobre el edificio y en un periodo de tiempo controlado de un año escolar.

La mayoría de las cosas que podemos medir son las que van a afectar al mantenimiento del Centro como por ejemplo el aislamiento del edificio, las luces, los aparatos de calefacción o agua caliente y todo el sistema de suministro de agua potable.

Adicionalmente, podemos estudiar los hábitos con los que usamos las instalaciones y qué ocurre cuando no hay clases.

¿Cómo podemos hacerlo?

La forma de medir y de evaluar va a ser sencilla. Por ejemplo, pensaremos en recoger los recibos de las compañías: eléctrica, del suministro de gas y/o de gasolina. Preguntar cuando

se hicieron revisiones de los equipos o investigar el estado del aislamiento de las tuberías o el tipo de cristal y de junta que se usa en las ventanas.

Pero para que realizar una auditoría, cual es el objetivo Desde el punto de vista docente, esta actividad tiene un objetivo a largo plazo que es el de mejorar el conocimiento sobre la energía y la conciencia acerca de su consumo responsable.

Los objetivos cercanos y cuantificables dentro del programa docente del Centro pasan por:

- Observar, recopilar información y analizar datos que pertenecen a un caso real y del que se pueden extraer conclusiones que se puedan llevar a la práctica.
- Evaluar informaciones y contrastarlas con otras fuentes de datos para valorar la situación relativa de nuestro centro con respecto a otros.
- Redactar un informe sobre el consumo de energía del Centro que pueda ser duradero.
- Una visión general del problema, como punto de partida.

Como cualquier edificio, el Centro se va adaptando a la temperatura que hay en el exterior y va perdiendo o ganando calor/frío con más o menos velocidad en función de lo que le ayude o perjudique su orientación, la cantidad de gente que lo utilice y de la calidad con que se haya construido. Cuando la temperatura del interior no está dentro de lo que consideramos confortable, tenemos que añadir o quitar calor mediante las máquinas de calefacción o aire acondicionado. La forma del edificio, su orientación, la distribución interior y el uso que hagamos de las plantas y de los materiales que lo rodean son el primer factor que va a condicionar el que el edificio tenga que consumir más o menos energía para garantizar el confort.

Entendiendo que una auditoria Energética es un análisis progresivo que refleja cómo y dónde se usa la energía en instalaciones de una fábrica (pueden aplicarse también a una institución, comercio, hoteles, residencias, etc.), con el único objetivo de utilizarla racional y eficientemente. Le ayudará a comprender mejor como se emplea la energía en su empresa

y a controlar sus costos, identificando las áreas en las cuales se pueden estar presentando los despilfarros y en donde es posible hacer mejoras. Es una evaluación técnica y económica de las posibilidades de reducir el costo de la energía de manera rentable sin afectar la cantidad y calidad de su producto, y la razón principal por la cual se hace una auditoria es el ahorro de energía ver donde se hay una mayor cantidad de energía que se utiliza y ver la forma de producir la misma cantidad pero disminuyendo o haciendo constante los costos.

En este tipo de actividad es importante la amplitud de criterio, la selección de instrumentación adecuada requerida y la experiencia de quienes desarrollan esta actividad. Esto es importante para llevar a buen término la auditoria, de manera tal que el cliente pueda decidir apropiadamente los caminos a seguir.

2.2.2. Desarrollo de las Auditorías Energéticas

La energía permite a las empresas alcanzar mayor productividad y mayor calidad en su producción. Sin embargo, la energía se debe cubrir mayoritariamente con importaciones.

Por ello, el conocimiento de cómo la empresa contrata su energía, cómo la consume en sus procesos, y cuánto repercute en sus costes, su posición relativa respecto a otras empresas similares y las posibles mejoras para disminuir el coste energético, fue el origen del desarrollo de las auditorías energéticas.

La auditoría energética es un proceso sistemático mediante el que:

1. Se obtiene un conocimiento suficientemente fiable del consumo energético de la empresa.
2. Se detectan los factores que afectan al consumo de energía.
3. Se identifican, evalúan y ordenan las distintas oportunidades de ahorro de energía, en función de su rentabilidad.

Los modelos de auditoría energética son variados. El que se ha diseñado y se desarrolla en este proyecto pretende ser muy sencillo, fiable, práctico y replicable.

2.2.3. Complementos a la Auditoría Energética

La empresa auditada, a la vista del informe final, que explica y resume toda la auditoría, podría completarla con los siguientes aspectos dándole mayor valor añadido.

1. Diseño de la “gestión energética de la empresa”

- Procedimientos para monitorizar los consumos energéticos.
- Relación con los sistemas de gestión medioambiental, calidad, seguridad e higiene.

2. Formación y entrenamiento energético del personal

- Gerencia y cuadros responsables.
- Personal de mantenimiento.

3. Implementación de las medidas de ahorro detectadas

- Sin coste.
- De coste reducido.
- De coste elevado.

Adicionalmente podría contemplarse las inversiones con la participación de terceros, otras fuentes de financiación más sofisticadas y soluciones que incluyan la participación de las empresas suministradoras de servicios energéticos.

Aunque esas soluciones pueden interesar en algunas ocasiones para situaciones particulares, no son el objeto preferente de este informe.

En definitiva, la auditoría energética es una herramienta que permite conocer la trazabilidad de la energía en relación con:

1. El producto elaborado

Cantidad y tipo de energía incorporada en cada operación de proceso.

2. La instalación industrial

Energía destinada a alumbrado, calefacción, aire acondicionado, ventilación, aire comprimido, vapor, informática, ofimática, comunicaciones, y restantes tecnologías

horizontales, dado que repartir la energía añadida a cada producto en cada uno de los procesos de fabricación forma parte de la labor de la auditoría energética.

En cuanto a los sistemas de gestión medioambiental, la auditoría permite reducir el consumo de recursos contemplado en los objetivos de este tipo de sistemas.

2.2.4. El Auditor Energético

Es el profesional que realiza la auditoría en ocasiones coordinando a un grupo de especialistas, por la amplitud o complejidad de la instalación analizada.

La diversidad de tipos de empresas, pertenecientes a sectores con procesos muy diferentes, distintos tipos de equipos consumidores y tecnologías energéticas horizontales específicas hacen aconsejable que el auditor, o el coordinador al menos, tenga una formación muy amplia, con conocimientos de las técnicas energéticas en profundidad y capacidad para relacionar los procesos productivos con el consumo de energía.

El auditor energético deberá poseer los conocimientos necesarios para la realización de cálculos técnicos y económicos así como la capacidad de realizar o dirigir las mediciones que sean necesarias.

La habilidad para realizar cálculos técnicos y económicos es necesaria. Los perfiles que más se adaptan a estos requisitos son los de Ingenieros Superiores o Técnicos de especialidades energéticas. La base teórica debe ir acompañada de una amplia experiencia profesional de trabajo en plantas, de diseño y/o de la realización de auditorías energéticas.

La participación de instaladores en las auditorias, aportando bagaje práctico en determinadas tecnologías horizontales o equipos puede admitirse, siempre que no se pierda la visión de conjunto y se potencie la perspectiva de eficiencia energética.

No existe un registro de profesionales auditores energéticos, ni de empresas auditoras, ni organismos de certificación.

2.2.4.1. Medios Materiales para las auditorias energéticas

La auditoria energética exige la realización de medidas específicas que complementan las que se pueden obtener leyendo los instrumentos existentes en la fábrica.

La realización de los balances de materia y energía requiere medidas específicas que, para la producción normal y el mantenimiento, no son necesarias. Los medios que se indican a continuación son materiales imprescindibles para la auditoría, si bien estos pueden complementarse con otros elementos más sofisticados para facilitar el trabajo del auditor.

2.2.4.1.1. Medidas Eléctricas

Un analizador de redes con sus pinzas amperimétricas y voltimétricas. Para medidas puntuales pueden utilizarse tester o multímetros.

Medidas para instalaciones de combustión

Un analizador de gases de combustión, que incluya sonda para toma de muestras, opacímetro, termómetro para gases y ambiente.

Otros instrumentos y medios

La sonda de medida de tiro y sondas (tubos de Pitot, Annubar, Isocinéticas) para medidas de velocidad, son facultativas.

Estas sondas permiten determinar los caudales volumétricos de los gases a partir de la medida del perfil de velocidades en los conductos, medir diferencias de presión, presiones estáticas y dinámicas y tomas de muestras representativas que no alteran la composición de los gases, en particular si arrastran partículas.

Otros equipos facilitan la labor del auditor, aunque no son imprescindibles: Luxómetros, sondas de temperatura ambiente, pirómetros ópticos y termográficos, anemómetros y caudalímetros. Como medios auxiliares deben mencionarse el ordenador portátil, cronómetro, herramientas, y material de seguridad.

Los manuales de todos los aparatos de medida utilizados, así como las normas sobre medidas editadas por instituciones de reconocido prestigio, como UNE, ASTM, ASME, CENELEC, API, CEN, DIN, VDE, EPA, etc, deben formar parte del bagaje del auditor.

2.2.5. Instrucciones generales

Las auditorías energéticas requieren que se establezca una buena relación entre el personal de la empresa auditada y el personal auditor, para que la transmisión de datos e informaciones sea más fluida.

La planificación de los trabajos de la auditoría debe acordarse con el responsable de la empresa, para minimizar las interferencias con el normal funcionamiento de las empresas, y cumplirse estrictamente.

Para la realización de medidas “in situ” debe obtenerse autorización previa. Se harán con las máximas medidas de seguridad para el personal de la fábrica y de la auditora.

En lo posible, hay que evitar que los operadores de la planta modifiquen su método de trabajo habitual.

Es conveniente preparar una lista de la documentación necesaria para la auditoría, y comentarla con el responsable de la empresa para fijar un plazo de entrega, así como solicitar los permisos necesarios para la instalación de aparatos de medida. Estas instrucciones generales son también aplicables cuando la auditoría la realiza personal de la propia empresa.

2.2.6. Etapas de una auditoría energética

La eficiencia energética es un aspecto crucial en la actualidad para la competitividad de cualquier tipo de empresa, incluyendo en este concepto de eficacia los diferentes aspectos energéticos: consumo eléctrico, de combustibles fósiles (provenientes del petróleo, carbón o gas natural) y otras fuentes de energía alternativas. No obstante, antes de hablar de eficacia es necesario conocer cuál es nuestra situación en este aspecto, es decir, es necesario poder medir para controlar y poder proponer medidas de mejora. Aquí es donde entran en juego las auditorías energéticas.

Las auditorías son un proceso sistemático mediante el que se obtiene un conocimiento suficientemente fiable del consumo energético de la empresa para detectar los factores que afectan a dicho consumo e identificar y evaluar las distintas oportunidades de ahorro en

función de su rentabilidad. Las etapas típicas en las que se desarrolla una actividad de este tipo son:

2.2.6.1. Preauditoría o Prediagnóstico

Se realiza una primera vista a la instalación como toma de contacto, recabando información sobre los equipos, métodos de trabajo, protocolos de actuación, datos de tarificación y consumos energéticos (eléctricos, combustibles fósiles, energías alternativas).

El objetivo de esta etapa es detectar los puntos críticos en cuanto a consumos, malas prácticas, etc. y poder establecer un plan de acción en cuanto a los períodos y puntos de toma de datos, medidas "in situ" y entrevistas con el personal.

- Visita de las instalaciones: determinación de las oportunidades evidentes de ahorro
- Entrevista con responsables de operación y mantenimiento: conocimiento del proceso e identificación equipos de mayor consumo energético
- Determinación del consumo específico de energía
- Primera evaluación de eficiencia energética
- Identificación de otras posibles oportunidades de reducir costos energéticos
- Elaboración de reporte

2.2.7. Complementos a la Auditoría Energética

La empresa auditada, a la vista del informe final, que explica y resume toda la auditoría, podría completarla con los siguientes aspectos dándole mayor valor añadido.

1. Diseño de la "gestión energética de la empresa"
2. Procedimientos para monitorizar los consumos energéticos.
3. Relación con los sistemas de gestión medioambiental, calidad, seguridad e higiene.
4. Formación y entrenamiento energético del personal

- Gerencia y cuadros responsables.
 - Personal de mantenimiento.
5. Implementación de las medidas de ahorro detectadas
- Sin coste.
 - De coste reducido.
 - De coste elevado.

Adicionalmente podría contemplarse las inversiones con la participación de terceros, otras fuentes de financiación más sofisticadas y soluciones que incluyan la participación de las empresas suministradoras de servicios energéticos.

Aunque esas soluciones pueden interesar en algunas ocasiones para situaciones particulares, no son el objeto preferente de esta guía; serán mencionadas cuando se aborde el análisis de las mejoras desde el punto de vista de su rentabilidad.

En definitiva, la auditoría energética es una herramienta que permite conocer la trazabilidad de la energía en relación con:

- a) El producto elaborado

Cantidad y tipo de energía incorporada en cada operación de proceso.

- b) La instalación industrial

Energía destinada a alumbrado, calefacción, aire acondicionado, ventilación, aire comprimido, vapor, informática, ofimática, comunicaciones, y restantes tecnologías horizontales, dado que repartir la energía añadida a cada producto en cada uno de los procesos de fabricación forma parte de la labor de la auditoría energética.

En cuanto a los sistemas de gestión medioambiental, la auditoría permite reducir el consumo de recursos contemplado en los objetivos de este tipo de sistemas.

Medios Materiales para las auditorías energéticas

La auditoría energética exige la realización de medidas específicas que complementan las que se pueden obtener leyendo los instrumentos existentes en la fábrica.

La realización de los balances de materia y energía requiere medidas específicas que, para la producción normal y el mantenimiento, no son necesarias.

Los medios que se indican a continuación son materiales imprescindibles para la auditoría, si bien estos pueden complementarse con otros elementos más sofisticados para facilitar el trabajo del auditor.

2.2.8. Beneficios de la Auditoría Energética

Analizando inicialmente el beneficio particular:

¿Qué beneficios proporciona un prediagnóstico?

Son múltiples los beneficios que proporciona un prediagnóstico para la empresa. Estos pueden resumirse en:

- Concienciación del gasto energético, tanto en coste como en su distribución. Muchas veces se asume el gasto como una partida más, sin valorar su repercusión y las posibilidades de mejora. Tampoco se conoce cómo se distribuye dentro de los distintos sistemas energéticos que existen dentro de la empresa.
- Conocimiento de las medidas. Algunos de fácil aplicación, que permiten reducir los costes energéticos.
- Mejora de la eficiencia energética, y por tanto, de la competitividad y de los resultados empresariales. Estos son los beneficios que hacen del prediagnóstico y la auditoría energética una potente herramienta de gestión empresarial.

A modo general:

La Auditoría Energética permite, una vez que ésta ha sido realizada, estimar de manera cierta, los costos y beneficios (ahorro de energía) que el cliente puede conseguir en muchos casos, los costos involucrados son despreciables, en otros, se pueden considerar inversiones

adicionales. Estos mismos conceptos se aplican también al análisis del bienestar térmico en edificaciones, sean éstos institucionales, industriales o viviendas.

En aparatos eléctricos tales como estufas, cocinas o lámparas incandescentes la totalidad de la energía requerida para el funcionamiento es transformada en calor o luz (energía activa).

Pero existen otros aparatos como motores, equipos de iluminación (fluorescentes), equipos de aire acondicionado, etc., en los cuales una parte de la energía se transforma en frío, luz, movimiento, etc. (energía activa), y la parte restante es requerida para su propio funcionamiento (energía reactiva).

Para aprovechar al máximo la energía recibida, debemos minimizar el consumo de energía reactiva.

¿Cómo eliminar el complemento de energía reactiva?

Con el fin de eliminar este complemento en su facturación, es necesario la instalación de un Equipo de Compensación de Energía Reactiva.

Distintas empresas nos ofrecen reducir el consumo de energía reactiva mediante la instalación de estos equipos; De esta forma conseguiría para su empresa los siguientes beneficios:

- Reducir gasto en su factura eléctrica.
- Reducir las caídas de tensión.
- Proteger la vida útil de las instalaciones

CAPITULO III

2.3.CONDUCTORES ELÉCTRICOS

Desde el inicio de su recorrido en las centrales generadoras hasta llegar a los centros de consumo, la energía eléctrica es conducida a través de líneas de transmisión y redes de distribución formadas por conductores eléctricos.

¿QUE ES UN CONDUCTOR ELECTRICO?

Se aplica este concepto a los cuerpos capaces de conducir o transmitir la electricidad.

Un conductor eléctrico está formado primeramente por el conductor propiamente tal, usualmente de cobre.

Este puede ser alambre, es decir, una sola hebra o un cable formado por varias hebras o alambres retorcidos entre sí.

Los materiales más utilizados en la fabricación de conductores eléctricos son el cobre y el aluminio, aunque ambos metales tienen una conductividad eléctrica excelente, el cobre constituye el elemento principal en la fabricación de conductores por sus notables ventajas mecánicas y eléctricas.

El uso de uno u otro material como conductor, dependerá de sus características eléctricas (capacidad para transportar la electricidad), mecánicas (resistencia al desgaste, maleabilidad), del uso específico que se le quiera dar y del costo.

Estas características llevan a preferir al cobre en la elaboración de conductores eléctricos. El tipo de cobre que se utiliza en la fabricación de conductores es el cobre electrolítico de alta pureza, 99,99%, dependiendo del uso que se le vaya a dar, este tipo de cobre se presenta en los siguientes grados de dureza o temple: duro, semi duro y blando o recocido.

Partes que componen los conductores eléctricos

Estas son tres muy diferenciadas:

- El alma o elemento conductor.
- El aislamiento.
- Las cubiertas protectoras.

2.3.1. El alma o elemento conductor

Se fabrica en cobre y su objetivo es servir de camino a la energía eléctrica desde las centrales generadoras a los centros de distribución (subestaciones, redes y empalmes), para alimentar a los diferentes centros de consumo (industriales, grupos habitacionales, etc.). De la forma cómo esté constituida esta alma depende la clasificación de los conductores eléctricos. Así tenemos: Según su constitución

Alambre: Conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por un solo elemento o hilo conductor empleado en líneas aéreas, como conductor desnudo o aislado, en instalaciones eléctricas a la intemperie, en ductos o directamente sobre aisladores.

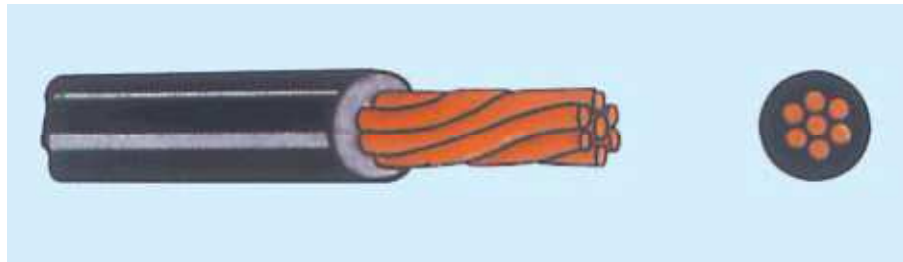
Cable: Conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por una serie de hilos conductores o alambres de baja sección, lo que le otorga una gran flexibilidad.



14. Cable

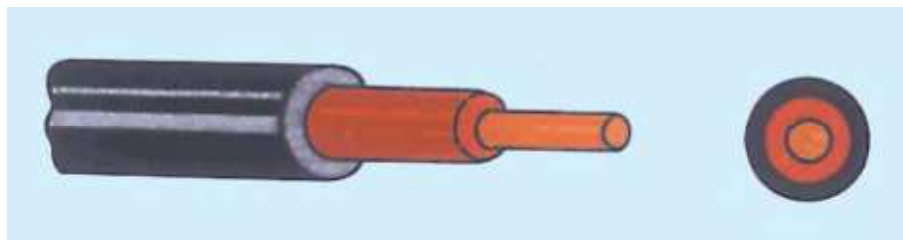
Según el número de conductores

Monoconductor: Conductor eléctrico con una sola alma conductora, con aislación y con o sin cubierta protectora.



15. monoconductor

Multiconductor: Conductor de dos o más almas conductoras aisladas entre sí, envueltas cada una por su respectiva capa de aislación y con una o más cubiertas protectoras comunes.



16. Multiconductor

2.3.2. El aislamiento

El objetivo de la aislación en un conductor es evitar que la energía eléctrica que circula por él, entre en contacto con las personas o con objetos, ya sean éstos ductos, artefactos u otros elementos que forman parte de una instalación. Del mismo modo, la aislación debe evitar que conductores de distinto voltaje puedan hacer contacto entre sí.

Los materiales aislantes usados desde sus inicios han sido sustancias poliméricas, que en química se definen como un material o cuerpo químico formado por la unión de muchas moléculas idénticas, para formar una nueva molécula más gruesa.

Antiguamente los aislantes fueron de origen natural, gutapercha y papel. Posteriormente la tecnología los cambió por aislantes artificiales actuales de uso común en la fabricación de conductores eléctricos.

Los diferentes tipos de aislación de los conductores están dados por su comportamiento técnico y mecánico, considerando el medio ambiente y las condiciones de canalización a que se verán sometidos los conductores que ellos protegen, resistencia a los agentes químicos, a los rayos solares, a la humedad, a altas temperaturas, llamas, etc. Entre los materiales usados para la aislación de conductores podemos mencionar el PVC o cloruro de polivinilo, el polietileno o PE, el caucho, la goma, el neoprán y el nylon.

Si el diseño del conductor no consulta otro tipo de protección se le denomina aislación integral, porque el aislamiento cumple su función y la de revestimiento a la vez.

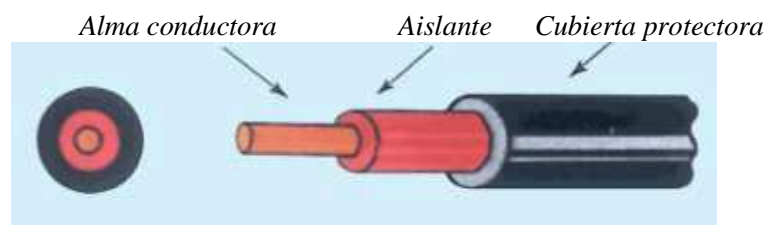
Cuando los conductores tienen otra protección polimérica sobre la aislación, esta última se llama revestimiento, chaqueta o cubierta.

2.3.3. Las cubiertas protectoras

El objetivo fundamental de esta parte de un conductor es proteger la integridad de la aislación y del alma conductora contra daños mecánicos, tales como raspaduras, golpes, etc.

Si las protecciones mecánicas son de acero, latón u otro material resistente, a ésta se le denomina «armadura» La «armadura» puede ser de cinta, alambre o alambres trenzados.

Los conductores también pueden estar dotados de una protección de tipo eléctrico formado por cintas de aluminio o cobre. En el caso que la protección, en vez de cinta esté constituida por alambres de cobre, se le denomina «pantalla» o «blindaje».



17. Aislamiento de un conductor

2.3.4. Clasificación de los conductores eléctricos de acuerdo a sus condiciones de empleo

Para tendidos eléctricos de alta y baja tensión, existen en nuestro país diversos tipos de conductores de cobre, desnudos y aislados, diseñados para responder a distintas necesidades de conducción y a las características del medio en que la instalación prestará sus servicios.

La selección de un conductor se hará considerando que debe asegurarse una suficiente capacidad de transporte de corriente, una adecuada capacidad de soportar corrientes de cortocircuito, una adecuada resistencia mecánica y un comportamiento apropiado a las condiciones ambientales en que operará.

2.3.4.1. Conductores de cobre desnudos

Estos son alambres o cables y son utilizados para:

Líneas aéreas de redes urbanas y suburbanas.

Tendidos aéreos de alta tensión a la intemperie.

Líneas aéreas de contacto para ferrocarriles y trolley-buses.

2.3.4.2. Alambres y cables de cobre con aislación

Estos son utilizados en:

- Líneas aéreas de distribución y poder, empalmes, etc.
- Instalaciones interiores de fuerza motriz y alumbrado, ubicadas en ambientes de distintas naturaleza y con diferentes tipos de canalización.
- Tendidos aéreos en faenas mineras (tronadura, grúas, perforadoras, etc.).
- Tendidos directamente bajo tierra, bandejas o ductos.
- Minas subterráneas para piques y galerías.

- Control y comando de circuitos eléctricos (subestaciones, industriales, etc.).
- Tendidos eléctricos en zonas de hornos y altas temperaturas.
- Tendidos eléctricos bajo el agua (cable submarino) y en barcos (conductores navales).
- Otros que requieren condiciones de seguridad.

2.3.5. Clasificación de conductores eléctricos según su rango de amperaje

TABLA DE REFERENCIA DE LOS CONDUCTORES : dimensiones, capacidad de conduccion y numero de conductores según el diametro del tubo													
Calibre del conductor	Area en mm ²	Numero de hilos en el cable	Capacidad de conduccion en amperios					Numero de conductores en el tubo					
			Tipo de aislamiento					1	2	3	4	5	6
			R. RW,RV,T,TW 60 C	RH 75 C	TA, AV, AVW 100 C	AVA, AVL 110 C	A 200 C	Tamaño minimo del tubo en pulgadas					
18	0,82	10						1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
16	1,31	16						1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
14	2,08	7	15	15	25	30	30	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
12	3,31	7	20	20	30	35	40	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1
10	5,26	7	30	30	40	45	55	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1
8	8,57	7	40	45	50	60	70	1/2	1/2	1/2	1	1 1/4	1 1/4
6	13,5	7	55	65	70	80	95	1/2	1	1	1 1/4	1 1/4	2
4	21,15	19	70	85	90	105	120	1/2	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	2
3	26,66	19	80	100	105	120	145	1/2	1 1/4	1 1/4	1 1/4	2	2
2	33,65	19	95	115	120	135	165	1/2	1 1/4	1 1/4	2	2	2
1	42,41	19	110	130	140	160	190	1/2	1 1/4	1 1/4	2	2 1/2	2 1/2
1/0	53,51	19	125	150	155	190	225	1	1 1/4	2	2 1/2	2 1/2	2 1/2
2/0	67,44	19	145	175	185	215	250	1	2	2	2 1/2	2 1/2	3
3/0	85,03	19	165	200	210	245	285	1	2	2	2 1/2	3	3
4/0	107,22	19	195	230	235	275	340	1 1/4	2	2 1/2	3	3	3

II. Calibres de conductores AWG

2.3.6. VERIFICACION DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS

El control de calidad de una instalación eléctrica se denomina supervisión eléctrica. La supervisión eléctrica es un proceso que debe estar presente en todas las fases de la ejecución de una obra eléctrica y, especialmente, cuando esta ha concluido y se entrega para el servicio.

La supervisión eléctrica es una evaluación constante de la calidad y seguridad del trabajo realizado.

La seguridad de los usuarios de estas instalaciones y de sus bienes es el producto de un trabajo efectuado con idoneidad y ética profesional. Considerando que muchas etapas de una instalación sólo serán conocidas por quienes la ejecuten, es de vital importancia que la labor técnica sea bien realizada.

Toda instalación eléctrica, antes de ser puesta en servicio por el usuario, debe ser inspeccionada y sometida a diversas pruebas o ensayos, a fin de verificar que ella ha sido bien realizada y cumple con los estudios y especificaciones inherentes al proyecto. Lo mismo es exigido para las extensiones y modificaciones de instalaciones existentes.

2.3.6.1. Inspección de la instalación eléctrica

Los Técnicos encargados de la supervisión de las instalaciones eléctricas, cuando éstas han finalizado, deberán disponer para su labor de toda la documentación relacionada con la obra eléctrica, esto es:

- Planos definitivos de las instalaciones.
- Esquemas y diagramas eléctricos.
- Táblas, características y especificaciones técnicas de los componentes de la instalación.
- Memoria de cálculo al proyecto.
- Elementos de inspección (escalas, herramientas e instrumentos para desarrollar las mediciones finales, como: megger, tester, etc.).

- Durante la realización de la inspección y de los ensayos o pruebas a las instalaciones, deben tomarse todas las precauciones que garanticen la seguridad de las personas encargadas de la supervisión, como asimismo, las que eviten daños al equipamiento y a la propiedad.



18. Elementos de Inspección

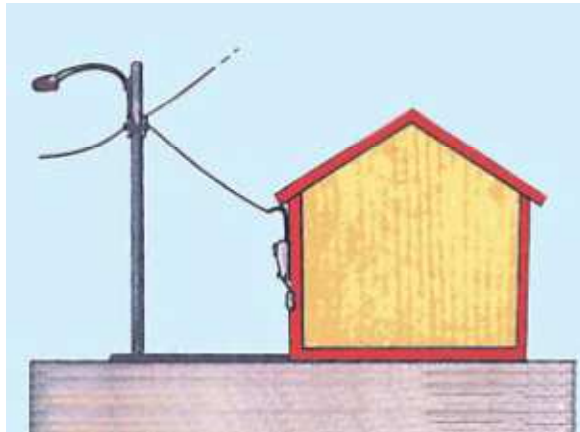
2.3.6.2. Inspección visual

La inspección de las instalaciones, de ser visual, precede a las pruebas finales y es realizada a través de la inspección física de la instalación, esto es, recorriéndola desde el punto de empalme hasta el último elemento de cada circuito de la instalación.

La inspección visual permite hacerse una idea globalizada de la instalación y de las condiciones técnicas de la ejecución, revisando los siguientes aspectos:

2.3.6.3. Punto de empalme:

Verificar que se encuentren los conductores, tableros, cajas y puestas a tierra especificados en el plano eléctrico. En este punto se debe verificar además la posición de los tableros, que el alambrado sea ordenado, la ausencia de suciedad y de rebabas en los ductos, etc.



19. Empalme

2.3.6.4. Tableros de protección:

Verificar las condiciones técnicas de:

- Estructura de la caja: pintura, terminación y tamaño.
- Ubicación: altura de montaje, fijación y presentación.
- Componentes: protecciones, alambrado, barras, llegada y salida de ductos, boquillas, tuercas, etc.



20. Tablero de protección

2.3.6.5.Circuitos

Al momento de revisarlos se debe verificar:

- El dimensionamiento de líneas: revisar la sección de los conductores.
- Los ductos: sus diámetros y las llegadas a cajas.
- Las cajas de derivación: inspeccionar la continuidad de líneas, el estado mecánico de los conductores, la unión y aislación de las conexiones, el espacio libre, el código de colores, el estado mecánico de los ductos y coplas, la ausencia de rebabas y la limpieza.
- Las cajas de interruptores y enchufes: el largo de los chicotes, el estado mecánico de unión al elemento, la llegada de ductos y la calidad de los dispositivos.
- Las puestas a tierra: al inspeccionar las puestas a tierra hay que verificar la sección de conductores, el código de colores, la calidad de las uniones a la puesta de tierra, la llegada al tablero, y la unión a las barras de tierra de servicio y tierra de protección situadas en el tablero.

En resumen, la inspección visual y análisis de la documentación entregada, tiene el objetivo de verificar si los componentes o elementos permanentemente conectados cumplen las siguientes condiciones:

Los requisitos de seguridad normalizados por reglamentos legales.

- Materiales correctamente seleccionados e instalados de acuerdo con las disposiciones de las Normas correspondientes.
- Materiales y equipos instalados en buenas condiciones estructurales, es decir, no dañados visiblemente, de modo que puedan funcionar sin falta de la seguridad necesaria;
- Medidas de protección contra choques eléctricos por contacto directo e indirecto;
- Conductores dimensionados adecuadamente y con sus correspondientes dispositivos de protección a las sobrecargas;

- Conductores con sus correspondientes dispositivos de seccionamiento y de comando;
- Accesibles para la operación y mantención de sus instalaciones y elementos.

2.3.6.6. Mediciones y ensayos de la instalación

En esta etapa de la supervisión se recurre al uso de instrumentos para verificar, entre otros detalles, el estado de las aislaciones y puestas a tierra, factores de gran importancia para la seguridad de los usuarios de la instalación eléctrica.

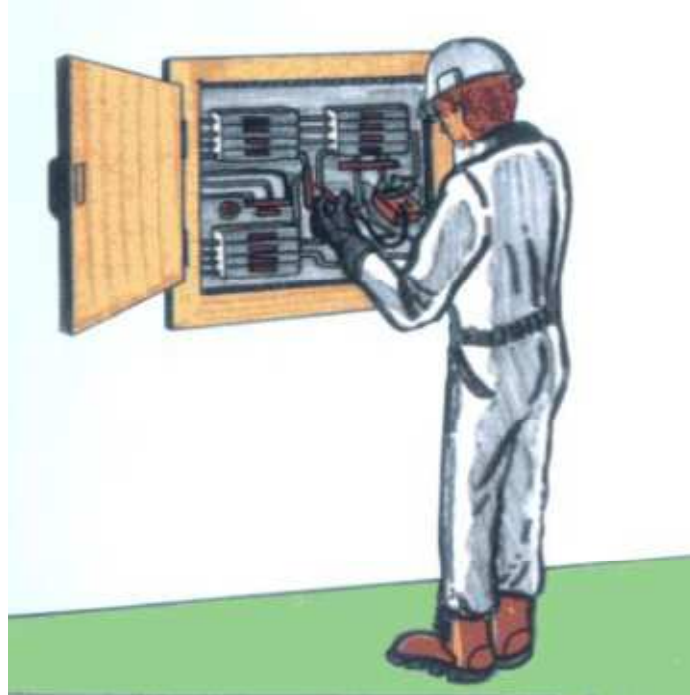
Las Normas prescriben los ensayos indicados a seguir y recomiendan la manera cómo proceder en su aplicación.

Dentro de los ensayos y mediciones se recomienda considerar las siguientes:

- Continuidad de los conductores de las tierras de servicio y de protección y de las conexiones equipotenciales.
- Separación eléctrica de los circuitos.
- Resistencia de aislación de la instalación.
- Resistencia de pisos.
- Medición de la resistencia de los electrodos de la tierra de protección.
- Verificación de las características de los dispositivos de protección contra contactos indirectos y directos.
- Verificación de las características de los dispositivos contra cortocircuito y sobrecargas.
- Verificación de polaridades.
- Ensayos de tensión.
- Ensayos de funcionamiento.

Los ensayos o pruebas antes mencionadas, además de asegurar el correcto funcionamiento de un sistema o circuito eléctrico, están destinados a proteger al operador, evitando que corra el riesgo de quedar sometido a tensiones peligrosas por contacto directo o indirecto.

Por esto es fundamental que se cumplan las Normas y prescripciones establecidas al respecto.



21. Mediciones y ensayos

2

http://www.procobre.org/archivos/peru/conductores_electricos.pdf

CAPITULO V

2.4.DETERMINACIÓN DE DEMANDAS MÁXIMAS

2.4.1. Clasificación de los tipos de instalación

Las instalaciones eléctricas interiores en función del uso de la energía, se clasifican de la siguiente manera:

- Domiciliarias
- Edificios destinados principalmente a viviendas
- Edificios comerciales o de oficinas
- Edificios públicos
- Industriales

En cada caso es necesario determinar la demanda máxima, con la cual se dimensionan las instalaciones de enlace (acometidas) y la potencia del transformador propio si es el caso.

2.4.2. Niveles de consumo de instalaciones domiciliarias

La determinación del nivel de consumo de una instalación domiciliaria se hace de acuerdo con las cargas previstas para esta vivienda, sin embargo, si no se conoce la utilización que tendrá la vivienda, el grado de electrificación dependerá de la superficie

2.4.2.1.Determinación de niveles de consumo

El nivel de consumo de las viviendas será el que de acuerdo con las utilizations anteriores determine el proyecto. Sin embargo como mínimo dependerá de la superficie de la vivienda de acuerdo con la siguiente tabla

Nivel de consumo	Previsión de demanda máxima (W)	Aparatos y equipos instalados	Superficie máxima (m ²)
Mínimo	3000	Iluminación, refrigerador, plancha eléctrica, TV, radio, lavadora y pequeños artefactos electrodomésticos.	80
Medio	7000	Todos los anteriores más ducha eléctrica, cocina eléctrica, calentador eléctrico de agua y otros aparatos electrodomésticos.	140
Elevado	Mas de 7000	Todos los anteriores en gran número de potencias unitarias elevadas, más calefacción eléctrico y aire acondicionado.	Mayor a 140

III. Tabla Niveles de consumo de energía y demanda máxima, según la superficie de la vivienda

2.4.2.2. Determinación de la demanda máxima en instalaciones domiciliarias (viviendas unifamiliares)

En la determinación de la demanda máxima de una vivienda unifamiliar, debe primeramente preverse las cargas que serán instaladas y luego considerar las posibilidades de no-simultaneidad de su funcionamiento.

En instalaciones de este tipo deben localizarse y caracterizarse:

- a) Equipos de iluminación
- b) Puntos de tomacorriente
- c) Equipos de fuerza de potencia igual o mayor a 2000 W

2.4.2.3. Potencia instalada de iluminación

La potencia total del circuito de iluminación, estará determinada a partir de los cálculos luminotécnicos respectivos (Método de los Lúmenes o Cavidades Zonales), de acuerdo con los niveles de iluminación prescritos por cada tipo de ambiente, tipo de iluminación, tipo de luminaria, tipo de fuente de luz, etc.

En instalaciones domiciliarias y en ambientes de dimensiones reducidas donde no se realicen tareas visuales severas, se puede obviar un proyecto formal de iluminación. En éste caso debe cumplirse:

- El tipo de lámpara y de luminaria debe ser elegido a criterio.
- Los puntos de luz deben disponerse en el local tratando de obtener la iluminación más uniforme posible.
- Para efectos de estimación de las potencias nominales instaladas en circuitos de iluminación en instalaciones domiciliarias, se puede utilizar como base los valores de densidad de carga de la siguiente tabla:

Nivel de consumo	Iluminación incandescente	Iluminación fluorescente (alto factor de potencia)
Mínimo	10	6
Medio	15	6
Elevado	20	8

IV. Tabla densidad de carga para iluminación (W/m²)

Para las luminarias fijas de iluminación incandescente, la potencia debe tomarse igual a la suma de las potencias nominales de las lámparas:

- En ambientes con una superficie de hasta 6 m² se debe considerar como mínimo una potencia de 60 W por punto de iluminación incandescente
- Para ambientes con una superficie entre 6 m² a 15 m² se debe considerar como mínimo de 100W por punto de iluminación incandescente.

Para las luminarias fijas de iluminación con lámparas de descarga (Fluorescentes), la potencia debe considerar la potencia nominal de la lámpara y los accesorios a partir de los datos del fabricante. Si no se conocen datos precisos, la potencia nominal de las luminarias debe tenerse como mínimo 1.8 veces la potencia nominal de la lámpara en vatios.

2.4.2.4. Potencia instalada en tomacorrientes

El número mínimo de tomacorrientes se determinará, de acuerdo a los siguientes criterios:

- a) Local o dependencia de área igual o inferior a 10 m² una toma
- b) Local o dependencia de área superior a 10 m², el número mayor a partir de las siguientes alternativas:
- Una toma por cada 10 m²
 - Una toma por cada 5 m de perímetro
- c) En baños: 1 toma (normalmente elevado por problema de humedad)

A cada toma se atribuirá una potencia de 200 W para efectos de cálculo de cantidad como de potencia, las tomas dobles o triples instaladas en una misma caja, deben considerarse como una sola.

Cabe destacar que el número de tomacorrientes determinado como se indicó, es un número mínimo, en general es mejor incrementar el número de tomacorrientes.

Potencia instalada en fuerza

Todos los equipos o aparatos con potencia igual o mayores a 2000 W se considera como ligados a tomas de uso específico y la potencia instalada será la suma de las potencias nominales de los aparatos.

1.3.4 Demandas máximas

- a) La potencia instalada de iluminación y tomacorrientes se afectarán de los siguientes factores de demanda
- b) La potencia instalada de fuerza se afectará de los siguientes factores de demanda

Potencia instalada	Factor de demanda
Los primeros 3000 W	100 %
De 3001 W a 8000 W	35%
8001 W ó más	25%

V. *Tabla Factor de demanda para iluminación y tomacorriente*

# de equipos	Factor de demanda
2 o menos	100%
3 a 5	75%
6 o mas	25%

VI. Tabla Factor de demanda para tomas de fuerza

2.4.3. Determinación de la demanda máxima en edificios destinados principalmente a viviendas

La demanda máxima simultánea correspondiente a un edificio destinado principalmente a viviendas, resulta de la suma de:

Las demandas máximas simultáneas correspondientes al conjunto de departamentos,

De la demanda máxima de los servicios generales del edificio,

Las demandas máximas de los locales comerciales ó de oficinas si hubiera.

Cada una de las demandas se calculará de la siguiente forma:

2.4.3.1. Demanda máxima simultánea correspondiente al conjunto de viviendas.

Se obtiene sumando las demandas máximas por vivienda señaladas. Este valor deberá multiplicarse por un factor de simultaneidad que corresponde aplicar por la razón de la no coincidencia de las demandas máximas de cada vivienda. En la Tabla siguiente se dan los valores de este factor en función del número de viviendas.

Nº de viviendas unifamiliares	Nivel de consumo mínimo y medio (S)	Nivel de consumo elevado (S)
2 a 4	1.0	0.8
5 a 10	0.8	0.7
11 a 20	0.6	0.5
21 a 30	0.4	0.3

VII. Tabla Factor de simultaneidad

S = factor de simultaneidad

Es decir: $DDep = N \times DMax d \times S$

Donde:

DDep = Demanda máxima del conjunto de departamentos

N = Número de departamentos

S = Factor de simultaneidad

DMax d = Demanda de un departamento

2.4.3.2. Demanda máxima correspondiente a los servicios generales del edificio

Será la suma de la potencia instalada en ascensores, bombas hidráulicas, montacargas, iluminación de gradas, circulación, parqueos, vivienda de portería y otros de uso general del edificio, entonces aquí no se aplica ningún factor de demanda.

$$D Max SG = P Ins SG$$

La potencia instalada en servicios generales se obtiene con la siguiente fórmula:

$$PInst SG = P1 + P2 + P3 + P4$$

Donde:

P1 = Potencia de aparatos elevadores (ascensores y montacargas).

P2 = Potencia de alumbrado de zonas comunes (Portal, escalera, etc.).

P3 = Potencia de servicios centralizados de calefacción y agua caliente.

P4 = Potencia de otros servicios.

a) Cálculo de P1 (aparatos elevadores).- En ausencia de datos del aparato elevador, se utilizan los valores de la Tabla 19, en función del tipo de ascensor.

Acensor	Carga Kg	# de personas	Velocidad m/seg	Potencia Kw
Tipo A	400	5	0.63	4.5
Tipo B	400	5	1.00	7.5
Tipo C	630	8	1.00	11.5
Tipo D	630	8	1.60	18.5
Tipo E	1000	13	1.60	29.5
Tipo F	1000	13	2.50	46
Tipo G	1600	21	2.50	73.5
Tipo H	1600	21	3.50	103

VIII. Tabla Relación de aparatos elevadores

b) Cálculo de P2 (alumbrado).-Se determina como la suma de las potencias obtenidas por las zonas comunes (portal, gradas, patios)

Alumbrado zonas comunes, por tal, gradas, patios	Incandescentes 15 W/m ²
	Fluorescentes 4 W/m ²
Garajes - departamento para uso del conserje	Alumbrado 5 W/m ²
	Alumbrado más ventilación 5 W/m ²

IX. Tabla Potencia de alumbrado zonas comunes

c) Cálculo de P3 (Calefacción y agua caliente).- En esta operación se incluirán los valores de la potencia de los sistemas de calefacción y agua caliente centralizada que disponga el edificio, y que el fabricante de los equipos facilite.

d) Cálculo de P4 (Otros servicios).- Incluirán las potencias que pertenezcan a zonas comunes, no consideradas en los anteriores cálculos como: Grupos de presión de agua, iluminación de jardines, depuración de piscinas, etc.

2.4.3.3.Demanda máxima correspondiente a los locales comerciales del edificio

a) La potencia de iluminación se calcula en base a una densidad de carga de:

- 20 W/m² para la iluminación incandescente y
- 8 W/m² para la iluminación fluorescente.

b) La potencia de tomacorrientes se toma como:

Una toma de 200 W por cada 30 m² o fracción; a esto debe añadirse las tomas destinadas a conexión de lámparas, tomas de vitrina y las destinadas a demostración de aparatos.

La demanda máxima será la suma de la potencia de iluminación y tomacorrientes afectados por el factor de demanda indicado en 1.3.4 (Tabla 1.3) con un mínimo de 1000 W por local. Por lo tanto, la demanda máxima de un edificio destinado principalmente a viviendas es:

$$D_{MAX} = D_{Dep} + D_{SG} + DC$$

Donde:

D_{MAX} = Demanda máxima total del edificio

D_{Dep} = Demanda máxima de los departamentos

D_{SG} = Demanda máxima de los servicios generales

DC = Demanda máxima de la parte comercial o de oficinas

Cabe hacer notar, que en edificios pueden darse consideraciones de departamentos de consumo medio, mínimo o elevado. En este caso, el factor de simultaneidad calculado por separado por cada tipo de departamento conducirá a una demanda máxima muy conservadora. En este caso es más razonable utilizar el número total de departamentos, por consumo mínimo, medio o elevado y aplicar este factor a la potencia de cada tipo de departamento.

2.4.4. Demanda máxima correspondiente a edificios comerciales o de oficinas

2.4.4.1. Determinación de la potencia instalada

La potencia instalada en edificios comerciales o de oficinas, será la que de acuerdo a las utilidades determina el proyectista, sin embargo, como mínimo dependerá de la superficie del local de acuerdo con los siguientes valores:

a) Potencia de iluminación:

Tipo de local	Iluminación incandescente	Iluminación fluorescente (de alto factor de potencia)
Oficinas	25	10
Comerciales	20	8

X. Tabla Densidad de carga para iluminación en W/m²

2.4.4.1.1. Potencia para tomacorrientes

En oficinas, tiendas comerciales o locales análogos con áreas iguales o inferiores a 40 m², el número mínimo de tomacorrientes debe calcularse tomando como base los dos criterios que se indican a continuación, adoptando el que conduce a un número mayor:

- 1 toma por cada 5 m o fracción de su perímetro
- 1 toma por cada 8 m² o fracción de área distribuidas lo más uniformemente posible.

En oficinas con áreas superiores a 40 m², la cantidad de tomas debe calcularse tomando el siguiente criterio:

- 5 tomas por los primeros 40 m² y 1 toma por cada 10 m² o fracción de área resultante, distribuidas lo mas uniformemente posible.

En tiendas comerciales, debe preverse tomas en cantidad no menor a una toma por cada 30 m² o fracción, sin tomar en cuenta la toma destinada a conexiones de lámpara, tomas de vitrinas y las destinadas a demostración de aparatos.

A las tomas en oficinas y tiendas comerciales deben atribuirse como mínimo una carga de 200 W por toma.

Para efectos de cálculo (tanto de cantidad como de potencia), la toma doble o triple montadas en la misma caja deben computarse como una sola.

2.4.4.2. Determinación de la demanda máxima

- a) Demanda máxima simultánea correspondiente al conjunto de oficinas y comercios.

La demanda máxima por oficina o local comercial se tomará como el 100 % de la potencia instalada y la demanda máxima del conjunto se determinará de acuerdo a la siguiente Tabla:

Potencia instalada	Factor de demanda
Primeros 20000 W	100%
Exceso de 20000 W	70%

XI. Tabla Factor de demanda en edificios comerciales u oficinas

- b) Demanda máxima correspondiente a los servicios generales del edificio, se procederá de manera similar al punto 5.4.3.3

2.4.5. DETERMINACION DE LA DEMANDA MAXIMA EN INSTALACIONES INDUSTRIALES

La demanda máxima en instalaciones industriales, se determina de acuerdo a las exigencias particulares de cada industria.

2.4.6. DETERMINACION DE LA DEMANDA MAXIMA EN INSTALACIONES DE EDIFICIOS PUBLICOS E INSTALACIONES ESPECIALES

Para la demanda máxima en instalaciones de edificios públicos e instalaciones especiales correspondientes a iluminación general se puede utilizar la siguiente Tabla:

Tipo de local	Potencia por m ² W/m ²	Potencia a la cual es aplicado el factor de demanda (W)	Factor de demanda
Salas de espectáculo	10	Total vatios	100%
Bancos	20	Total vatios	100%
Peluquerías	30	Total vatios	100%
Iglesias	10	Total vatios	100%
Clubes	20	Total vatios	100%
Juzgados	20	Total vatios	100%
Hospitales	20	Total vatios	100%
Hoteles	10	50000 ó menor sobre 50000	40 % 20 %
Habitaciones de hospedaje	15	20000 ó próximos 80000 exceso sobre 100000	50 % 40% 30%
Restaurantes	20	Total vatios	100%
Escuelas	30	Total vatios	100%
Vestíbulos de edificios públicos y salas de espectáculos	10	Total vatios	100%
Vestíbulos corredores	5	Total vatios	100%
Espacios cerrados destinados a almacenaje, W.C.	3	Total vatios	100%

XII. Tabla Factor de demanda para iluminación en edificios públicos

Para cualquier otro tipo de instalación especial, la demanda máxima se ajustará a las determinaciones y criterios del proyectista.

Para la demanda máxima en instalaciones de edificios públicos e instalaciones especiales correspondientes a tomacorrientes para uso general, se podrá utilizar la siguiente tabla:

Tipos de local	Nº de tomas por 20 m ²	Potencia a la cual es aplicado el factor de demanda (W)	Factor de demanda
Salas de espectáculo	1	Total vatios	20%
Bancos	2	Total vatios	70%
Peluquerías y salones de Belleza	4	Total vatios	80%
Iglesias	1	Total vatios	20%
Clubes	2	Total vatios	30%
Juzgados	3	Total vatios	40%
Hospitales	3	50000 ó menos sobre 50000	40% 20%
Hoteles	4	20000 ó próximos 80000 exceso sobre 100000	50% 40% 30%
Habitaciones de hospedaje	3	10000 ó menos próximos 40000 exceso de 50000	100% 35% 25%
Restaurantes	2	Total vatios	30%
Escuelas	2	Total vatios	20%

XIII. Tabla Factor de demanda para toma corrientes en edificios públicos

CAPITULO VII

2.5.CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

El factor de potencia se define como el cociente de la relación de la potencia activa entre la potencia aparente; esto es:

$$F = \frac{P}{S}$$

Comúnmente, el factor de potencia es un término utilizado para describir la cantidad de energía eléctrica que se ha convertido en trabajo.

El valor ideal del factor de potencia es 1, esto indica que toda la energía consumida por los aparatos ha sido transformada en trabajo.

Por el contrario, un factor de potencia menor a la unidad significa un mayor consumo de energía necesaria para producir un trabajo útil.

2.5.1. Tipos de potencia

2.5.1.1.Potencia efectiva

La potencia efectiva o real es la que en el proceso de transformación de la energía eléctrica se aprovecha como trabajo.

Unidades: Watts (W)

Símbolo: P

2.5.1.2.Potencia reactiva

La potencia reactiva es la encargada de generar el campo magnético que requieren para su funcionamiento los equipos inductivos como los motores y transformadores.

Unidades: VAR

Símbolo: Q

2.5.1.3. Potencia aparente

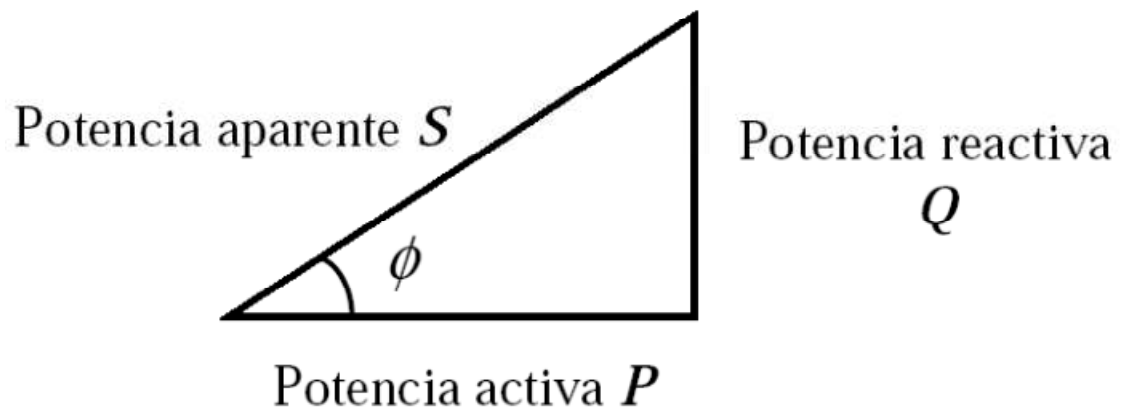
La potencia aparente es la suma geométrica de las potencias efectiva y reactiva; es decir:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Unidades: VA

Símbolo: S

2.5.1.4. El triángulo de potencias



22. *Figura triángulo de potencias*

De la figura se observa

$$\frac{P}{S} = \cos \phi$$

Por lo tanto

$$FP = \cos \phi$$

2.5.1.5.El ángulo ϕ

En electrotecnia, el ángulo nos indica si las señales de voltaje y corriente se encuentran en fase.

Dependiendo del tipo de carga, el factor de potencia puede ser

- adelantado
- retrasado
- igual a 1.

2.5.1.6.Cargas resistivas

En las cargas resistivas como las lámparas incandescentes, el voltaje y la corriente están en fase.

Por lo tanto, $\phi = 0$

En este caso, se tiene un factor de potencia unitario.

2.5.1.7.Cargas inductivas

En las cargas inductivas como los motores y transformadores, la corriente se encuentra retrasada respecto al voltaje.

Por lo tanto, $\phi < 0$

En este caso se tiene un factor de potencia retrasado.

2.5.1.8.Cargas capacitivas

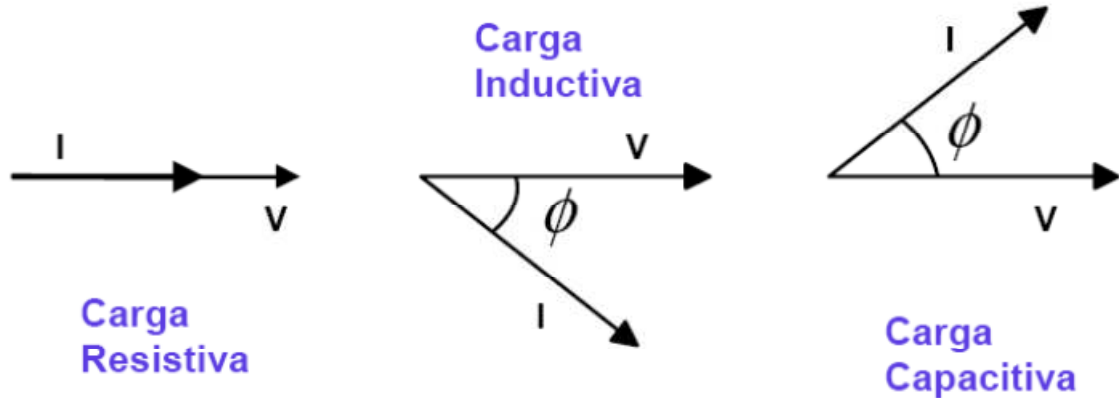
En las cargas capacitivas como los condensadores, la corriente se encuentra adelantada respecto al voltaje.

Por lo tanto, $\phi > 0$

En este caso se tiene un factor de potencia adelantado.

2.5.2. Diagramas fasoriales del voltaje y la corriente

Según el tipo de carga, se tienen los siguientes diagramas:



23. Figura diagramas fasoriales de voltaje y corriente

2.5.3. El bajo factor de potencia

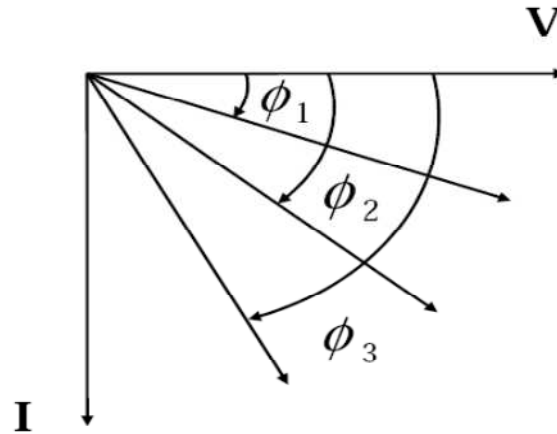
Causas:

Para producir un trabajo, las cargas eléctricas requieren de un cierto consumo de energía.

Cuando este consumo es en su mayoría energía reactiva, el valor del ángulo se incrementa y disminuye el factor de potencia.

ϕ	FP=Cos ϕ
0	1
30	0.866
60	0.5
90	0

24. Figura Factor de potencia vs ángulo ϕ

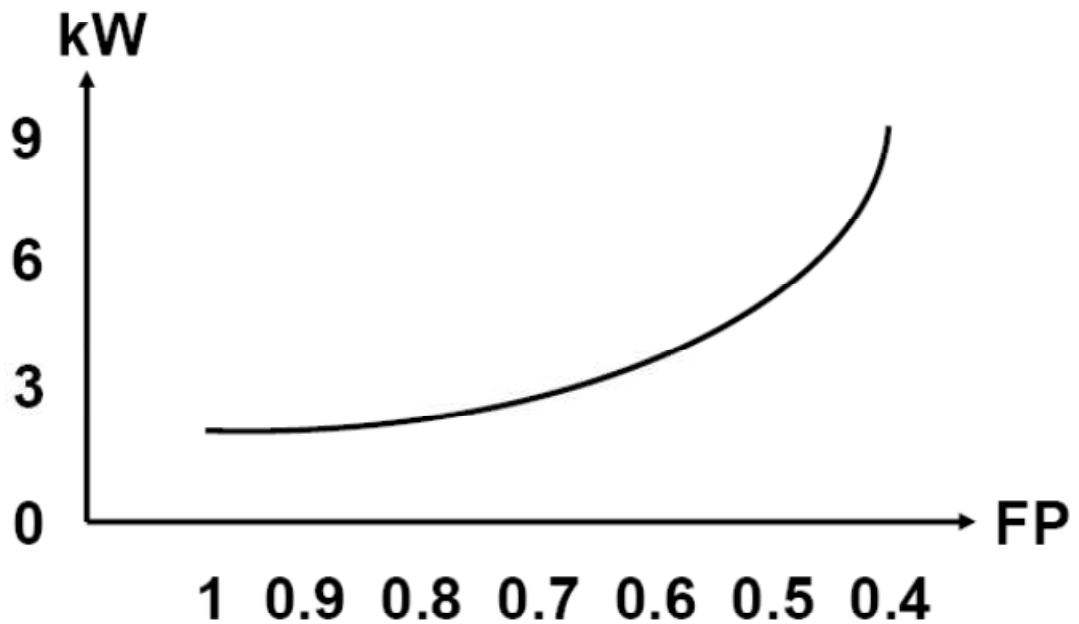


25. *Figura bajo factor de potencia*

2.5.3.1. Problemas por bajo factor de potencia

Problemas técnicos:

- Mayor consumo de corriente.
- Aumento de las pérdidas en conductores.
- Sobrecarga de transformadores, generadores y líneas de distribución.
- Incremento de las caídas de voltaje.



26. *Figura Pérdidas en un conductor VS factor de potencia*

2.5.3.2. Problemas económicos:

- Incremento de la facturación eléctrica por mayor consumo de corriente.
- Penalización de hasta un 120 % del costo de la facturación.

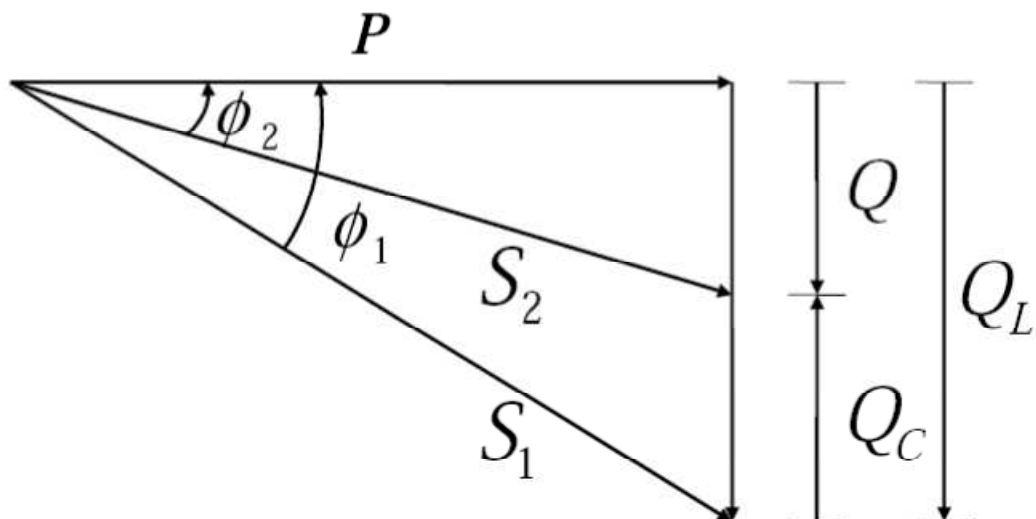
2.5.3.3. Beneficios por corregir el factor de potencia

2.5.3.3.1. Beneficios en los equipos:

- Disminución de las pérdidas en conductores.
 - Reducción de las caídas de tensión.
 - Aumento de la disponibilidad de potencia de transformadores, líneas y generadores.
- Incremento de la vida útil de las instalaciones.

2.5.3.3.2. Beneficios económicos:

- Reducción de los costos por facturación eléctrica.
- Eliminación del cargo por bajo factor de potencia.
- Bonificación de hasta un 2.5 % de la facturación cuando se tenga factor de potencia mayor a 0.9
- Compensación del factor de potencia
- Las cargas inductivas requieren potencia reactiva para su funcionamiento.
- Esta demanda de reactivos se puede reducir e incluso anular si se colocan capacitores en paralelo con la carga.
- Cuando se reduce la potencia reactiva, se mejora el factor de potencia.



27. Figura compensación del Fp

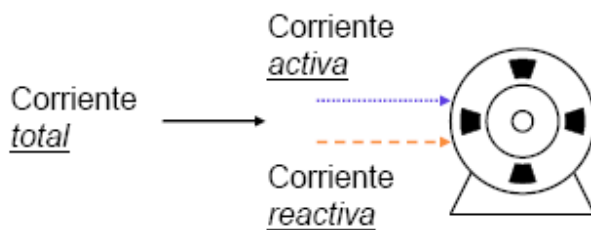
En la figura anterior se tiene:

- Q la demanda de reactivos de un motor y S1 la potencia aparente correspondiente.
- QC es el suministro de reactivos del capacitor descompensación

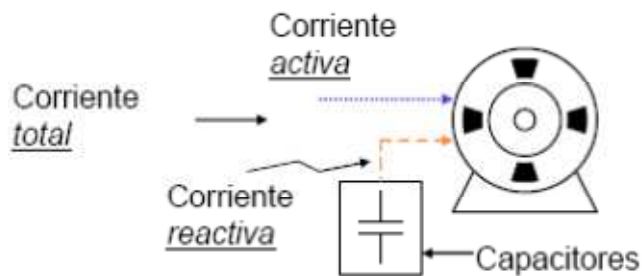
- La compensación de reactivos no afecta el consumo de potencia activa, por lo que P es constante.

Como efecto del empleo de los capacitores, el valor del ángulo ϕ_1 se reduce a ϕ_2

- La potencia aparente S1 también disminuye, tomando el valor de S2
- Al disminuir el valor del ángulo se incrementa el factor de potencia.



28. *Figura Motor de inducción sin compensación*



29. *Figura Motor de inducción con capacitores de compensación*

2.5.3.4. Métodos de compensación

Son tres los tipos de compensación en paralelo más empleados:

- Compensación individual
- Compensación en grupo
- Compensación central

2.5.3.4.1. Compensación individual

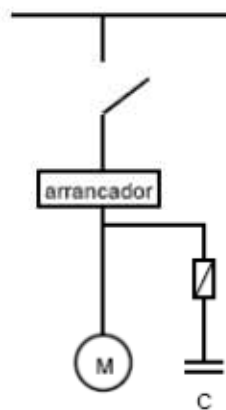
Aplicaciones y ventajas

- Los capacitores son instalados por cada carga inductiva.
- El arrancador para el motor sirve como un interruptor para el capacitor.
- El uso de un arrancador proporciona control semiautomático para los capacitores.
- Los capacitores son puestos en servicio sólo cuando el motor está trabajando.

Desventajas

- El costo de varios capacitores por separado es mayor que el de un capacitor individual de valor equivalente.
- Existe subutilización para aquellos capacitores que no son usados con frecuencia.

Diagrama de conexión



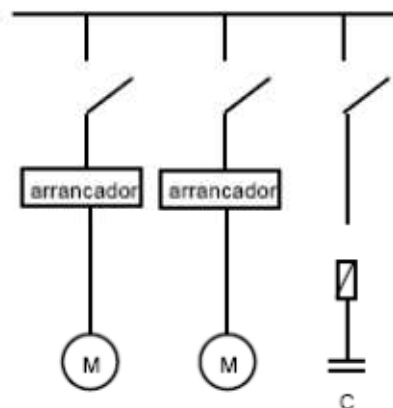
30. *Figura compensación individual*

2.5.3.4.2. Compensación en grupo

Aplicaciones y ventajas

- Se utiliza cuando se tiene un grupo de cargas inductivas de igual potencia y que operan simultáneamente.
- La compensación se hace por medio de un banco de capacitores en común.
- Los bancos de capacitores pueden ser instalados en el centro de control de motores.
- Desventajas
- La sobrecarga no se reduce en las líneas de alimentación principales

Diagrama de conexión



31. Figura compensación en grupo

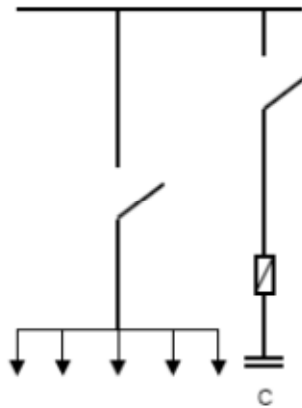
2.5.3.4.3. Compensación central

Características y ventajas

- Es la solución más general para corregir el factor de potencia.
- El banco de capacitores se conecta en la acometida de la instalación.
- Es de fácil supervisión.

Desventajas

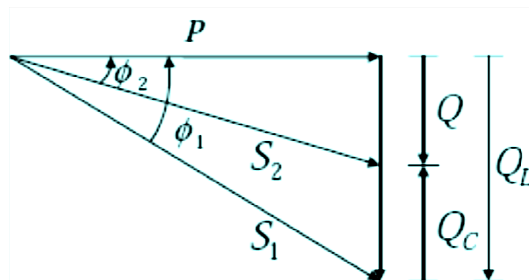
- Se requiere de un regulador automático del banco para compensar según las necesidades de cada momento.
- La sobrecarga no se reduce en la fuente principal ni en las líneas de distribución.



32. *Figura compensación central*

2.5.3.5. Cálculo de los kVARs del Capacitor

De la figura se tiene



33. *Figura KVARs del capacitor*

$$Q_c = Q_L - Q$$

Como:

$$Q = P * \text{Tan}\phi$$

$$Q_c = P(\text{Tan}\phi_1 - \text{Tan}\phi_2)$$

Por lo tanto :

$$Q_c = P * K$$

	FP deseado				
FP actual	0.8	0.85	0.9	0.95	1
0.3	2.43	2.56	2.695	2.851	3.18
0.4	1.541	1.672	1.807	1.963	2.291
0.5	0.982	1.112	1.248	1.403	1.732
0.6	0.583	0.714	0.849	1.005	1.333
→ 0.7	0.27	0.4	0.536	0.692	1.02
0.8		0.13	0.266	0.421	0.75
0.9				0.156	0.484

XIV. Tabla coeficiente K

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales e instrumentos técnicos

Los instrumentos técnicos para obtener la información sobre la calidad del servicio (producto) que la EERSSA entrega a sus abonados, en este caso a la UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, se utilizaron equipos analizadores de redes para la medición de la calidad de energía, durante un período de 7 días , tomando muestras cada diez minutos, conforme lo establecido en la Regulación 004/01 emitida por el CONELEC.

La población de estudio corresponde a la energía eléctrica de la región sur y la muestra de investigación está constituida por las instalaciones eléctricas del área de energía.

3.2. Equipos utilizados para el monitoreo y mejoramiento de la calidad de la energía eléctrica.

3.2.1. Registradores trifásicos de calidad eléctrica de la Serie 1744 de Fluke Memobox



FLuke Memobox serie 1740

Los registradores de calidad de potencia 1744 de Fluke son aparatos de registro de la energía eléctrica sofisticados, sólidos y fáciles de usar, diseñados para el electricista o el especialista en calidad de la potencia.

El registrador permite realizar un estudio de la carga a lo largo de un período especificado o monitorizar la calidad de la potencia para descubrir e informar perturbaciones en las redes de tensión baja y media.

El registrador monitoriza la calidad de la potencia y localiza perturbaciones en redes de distribución de tensión baja y media. Mide un máximo de 3 tensiones y 4 corrientes. Los valores registrados se guardan en los períodos secuenciales de promediación elegidos. Los valores medidos pueden evaluarse gráfica o numéricamente con el software PQ Log.

El modelo 1744 cuenta con dos tipos de funciones de registro: función de registro A (avanzada) y función de registro P (potencia). La función A es el conjunto completo de parámetros y la función P aporta capacidades de registro optimizadas para estudios de carga y registro básico de la energía eléctrica. La función P contiene todos los parámetros de la función A salvo los armónicos y los interarmónicos de tensión y corriente. El modelo 1743 cuenta sólo con la función de registro P.

Los valores medidos se guardan como valores promediados a lo largo de los períodos seleccionados por el usuario. Los valores medidos se pueden evaluar gráficamente o en forma tabulada con el software PQ Log. B

Parámetros y funciones de registro:

- Tensión eficaz de cada fase (media, mín, máx)
- Corriente eficaz de cada fase y neutra (media, mín, máx)
- Eventos de tensión (caídas, subidas, interrupciones)

- Potencia (kW, kVA, kVAR, factor de potencia PF, tangente de potencia)
- Energía, energía total
- Flicker (Pst, Plt)
- THD de la tensión
- THD de la corriente
- FC de la corriente
- Armónicos de tensión hasta el 50o orden (no incluidos en la función P)
- Interarmónicos de tensión (no incluidos en la función P)
- Tensión de señalización de la red eléctrica
- Desequilibrio
- Frecuencia

3.2.2. Analizador de potencia PowerQ4 2592 metrel 3 fases/Registrador de datos



Instrumento PowerQ4

Principales características

- 4 canales de tensión con una amplia escala de medición: 0 ÷ 1000 Vrms, CAT
- III/1000V
- 4 canales de tensión con posibilidad de reconocimiento automático de pinzas y selección de escala “en el instrumento”
- Conformidad con la normativa de calidad de la energía IEC 61000-4-30 Clase S.
- Perfil del registrador predefinido para inspecciones según la norma EN 50160.
- Mediciones de potencia conforme a las normas IEC 61557-12 e IEEE 1448.
- 8 canales simultáneos - conversión AD de 16 bit para obtener unas mediciones de potencia precisas (error mínimo de variación de fase).
- Registrador potente y fácil de utilizar con 8MB de memoria y posibilidad para registrar 509 firmas de calidad de la energía diferente.
- Captura de eventos de tensión y alarmas definidas por el usuario
- 15 horas de alimentación autónoma (mediante pilas).

PowerView es un software informático de acompañamiento que ofrece el modo más fácil para descargar, visualizar y analizar los datos medidos, o para imprimirlos. o El analizador PowerView incluye una interfaz sencilla pero potente para descargar los datos del instrumento y analizarlos de forma rápida, intuitiva y descriptiva. La organización de la interfaz permite una rápida selección de los datos utilizando una vista en forma de árbol similar a la del Explorador de Windows. o El usuario puede descargar fácilmente los datos

registrados y organizarlos en múltiples emplazamientos con muchos subemplazamientos o lugares. o Genere cuadros, tablas y gráficas para sus análisis de los datos de calidad de la energía, y cree informes impresos profesionales o Exporte o copie/pegue los datos en otras aplicaciones (p.ej. hojas de cálculo) para su posterior análisis. Es posible presentar y analizar múltiples registros de datos simultáneamente. Combine diferentes datos de registro en una única medición, sincronice los datos registrados con diferentes instrumentos con offsets de tiempo, divida los datos del registro en múltiples mediciones o extraiga datos de interés.

3.2.3. Multímetro



Multímetro digital tipo pinza

Un **multímetro**, también denominado **polímetro**, *tester* o *multitester*, es un instrumento eléctrico portátil para medir directamente magnitudes eléctricas activas como corrientes y potenciales (tensiones) o pasivas como resistencias, capacidades y otras. Las medidas pueden realizarse para corriente continua o alterna y en varios márgenes de medida cada una.

4. METODOLOGÍA

El proceso metodológico-técnico para la planificación, organización, ejecución y evaluación del proyecto de investigación titulado: “AUDITORIA ELECTROENERGETICA EN EL ÁREA DE LA ENERGÍA LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA “, se realizará mediante el siguiente procedimiento:

El diseño de investigación es de carácter descriptivo, propositivo y explicativo, en correspondencia con los pasos del método científico; y, los métodos especiales y particulares de apoyo están integrados por: descriptivo, analítico-sintético y estadístico.

El método descriptivo me sirvió para la formulación de la problemática de investigación.

El método analítico se utilizó para realizar el análisis técnico y teórico de los contenidos de estudio para explicar las categorías y variables de los objetivos e hipótesis de investigación.

El método sintético, se empleó para formular las conclusiones y recomendaciones producto de los resultados de la presente investigación

El método estadístico se empleó para realizar los análisis estadísticos y la tabulación de los datos obtenidos que a su vez permitirá representar en tablas y gráficos estadísticos.

5. RESULTADOS

5.1. Análisis de la calidad del servicio eléctrico en el AEIRNNR de la UNL

El área de energía las industrias y los recursos naturales no renovables de la universidad nacional de Loja (una parte de ella) está servida de un banco de tres transformadores monofásicos de 25 KVA cada uno con acometidas subterráneas cuyas características se detallan en la siguiente tabla:

TRANSFORMADOR # SICAP 4101			
VOLTAJES NOMINALES			
ALTA TENSION		BAJA TENSION	
13200 GRDY/7620		120/240	
CLASE		TIPO	
Monofásico		CSP	
DATOS DE PLACA			POSICION DEL TAP
MARCA	SERIE	TAP	%
ECUATRAN	1672288	1-A	105.0
INPEDANCIA	AÑO DE FABRIC.	2-B	102.5
3.3	N/A	3-C	100.0
POTENCIA(KVA)	PESO TOTAL	4-D	97.5
25	16.5 Kg.	5-E	95.0

TRANSFORMADOR # SICAP 4102			
VOLTAJES NOMINALES			
ALTA TENSION		BAJA TENSION	
13200 GRDY/7620		120/240	
CLASE		TIPO	
Monofásico		CSP	
DATOS DE PLACA			POSICION DEL TAP
MARCA	SERIE	TAP	%
ECUATRAN	2050899	1-A	105.0
INPEDANCIA	AÑO DE FABRIC.	2-B	102.5
3	N/A	3-C	100.0
POTENCIA(KVA)	PESO TOTAL	4-D	97.5
25	16.5 Kg.	5-E	95.0

TRANSFORMADOR # SICAP 14498			
VOLTAJES NOMINALES			
ALTA TENSION		BAJA TENSION	
13200 GRDY/7620		120/240	
CLASE		TIPO	
Monofásico		CSP	
DATOS DE PLACA		POSICION DEL TAP	
MARCA	SERIE	VOLTAJE DE BOVINA EN	POSICION CAMBIADOR
ECUATRAN	11384508	8.0	1
INPEDANCIA	AÑO DE FABRIC.	78.0	2
1.3	09/2008	7.6	3
POTENCIA(KVA)	PESO TOTAL	7.4	4
25	19.6 Kg.	7.2	5

34. Especificaciones técnicas del banco de transformadores

Los transformadores están instalados en un banco en estrella aterrado tanto en el primario como en el secundario.

Montaje del equipo

Para determinar la calidad del servicio que la EERSSA entrega a sus abonados, en este caso el AEIRNNR, se utilizó un equipo analizador de redes para la medición de la calidad de energía, durante un periodo de siete días cada uno tomando muestras cada diez minutos, conforme lo establecido en la regulación 004/01 por el CONELEC; los equipos utilizados se muestran a continuación.

1. Analizador de redes Fluke 1744/1743
2. Analizador de redes portable Power Q Metrel

Dándose la ubicación geográfica donde se encuentran los puntos de medición transformadores y tablero general fue complicado la instalación de los equipos de medición ya que el AEIRNNR, no cuenta con las instalaciones eléctricas correctamente diseñadas ni instaladas no cuenta con un centro de transformación, simplemente un breaker general del cual derivan las acometidas y una conexión a tierra para cada uno de los edificios que dependen del banco de transformadores.

A continuación se describen los resultados obtenidos de las mediciones y el análisis correspondiente de las mismas, para el efecto, los equipos guardan registros durante siete días, con intervalos de 10 minutos, obteniendo al final de cada medición 1008 muestras. Los indicadores de calidad de energía son comprobados con límites normalizados tal como se muestra en la siguiente tabla

INDICADORES	PERTURBACIONES	LIMITES
N.T	Nivel de tensión	(+10% Vn)
N.T	Nivel de tensión	(-10% Vn)
Pst	Flicker	1 en el 5% del tiempo de muestreo
F.P	Factor de potencia	0.92
THDv	Distorsión armónica de tensión	8%

XV. Indicadores de calidad de energía según la regulación CONELEC 0404/01

5.2. Resultados obtenidos de las mediciones realizadas al banco de transformadores con el analizador de redes Fluke 1744/1743

5.2.1. Niveles de Tensión

Límites: Se admite el (+10% & -10%) de la tensión nominal esta alimentado por un sistema trifásico de 127V Fase-Neutro durante el 95% del periodo de medición conforme la regulación No. 004/01 CONELEC.

Resultados: De un total de 1008 muestras se obtuvo un cumplimiento para el límite (-10%) en la fase 1 de 99.98% en la Fase 2 de 99.96% y en la Fase 3 de 99.97% por lo cual se puede deducir que está en cumplimiento de la norma, en cuanto para el límite (+10) en todas las fases se cumple el 100% ya que ninguna muestra supera el valor límite ya señalado. En las siguientes tablas se hace muestra de lo enunciado.

NIVELES DE TENSION FASE 1			
Limites			
-10 %		10 %	
<114.32		>139.72	
valor medio			
Minimo 93.88 14/06/2011 15:07:00		Máximo 131.41 18/06/2011 08:30:00	
# de muestras mayores al limite			
2		0	
Cumplimiento con la regulación			
Si	No	Si	No
	X	X	
Porcentaje			
99.98%	0.02%	100.00%	0.00%

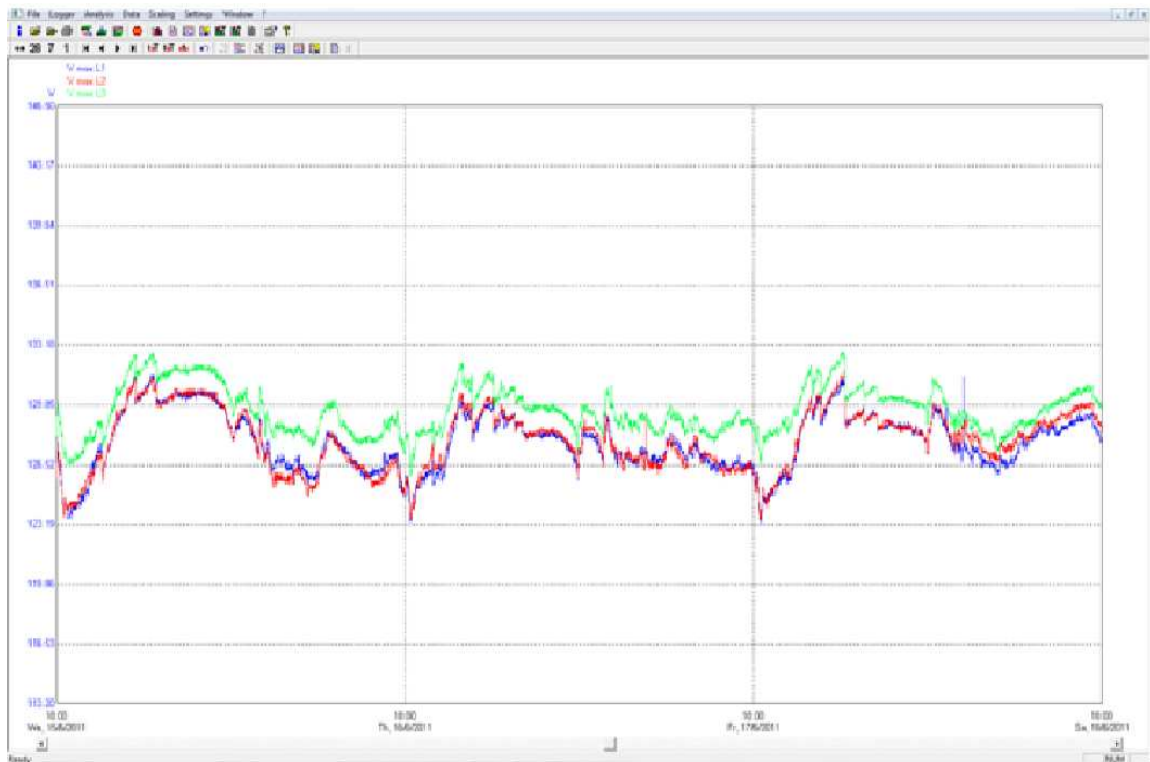
XVI. *Cumplimiento de niveles de tensión Fase 1*

NIVELES DE TENSION FASE 2			
Limites			
-10 %		10 %	
<114.32		>139.72	
valor medio			
Minimo 95.45 18/06/2011 08:30:00		Máximo 131.83 20/06/2011 06:55:00	
# de muestras mayores al limite			
4		0	
Cumplimiento con la regulación			
Si	No	Si	No
	X	X	
Porcentaje			
99.96%	0.04%	100.00%	0.00%

XVII. *Cumplimiento de niveles de tensión Fase 2*

NIVELES DE TENSION FASE 3			
Limites			
-10 %		10 %	
<114.32		>139.72	
valor medio			
Mínimo		Máximo	
83.42		134.24	
17/06/2011		14/06/2011	
10:34:00		15:07:00	
# de muestras mayores al limite			
3		0	
Cumplimiento con la regulación			
Si	No	Si	No
	X	X	
Porcentaje			
99.97%	0.03%	100.00%	0.00%

XVIII. Cumplimiento de niveles de tensión Fase 3



35. Nivel de tensión máxima por fase



36. Nivel de tension minima por fase

5.2.2. Perturbaciones electricas

5.2.2.1.Parpadeo (Flicker)

Referencia: El indice de severidad flicker de corta duracion (Pst), definido de acuerdo a las normas IEC 60868, medida de intervalos de 10 minutos.

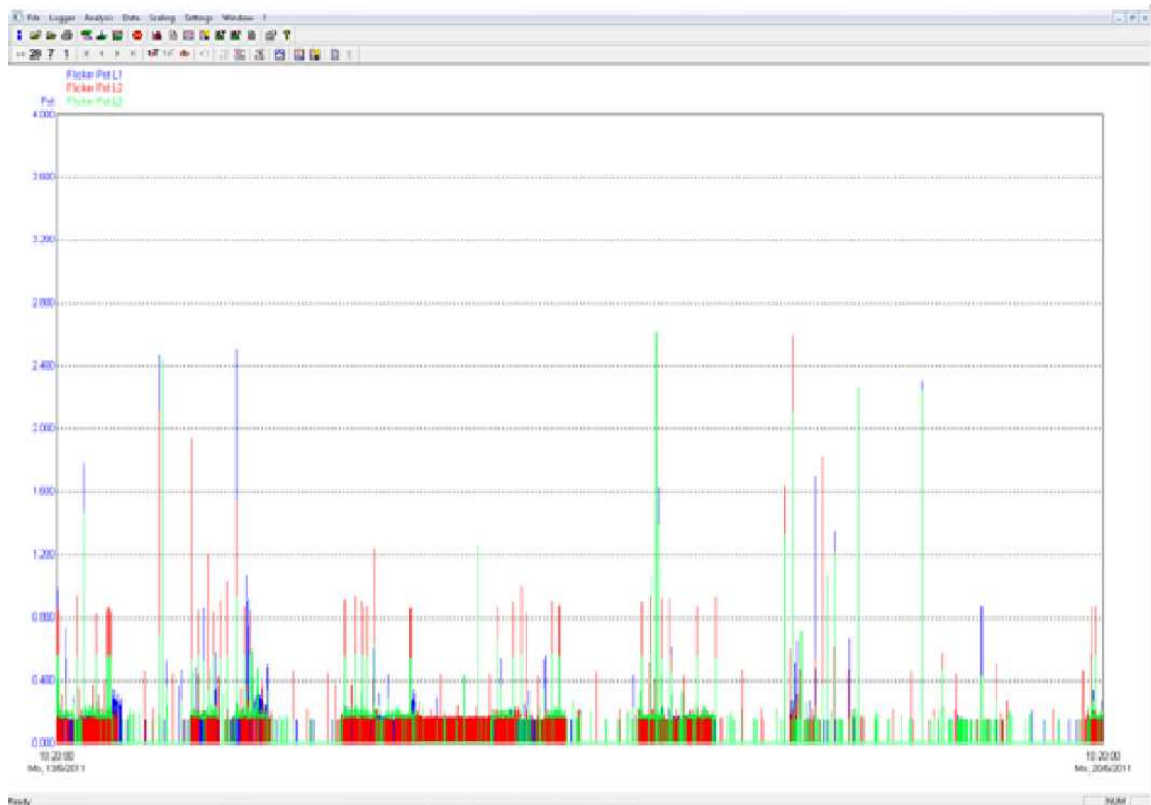
Limites: Se considera el limite $Pst= 1$ como el tope de irritabilidad asociado a la fluctuacion maxima de iluminacion que puede soportar sin molestia el ojo humano, se admite cumplimiento si durante el periodo de medicion nos encontramos dentro del limite admisible durante al menos el 95%(conforme la regulacion N0. 004/01 CONELEC)

Resultados: Del total de 1008 muestras por fase, el cumplimiento es del 99.00% para las Fases 1,2 y 3, lo cual muestra que el cumplimiento de la regulacion es total

FLICKER			
	FASE 1	FASE 2	FASE 3
Limite	1.0000	1.0000	1.0000
Total de muestras	1008	1008	1008
Numero de muestras mayores al limite	10	10	10
Porcentaje de cumplimiento	99.00%	99.00%	99.00%
Valor máximo registrado	2.50	2.59	2.62
Valor minimo registrado	0.14	0.15	0.15
Valor promedio	0.15	0.16	0.19

XIX. Cumplimiento de flicker

Las magnitudes registradas del flicker durante el periodo de medicion se observa en la figura



37. Flicker

5.2.2.2. Armónicos

La distorsión armónica total de tensión THD se mide de acuerdo a los procedimientos especificados en la norma IEC 61000-4-7 en intervalos de medición de diez minutos

Límites: La distorsión armónica total debe ser menor o igual al 8% y las armónicas individuales su cumplimiento debe estar en función de los parámetros que se indican en la tabla siguiente (Regulación No 004/01-CONELEC).

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)
Impares no múltiplos de 3		
5	2.0	6.0
7	2.0	5.0
11	1.5	3.5
13	1.5	3.0
17	1.0	2.0
19	1.0	1.5
23	0.7	1.5
25	0.7	1.5
> 25	$0.1 + 0.6*25/n$	$0.2 + 1.3*25/n$
Impares múltiplos de tres		
3	1.5	5.0
9	1.0	1.5
15	0.3	0.3
21	0.2	0.2
Mayores de 21	0.2	0.2
Pares		
2	1.5	2.0
4	1.0	1.0
6	0.5	0.5
8	0.2	0.5
10	0.2	0.5
12	0.2	0.2
Mayores a 12	0.2	0.5
THD	3	8

XX. Límites de armónicos de tensión regulación CONELEC 004/01

Resultados: los resultados de la distorsión armónica de tensión se presentan a continuación;

ARMONICAS FASE 1							
Limite THDv 8 %	Minimo 1.97	THDv 5.50	Maximo	Numero de muestras mayores al limite			
Cumplimiento con la regulación		Si X		No			
Armónicos individuales							
Impares no múltiplos de 3							
Orden armónico	5	7	11	13	17	19	
Limite	6	5	3.5	3	2	1.5	
Valor medido	4.75	1.92	0.75	0.45	0.34	0.25	
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	
Cumple	X	X	X	X	X	X	
No cumple							
Porcentaje	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	
Orden armónico	23	25	29	31	35	37	
Limite	1.5	1.5	1.32	1.25	1.13	1.08	
Valor medido	0.20	0.15	0.10	0.20	0.10	0.15	
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	
Cumple	X	X	X	X	X	X	
No cumple							
Porcentaje	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	
Impares múltiplos de 3							
Orden armónico	3	9	15	21	27	33	39
Limite	5	1.5	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
Valor medido	4.75	1.15	0.59	0.35	0.20	0.25	0.20
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	0
Cumple	X	X	X	X	X	X	X
No cumple							
Porcentaje	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
Pares							
Orden armónico	2	4	6	8	10	12	14
Limite	2	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Valor medido	0.27	0.10	0.06	0.04	0.02	0.00	0.00
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	0
Cumple	X	X	X	X	X	X	X
No cumple							
Porcentaje	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
Orden armónico	16	18	20	22	24	26	28
Limite	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Valor medido	0.02	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	0
Cumple	X	X	X	X	X	X	X
No cumple							
Porcentaje	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
Orden armónico	30	32	34	36	38	40	42
Limite	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Valor medido	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	0
Cumple	X	X	X	X	X	X	X
No cumple							
Porcentaje	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

XXI. Cumplimiento de la distorsión armónica de tensión Fase 1

ARMONICAS FASE 2							
Limite THDv 8 %	Minimo 2.07	THDv 5.31	Maximo 6.15	Numero de muestras mayores al limite			
Cumplimiento con la regulación		Si X		No			
Armonicos individuales							
Impares no múltiplos de 3							
Orden armónico	5	7	11	13	17	19	
Limite	6	5	3.5	3	2	1.5	
Valor medido	4.01	1.97	0.90	0.45	0.40	0.35	
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	
Cumple	X	X	X	X	X	X	
No cumple							
Porcentaje	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	
Orden armónico	23	25	29	31	35	37	
Limite	1.5	1.5	1.32	1.25	1.13	1.08	
Valor medido	0.34	0.20	0.20	0.30	0.20	0.20	
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	
Cumple	X	X	X	X	X	X	
No cumple							
Porcentaje	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	
Impares múltiplos de 3							
Orden armónico	3	9	15	21	27	33	39
Limite	5	1.5	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
Valor medido	4.41	1.35	0.65	0.35	0.30	0.30	0.15
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	0
Cumple	X	X	X	X	X	X	X
No cumple							
Porcentaje	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
Pares							
Orden armónico	2	4	6	8	10	12	14
Limite	2	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Valor medido	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	0
Cumple	X	X	X	X	X	X	X
No cumple							
Porcentaje	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
Orden armónico	16	18	20	22	24	26	28
Limite	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Valor medido	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	0
Cumple	X	X	X	X	X	X	X
No cumple							
Porcentaje	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
Orden armónico	30	32	34	36	38	40	42
Limite	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Valor medido	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	0
Cumple	X	X	X	X	X	X	X
No cumple							
Porcentaje	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

XXII. Cumplimiento de la distorsión armónica de tensión Fase 2

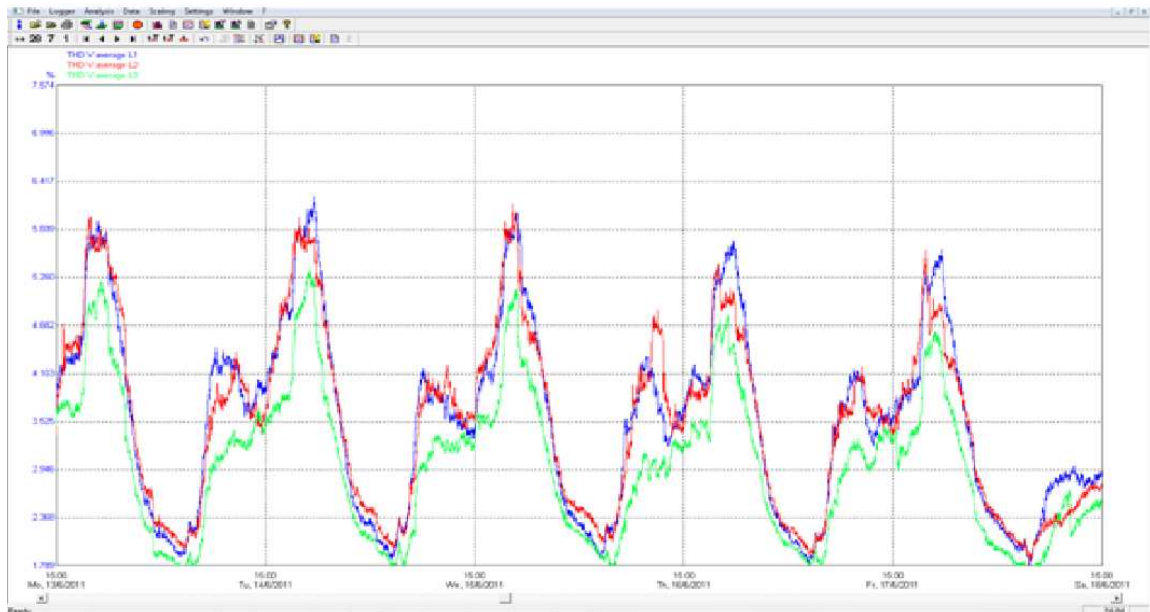
ARMONICAS FASE 3							
Limite THDv 8 %	Minimo 1.80	THDv 4.54	Maximo 5.38	Numero de muestras mayores al limite 0			
Cumplimiento con la regulación		Si X			No		
Armonicicos individuales							
Impares no múltiplos de 3							
Orden armónico	5	7	11	13	17	19	
Limite	6	5	3.5	3	2	1.5	
Valor medido	3.76	1.71	0.75	0.51	0.40	0.25	
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	
Cumple	X	X	X	X	X	X	
No cumple							
Porcentaje	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	
Orden armónico	23	25	29	31	35	37	
Limite	1.5	1.5	1.32	1.25	1.13	1.08	
Valor medido	0.21	0.15	0.15	0.20	0.15	0.10	
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	
Cumple	X	X	X	X	X	X	
No cumple							
Porcentaje	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	
Impares múltiplos de 3							
Orden armónico	3	9	15	21	27	33	39
Limite	5	1.5	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
Valor medido	3.45	1.10	0.46	0.25	0.20	0.20	0.15
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	0
Cumple	X	X	X	X	X	X	X
No cumple							
Porcentaje	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
Pares							
Orden armónico	2	4	6	8	10	12	14
Limite	2	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Valor medido	0.21	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	0
Cumple	X	X	X	X	X	X	X
No cumple							
Porcentaje	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
Orden armónico	16	18	20	22	24	26	28
Limite	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Valor medido	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	0
Cumple	X	X	X	X	X	X	X
No cumple							
Porcentaje	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
Orden armónico	30	32	34	36	38	40	42
Limite	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Valor medido	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Muestra >lim	0	0	0	0	0	0	0
Cumple	X	X	X	X	X	X	X
No cumple							
Porcentaje	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

XXIII. Cumplimiento de la distorsión armónica de tensión Fase 3

THDV FASE 1		
Limite 8%	Muestras mayores al limite 0	
Cumplimiento con la regulaci3n		
Si X	No	
M3nimo	Promedio	M3ximo
1.74	4.045	6.35
THDV FASE 2		
Limite 8%	Muestras mayores al limite 0	
Cumplimiento con la regulacion		
Si X	No	
M3nimo	Promedio	M3ximo
2.06	4.155	6.25
THDV FASE 3		
Limite 8%	Muestras mayores al limite 0	
Cumplimiento con la regulaci3n		
Si X	No	
M3nimo	Promedio	M3ximo
1.88	3.535	5.19

XXIV. Cumplimiento de la distorsi3n arm3nica de tensi3n total

En lo referente a la distorsi3n arm3nica de tensi3n se puede observar que en la fase 1,2 y 3 respectivamente se cumple al 100% la norma ya que ninguno de los valores sobrepasa el l3mite admitido para cada arm3nico seg3n la norma No 004/01 CONELEC para los arm3nicos de tensi3n.



38. THD fases 1, 2 y 3

5.2.3. Factor de potencia

Referencia y Limites: Para efectos de la evaluación de la calidad, el factor de potencia debe ser superior a 0.92 durante el 95% del periodo de medición conforme la regulación No 004/01- CONELEC, cabe indicarse que este es un efecto de la carga, por lo que no se atribuye como consecuencia del servicio otorgado por la EERSSA, sin embargo, es responsabilidad de la misma controlar que se cumpla con las condiciones establecidas.

Resultados: De un total de 1008 muestras por fase, se obtuvo que existe incumplimiento con la norma ya antes mencionado en las 3 fases siendo los porcentajes de incumplimiento de 70.83%, 100.00% y 100.00% respectivamente.

FP FASE 1		
Limite 0.92	Muestras inferiores al limite 714	
Cumplimiento		
Si	No X 70.83%	
Mínimo 0.43	Promedio 0.6	Máximo 0.99

XXV. Cumplimiento del factor de potencia Fase 1

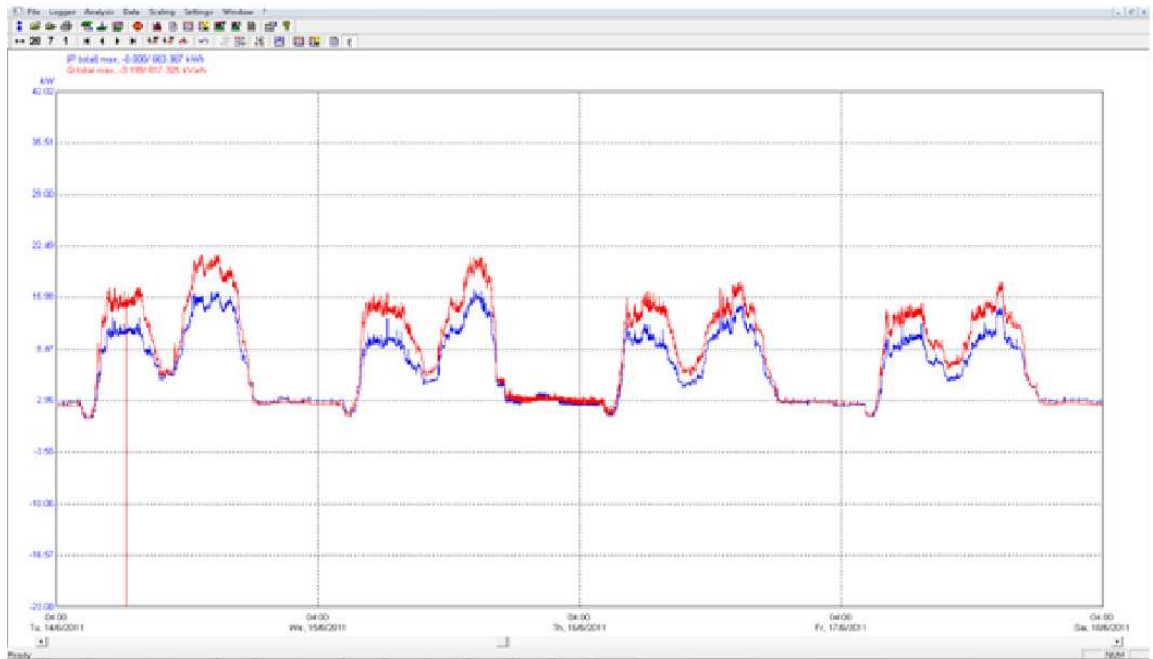
FP FASE 2		
Limite 0.92	Muestras inferiores al limite 1008	
Cumplimiento		
Si	No X 100.00%	
Mínimo 0.31	Promedio 0.6	Máximo 0.84

XXVI. Cumplimiento del factor de potencia Fase 2

FP FASE 3		
Limite 0.92	Muestras inferiores al limite 1008	
Cumplimiento		
Si	No X 100.00%	
Mínimo 0.30	Promedio 0.6	Máximo 0.89

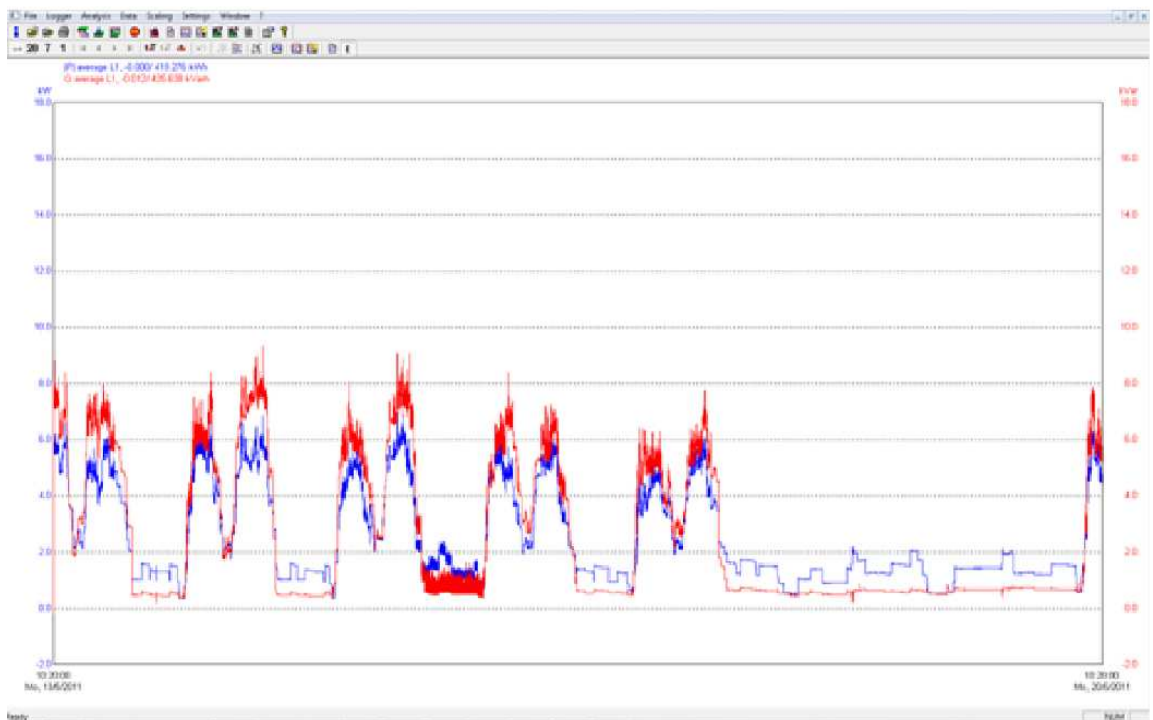
XXVII. Cumplimiento del factor de potencia Fase 3

Las siguientes figuras nos mostraran el comportamiento de la potencia activa (P) y la potencia reactiva (Q) durante el periodo de medición las cuales nos indicaran la causa por la cual el factor de potencia no cumple con las normas establecidas



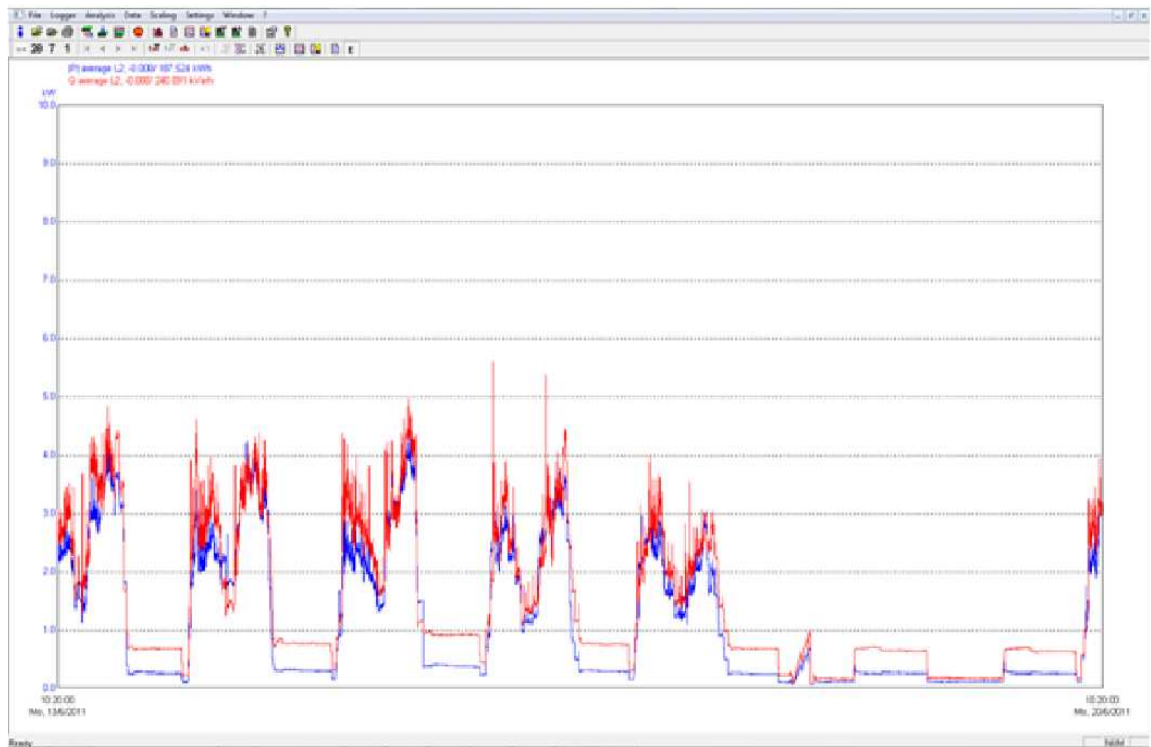
39. Potencia activa y Reactiva total

La siguiente figura muestra el comportamiento de la potencia activa (P) y la potencia reactiva (Q) para la Fase 1 durante el periodo de medición



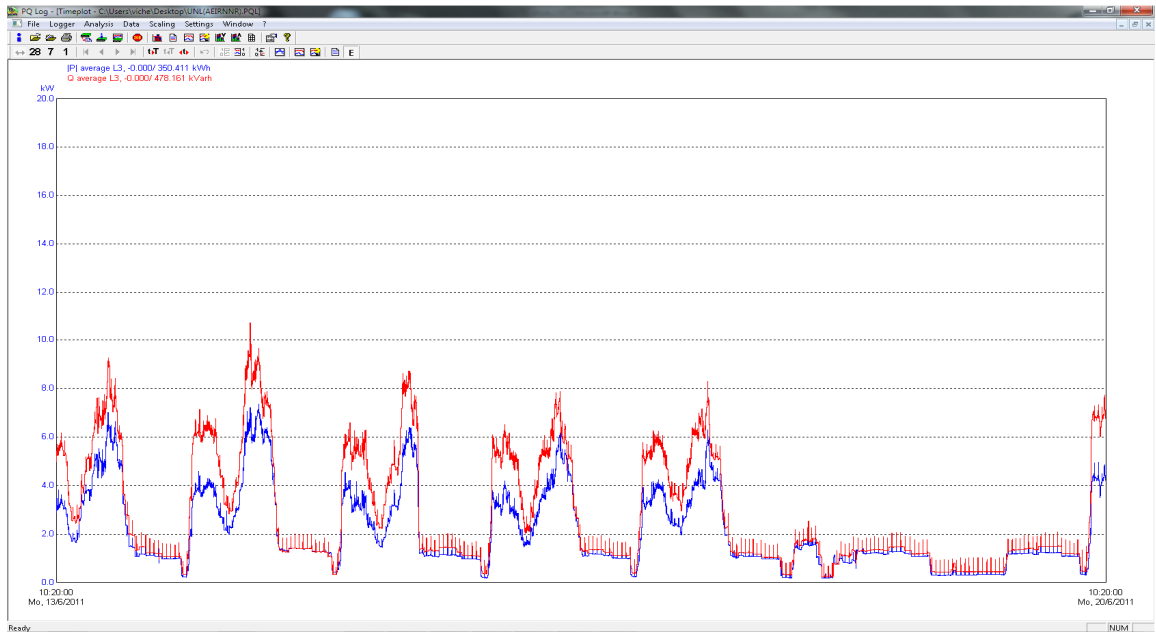
40. Potencia activa y Reactiva Fase 1

La siguiente figura muestra el comportamiento de la potencia activa (P) y la potencia reactiva (Q) para la Fase 2 durante el periodo de medición



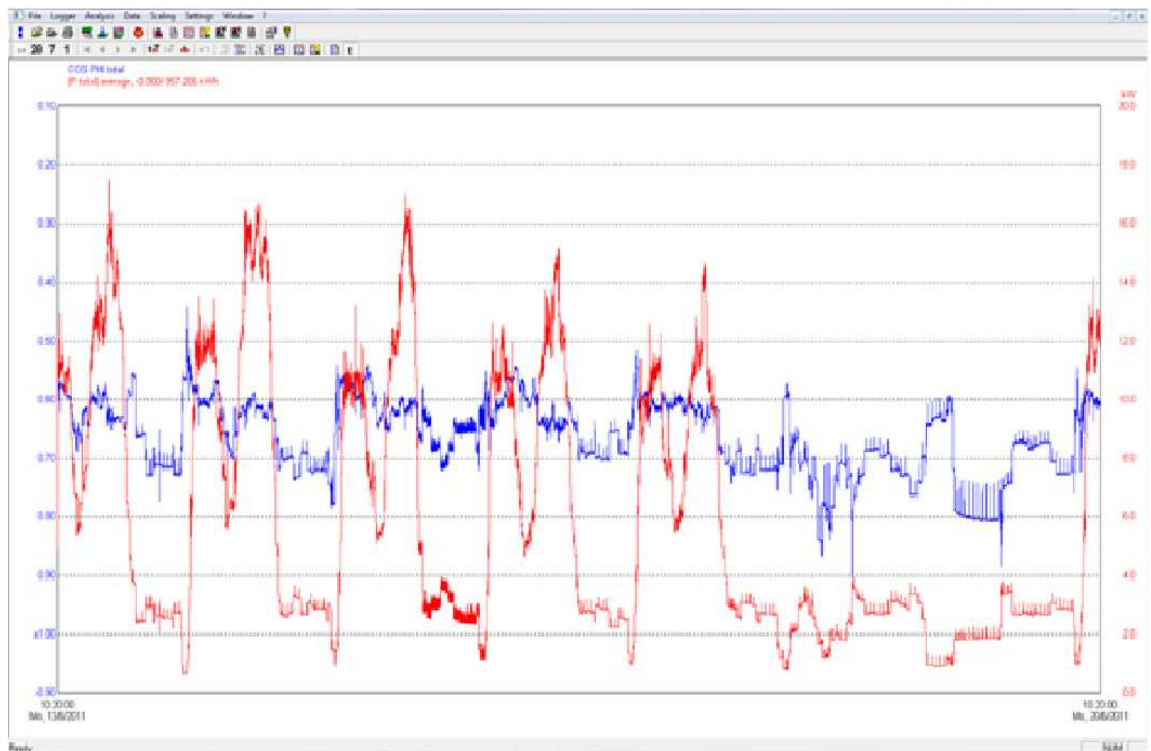
41. Potencia activa y Reactiva Fase 2

La siguiente figura muestra el comportamiento de la potencia activa (P) y la potencia reactiva (Q) para la Fase 3 durante el periodo de medición.



42. Potencia activa y Reactiva Fase 3

Y finalmente en la figura se puede apreciar el comportamiento de la potencia activa y el cos fi total



43. Potencia activa (P) y cos fi total

5.2.4. Cargabilidad

Durante el periodo de medición, los niveles energéticos y de cargabilidad se pueden apreciar en las figuras de potencias totales y de corrientes por fase, los indicadores ligados a los mismos y que se calculan son :

Factor de Carga (FC) : Definido como la demanda media en comparación con la demanda máxima

$$\text{Demanda media} = \frac{\text{energía consumida en el periodo}}{\# \text{ de horas del periodo}}$$

$$\text{Demanda media} = \frac{442.819}{24 * 7} = 2.63 \text{ KVA}$$

Demanda media = 2.63 KVA

Demanda máxima = 3.446 KVA

$$FC = \frac{\text{demanda media}}{\text{demanda maxima}}$$

$$FC = \frac{2.63 \text{ KVA}}{3.446 \text{ KVA}} = 0.76$$

Factor de Utilización: Definido como la demanda máxima en comparación con la capacidad instalada

$$FU = \frac{\text{demanda maxima}}{\text{capacidad instalada}}$$

$$FC = \frac{3.446 \text{ KVA}}{75 \text{ KVA}} = 0.045 = 4.5 \%$$

Factor de cargabilidad media: definido como la demanda media en función de la capacidad instalada

$$FLA = \frac{\text{demanda media}}{\text{capacidad instalada}}$$

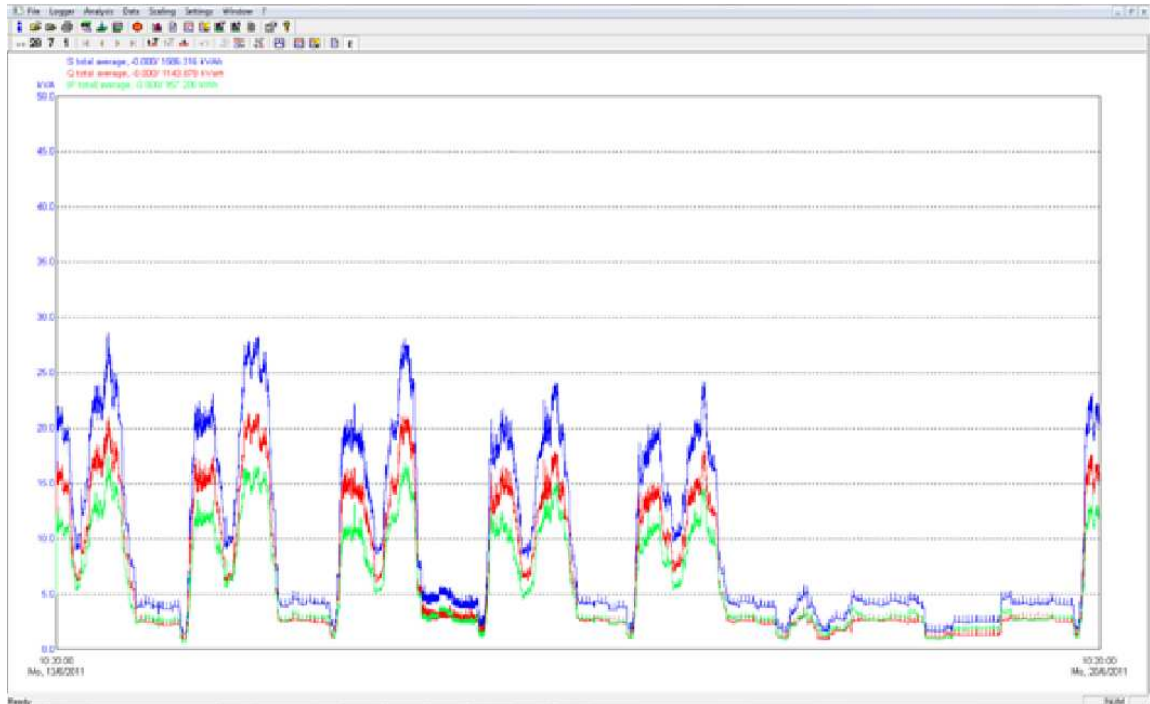
$$FLA = \frac{2.6KVA}{75 KVA} = 0.035 = 3.5 \%$$

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los indicadores mencionados anteriormente

Capacidad Instalada (KVA)	Demanda Media (KVA)	Demanda Máxima (KVA)	Energía Consumida (KWh)	Resultados		
				FC FLA(%)	FU (%)	
75	2.63	3.446	957.206	0.76	4.5 %	3.5 %

XXVIII. Tabla Cargabilidad

En la siguiente grafica se muestra el comportamiento entre la potencia activa (P), potencia reactiva (Q), y potencia aparente (S).



44. Potencia activa (P), Potencia reactiva (Q), y Potencia aparente (S)

5.2.4.1. Niveles de Carga

En la siguiente tabla se presenta un resumen de los niveles de carga registrados durante el periodo de medición, en la misma se observa el valor mínimo, máximo y promedio registrado.

	I min (A)	I max (A)	I prom. (A)
Corriente fase 1	4.64	226.96	80.64
Corriente fase 2	1.41	172.72	67.43
Corriente fase 3	3.37	202.63	77.45

XXIX. Tabla Resumen de corrientes por fase

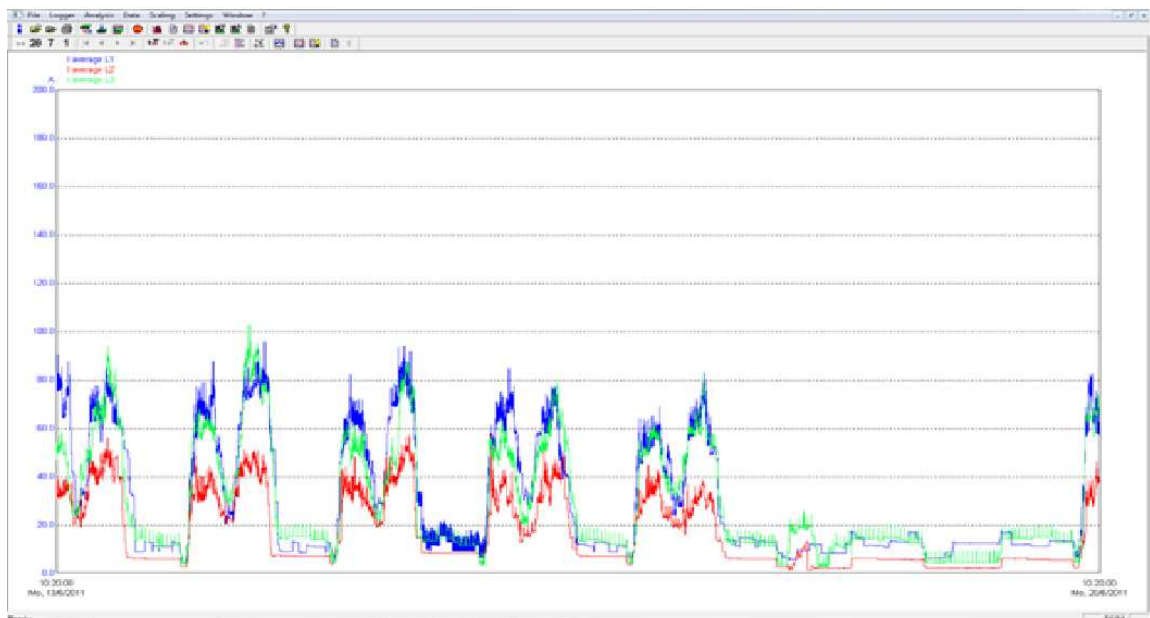
En la tabla XXIX. se resume parámetros de los niveles de corrientes medidos. Se ha calculado el desbalance de carga tomando como referente la corriente promedio, aquí se observa que existe desbalance de fases durante la semana de medición, parámetro que nos recomienda que se puede mejorar realizando cambio de determinadas cargas ya que el resultado de estas nos arroja el siguiente porcentaje de desbalance entre fases:

$$\text{desbalance entre fases} = \frac{r_{\text{fase mayor}} - \text{fase menor}}{\text{fase mayor}} * 100$$

Fases 1-2 = 16.38 %

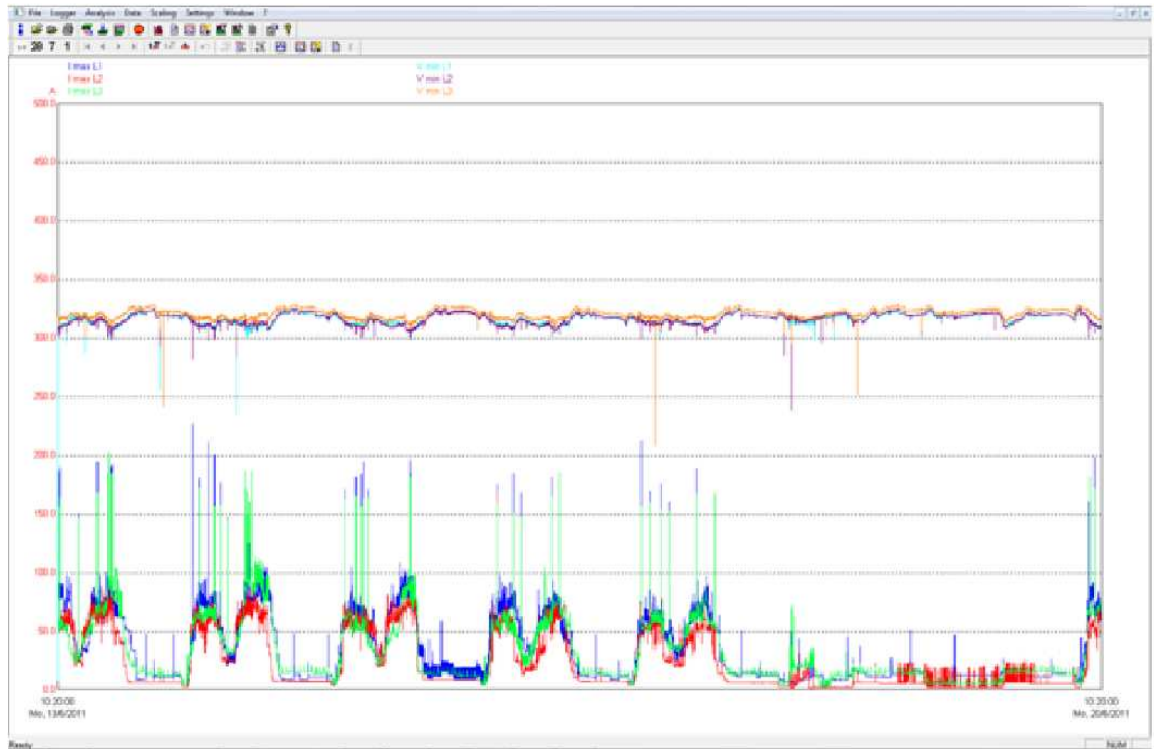
Fases 1-3 = 3.95 %

Fases 2-3 = 12.93 %



45. Nivel de corriente promedio por fase

El análisis entre V_{\min} e I_{\max} es una herramienta que nos sirve para observar gráficamente si la tensión disminuye o no cuando una carga se conecta en el circuito en el caso del Área de energía sucede en una pequeña proporción cuando se comienza con la jornada laboral a las 8:00 am y en el caso particular cuando entra a funcionar la biblioteca pero se puede llegar a concluir que la carga si aporta en las caídas de tensión.



46. Analisis entre V_{min} y I_{max} de las tres Fases

5.2.5. Análisis del nivel de armónicos según la norma internacional IEEE-519

Distorsión de Voltaje

Distorsiones < 5% son recomendables

Distorsiones de voltaje por arriba del 5% provocan efectos negativos en motores, transformadores, relevadores, medidores, etc.

Distorsiones arriba del 10% son **INACEPTABLES**

El Estándar IEEE-519 recomienda que las compañías suministradoras mantengan los niveles de distorsión de voltaje de acuerdo a la tabla de la siguiente página y que los clientes mantengan la inyección de corriente debajo de valores que dependen de la rigidez del sistema.

Los límites establecidos para la corriente son fijados de tal manera que si todos los usuarios los respetan, la compañía suministradora puede mantener la distorsión por debajo de los límites marcados por el estándar

Límites en distorsión de voltaje

Bus voltaje at PCC (Vn)	Individual harmonic Voltage Distorsion (%)	Total Voltage Distorsion – THD (%)
$V_n \leq 69 \text{ kV}$	3.0	5.0
$69 \text{ kV} < V_n \leq 161 \text{ kV}$	1.5	2.5
$V_n > 161 \text{ kV}$	1.0	1.5

XXX. Límites en distorsión de voltaje IEE-519

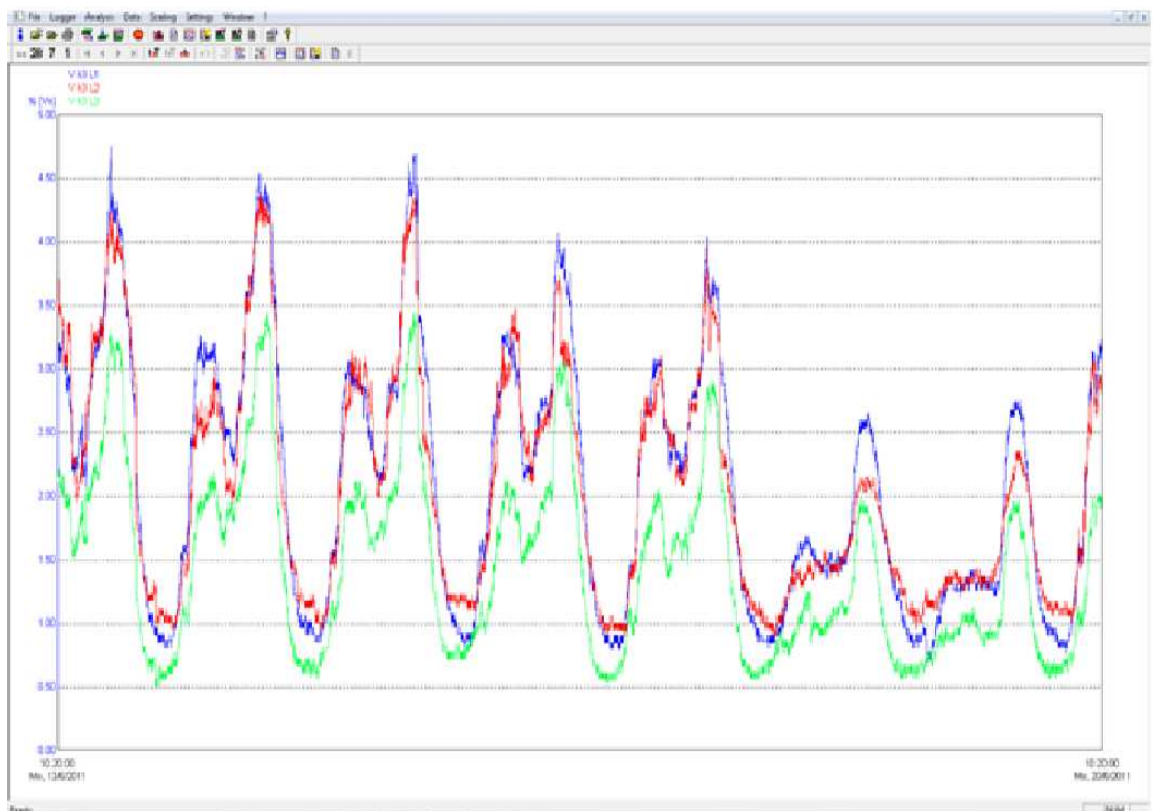
IL	$V_n \leq 69 \text{ kV}$					TDD
	$h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	
< 20	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20-50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50-100	10.00	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100-1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

XXXI. Límites en distorsión de voltaje IEE-519

5.2.5.1. Análisis de armónicos de tensión (THDV) según la norma IEEE-519

Para el análisis de los armónicos de tensión se han tomado en cuenta los armónicos de 3, 5 orden ya que son los de valor significativo y los que pueden estar alterando el sistema eléctrico del área.

5.2.5.1.1. Armónico de orden 3



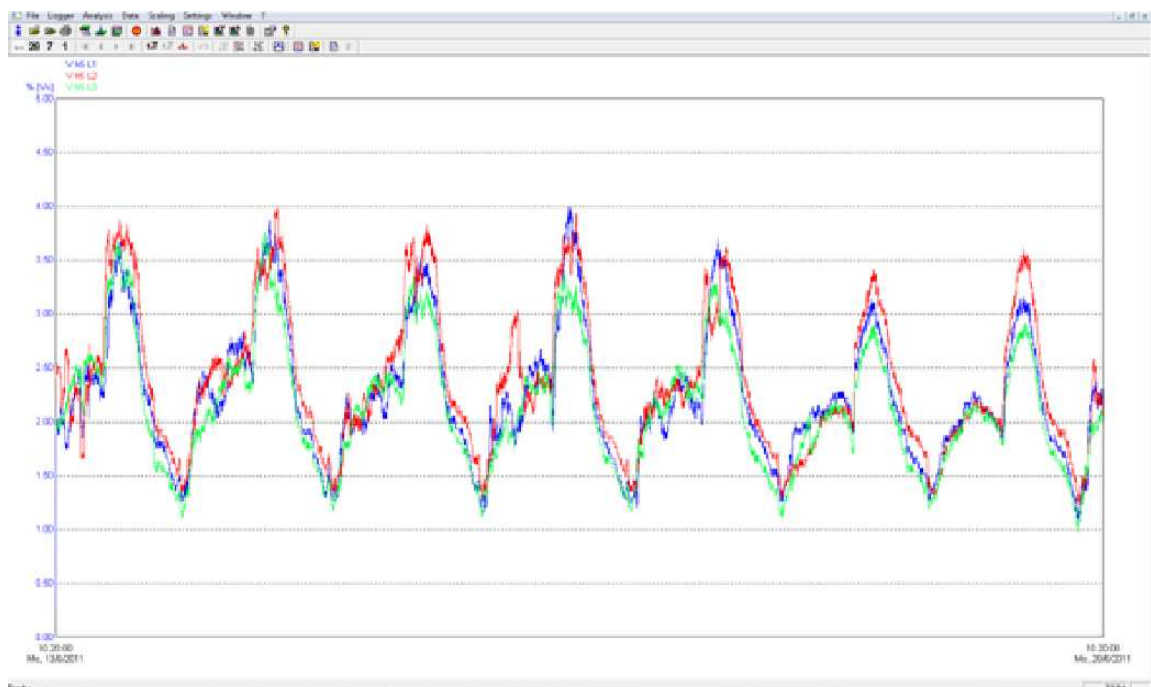
47. Valores de la armónica de orden 3 en el periodo de medición

Armónica de orden 3		
Limite 3.00%	Muestras superiores al limite 390	
Cumplimiento		
Si 61.31 %	No 38.69 %	
Mínimo 0.46 %	Promedio 3.90 %	Máximo 4.75%

XXXII. Cumplimiento THDV3 según IEEE-519

Según las mediciones obtenidas por el analizador de redes en el tiempo establecido de medición y según la norma IEE-519 el porcentaje de distorsión armónica de voltaje en la armónica de orden 3, no cumple con los valores límite asignados del 3 % (V_n) en un 54.16 %.

5.2.5.1.2. Armónica de orden 5

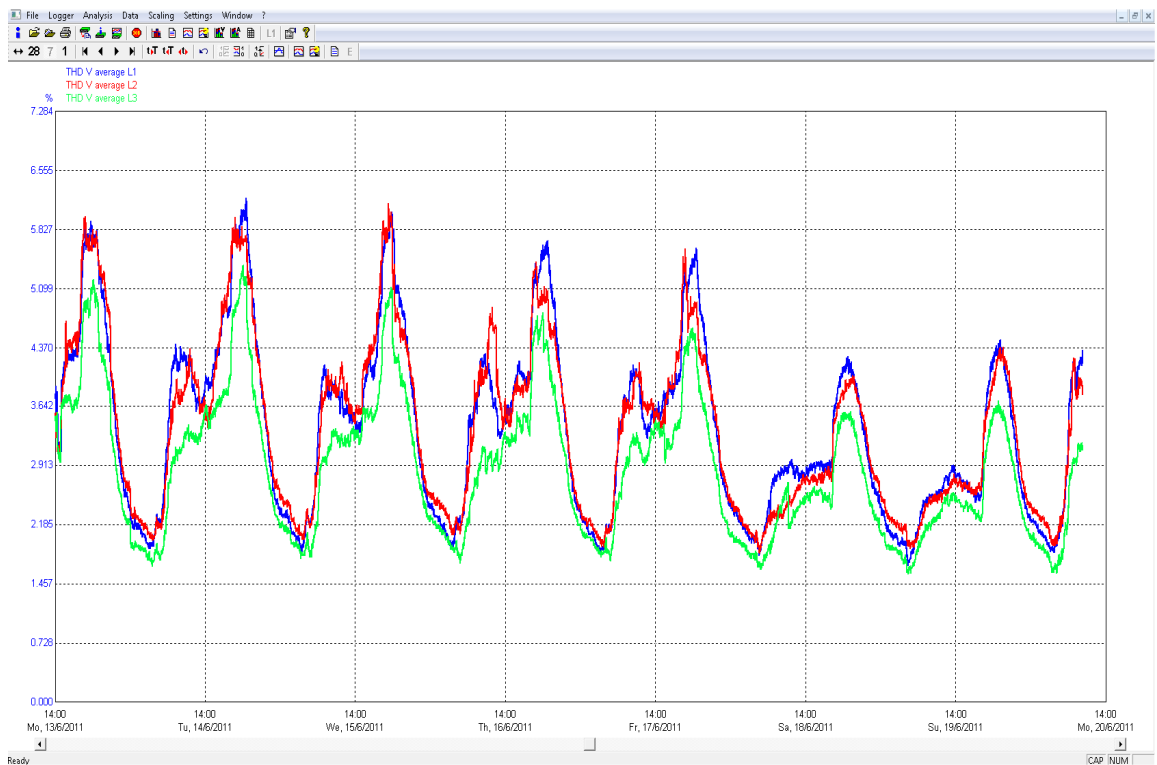


48. Valores de la armónica de orden 5 en el periodo de medición

Armónica de orden		
Limite 3.00%	Muestras superiores al limite 294	
Cumplimiento		
Si 70.84 %	No 29.16 %	
Mínimo 0.25 %	Promedio 2.50 %	Máximo 3.99%

XXXIII. Cumplimiento THDV5 según IEEE-519

5.2.5.2. Distorsión armónica total de voltaje por fase



49. DISTORCION ARMONICA TOTAL DE TENSION

THD Fase 1		
Limite 5.00%	Muestras superiores al limite 157	
Cumplimiento		
Si 84.38%	No 15.62 %	
Mínimo 1.68 %	Promedio 4.30 %	Máximo 6.22%

XXXIV. Cumplimiento THDV total Fase 1 según IEEE-519

THD Fase 2		
Limite 5.00%	Muestras superiores al limite 90	
Cumplimiento		
Si 98.22 %	No 1.78%	
Mínimo 1.83%	Promedio 4.20 %	Máximo 6.15%

XXXV. Cumplimiento THDV total Fase 2 según IEEE-519

THD Fase 3		
Limite 5.00%	Muestras superiores al limite 36	
Cumplimiento		
Si 99.8 %	No 0.2 %	
Mínimo 1.58%	Promedio 3.50 %	Máximo 5.38%

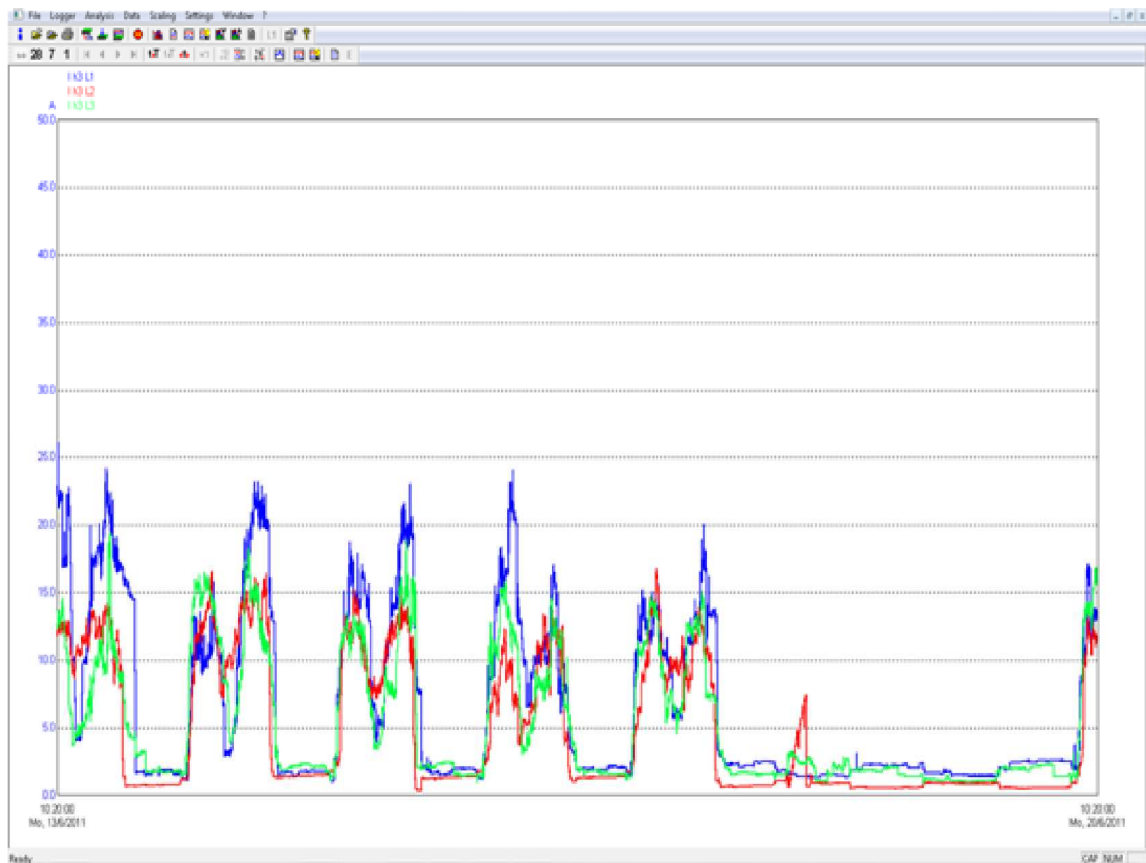
XXXVI. Cumplimiento THDV total Fase 3 según IEEE-519

5.2.5.3. Análisis de armónicos de corriente (THDI) según la norma IEE-519

En el análisis de los armónicos de tensión, se tomaron en cuenta los de orden 3,5,7,9 ya que son los de valor significativo y estos tienen que estar por debajo del 12% (13.2A) permitido por la norma y los valores de la distorsión armónica de corriente total para las 3 fases que tienen que estar hasta el 15 % (16.2A) del valor de la corriente nominal.

5.2.5.3.1. Armónicos de corriente por fase (THDI)

5.2.5.3.1.1. THDI 3

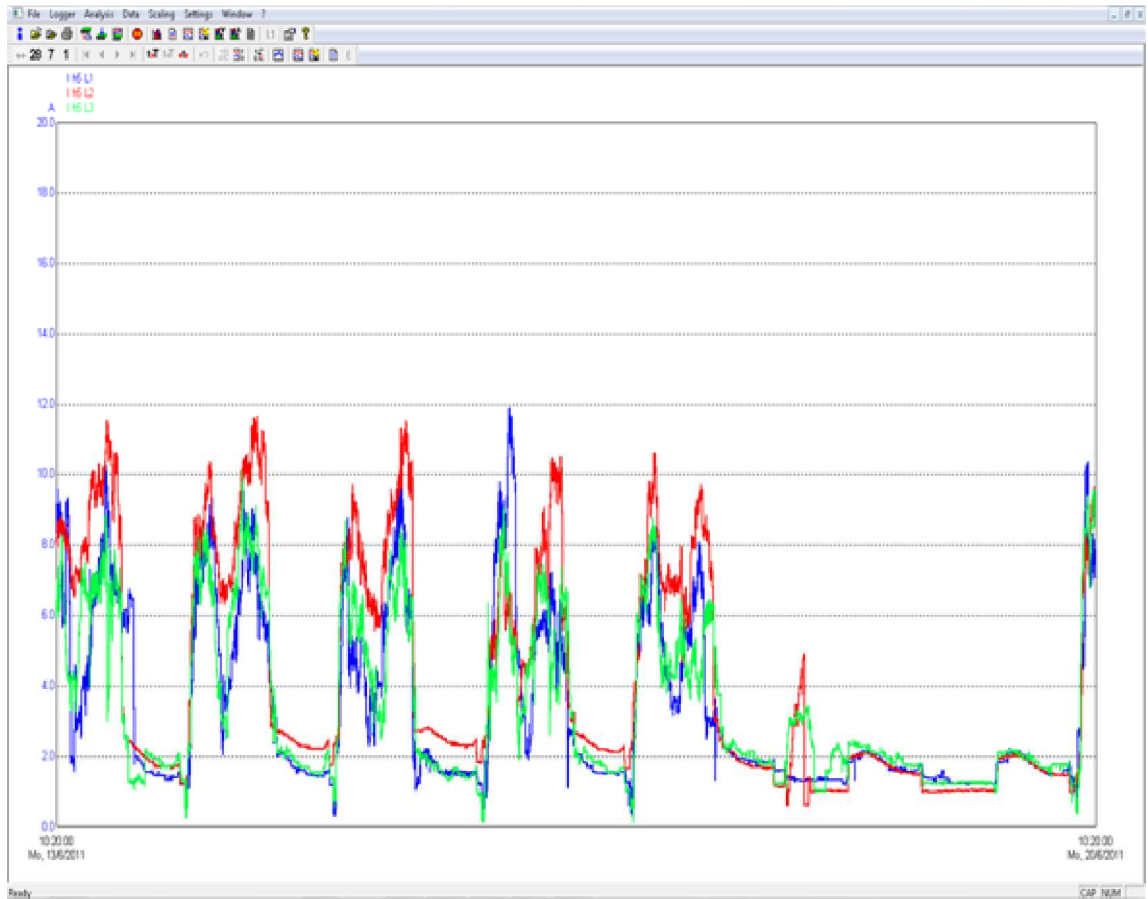


50. Valores de la armónica de orden 3 de corriente en el periodo de medición

THDI Fase 1		
Limite 13.2 A	Muestras superiores al limite 330	
Cumplimiento		
Si 70.23 %	No 29.76 %	
Mínimo 1.01 A	Promedio 20 A	Máximo 24.18
THDI Fase 2		
Limite 13.2 A	Muestras superiores al limite 330	
Cumplimiento		
Si 70.23 %	No 29.76 %	
Mínimo 0.33 A	Promedio 13.43	Máximo 16.76
THDI Fase 3		
Limite 13.2 A	Muestras superiores al limite 330	
Cumplimiento		
Si 70.23 %	No 29.76 %	
Mínimo 0.91 A	Promedio 14.45 A	Máximo 19.36

XXXVII. Cumplimiento armónicos de corriente de orden 3

5.2.5.3.1.2.THDI 5

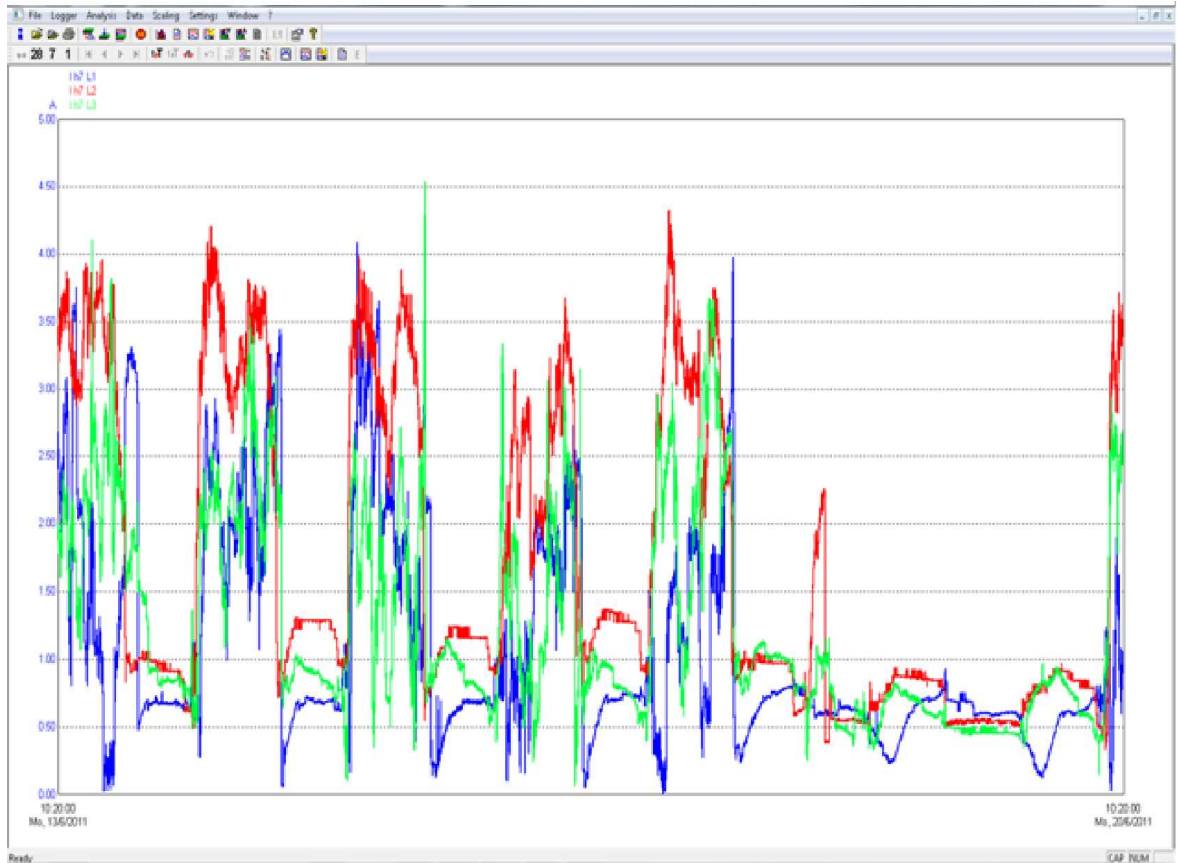


51. Valores de la armónica de orden 5 de corriente en el periodo de medición

THDI Fase 1		
Limite 13.2 A	Muestras superiores al limite 0	
Cumplimiento		
Si 100 %	No X	
Mínimo 0.31 A	Promedio 8.23 A	Máximo 11.90
THDI Fase 2		
Limite 13.2 A	Muestras superiores al limite 0	
Cumplimiento		
Si 100 %	No X	
Mínimo 0.61 A	Promedio 9.97 A	Máximo 11.67 A
THDI Fase 3		
Limite 13.2 A	Muestras superiores al limite 0	
Cumplimiento		
Si 100 %	No X	
Mínimo 0.13 A	Promedio 7.80 A	Máximo 10.10 A

XXXVIII. Cumplimiento armónicos de corriente de orden 5

5.2.5.3.1.3.THDI 7

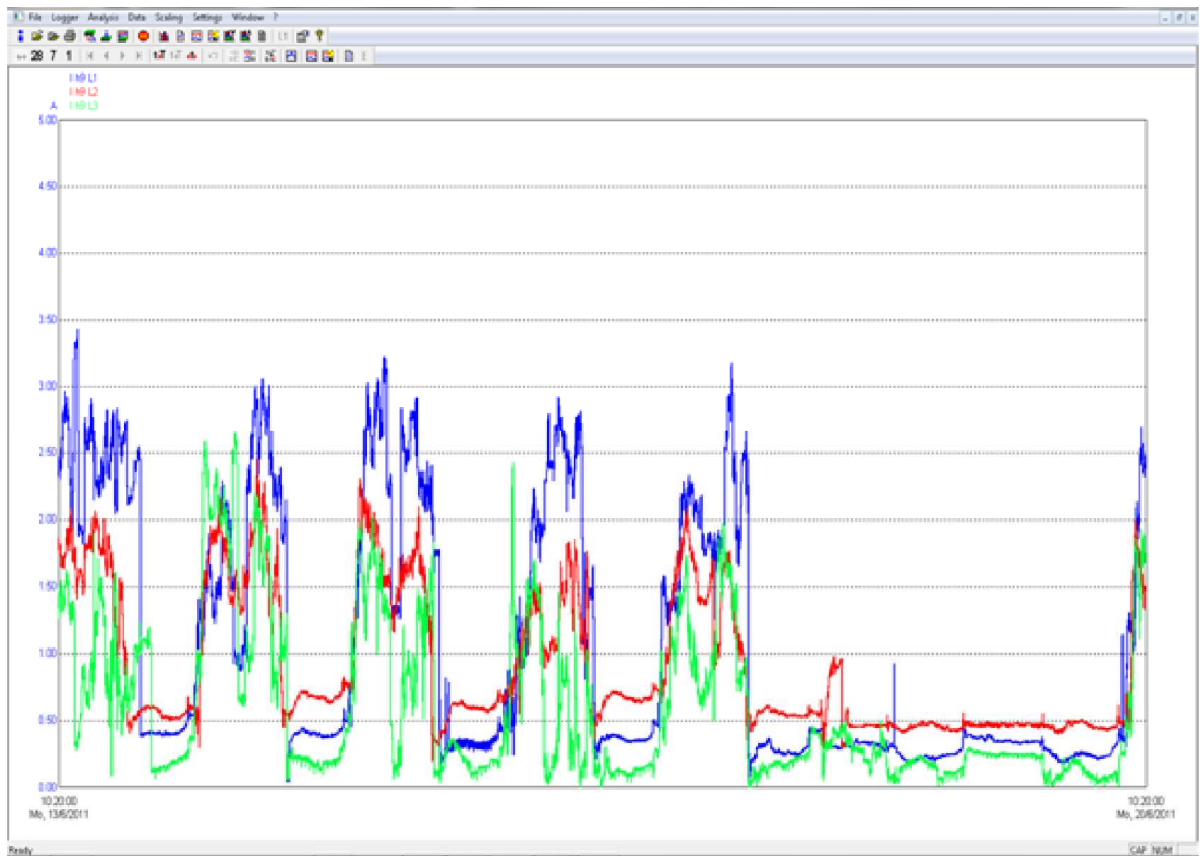


52. Valores de la armónica de orden 7 de corriente en el periodo de medición

THDI Fase 1		
Limite 13.2 A	Muestras superiores al limite 0	
Cumplimiento		
Si 100 %	No X	
Mínimo 0.00 A	Promedio 2.84 A	Máximo 4.09 A
THDI Fase 2		
Limite 13.2 A	Muestras superiores al limite 0	
Cumplimiento		
Si 100 %	No X	
Mínimo 0.33 A	Promedio 3.65 A	Máximo 4.32 A
THDI Fase 3		
Limite 13.2 A	Muestras superiores al limite 0	
Cumplimiento		
Si 100 %	No X	
Mínimo 0.06 A	Promedio 2.70 A	Máximo 4.54 A

XXXIX. Cumplimiento armónicos de corriente de orden 7

5.2.5.3.1.4.THDI 9

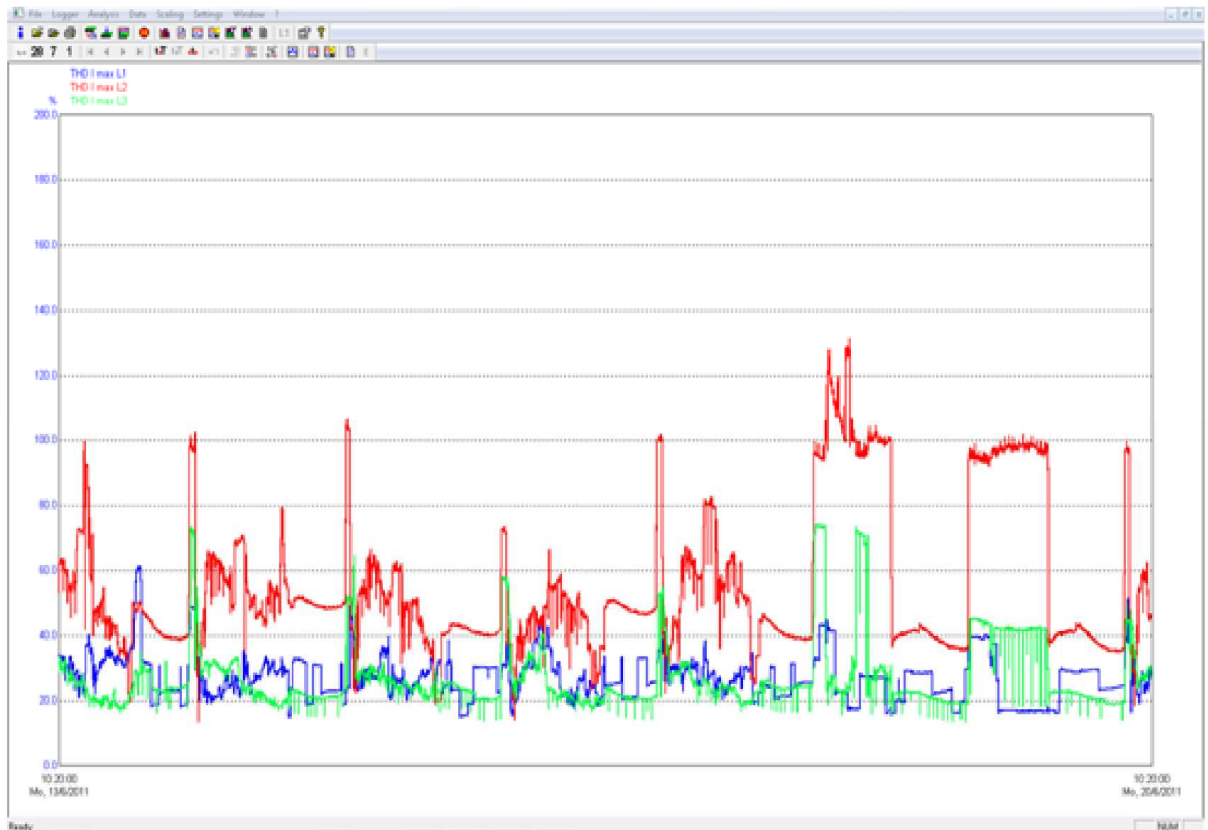


53. Valores de la armónica de orden 9 de corriente en el periodo de medición

THDI Fase 1		
Limite 13.2 A	Muestras superiores al limite 0	
Cumplimiento		
Si 100 %	No X	
Mínimo 0.04 A	Promedio 2.74 A	Máximo 3.43 A
THDI Fase 2		
Limite 13.2 A	Muestras superiores al limite 0	
Cumplimiento		
Si 100 %	No 0	
Mínimo 0.20 A	Promedio 2.46 A	Máximo 1.90A
THDI Fase 3		
Limite 13.2 A	Muestras superiores al limite 0	
Cumplimiento		
Si 100 %	No X	
Mínimo 0.00 A	Promedio 1.81 A	Máximo 2.65 A

XL. Cumplimiento armónicos de corriente de orden 9

5.2.5.3.2. Armónicos de corriente totales por fase (THDI) total



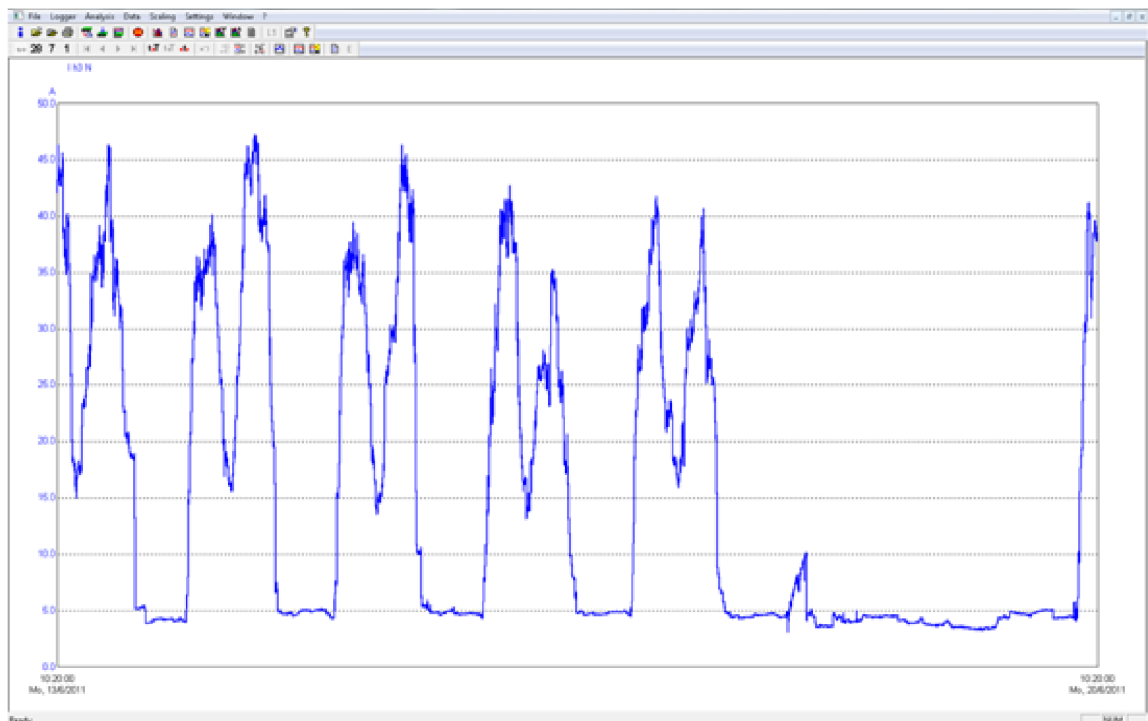
54. Valores de la distorsión armónica total de corriente en el periodo de medición

THDI (total) Fase 1		
Limite 15 %	Muestras superiores al limite 72	
Cumplimiento		
Si 7.14 %	No 92.86 %	
Mínimo 10.64 %	Promedio 39.16 %	Máximo 60.25 %
THDI (total) Fase 2		
Limite 15 %	Muestras superiores al limite 3	
Cumplimiento		
Si 0.1999 %	No 99.80 %	
Mínimo 13.24 %	Promedio 99.46 %	Máximo 131.53 %
THDI (total) Fase 3		
Limite 15 %	Muestras superiores al limite 0	
Cumplimiento		
Si X	No 100 %	
Mínimo 15.24 %	Promedio 44.61 %	Máximo 74.22 %

XLI. Cumplimiento distorsión armónica total de corriente

5.2.5.4. Presencia del tercer armónico presente en el conductor neutro.

En un sistema trifásico conectado en estrella, la corriente en el conductor neutro es la suma vectorial de las tres corrientes de línea. Con un sistema de corrientes trifásico equilibrado y senoidal esta suma es cero en cualquier momento y, por ello, la corriente en el neutro es cero.

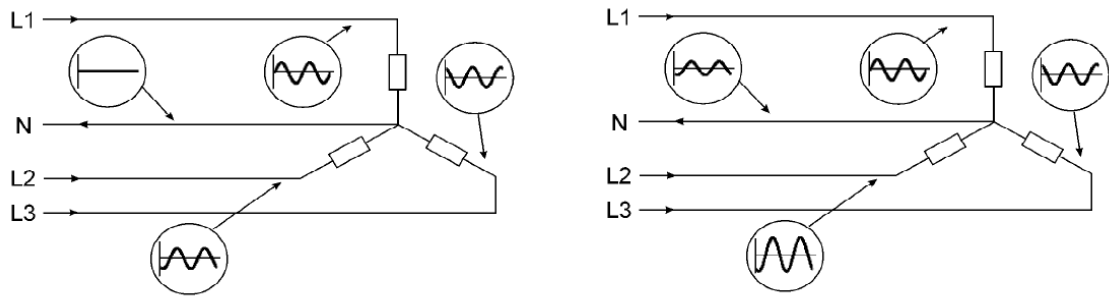


55. THDI 3 en el conductor neutro

Los datos obtenidos por el analizador de redes para el tercer armónico en el conductor neutro están dados en % del valor de la corriente nominal

Mínimo	Promedio	Máximo
2.82 %	36.15 %	47.94 %

En un sistema de potencia trifásico, que alimenta cargas lineales monofásicas, la corriente en el conductor neutro raramente es cero, porque la carga en cada fase es diferente. Normalmente la diferencia es pequeña y en cualquier caso, es bastante menor que las corrientes de línea



Carga equilibrada la corriente es cero y una carga trifásica desequilibrada no es cero

Cuando se alimentan cargas no lineales, incluso si la carga está bien equilibrada en todas las fases, es probable que exista una corriente importante en el conductor neutro. Con corrientes no senoidales, la suma de las tres corrientes de línea, incluso con el mismo valor eficaz, puede ser diferente de cero. Por ejemplo, las corrientes con valores eficaces iguales y forma cuadrada dan como resultado una corriente significativa en el neutro.

5.3. Análisis de los circuitos secundarios del banco de transformadores del AEIRNNR obtenidos con el registrador de potencia power metrel

5.3.1. CIRCUITO # 1 (correspondiente al bloque 6)

Del circuito 1, con un total de 78 muestras sale la alimentación para el bloque 6 que en su mayoría está compuesto por aulas y dos laboratorios (automatización y telecomunicaciones), este bloque está en una conexión bifásica para su respectivo funcionamiento está conectado a la fase 1 y 3 y el conductor a neutro las pruebas se las realizo con el analizador de redes portable de la marca metrel, la observación principal de la acometida principal de este edificio es que no cuenta con una protección o breaker en la acometida principal por lo cual hubo dificultad en la toma de las muestras para verificar los niveles de tensión, corriente, potencia consumida, factor de potencia y perturbaciones eléctricas que pueden estarse generando en este edificio

Los resultados obtenidos se muestran a continuación regidos por la norma nacional del CONELEC 004/01 y para los armónicos de corriente según la IEE-519 ya antes mencionadas.

NIVELES DE TENSION FASE 1			
Limites			
-10 %		10 %	
<114.32		>139.72	
valor medio			
Mínimo	Máximo		
119.80	132.10		
10:18:38	17:48:38		
19/07/2011	19/07/2011		
# de muestras mayores al limite			
0		0	
Cumplimiento con la regulación			
Si	No	Si	No
X		X	
Porcentaje			
100.00%	0.00%	100.00%	0.00%

NIVELES DE TENSION FASE 3			
Limites			
-10 %		10 %	
<114.32		>139.72	
valor medio			
Mínimo	Máximo		
111.80	125.80		
10:18:00	13:18:38		
19/07/2011	19/07/2011		
# de muestras mayores al limite			
0			
Cumplimiento con la regulación			
Si	No	Si	No
	X	X	
Porcentaje			
100.00%	0.00%	100.00%	0.00%

XLII. Cumplimiento de niveles de tensión circuito 1

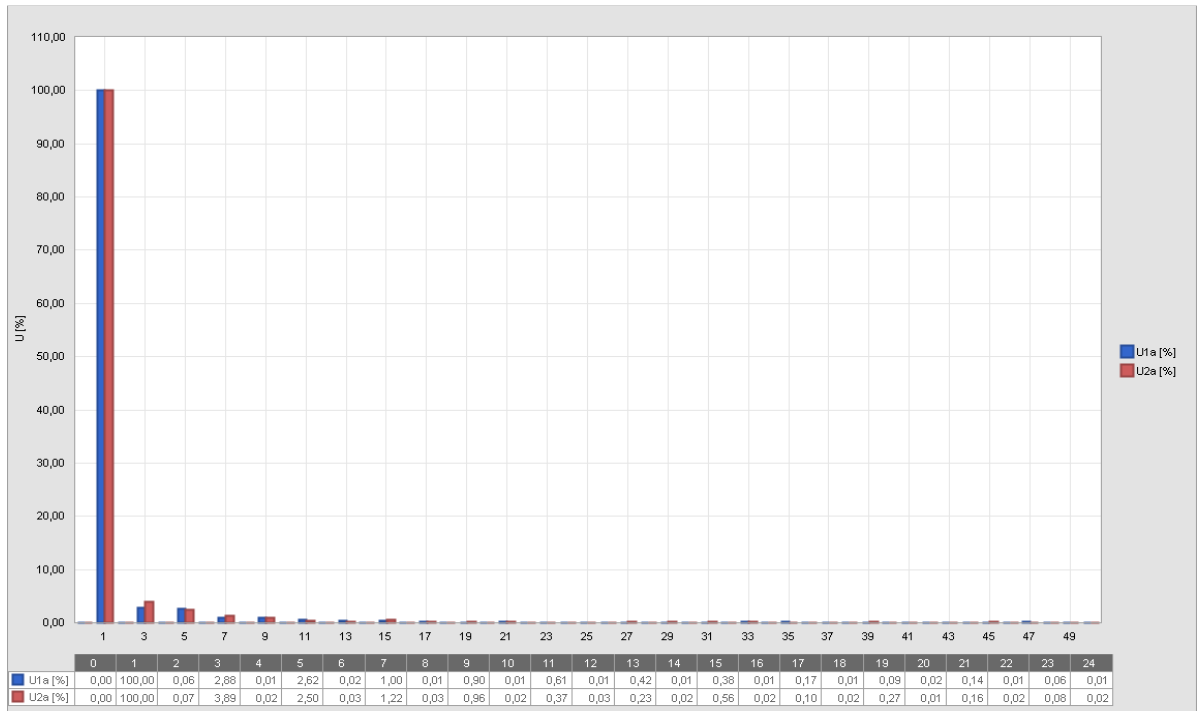
5.3.1.1. Distorsión armónica de tensión

Para la medición de los armónicos de tensión en cada uno de los circuitos correspondientes al banco de transformadores se tomaron las muestras cuando cada edificio está en su carga máxima y así poder verificar en qué porcentaje sobre el nivel de tensión nominal se encuentran.

Armónicos de voltaje Circuito # 1 en % Vn		
Orden de armónico	Fase 1	Fase 2
3	2.88	3.89
5	2.62	2.50
7	1.00	1.22
9	0.90	0.96
11	0.61	0.37
THDV TOTAL	4.21	4.95

XLIII. Cumplimiento de la distorsión armónica de tensión circuito 1

Según los datos obtenidos para el circuito # 1, que comprenden al bloque 6 la distorsión armónica de tensión para el orden 3, 5, 7, 8 y 11 que se han tomado en este caso ya que son los de valor significativo cumplen al 100 % con los estándares establecidos por la norma 004/01 del CONELEC.



56. Distorsión armónica de tensión circuito 1

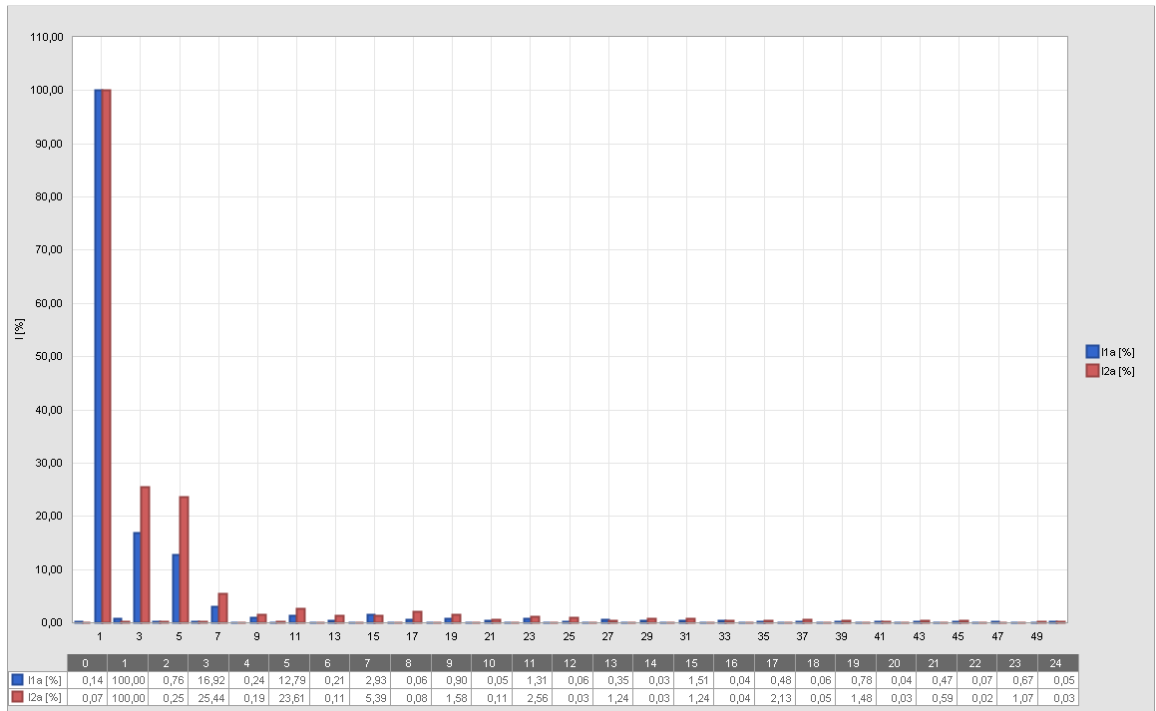
5.3.1.2. Distorsión armónica de corriente

Armónicos de corriente Circuito # 1 en % In		
Orden de armónico	Fase 1	Fase 2
3	16.92	25.44
5	12.97	23.61
7	2.93	5.39
9	0.90	1.58
11	1.31	2.56
THDI TOTAL	21.59	35.45

XLIV. Cumplimento de la distorsión armónica de corriente circuito 1

Según los datos obtenidos para la distorsión armónica de corriente en el orden de las armónicas 3 y 5 los valores obtenidos no cumplen con la norma IEE-519, la cual establece

que no tienen que sobrepasar el 12 % del valor nominal de la corriente. Así mismo los valores de distorsión armónica de corriente total para cada fase no cumplen con la norma mencionada, ya que esta da un margen del 15 % del valor de la corriente nominal y estos valores están sobrepasados con un valor considerable.



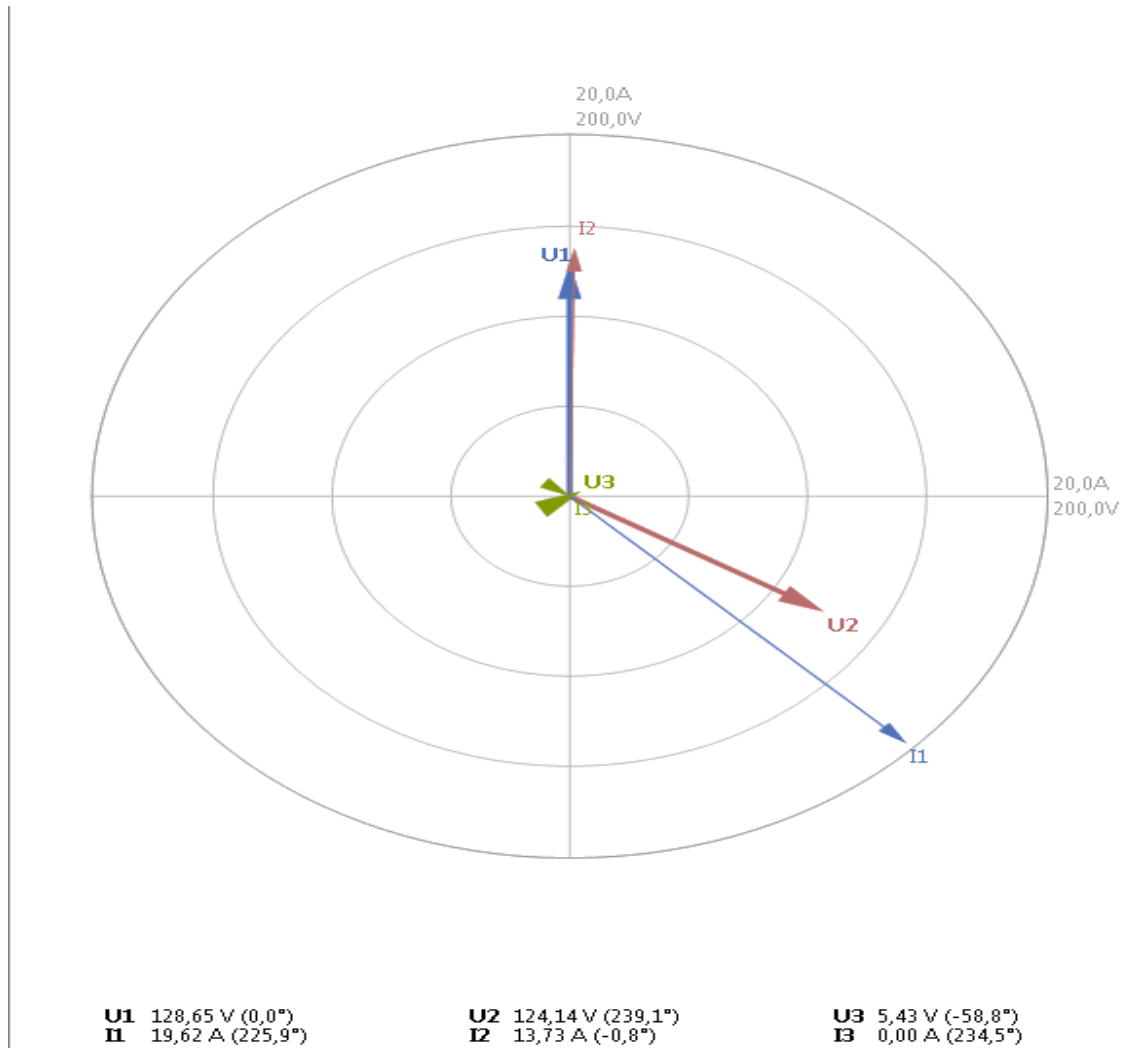
57. Distorsión armónica de corriente circuito 1

5.3.1.3. Factor de potencia

FP FASE 1		
Limite 0.92	Muestras inferiores al limite 37	
Cumplimiento		
Si 52.56 %	No 47.43 %	
Mínimo 0.82	Promedio 0.91	Máximo 0.96
FP FASE 2		
Limite 0.92	Muestras inferiores al limite 70	
Cumplimiento		
Si 10.25 %	No 89.74 %	
Mínimo 0.65	Promedio 0.90	Máximo 0.96

XLV. Cumplimiento factor de potencia circuito 1

5.3.1.4. Cargabilidad



58. Diagrama de desbalance de corriente y voltaje

	I min (A)	I max (A)	I prom. (A)
Corriente fase 1	0.79	16.58	8.68
Corriente fase 2	2.51	60.69	9

	% DESBALANCE
LI-L3	3.5 %

XLVI. Valores máximos, mínimos y promedios de corrientes por fase y % de desbalance

5.3.2. CIRCUITO # 2 (correspondiente al bloque 5 biblioteca y aula magna)

Del circuito 2, con un total de 62 muestras sale la alimentación para el bloque 5, el mismo que está compuesto por la biblioteca del Área de Energía, 6 aulas en el segundo piso donde funcionan las carreras de electromecánica, sistemas y electrónica, y en el tercer piso se encuentra el aula magna y dos aulas de postgrado, para la biblioteca existe un tablero especial solo de tomacorrientes para la respectiva conexión de las computadoras y para cada piso existe un subtablero correspondiente en el cual comprenden la iluminación para cada aula, este bloque está en una conexión bifásica para su respectivo funcionamiento está conectado a la fase 1 y 2 y el conductor a neutro, las pruebas se las realizo con el analizador de redes portable de la marca metrel, las principales observaciones, son de que este edificio no tiene un tablero general de donde, simplemente subtableros de división por cada piso, por lo cual las pruebas se las realizo en el pozo de acometidas que se encuentra en la parte posterior del edificio en la cual se verifico los niveles de tensión, corriente, potencia consumida, factor de potencia y perturbaciones eléctricas que pueden estarse generando en este edificio y que se detallan a continuación.

NIVELES DE TENSION FASE 1			
Limites			
-10 %		10 %	
<114.32		>139.72	
valor medio			
Minimo		Máximo	
120.10		129.90	
16:33		17:29	
27/07/2011		27/07/2011	
# de muestras mayores al limite			
0		0	
Cumplimiento con la regulación			
Si	No	Si	No
X		X	
Porcentaje			
100.00%	0.00%	100.00%	0.00%

NIVELES DE TENSION FASE 1			
Limites			
-10 %		10 %	
<114.32		>139.72	
valor medio			
Minimo		Máximo	
120.00		125.10	
16:41		17:25	
27/07/2011		27/07/2011	
# de muestras mayores al limite			
0		0	
Cumplimiento con la regulación			
Si	No	Si	No
X		X	
Porcentaje			
100.00%	0.00%	100.00%	0.00%

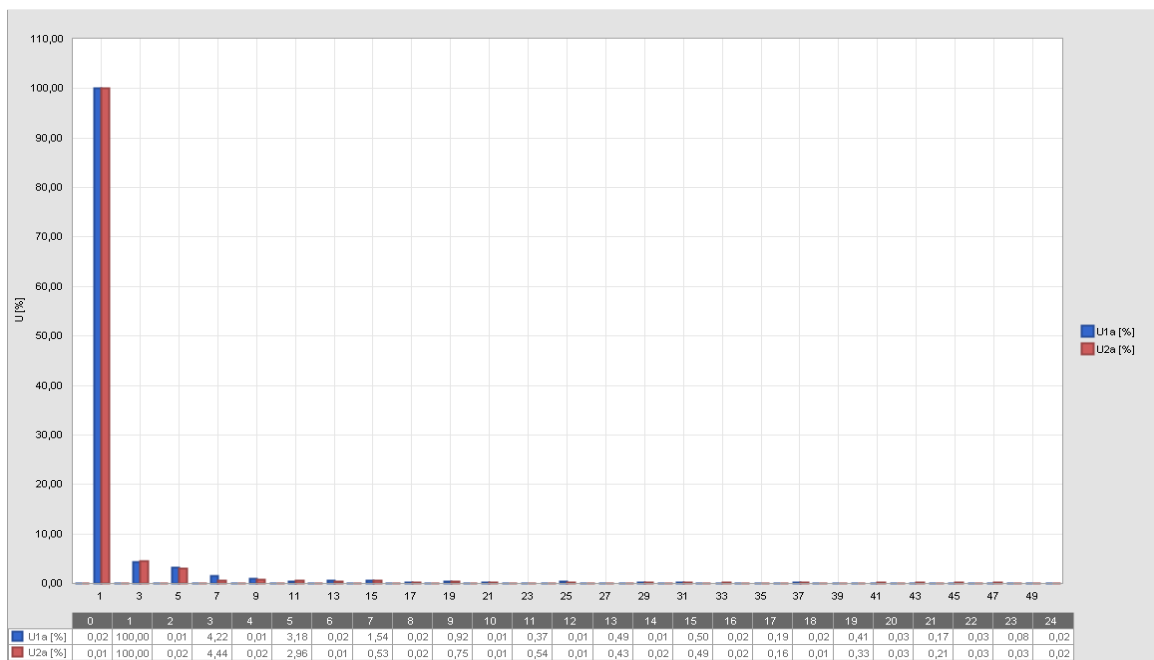
XLVII. Cumplimiento de niveles de tensión circuito 2

5.3.2.1. Distorsión armónica de tensión

Armónicos de voltaje Circuito # 2 en % Vn		
Orden de armónico	Fase 1	Fase 2
3	4.22	4.44
5	3.18	2.96
7	1.54	0.53
9	0.92	0.75
11	0.37	0.54
THDV TOTAL	7.001	7.061

XLVIII. Cumplimiento de la distorsión armónica de tensión circuito 2

Según los datos obtenidos para el circuito # 1, que comprenden al bloque 6 la distorsión armónica de tensión para el orden 3, 5, 7, 8 y 11 que se han tomado en este caso ya que son los de valor significativo y los que en presencia pueden afectar a la estabilidad del funcionamiento de los equipos y luminarias instaladas cumplen al 100 % con los estándares establecidos por la norma 004/01 del CONELEC.



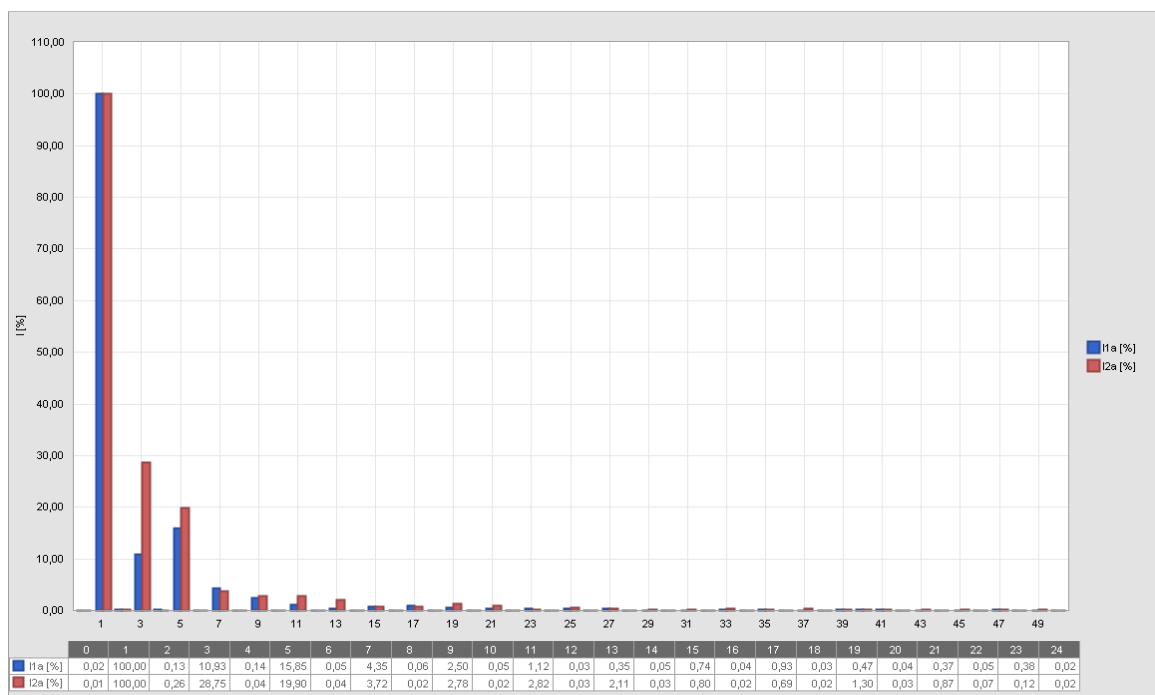
59. Distorsión armónica de tensión circuito 1

5.3.2.2. Distorsión armónica de corriente

Armónicos de corriente Circuito # 2 en % In		
Orden de armónico	Fase 1	Fase 2
3	10.93	28.75
5	15.85	19.90
7	4.35	3.72
9	2.50	2.78
11	1.12	2.82
THDI TOTAL	19.99	35.51

XLIX. Cumplimento de la distorsión armónica de corriente circuito 2

Según los datos obtenidos para la distorsión armónica de corriente en el orden de las armónicas 5 los valores obtenidos no cumplen con la norma IEE-519, la cual establece que no tienen que sobrepasar el 12 % del valor nominal de la corriente. Así mismo los valores de distorsión armónica de corriente total para cada fase no cumplen con la norma mencionada, ya que esta da un margen del 15 % del valor de la corriente nominal y estos valores están sobrepasados con un valor considerable.



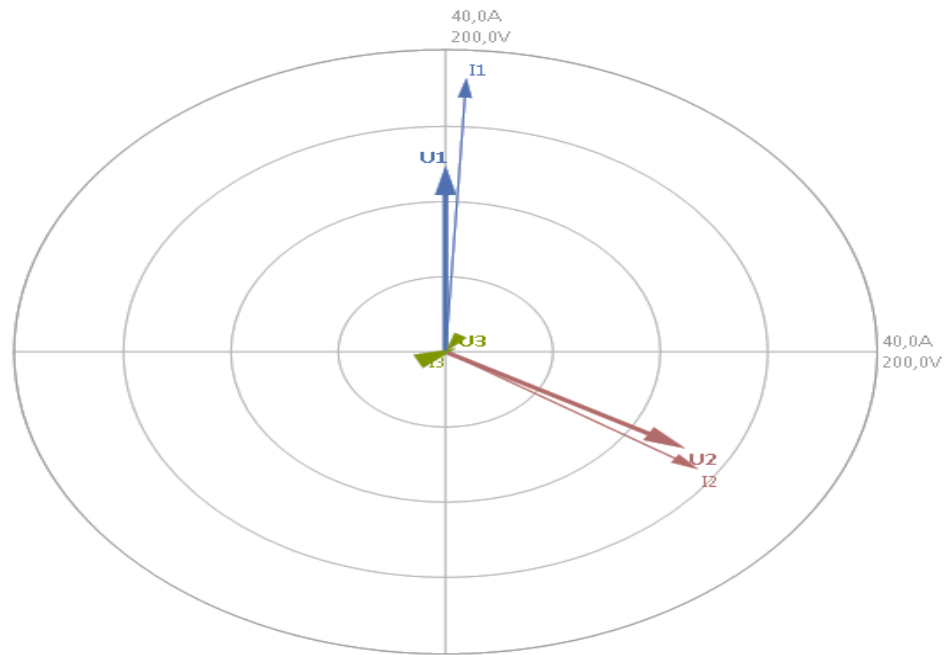
60. Distorsión armónica de corriente circuito 2

Factor de potencia

FP FASE 1		
Limite 0.92	Muestras inferiores al limite 0	
Cumplimiento		
Si 100%	No	
Mínimo 0.96	Promedio 0.97	Máximo 0.97
FP FASE 2		
Limite 0.92	Muestras inferiores al limite 0	
Cumplimiento		
Si 100 %	No	
Mínimo 0.93	Promedio 0.95	Máximo 0.95

L. Cumplimiento factor de potencia circuito 2

5.3.2.3. Cargabilidad circuito 2



U1 123,48 V (0,0°)
I1 36,32 A (-3,0°)

U2 128,10 V (-119,9°)
I2 28,11 A (-123,6°)

U3 5,36 V (-63,8°)
I3 0,00 A (-212,1°)

61. Diagrama de desbalance de corriente y voltaje circuito 2

	I min (A)	I max (A)	I prom. (A)
Corriente fase 1	34.233	43.968	36.32
Corriente fase 2	25.119	34.635	28.11

	% DESBALANCE
LI-L2	21.22 %

LI. Valores máximos, mínimos y promedios de corrientes por fase y % de desbalance

5.3.3. CIRCUITO # 3 (correspondiente al bloque 4 secretaria general)

Del circuito 3, con un total de 90 muestras sale la alimentación para el bloque 5, el mismo que está compuesto por la secretaria general del Área de Energía , este bloque está en una conexión bifásica para su respectivo funcionamiento está conectado a la fase 1 y 2 y el conductor a neutro, las pruebas se las realizo con el analizador de redes portable de la marca metrel, las pruebas se las realizo en el pozo de acometidas que se encuentra en la parte posterior del edificio en la cual se verifico los niveles de tensión, corriente, potencia consumida, factor de potencia y perturbaciones eléctricas que pueden estarse generando en este edificio y que se detallan a continuación.

NIVELES DE TENSION FASE 1			
Limites			
-10 %		10 %	
<114.32		>139.72	
valor medio			
Mínimo	Máximo		
121.90	126.60		
15:46	126.60		
29/07/2011	29/07/2011		
# de muestras mayores al limite			
0		0	
Cumplimiento con la regulación			
Si	No	Si	No
X		X	
Porcentaje			
100.00%	0.00%	100.00%	0.00%

NIVELES DE TENSION FASE 2			
Limites			
-10 %		10 %	
<114.32		>139.72	
valor medio			
Mínimo	Máximo		
125.50	126.50		
16:43	16:58		
29/07/2011	29/07/2011		
# de muestras mayores al limite			
0		0	
Cumplimiento con la regulación			
Si	No	Si	No
X		X	
Porcentaje			
100.00%	0.00%	100.00%	0.00%

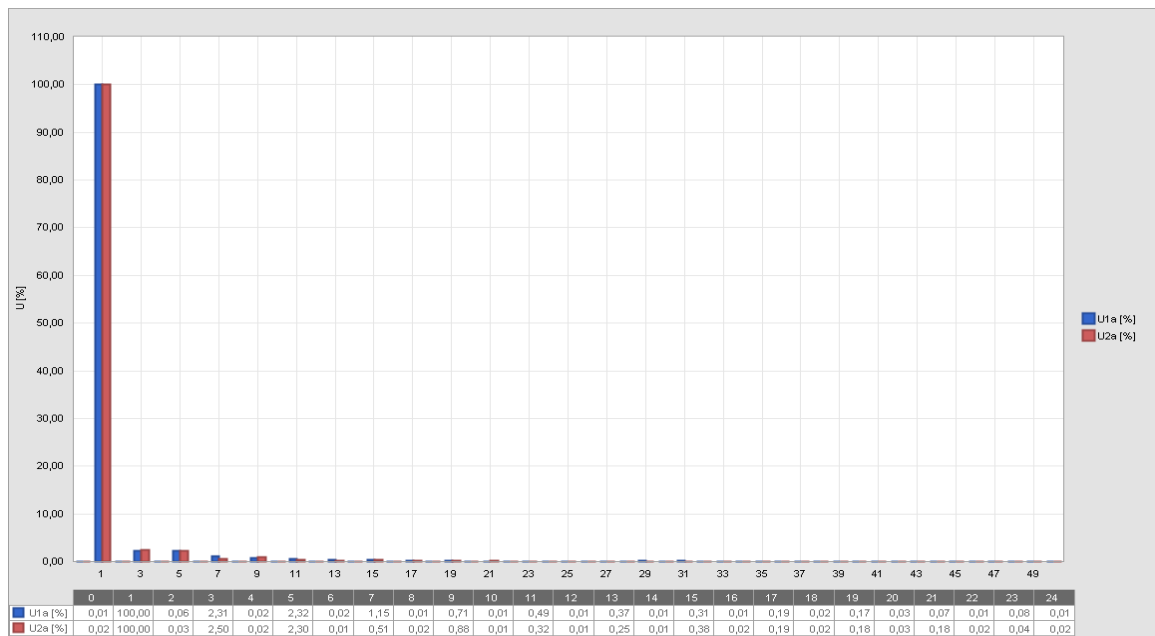
LII. Cumplimiento de niveles de tensión circuito 3

5.3.3.1. Distorsión armónica de tensión circuito 3

Armónicos de voltaje Circuito # 3 en % Vn		
Orden de armónico	Fase 1	Fase 2
3	2.31	2.50
5	2.32	2.30
7	1.15	0.51
9	0.71	0.88
11	0.49	0.32
THDV TOTAL	4.58	4.54

LIII. Cumplimiento de la distorsión armónica de tensión circuito 3

Según los datos obtenidos para el circuito #3, que comprenden al bloque 4 la distorsión armónica de tensión para el orden 3, 5, 7, 8 y 11 que se han tomado en este caso ya que son los de valor significativo y los que en presencia pueden afectar a la estabilidad del funcionamiento de los equipos y luminarias instaladas cumplen al 100 % con los estándares establecidos por la norma 004/01 del CONELEC.



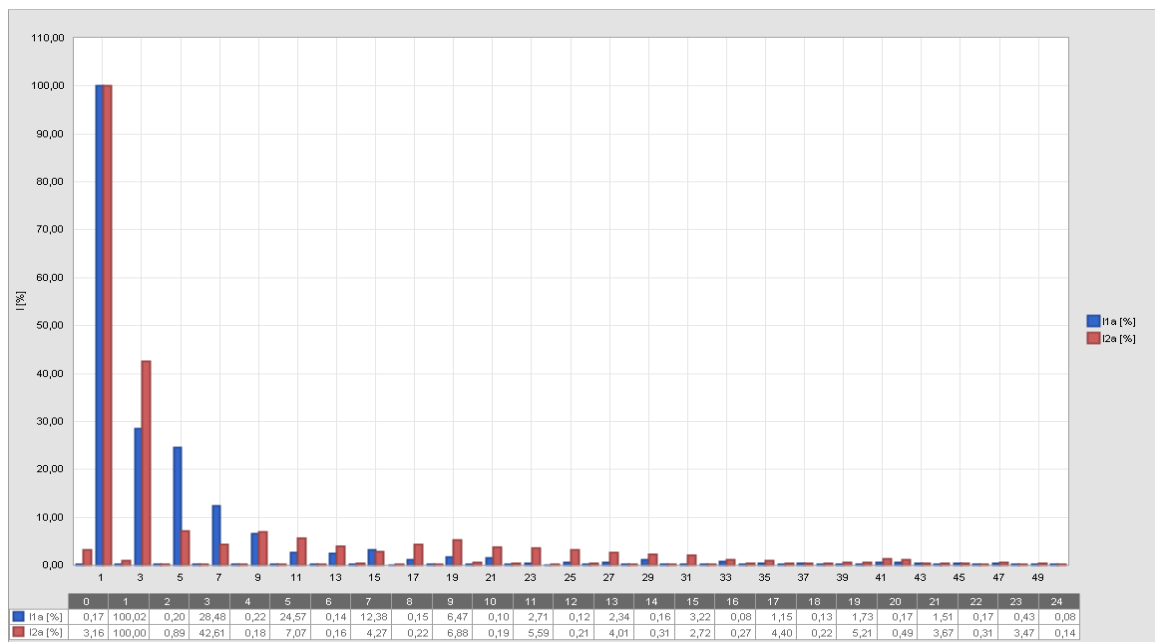
62. Distorsión armónica de tensión circuito 3

5.3.3.2. Distorsión armónica de corriente circuito 3

Armónicos de corriente Circuito # 2 en % In		
Orden de armónico	Fase 1	Fase 2
3	28.48	42.61
5	24.57	7.07
7	12.38	4.27
9	6.47	6.88
11	2.71	5.54
THDI TOTAL	40.53	45.72

LIV. Cumplimento de la distorsión armónica de corriente circuito 3

Según los datos obtenidos para la distorsión armónica de corriente en el orden de las armónicas 3, 5 y 7 los valores obtenidos no cumplen con la norma IEE-519, la cual establece que no tienen que sobrepasar el 12 % del valor nominal de la corriente. Así mismo los valores de distorsión armónica de corriente total para cada fase no cumplen con la norma mencionada, ya que esta da un margen del 15 % del valor de la corriente nominal y estos valores están sobrepasados con un valor considerable.



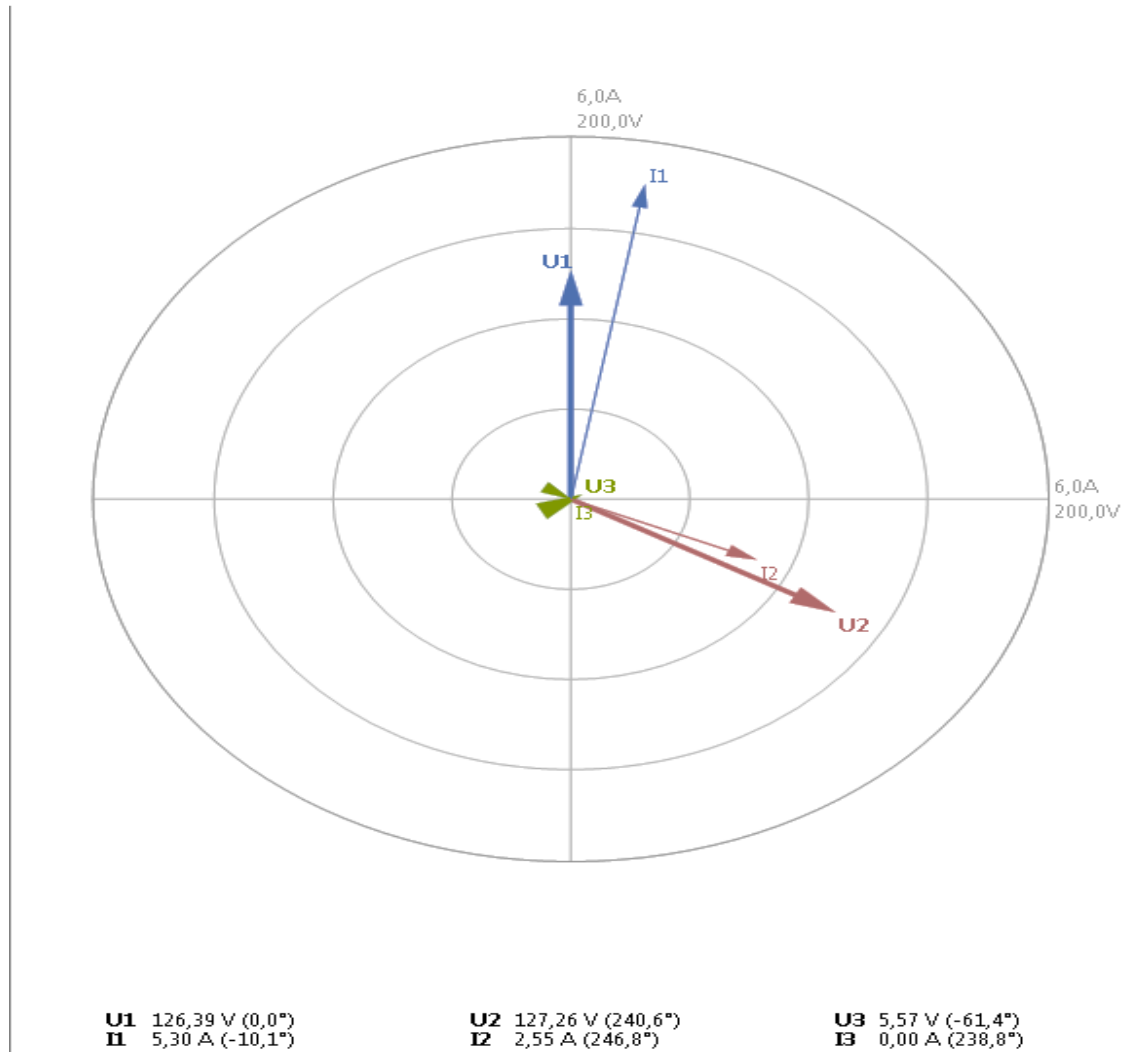
63. Distorsión armónica de corriente circuito 3

Factor de potencia

FP FASE 1		
Limite 0.92	Muestras inferiores al limite 88	
Cumplimiento		
Si 8.9 %	No 91.1 %	
Mínimo 0.87	Promedio 0.91	Máximo 0.98
FP FASE 2		
Limite 0.92	Muestras inferiores al limite	
Cumplimiento		
Si 2.2 %	No 97.7 %	
Mínimo 0.71	Promedio 0.88	Máximo 0.95

LV. Cumplimiento factor de potencia circuito 3

5.3.3.3. Cargabilidad circuito 3



64. Diagrama de desbalance de corriente y voltaje

	I min (A)	I max (A)	I prom. (A)
Corriente fase 1	4.97	12.43	5.30
Corriente fase 2	2.7	11.27	2.55

	% DESBALANCE
LI-L2	47.27 %

LVI. Valores máximos, mínimos y promedios de corrientes por fase y % de desbalance

5.3.4. CIRCUITO # 4 (correspondiente al bloque 4 bloque de electromecánica)

Del circuito 4, con un total de 90 muestras sale la alimentación para el bloque 5, el mismo que está compuesto está conectado a la fase 1 y 3 y el conductor a neutro, las pruebas se las realizo con el analizador de redes portable de la marca metrel, las principales observaciones, son de que este edificio no tiene un tablero general, simplemente subtableros de división por cada piso, por lo cual las pruebas se las realizo en el pozo de acometidas que se encuentra en la parte frontal del edificio en la cual se verifico los niveles de tensión, corriente, potencia consumida, factor de potencia y perturbaciones eléctricas que pueden estarse generando en este edificio y que se detallan a continuación.

NIVELES DE TENSION FASE 1			
Limites			
-10 %		10 %	
<114.32		>139.72	
valor medio			
Mínimo		Máximo	
122.30		137.69	
16:42		17:25	
09/08/2011		09/08/2011	
# de muestras mayores al limite			
0		0	
Cumplimiento con la regulación			
Si	No	Si	No
X		X	
Porcentaje			
100.00%	0.00%	100.00%	0.00%

NIVELES DE TENSION FASE 1			
Limites			
-10 %		10 %	
<114.32		>139.72	
valor medio			
Mínimo		Máximo	
121.95		126.82	
16:47		17:33	
09/08/2011		09/08/2011	
# de muestras mayores al limite			
0		0	
Cumplimiento con la regulación			
Si	No	Si	No
X		X	
Porcentaje			
100.00%	0.00%	100.00%	0.00%

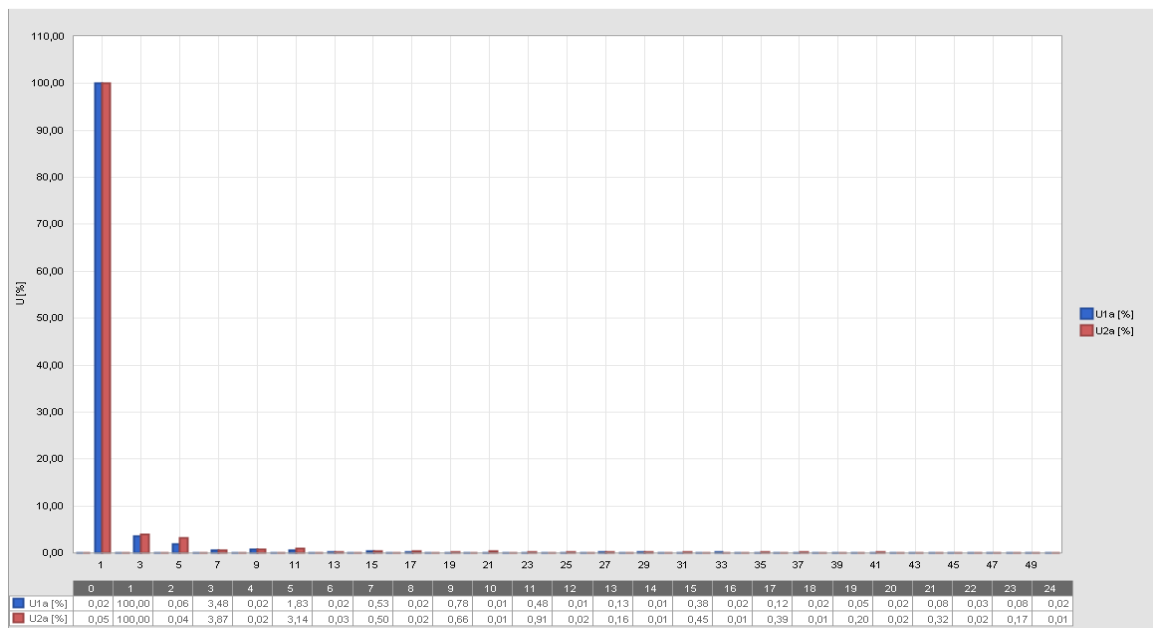
LVII. Cumplimiento de niveles de tensión circuito 4

5.3.4.1. Distorsión armónica de tensión circuito 4

Armónicos de voltaje Circuito # 2 en % Vn		
Orden de armónico	Fase 1	Fase 2
3	3.48	3.87
5	1.83	3.14
7	0.53	0.50
9	0.78	0.66
11	0.48	0.91
THDV TOTAL	5.15	6.49

LVIII. Cumplimiento de la distorsión armónica de tensión circuito 4

Según los datos obtenidos para el circuito # 1, que comprenden al bloque 6 la distorsión armónica de tensión para el orden 3, 5, 7, 8 y 11 que se han tomado en este caso ya que son los de valor significativo y los que en presencia pueden afectar a la estabilidad del funcionamiento de los equipos y luminarias instaladas cumplen al 100 % con los estándares establecidos por la norma 004/01 del CONELEC.



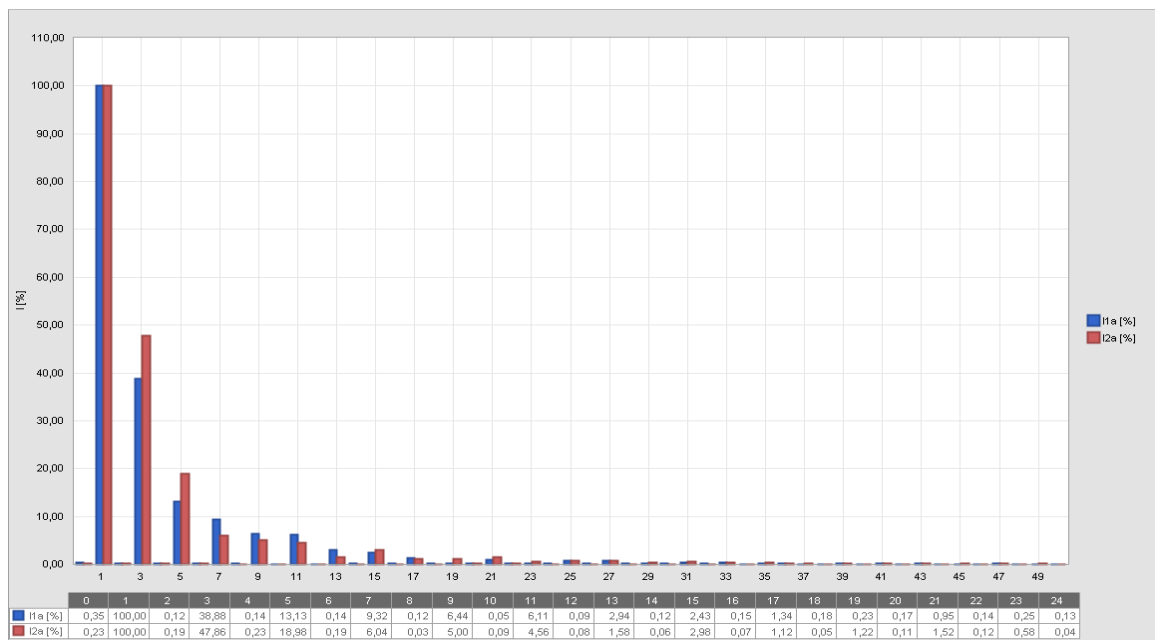
65. Distorsión armónica de tensión circuito 4

5.3.4.2. Distorsión armónica de corriente circuito 4

Armónicos de corriente Circuito # 2 en % In		
Orden de armónico	Fase 1	Fase 2
3	38.88	47.86
5	13.13	18.98
7	9.32	6.04
9	6.44	5.00
11	6.11	4.56
THDI TOTAL	43.23	52.46

LIX. Cumplimento de la distorsión armónica de corriente circuito 4

Según los datos obtenidos para la distorsión armónica de corriente en el orden de las armónicas 3 y 5 los valores obtenidos no cumplen con la norma IEE-519, la cual establece que no tienen que sobrepasar el 12 % del valor nominal de la corriente. Así mismo los valores de distorsión armónica de corriente total para cada fase no cumplen con la norma mencionada, ya que esta da un margen del 15 % del valor de la corriente nominal y estos valores están sobrepasados con un valor considerable.



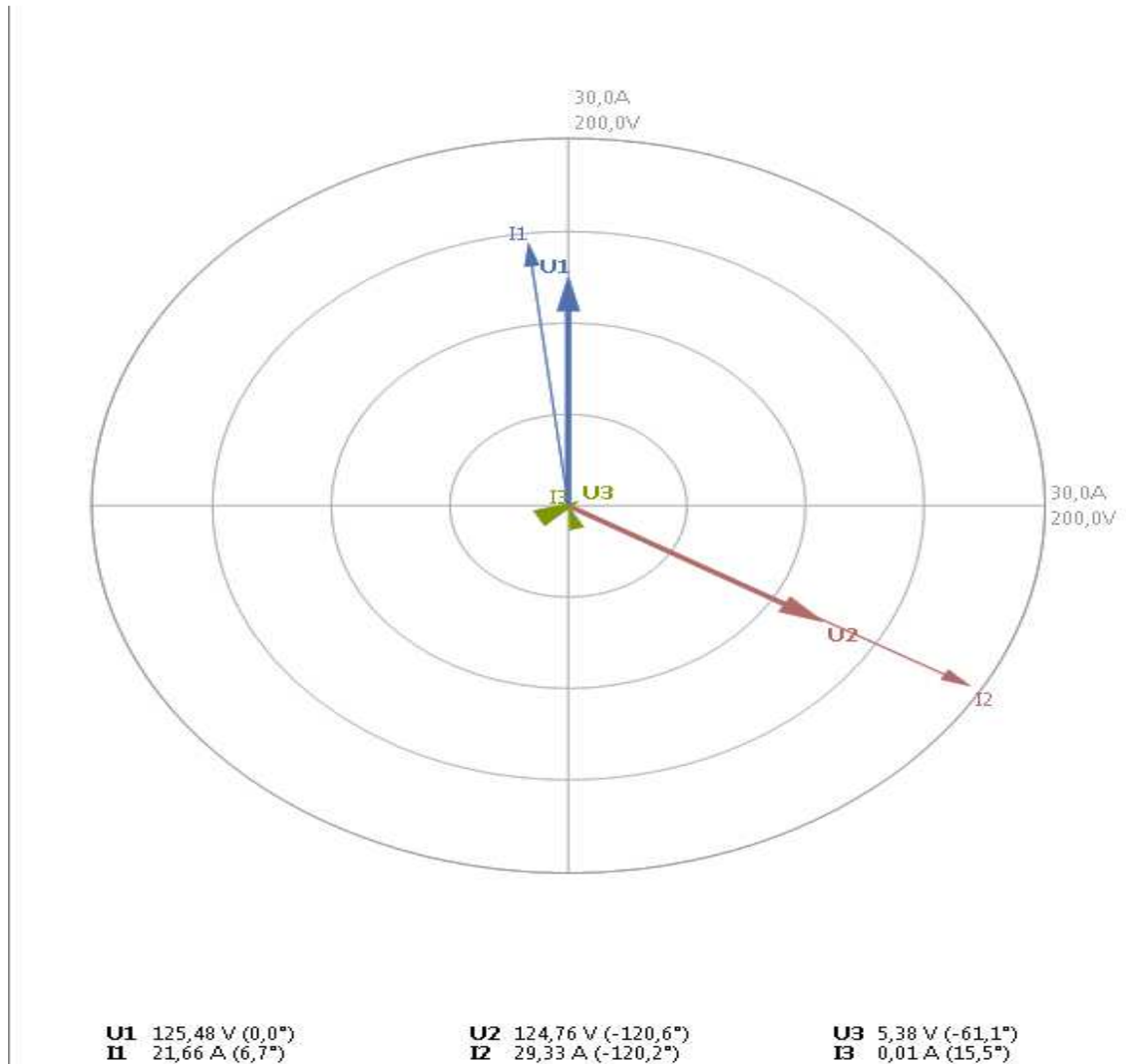
66. Distorsión armónica de corriente circuito 4

5.3.4.3. Factor de potencia

FP FASE 1		
Limite 0.92	Muestras inferiores al limite 9	
Cumplimiento		
Si 89.75 %	No 10.25 %	
Mínimo 0.84	Promedio 0.90	Máximo 0.93
FP FASE 2		
Limite 0.92	Muestras inferiores al limite 6	
Cumplimiento		
Si 93.4 %	No 6.6 %	
Mínimo 0.75	Promedio 0.94	Máximo 0.87

LX. Cumplimiento factor de potencia circuito 4

5.3.4.4. Cargabilidad circuito 4



67. Diagrama de desbalance de corriente y voltaje

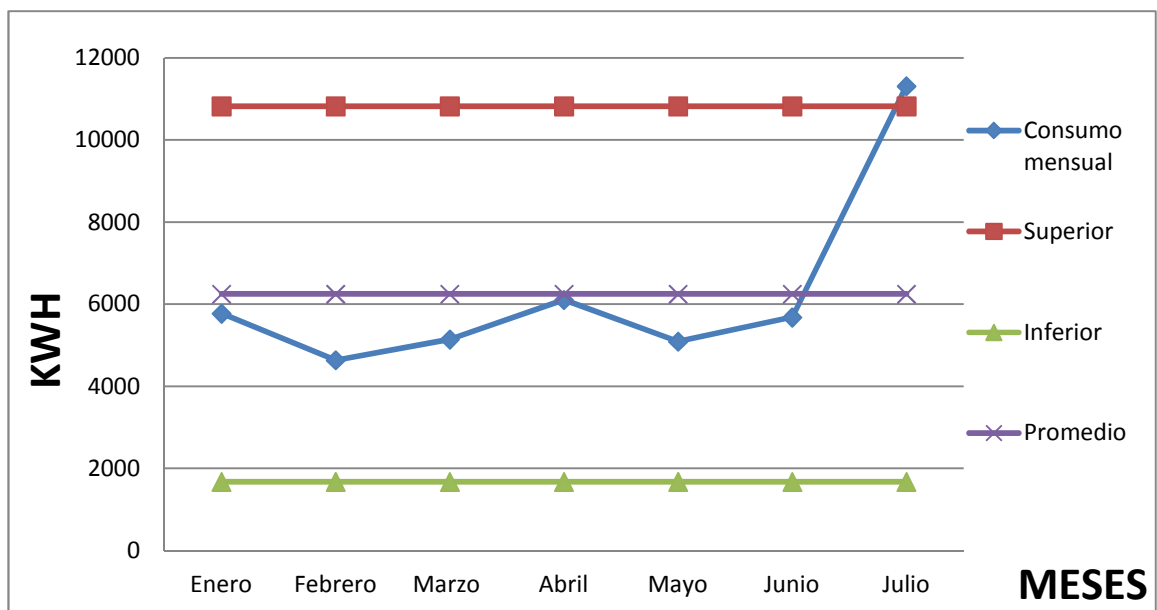
	I min (A)	I max (A)	I prom. (A)
Corriente fase 1	19.22	23.60	21.66
Corriente fase 2	20.52	33.12	29.33

	% DESBALANCE
LI-L2	26.15 %

LXI. Valores máximos, mínimos y promedios de corrientes por fase y % de desbalance

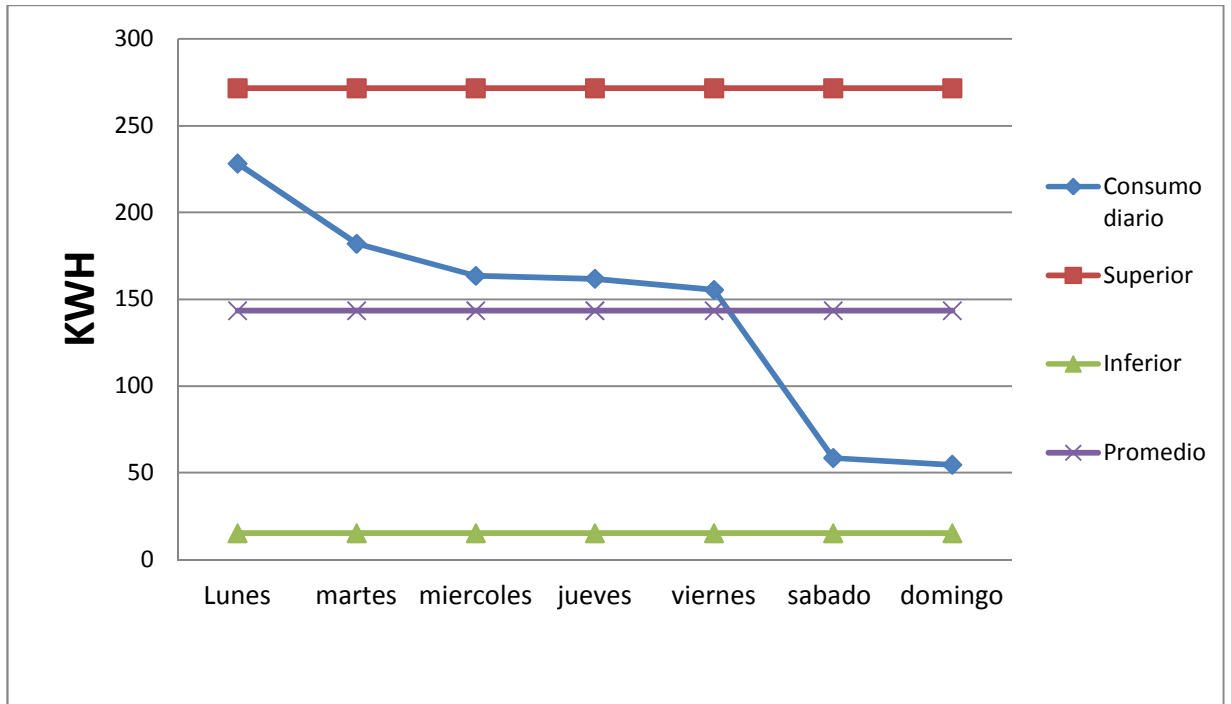
5.4. Consumo de energía por el banco de transformadores

El comportamiento del consumo de energía para el banco durante el año en curso (2011), es como se muestra en la fig. 1. Este banco ha tenido un consumo promedio histórico de 6248 Kw/h mensual, sin embargo a partir del mes de julio se observa un incremento considerable del consumo, debido a que todas las oficinas pasaron a ocupar parte del bloque 5 ya que el bloque 3 está siendo readecuado, también podemos observar que en el mes de febrero se ve una disminución en el consumo, esto es debido al feriado en este mes en el cual no existen labores en los bloques que son alimentados por el banco en estudio. El crecimiento de la demanda se debe fundamentalmente a un mayor uso de los computadores y la sala para portátiles de la biblioteca, y debido a que las oficinas de la dirección de área se trasladaron al bloque 5 ubicándose en las aulas de posgrado.



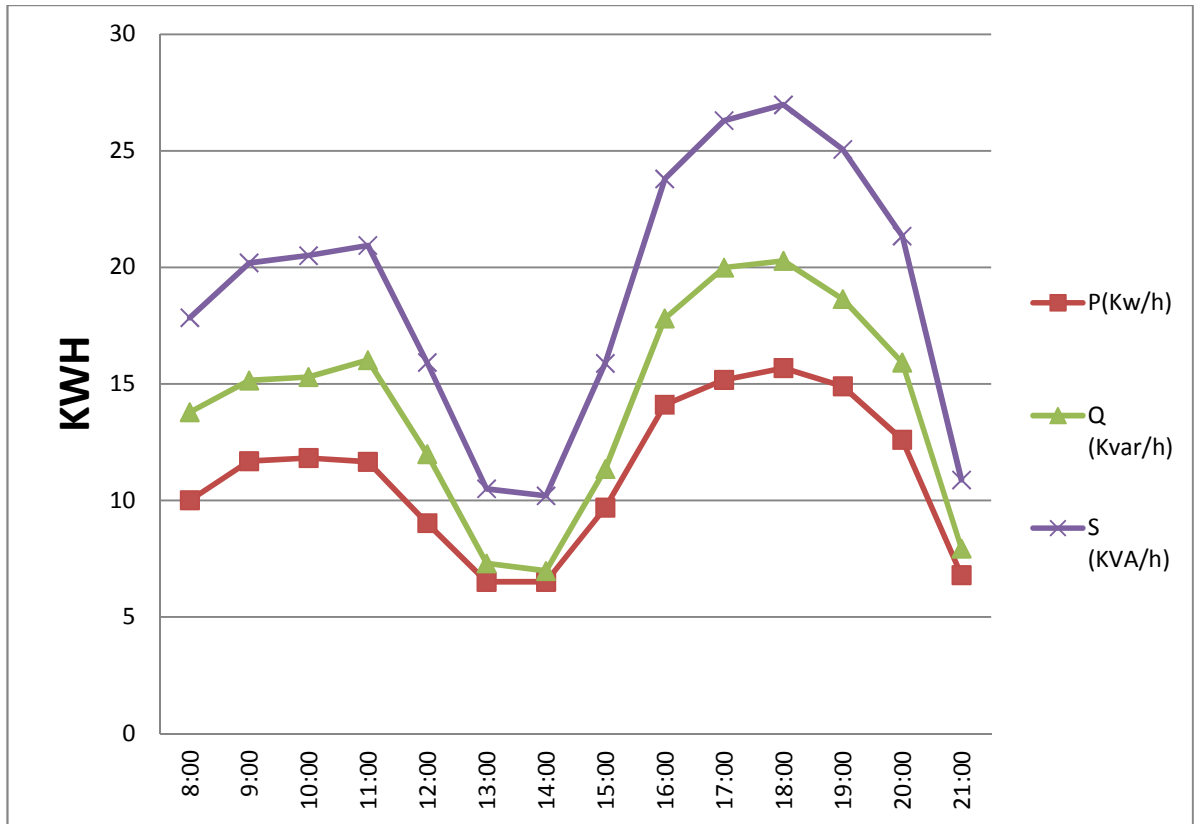
68. Comportamiento del consumo de energía en el banco

El comportamiento del consumo promedio en los diferentes días de la semana se muestra en la fig.69, donde puede apreciarse un pico el lunes y una disminución hacia el final de la semana. El consumo promedio en los días laborables es de 143 KWh,



69. Consumo de energía promedio diario del banco

El comportamiento promedio horario de las potencias se muestra en la fig70., donde se aprecia que la potencia aparente está prácticamente todo el tiempo por encima de los 20 KVA, y como la mayor parte de la carga es monofásica, esto implica que el transformador que brinda este servicio se encuentra trabajando en estado de sobrecarga. Se produce un pico notable de 15:00 a 20:00 pm, como consecuencia del uso de la biblioteca y el encendido de lámparas de balasto electromagnético ya que en todos los bloques funcionan aulas. Se observa un factor de potencia promedio de 0.6.



70. Comportamiento de la demanda horaria del banco

6. DISCUSIÓN

En el siguiente cuadro se presenta un resumen del análisis de calidad realizado al banco de transformadores y a cada uno de sus circuitos, en el que está indicado el porcentaje de cumplimiento de la regulación CONELEC-004/01 y la norma IEE-519 en el caso de los armónicos de corriente.

BANCO DE TRANSFORMADORES 75 KVA						
Tablero General (PROTECCION : 125 AMPERIOS)						
FASES	% Cumplimiento			% Incumplimiento		
	Valores promedios					
	LI	L2	L3	L1	L2	L3
Niveles de voltaje (+/- 10 % de 127 V)	99.98 %	99.96 %	99.00 %	0.02%	0.04%	1.00%
	129.79	129.94	131.27			
Armónicos de tensión (< 8 %)	100 %	100 %	100 %	0.00%	0.00%	0.00%
	4.045 %	4.15 %	3.93 %			
Armónicos de corriente (< 15 %)	7.14 %	0.2 %	100 %	92.86 %	99.80 %	100 %
	39.16 %	99.46 %	44.61 %			
Flicker (< 1)	99.00 %	99.00 %	99.00 %	1.00 %	1.00 %	1.00 %
	0.14	0.16	0.19			
Factor de potencia FP (0.92 < 5 %)	29.17 %	30 %	0.00 %	70.83 %	70 %	100%
	0.6	0.6	0.6			
CIRCUITO # 1						
Tablero General (PROTECCION : NINGUNA)						
FASES	% Cumplimiento		% Incumplimiento			
	Valores promedios					
	LI	L2			L1	L2
Niveles de voltaje (+/- 10 % de 127 V)	100 %	100 %			0.00%	0.00%
	126	123				
Armónicos de tensión (< 8 %)	100 %	100 %			0.00%	0.00%
	4.21 %	4.25 %				
Armónicos de corriente (< 15 %)	0.00%	0.00%			0.00%	0.00%
	21.54	35.45				
Factor de potencia FP (0.92 < 5 %)	52.56 %	10.25 %			47.43 %	89.74 %
	0.91	0.90				
CIRCUITO # 2						
Tablero General (PROTECCION : NINGUNA)						
	% Cumplimiento			% Incumplimiento		

FASES	Valores promedios		L1	L2	L3
	LI	L2			
Niveles de voltaje (+/- 10 % de 127 V)	100 % 126	100 % 124	0.00%	0.00%	
Armónicos de tensión (< 8 %)	100 % 7.001 %	100 % 7.0061 %	0.00%	0.00%	
Armónicos de corriente (< 15 %)	0.00% 19.99 %	0.00% 35.51 %	100 %	100 %	
Factor de potencia FP (0.92 < 5 %)	100 % 0.97	100 % 0.95	0.00%	0.00%	
CIRCUITO # 3					
Tablero General (PROTECCION : 125 AMPERIOS)					
	% Cumplimiento Valores promedios		% Incumplimiento		
FASES	LI	L2	L1	L2	L3
Niveles de voltaje (+/- 10 % de 127 V)	100 % 123	100 % 125	0.00%	0.00%	
Armónicos de tensión (< 8 %)	100 % 4.58	100 % 4.54	0.00%	0.00%	
Armónicos de corriente (< 15 %)	0.00% 40.53 %	0.00% 45.72 %	100 %	100 %	
Factor de potencia FP (0.92 < 5 %)	8.9 % 0.91	2.2 % 0.88	91.9 %	97.7 %	
CIRCUITO # 4					
Tablero General (PROTECCION : 125 AMPERIOS)					
	% Cumplimiento Valores promedios		% Incumplimiento		
FASES	LI	L2	L1	L2	L3
Niveles de voltaje (+/- 10 % de 127 V)	100 % 128	100 % 124	0.00%	0.00%	
Armónicos de tensión (< 8 %)	100 % 5.15 %	100 % 6.49 %	0.00%	0.00%	
Armónicos de corriente (< 15 %)	0.00% 43.23 %	0.00% 52.46 %	100 %	100 %	
Factor de potencia FP (0.92 < 5 %)	89.75 % 0.90	93.4 % 0.94	10.2 %	6.6 %	

LXII. Resumen análisis del nodo principal y circuitos secundarios

6.1. Diagnostico del sistema

6.1.1. Nodo Principal

Los niveles de tensión entregados por la EERSSA, se encuentran dentro de los límites establecidos por la regulación 004/01 – CONELEC durante el 100 % del periodo de medición

En cuanto al Flicker, su presencia es mínima, con porcentajes de cumplimiento de 99 % para las tres fases por lo cual se cumple lo establecido en la regulación.

La distorsión armónica total de tensión es inferior al límite establecido del máximo de 8% con respecto a la fundamental

La distorsión armónica total de corriente no es inferior al límite de 15 % respecto a la fundamental, establecida por la norma IEE- 519, y se tienen inconvenientes con los armónicos impares de orden 3 y 5 para los cuales se recomienda poner filtros activos.

El factor de potencia no cumple con lo indicado en la regulación para cada fase pues los registros indican que en el periodo de medición el nivel promedio es de 0.6, por lo cual se necesita un banco de capacitores para corregir este FP

Se detecto un desbalance de cargas del 16.38 %, por lo que se recomienda la redistribución de las mismas. Esto ayudaría a evitar sobrecargas en ciertas fases, disminución de pérdidas de energía, reducción de variaciones de tensión en las cargas finales, mejoramiento de los factores de potencia y desbalance de tensión ya que estos pueden ocasionar problemas en equipos trifásicos.

Respecto a la cargabilidad, el factor FU es de 0.76, el factor FC es de 4.5 % y el factor FLA es de 3.5 %. De estos resultados podemos notar que el transformador no está subutilizado y está en un rango de trabajo normal

En conclusión, la calidad de la energía del AEIRNNR, es satisfactorio pues la mayoría de los parámetros se encuentran en los límites excepto por los armónicos de tensión y el factor de potencia para los cuales se tiene que tomar las medidas correctivas necesarias para el mejoramiento de la calidad de energía.

6.1.2. Circuito # 1

Presenta los siguientes resultados:

Los niveles de voltaje y los armónicos de tensión, están dentro de los límites establecidos en la Regulación del CONELEC – 004/01.

Los armónicos de corriente como son el THDI y los correspondientes al orden 3 y 5, no están dentro de los límites establecidos por la norma IEE-519

El factor de potencia para este circuito no cumple con la norma establecida, reporta valores de 0.91 y 0.90 siendo inferiores al 0.92 que se estima pero en este caso no se estima que esta en gran proporción por lo cual se podría decir que se encuentra en un nivel eficiente.

La corriente máxima que circula por una de las fases es de 60 amperios, en este circuito no existe ningún interruptor termo magnético.

6.1.3. Circuito # 2

Los niveles de voltaje y los armónicos de tensión, están dentro de los límites establecidos en la Regulación del CONELEC – 004/01.

Los armónicos de corriente como son el THDI y los correspondientes al orden 3 y 5, no están dentro de los límites establecidos por la norma IEE-519

El factor de potencia cumple con la regulación, reporta valores de 0.97 y 0.95 respectivamente para cada fase siendo superiores a 0.92 lo cual se considera como un nivel óptimo.

La corriente máxima que circula por una de las fases es de 46.96 amperios, en este circuito al igual que el circuito anterior no existe un interruptor termomagnético.

6.1.4. Circuito # 3

Los niveles de voltaje y los armónicos de tensión, están dentro de los límites establecidos en la Regulación del CONELEC – 004/01.

Los armónicos de corriente como son el THDI y los correspondientes al orden 3 y 5, no están dentro de los límites establecidos por la norma IEE-519

El factor de potencia cumple con la regulación, reporta valores de 0.91 y 0.88. siendo inferiores al 0.92 que se estima pero en este caso no se encuentran valores inferiores en gran proporción por lo cual se podría decir que se encuentra en un nivel eficiente

La corriente máxima que circula por una de las fases es de 12.43 amperios, en este circuito al igual que el circuito anterior no existe un interruptor termomagnético.

6.1.5. Circuito # 4

Los niveles de voltaje y los armónicos de tensión, están dentro de los límites establecidos en la Regulación del CONELEC – 004/01.

Los armónicos de corriente como son el THDI y los correspondientes al orden 3 y 5, no están dentro de los límites establecidos por la norma IEE-519

El factor de potencia cumple con la regulación, reporta valores de 0.90 y 0.94 siendo inferior en la fase 1 al 0.92 que se estima pero en este caso no está en gran proporción por lo cual se podría decir que se encuentra en un nivel eficiente

La corriente máxima que circula por una de las fases es de 33.12 amperios, en este circuito al igual que el circuito anterior no existe un interruptor termomagnético.

6.2.Soluciones

Una vez obtenidos los datos proporcionados por el análisis de la calidad e la energía en el sistema de distribución eléctrica que alimenta una parte del AEIRNNR, se ha obtenido diferentes resultados, de los cuales se tomaran los valores que se encuentran en estado crítico y que su corrección es de suma importancia para una mejor eficiencia en el consumo eléctrico y tratar de reducir el consumo de energía

Como primera parte podríamos tomar en cuenta el nivel en el que se encuentra el factor de potencia se encuentra por debajo de los valores recomendables, por lo cual conviene dar una solución a este problema la cual se propondrá de la siguiente forma.

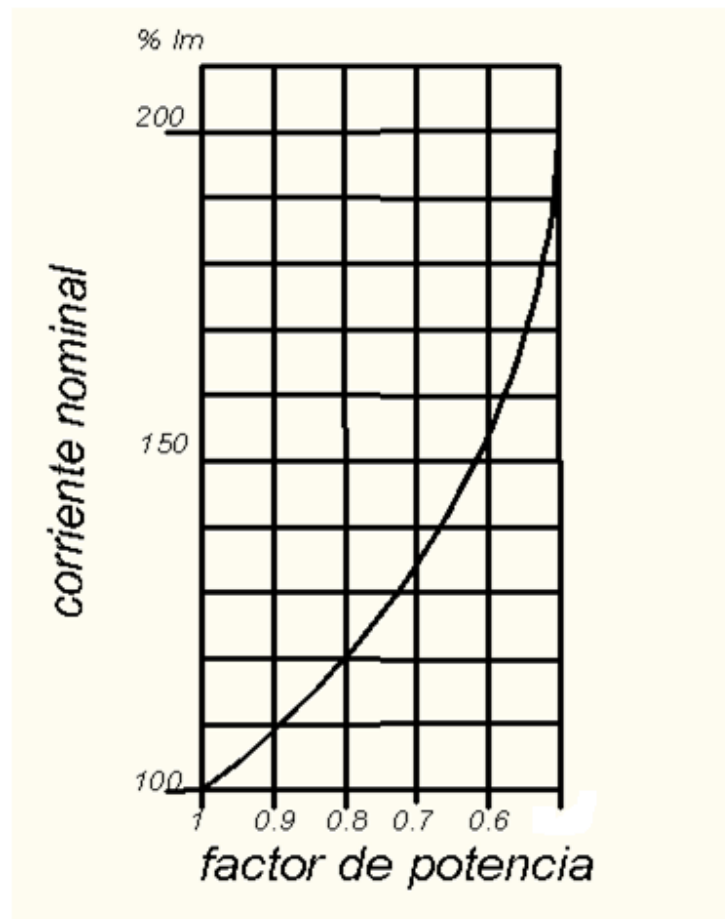
6.2.1. Corrección del factor de potencia

¿Qué ocurre si el factor de potencia es inferior a 1.0?, los equipos consumen energía reactiva. Esto provoca un incremento en la corriente eléctrica que circula en las instalaciones del consumidor y de la compañía suministradora.

Además, cuando el factor de potencia disminuye demasiado, los excesos de corriente pueden provocar daños en las instalaciones eléctricas por efecto de sobrecargas y

alteraciones en la regulación de la tensión, con lo cual empeora el rendimiento y funcionamiento de los equipos.

Para una potencia constante (kW), la cantidad de corriente de la red se incrementará en la medida que el factor de potencia disminuya, como se ve en el diagrama. Por ejemplo, con un factor de potencia igual a 0.5, la cantidad de corriente para la carga será dos veces la corriente útil; en cambio, para un factor de potencia igual a 0.9, la cantidad de corriente será 10% más alta que la corriente útil.



71. Diagrama de corriente nominal afectada por el factor de potencia

6.2.1.1. Cálculo del porcentaje de recargo

El usuario tendrá que pagar la cantidad que resulte de aplicar a la factura el porcentaje de recargo por bajo factor de potencia ($FP < 0.9$), según la siguiente ecuación:

$$\text{Penalizacion \%} = \frac{3}{5} \left(\frac{0.90}{fp} - 1 \right) * 100$$

6.2.1.2. Cálculo del porcentaje de bonificación

El suministrador tiene la obligación de bonificar al usuario la cantidad que resulte de aplicar a la factura el porcentaje de bonificación por alto factor de potencia ($FP > 0.9$), según la siguiente ecuación:

$$\text{Bonificacion \%} = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{0.90}{fp} \right) * 100$$

6.2.1.3. Cálculo del banco de capacitores

Para este cálculo se toma en cuenta la potencia máxima medida en un intervalo de 15 min y el valor de la constante K para mejorar el factor de potencia de 0.60 a 0.92.

Datos

Demanda máxima medida – 17.51 Kw

Valor factor K para $fp = 0.60$ a 0.92 – 0.867

$$KVARc = P * K$$

$$KVARc = 17.51 \text{ Kw} * 0.867$$

$$KVARc = 15.18 \text{ KVAR}$$

La potencia del banco de capacitores debe de ser de 15.18 KVAR,

6.2.1.4. Ventajas de la compensación del factor potencia

La compensación del factor de potencia trae como consecuencia los siguientes beneficios energéticos y económicos:

- Eliminación del cargo por bajo factor de potencia
- Bonificación por parte de la compañía suministradora
- Reducción de pérdidas en los cables
- Disminución de la caída de tensión
- Ahorro en consumo de energía
- Liberación de potencia del transformador en kilovolts-ampers (kVA)

6.2.1.5. Penalización por bajo factor de potencia 0.60

$$Penalizacion \% = \frac{3}{5} \left(\frac{0.90}{fp} - 1 \right) * 100$$

$$Penalizacion \% = \frac{3}{5} \left(\frac{0.90}{0.60} - 1 \right) * 100$$

$$Penalizacion \% = 30 \%$$

6.2.1.6. Bonificación por alto factor de potencia 0.92

$$Bonificacion \% = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{0.90}{fp} \right) * 100$$

$$Bonificacion \% = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{0.90}{0.92} \right) * 100$$

$$Bonificacion \% = 0.5 \%$$

6.2.1.7. Determinación del ahorro de consumo de energía al mejorar el factor de potencia

Primero procedemos a calcular la corriente de fase con el factor de potencia inicial y con el factor de potencia al cual se quiere llegar.

$$I1 = \frac{P(W)}{\sqrt{3} * Vl * FP1}$$

$$I1 = \frac{17510 W}{\sqrt{3} * 127 * 0.60}$$

$$I1 = 140.41 A$$

Corriente sin corregir = $140.4 / 3 = 46.8$ A por fase

Este valor se encuentra repartido para las 3 fases que se encuentran en el sistema de distribución estudiado

$$I2 = \frac{P(W)}{\sqrt{3} * Vl * FP2}$$

$$I2 = \frac{17510 w}{\sqrt{3} * Vl * 0.92}$$

$$I2 = 91.57 A$$

Corriente corregida = $91.57 / 3 = 30.5$ A

Luego se procede a calcular la resistencia eléctrica en los conductores eléctricos, en este caso el banco de transformadores se encuentra a una distancia de 25 m del nodo principal de distribución, y el tipo de cable que se utiliza es 4 AWG que tiene una resistencia eléctrica de 0.3281 ohmios/ km

$$Rt = Rcable * Icable$$

$$Rt = 0.3281 \Omega/km * 0.025 km$$

$$Rt = 8.25 \times 10^{-3} \Omega$$

Procedemos a determinar las perdidas térmicas al pasar de un FP inicial (Cos ϕ_1) a un valor final (Cos ϕ_2).

$$P1 = 3Rt * I1^2 = 3(8.25 \times 10^{-3}\Omega) * 140.40^2 = 0.48 Kw$$

$$P_2 = 3Rt * I^2 = 3(8.25 \times 10^{-3}\Omega) * 91.57^2 = 0.20$$

$$\Delta P = 0.48 - 0.20 = 0.28 \text{ Kw}$$

6.2.1.8. Ahorro mensual

Para obtener el ahorro mensual tenemos que tomar los siguientes datos.

Diferencia de perdidas térmicas – 0.28 Kw

Precio Kw/h – 0.083

Precios de KW de demanda máxima – 4.129

Horas de operación por mes – 260

Tres conductores en el alimentador

$$\text{Ahorro mensual} = (4.129)(0.28)(3)(260)(0.083) = 74.84 \$$$

El ahorro mensual obtenido x mejorar el factor de potencia es de 74.84 \$

Una vez obtenidos los parámetros de corrección del factor de potencia y una búsqueda minuciosa para la selección de filtros según la aplicación que se le da a la energía eléctrica, indicaremos un modelo comercial de filtro de la marca Schneider Electric, el **ACCUSINE PCS**, que es un filtro diseñado para el filtrado de armónicos de forma activa desde el 2do – 50th armónico, usando tecnología de IGBT's inyecta corrientes de polaridad opuesta de tal manera que resta las corrientes armónicas generadas por las cargas no lineales instaladas en la planta y a la vez hace corrección del factor de potencia.

El ACCUSINE es sin duda la solución más sencilla y flexible para reducir los niveles de corrientes armónicas, de acuerdo con la norma IEEE 519 y tener un factor de potencia total en la instalación.



72. Filtro de armónicos accusine

El Filtrado de armónicos por ACCUSINE PCS beneficia en los siguientes aspectos:

- Reduce el nivel de armónicos que produce sobrecalentamientos de cables, de interruptores y transformadores.
- Reduce las paradas por mantenimiento como consecuencia de las aperturas de los interruptores por disparo térmico para la protección de equipos.
- Incrementa la vida útil de los equipos y reduce los costos de operación.
- Corrige hasta el armónico de orden 50
- Compensación automática del factor de potencia.
- El ACCUSINE PCS actúa de forma dual donde las primeras corrientes inyectadas se utilizan para la reducción de los armónicos y las subsiguientes para ayudar a mejorar el factor de potencia.
- El ACCUSINE PCS, tiene un valor de 3100 \$

6.2.1.9. Tiempo de retorno de la inversión por corrección de factor de potencia

$$T = \frac{\text{Costo del equipo}}{\text{ahorro x año}}$$

$$T = \frac{3100}{898.08} = 3.45$$

6.2.2. Comprobación del dimensionamiento de los conductores en presencia de armónicos

Para esta sección nos regiremos en la norma UNE-204605-52, que analiza la correcta instalación de los circuitos desde el punto de vista de las técnicas de instalación y dimensionamiento de los conductores. El modo de instalación afecta con frecuencia a las condiciones térmicas con las que opera el cable y, por esta razón, afecta a la capacidad de transporte de energía del conductor del cable o del circuito. Cuando en una misma canalización (tubo, bandeja, galería o hueco de la construcción) se instalan varios cables correspondientes a distintos circuitos, la capacidad de carga de cada uno de los cables se reduce, a causa del calentamiento mutuo. Dicho de otra manera, la capacidad de transporte de un cable está determinada por la relación entre la cantidad de calor que genera la corriente que fluye por los cables y la cantidad de calor que estos disipan por convección hacia el medio que les rodea. Estos factores, combinados, determinan la temperatura de funcionamiento del cable que, desde luego, no debe exceder la establecida, de acuerdo con la naturaleza del aislamiento (70 °C para los aislantes termoplásticos tal como el PVC a 90 °C para los aislantes termoestables como el XLPE). Los valores nominales y factores de corrección indicados en las normas y reglamentos se basan en experiencias prácticas y cálculos teóricos, basados en unas condiciones normalizadas, que deben modificarse de acuerdo con las condiciones reales de la instalación. Como la presencia de armónicos de

triple N en el conductor neutro provoca una mayor generación de calor, la selección del tamaño del cable deberá tener esto en cuenta.

En la norma UNE 20460-5-524 encontramos una referencia en cuanto a la determinación de la sección del conductor neutro el apartado 524.2 establece que debe tener al menos la misma sección que los conductores de fase.

- En circuitos monofásicos de dos conductores sea cual sea la sección de estos
- En circuitos monofásicos y en los circuitos polifásicos cuyos conductores de fase tengan una sección máxima de 16 mm² para cobre o 25 mm² para aluminio.

El apartado 524.3 establece que, para otros circuitos polifásicos el conductor neutro puede tener una menor sección transversal si se cumplen a la vez todas las condiciones siguientes:

- La corriente máxima prevista, incluyendo los armónicos que puedan existir, susceptible de recorrer el conductor neutro durante el funcionamiento normal no es superior a la corriente admisible correspondiente a la sección reducida del conductor neutro.
- La sección del neutro debe ser como mínimo de 16mm² en cobre o 25mm² en aluminio.

Para cumplir con estas cláusulas es necesario conocer el tipo y número de cargas que se usaran tras la entrada en servicio de la instalación. Lamentablemente, esta información casi nunca está disponible. La normativa prevé también la existencia de un anexo informativo no vinculante una información facilitada para ayudar al proyectista en forma de guía y recomendación que facilite una metodología para el dimensionado correcto de los cables.

El funcionamiento de un componente o de un conductor eléctrico puede verse muy afectado por perturbaciones en el sistema, en la alimentación o en la carga. Entre todas las perturbaciones electromagnéticas que afectan a los cables de energía, la presencia de armónicos de corriente es una de las más importantes.

Los efectos de este fenómeno pueden llevar a la sobrecarga de los conductores tanto de fase como neutros. , aquí la atención se centra en el dimensionado del conductor neutro.

Debe destacarse que las tablas de carga ofrecidas en las normas y reglamentos se basan en determinadas condiciones previas, por lo que será responsabilidad del proyectista comprobar cuándo estas premisas no se ajustan a la realidad presente y realizar las correcciones apropiadas. La premisa más importante es verificar si en un cable de cuatro o cinco conductores (tres de fase, más neutro, más tierra) sólo tres conductores llevan corriente; en otras palabras, si se puede asumir que la carga es equilibrada y lineal. En la situación en la que la carga no está equilibrada pero es lineal, la corriente desequilibrada fluye en el neutro, pero se compensa por el hecho de que al menos un conductor de fase lleva menos carga. Suponiendo que ningún conductor de fase está sobrecargado, la pérdida total por efecto Joule en el cable no es excesiva. Cuando la carga no es lineal, existe una corriente en el neutro que contribuye a la generación de pérdidas térmicas tanto como la totalidad de las tres corrientes de línea.

En las condiciones de distorsión de corriente, la generación de calor en el conductor debido al efecto Joule es mayor que la que se produciría con las condiciones de carga lineal ideales por lo que la capacidad de línea se reduce. Además de esto, los conductores neutros, que con frecuencia presentan una sección reducida con respecto a la de los conductores de fase en los edificios existentes pueden encontrarse sobrecargados incluso aunque la corriente del neutro no supere la corriente de fase nominal.

Es imposible determinar la corriente del neutro en términos absolutos, a menos que se conozca con exactitud, de manera real o teórica, la forma de onda. Sin embargo, como aproximación, se puede aceptar que la corriente del neutro sea 1,61 veces la corriente de fase en el caso de cargas tales como ordenadores y llegar a valores de 1,73 veces la corriente de fase en condiciones extremas, con rectificadores controlados con grandes ángulos de control, por ejemplo, para tensiones bajas de corriente continua ($\ll \epsilon 60^\circ$). La forma más sencilla de solucionar el problema es aplicar unos coeficientes correctores a la capacidad de conducción de corriente del cable. La Norma UNE 20460-5-523 también ofrece un procedimiento para determinar el factor de corrección apropiado para la adaptación de la capacidad de carga de un cable a la situación real de la instalación considerada. Para simplificar, la solución presupone que:

- El sistema es trifásico y equilibrado
- El único armónico importante que no se cancela en el neutro es el tercero (es decir, los otros armónicos en triple N tienen magnitudes relativamente bajas y otros armónicos están casi equilibrados y suman cero)
- El cable tiene 4 o 5 conductores, con el neutro del mismo material y de la misma sección que los conductores de fase.

Corriente de línea del tercer armónico (%)	Valor seleccionado basado en la corriente de línea	Valor seleccionado sobre la base de la corriente del neutro
0-15	1.00	
15-33	0.86	
33-45	-	0.86
>45	-	1.00

LXIII. Factores de corrección para cables que transportan corrientes triple-N

Para calcular la capacidad de un cable de cuatro o cinco conductores, cuando la corriente en el conductor neutro se debe a la presencia de armónicos, debe multiplicarse la intensidad admisible en servicio permanente en condiciones tipo por el factor de corrección.

Para corrientes de fase que contengan una tasa de distorsión armónica del 15% o inferior de armónicos de triple-N, la normativa no sugiere ningún aumento en la sección del neutro. En estas circunstancias, la corriente del neutro podría llegar a ser de hasta un 45% de la corriente de fase con un aumento de la generación de calor de un 6%, aproximadamente, comparado con el valor nominal de un cable en condiciones normales. Este exceso es normalmente tolerable, excepto en situaciones en las que el cable está tendido en zonas con poca ventilación o en donde existen cerca otras fuentes de calor. Puede ser deseable un margen de seguridad adicional en, por ejemplo, espacios estrechos.

Para corrientes de fase que contengan del 15% al 33% de componentes en triple-N, la corriente del neutro podría ser similar a la corriente de fase, por lo que debe reducirse la capacidad del cable en un factor de 0,86. En otras palabras, para una corriente de 20 A, se elegiría un cable capaz de transportar 24 A.

Cuando la componente de triple-N de las corrientes de fase supera el 33%, la capacidad de carga del cable deberá determinarse en base a la intensidad que recorre el conductor neutro. Para corrientes de fase que contengan entre un 33% y un 45% de armónicos triple-N, la sección del cable de fase viene determinada por la corriente del neutro, pero reducida en un factor de 0,86. Con un 45% de corriente en triple-N, la corriente del cable viene determinada por la corriente del neutro, que supone el 135% de la corriente de fase, reducida en 0,86.

Para componentes en triple-N todavía mayores, por ejemplo el típico caso límite del 57%, la sección del cable sólo está determinada por la corriente del neutro. No hay necesidad de aplicar factores de corrección, porque los conductores de fase están sobredimensionados.

Como los datos para los factores de corrección se han calculado solamente sobre la base de los valores de corriente del tercer armónico, los armónicos triple-N de mayor orden en un nivel superior al 10% reducirían todavía más la corriente admisible. La situación descrita puede ser particularmente crítica si un neutro se utiliza para varios circuitos (cuando la normativa local lo permita).

Sección (mm ²)	Al aire (30 C)		Enterrados (20C)			
	Al aire libre	En conducto	En conducto p = 1	En conducto p = 1.5	Directo p = 1	Directo p = 1.5
1.5	15	12	13	12	19	17
2.5	20	17	17	16	25	23
4	27	22	21	20	32	29
6	34	28	27	26	41	36
10	48	38	38	35	56	50
16	64	51	48	46	73	64
25	81	67	64	59	94	83
35	101	82	78	73	113	100
50	122	98	97	90	134	118
70	157	124	120	111	165	145
95	190	148	144	131	198	175
120	220	171	166	152	226	198
150	254	191	190	173	251	220

LXIV. Corrientes admisibles (en A) en servicio permanente con una THDi del tercer armónico del 45% (cables de cuatro conductores a 0,6/1 kV, 90°C)

Sección (mm ²)	Al aire (30 C)		Enterrados (20C)			
	Al aire libre	En conducto	En conducto p = 1	En conducto p = 1.5	Directo p = 1	Directo p = 1.5
1.5	20	17	17	16	26	22
2.5	28	22	22	22	34	31
4	36	30	28	28	44	39
6	46	38	37	35	56	48
10	65	52	51	47	76	67
16	86	69	65	62	98	87
25	109	90	86	80	127	112
35	136	110	105	98	153	135
50	165	132	131	121	181	159
70	212	167	163	150	223	195
95	256	200	194	177	267	236
120	298	230	224	205	305	267
150	343	258	257	234	339	297

LXV. Corrientes admisibles (en A) en servicio permanente con una THDi del tercer armónico del 33% (cables de cuatro conductores a 0,6/1 kV, 90°C)

La forma más directa de proceder es el dimensionamiento independiente del conductor neutro, teniendo siempre en cuenta que el rendimiento térmico y la reactancia del circuito dependen de las posiciones relativas de los conductores. Los factores adicionales que deben tenerse en cuenta son:

- Cuando el cable está agrupado con otros cables, cuanto mayor sea la corriente que fluye por el mismo (es decir, la corriente armónica en el neutro) más calor generará, por lo que se producirá un efecto de calentamiento sobre los otros cables. Esto debe tenerse en cuenta utilizando los factores de corrección por agrupamiento.
- La caída de tensión en el neutro, provocada por todos los armónicos de triple-N, se convierte en distorsiones de tensión armónica en todas las fases de la alimentación. Esto puede exigir un aumento adicional en la sección del neutro para recorridos de cable largos.

Debe prestarse atención especial a los cables armados o con cubiertas metálicas. La contribución de los armónicos a las corrientes parásitas en las pantallas o armaduras puede ser considerable. Por esta razón, siempre que se espere una distorsión de la corriente de

carga, el neutro nunca deberá tener una sección inferior a la de los conductores de fase correspondientes. Lo mismo es válido, desde luego, para todos los accesorios del circuito neutro.

Cuando las dimensiones de diseño del circuito neutro aumentan más allá de las de los componentes de fase correspondientes, como puede ocurrir incluso en sistemas eléctricos estándar, puede ser difícil, cuando no imposible, encontrar unos componentes comerciales adecuados, que sean capaces de integrarse correctamente en el sistema. La protección debe dimensionarse, como es natural, de acuerdo con la menor sección del conductor de fase.

En los circuitos finales, deben preverse neutros separados para cada línea y circuitos separados para cada carga perturbadora. Esto asegurará también la mejor independencia electromagnética posible entre los elementos perturbadores y los susceptibles. El uso del mejor equilibrio posible de las cargas evita contribuciones adicionales a la corriente del neutro, debido a los desequilibrios. Las consideraciones anteriores son igual de importantes y aplicables para cables de gran sección como para cables de secciones más modestas.

Aplicando los procedimientos ya mencionados procedemos a analizar el sistema de distribución que estamos analizando, para lo cual se toma en cuenta los valores del tercer armónico en las fases 1, 2 y 3 y en el conductor neutro, los cuales registran los siguientes valores;

	TERCER ARMONICO (A)
FASE 1	20
FASE 2	20
FASE 3	20
CONDUCTOR NEUTRO	47

LXVI. Presencia del tercer armónico por fase

En el caso de la fase 1, 2, 3 y el neutro se tomaron los valores máximos medidos en el periodo de pruebas y la corriente nominal del sistema es de 100 A

Con un 20 del tercer armónico, aplicando un factor de reducción de 0.86, la corriente de carga equivalente es.

$$\frac{20}{0.86} = 23.25$$

Para lo cual será necesario un cable con una sección de 25 mm^2 para cada una de las fases. Con 47 A presentes del tercer armónico en el conductor neutro la sección del cable a elegir es la siguiente (en este caso el factor de reducción es igual a 1)

$$\frac{47}{1} = 47$$

Para lo cual será necesario un cable con una sección de 47 mm^2 para el conductor neutro. De este análisis podemos deducir que los calibres en este caso para las 3 fases están correctamente ya que los conductores que se encuentran instalados son de calibre 2 AWG, pero en el caso del conductor neutro es importante realizar un cambio ya que todas las perturbaciones armónicas se están sumando en el mismo por lo que es necesario su cambio en este caso por un conductor de un mayor diámetro que sería de 47 mm^2 , que equivale a un conductor que podría ser de calibre 1/0 AWG para así poder reducir el nivel de distorsión armónica presente en la instalación.

6.3. Ahorro de energía en el sistema de iluminación

Las limitantes en los combustibles fósiles han llevado a buscar la forma de ahorrar energía, es estimado que los sistemas de iluminación consumen alrededor de 25% de la energía del mundo. Debido a esto los sistemas de iluminación fluorescentes son de gran popularidad debido a su gran eficiencia lumen por watt frente a la que se puede obtener en las lámparas incandescentes tradicionales, lo que se traduce en una considerable reducción de costo-operación. Los fabricantes de este tipo de sistemas hacen un esfuerzo constante para mejorar la calidad, eficiencia y costo de sus productos.

6.4. Sistemas de iluminación

Las dos grandes ramas de fuente de luz que existen actualmente son las de incandescencia (luz producida por termo-radiación) y la de descarga (luz producida por luminiscencia). Se define como termo-radiación a la emisión radiante que depende exclusivamente de la temperatura del material. A la parte de esta radiación, emitida dentro del espectro visible, se le denomina incandescencia. La incandescencia es la producción de luz por elevación de la

temperatura de un cuerpo. En oposición con la incandescencia, la luminiscencia consiste en la emisión de una radiación electromagnética visible, cuya intensidad en determinadas longitudes de onda (características de cada material) es mucho mayor que la radiación térmica del mismo cuerpo a la misma temperatura. Esencialmente la luminiscencia es la radiación luminosa emitida por un cuerpo, por efecto de un agente exterior que excita los átomos de dicho cuerpo. En este caso el número de niveles de energía posibles es muy reducido y la luz se emite en un número limitado de longitudes de onda, lo que origina un espectro discontinuo.

6.4.1. Clasificación de balastos.

Debido a que los balastos son vitales para la operación de las lámparas fluorescentes, éstos han tenido un importante desarrollo tecnológico. A través de la historia la mayoría de los balastos han sido electromagnéticos, pero en la actualidad los que ofrecen mejor rendimiento y ahorro eléctrico son los balastos electrónicos.

6.4.1.1. Balastro electromagnético.

El balastro electromagnético consiste básicamente de un núcleo de láminas de acero rodeadas por dos bobinas de cobre o aluminio. Este arreglo transforma potencia eléctrica en una forma apropiada para arrancar y regular la corriente en la lámpara fluorescente. El tercer componente principal de la mayoría de los balastos electromagnéticos es el capacitor. El capacitor en dichos balastos optimiza el factor de potencia, de tal forma que puede utilizar la energía de manera más eficiente. Los balastos electromagnéticos que están equipados con el capacitor son considerados balastos de alto factor de potencia.

6.4.1.2. Balastro electrónico.

La revolución electrónica ha dado lugar a mejoras drásticas en el funcionamiento de los balastos. El balastro electrónico está basado en una tecnología enteramente diferente a la del balastro electromagnético. Enciende y regula las lámparas fluorescentes en altas

frecuencias, generalmente mayores a 20KHz., usando componentes electrónicos en vez del tradicional transformador.

Un aspecto muy importante en la evolución que han tenido los balastos electrónicos dentro de los sistemas de iluminación fluorescente, son las ventajas que presentan con respecto a los balastos electromagnéticos tradicionales, tales como la eliminación del parpadeo de la lámpara en el encendido, el ruido audible, la habilidad para ajustar la salida de luz de la lámpara a casi cualquier nivel cuando es usado un control de intensidad luminosa.

Aunque los balastos electromagnéticos presentan gran simplicidad y bajo costo, estos tienen que trabajar a frecuencia de red lo cual, trae como consecuencia un elevado peso y gran volumen así como bajo rendimiento. Por ello los balastos electrónicos de alta frecuencia son utilizados hoy en día para la alimentación de lámparas fluorescentes. Comparado el balastro tradicional electromagnético con el electrónico, este puede proporcionar mayor rendimiento, control de la potencia de salida, larga vida a la lámpara y reducido volumen.

6.4.2. Eficiencia energética de balastos electromagnéticos y electrónicos.

6.4.2.1. Factor de balasto

Es el porcentaje de flujo lumínico nominal que puede esperarse al utilizar la lámpara con un balasto comercial específico, por ejemplo un balasto con un factor de balasto de 0.93 hará que emita un 93 % de su potencia lumínica nominal.

TIPO DE BALASTO	VALOR MINIMO EN % DEL FACTOR DE BALASTO
ELECTROMAGNETICO	92.5
ELECTRONICO	850.

LXVII. Valores límite en porciento del factor de balasto

6.4.2.2. Factor de eficacia del balasto

Es la relación entre el factor de balasto, como porcentaje, y la potencia de línea total consumida por el conjunto dada en watts.

LAMPARA QUE OPERA EL BALASTO	ENCEDDIDO DEL BALASTO	FACTOR DE EFICACIA DE BALASTO MINIMO	
		UNA LAMPARA	DOS LAMPARAS
17W / T8/ ER	RAPIDO		2.10
25W / T8 / ER	RAPIDO	2.80	1 51
32 W / T8 / ER 31 Y 32 W / T8 / ER TIPO U	RAPIDO	2.30	1.26
59W / T8 / ER	INSTANTANEO		0.70

LXVIII. Valores límite de factor de eficacia de balasto para balastos electromagnéticos

LAMPARA QUE OPERA EL BALASTO	ENCEDDIDO DEL BALASTO	FACTOR DE EFICACIA DE BALASTO MINIMO			
		UNA LAMPARA	DOS LAMPARAS	TRES LAMPARA	CUATRO LAMPARAS
17W / T8/ ER	RAPIDO	4.72	2.40	1.62	1.30
	INSTANTANEO	4.50	2.73	1.80	1.40
25W / T8 / ER	RAPIDO	3.10	1.78	1.21	0.93
	INSTANTANEO	3.45	1.82	1.30	1.00
32 W / T8 / ER 31 Y 32 W / T8 / ER / ER TIPO U	RAPIDO	2.40	1.40	0.90	0.70
	INSTANTANEO	2.70	1.45	0.97	0.75
59W / T8 / ER	INSTANTANEO	1.40	0.78	--	--

LXIX. Valores límite de factor de eficacia de balasto para balastos electrónicos

Recomendaciones para un ahorro energético en iluminación;

- Limpia periódicamente las luminarias, porque la suciedad disminuye el nivel de iluminación de una lámpara hasta en un 20%.
- Apaga las luces que no necesites, como por ejemplo cuando el personal está en refrigerio.
- Evalúa la posibilidad de utilizar luz natural, instalando calaminas transparentes o similares. Aprovecha este recurso, siempre que te brinde un nivel adecuado de iluminación.

- Usa colores claros en las paredes, muros y techos, porque los colores oscuros absorben gran cantidad de luz y obligan a utilizar más lámparas.
- Reemplaza tus fluorescentes T-12 convencionales de 40 W por fluorescentes delgados de T-8 de 36 W. Este reemplazo significa un ahorro económico de 10% en tu facturación, ya que los T-8 consumen 4W menos, utilizan los mismos sockets y lo más importante es que cuestan igual.
- Independiza y sectoriza los circuitos de iluminación, esto te ayudará iluminar sólo los lugares que necesitas.
- Instala superficies reflectoras porque direcciona e incrementa la iluminación y posibilita la reducción de lámparas en la luminaria.
- Selecciona las lámparas que te suministren los niveles de iluminación requeridos en las normas de acuerdo al tipo de actividad que desarrolles.
- Utiliza balastos electrónicos, porque te permiten ahorrar energía hasta un 10% y corrige el factor de potencia, así como incrementa la vida útil de tus fluorescentes.
- Evalúa la posibilidad de instalar sensores de presencia, timers y/o dimmers para el control de los sistemas de iluminación de tu empresa.
- Utiliza luminarias apropiadas como las pantallas difusoras con rejillas. No utilices difusores o pantallas opacas porque generan pérdidas de luz por lo que tendrás que utilizar más lámparas,.

6.4.3. Cálculo de ahorro en consumo energético por cambio de luminarias

Como se lo menciono en las recomendaciones para el ahorro energético en la iluminación de cambiar las luminarias existentes en cada uno de los bloques que son de 40 W por las de 36 W, se propondrá de la siguiente manera

En la tabla que se describe a continuación detalla la distribución de luminarias por cada bloque, así como el consumo mensual de estas suponiendo que las mismas tengan un periodo de trabajo de 10 horas al día durante 20 días laborables por mes.

	# LUMINARIAS 2*(40 W)	POTENCIA (KW)	ENERGIA CONSUMIDA POR MES (KWH)
BLOQUE 6	94	3.76	752
BLOQUE 5	102	4.08	1416
BATERIAS	34	1.36	272
BLOQUE 4	12	0.48	96
BLOQUE 3	116	4.6	920
BLOQUE 2	68	2.7	540
Total	426	16.98	3396

LXX. Distribución de luminarias de 40 W

La energía producida por las luminarias de 40 W es de 3408 KWh, la propuesta que se mostrara a continuación se basa en lámparas fluorescentes de 36 W, las cuales según las especificaciones técnicas de la tabla (LXXII), nos especifica que las luminarias OSRAM de 36 W generan 3350 lm/m, lo cual significaría un 30% más que las luminarias que actualmente instaladas, por lo cual se reducirá el número total de luminarias en un 30% ya que estas tienen mayor área de cobertura de iluminación.

	# LUMINARIAS 2 *(36 W)	POTENCIA (KW)	ENERGIA CONSUMIDA POR MES (KWH)
BLOQUE 6	66	2.3	460
BLOQUE 5	72	2.6	520
BATERIAS	24	0.86	172
BLOQUE 4	8	0.288	57.6
BLOQUE 3	82	2.9	580
BLOQUE 2	48	1.7	340
Total	300	10.6	2129.6

LXXI. Distribución de luminarias de 36W

El ahorro de energía que obtenemos al cambiar las luminarias de 40 W por las de 36 W es de 1266.4 KWH, que en porcentaje es el 30 % de la energía consumida mensualmente por las luminarias de 40 W ya instaladas, por lo cual sería rentable y lograríamos obtener una mejor facturación.

Aplicaciones	Luminaria 40 W T8	Luminaria 36 W T12
Apto para interiores	Si	Si
Descripción general		
Casquillo (denominación estándar)	G13/10x35	G13
Reciclado	Si	Si
Contenido mercurio lámpara	7.8 mg.	2.5 mg
Datos técnicos eléctricos		
Potencia nominal	40 W	36
Potencia de construcción	39.5 W	36
Eficacia lámpara (condición estándar)	63 lm/W	96 lm/W
Eficacia medida de lámpara (dato HF)		
Geometrías		
Diámetro del tubo	38 mm	26 mm
Diámetro	38 mm	26 mm
Largo	1200.00 mm	1200 mm
Long. con casq pero sin pitones/conexión	1200 mm	1200 mm
Duración de vida		
Duración	10000 h	18000 h
Vida útil	4000 h	20000 h
Factor supervivencia 2.000 h	0.99	0.99
Factor supervivencia 4.000 h	0.99	0.99
Factor supervivencia 6.000 h	0.95	0.99
Factor supervivencia 8.000 h	0.81	0.90
Modo de operación LLMF/LSF	60 hz	60 hz
Datos técnicos de iluminación		
Flujo luminoso a 25 °C	2500 lm	3350 lm
índice reproducción de color Ra	>=70	>=80
Flujo luminoso nominal	2500 lm	3350 lm
Flujo luminoso	2500 lm	3350 lm
Flujo luminoso	2500 lm	3350 lm
Tono de luz	765	827
Temperatura de color	6500K	2700 K
Índice de reproducción cromática Ra	70...79	80...89
Tono de luz según EN 12464-1	Luz día	Lumilux interna
Factor manten. lumen lámpara 2.000 h	0.85	0.95
Factor manten. lumen lámpara 4.000 h	0.77	0.92
Factor manten. lumen lámpara 6.000 h	0.73	0.91
Factor manten. lumen lámpara 8.000 h	0.70	0.90
Temperaturas		
Temperatura ambiente máx.flujo luminoso	25.0 °C	25.0 °C

**LXXII. Especificaciones técnicas Lámparas fluorescentes T12 versión -S - LUMILUX T8
Lámparas fluorescentes marca OSRAM**

6

http://www.osram.ec/osram_ec/

6.4.4. Cálculo de ahorro económico por cambio de luminarias

En esta parte se procederá a calcular el ahorro que se tendrá al cambiar las luminarias T12 de 40 W por luminarias T8 de 36 W y la recuperación por la inversión propuesta.

Consumo promedio mensual luminarias 40 W = 3396 KWH

Consumo promedio mensual luminarias 36 W = 2129.6 KWH

Costo KWH = 0.083 ctv.

$$3396 * 0.083 = 281.86 \$$$

$$2129.6 * 0.083 = 176.7 \$$$

Ahorro mensual = 281.86 - 176.7 = 105.10 \$

Precio luminaria 36 W por dos unidades = 18.90 \$

Numero de luminarias a instalar = 300

Costo por cambio de luminarias = 300 (18.90 \$) = 5670 \$

Cálculo de recuperación de la inversión

$$T = \frac{\text{costo equipo}}{\text{ahorro x año}}$$

$$T = \frac{5670}{1261.2} = 4.4 \text{ años}$$

Una vez obtenido el costo por cambio de luminarias y el cálculo de recuperación de la inversión, se puede notar que técnica y económicamente esta propuesta podría ser tomada en cuenta ya que el tiempo de recuperación de inversión no es muy largo y los beneficios técnicos que se obtendrán por el cambio sería muy beneficioso, ya que no solo contribuiríamos con una mejor iluminación, también se ahorra mensualmente un valor considerable en facturación por costo de energía y se ayudaría a mejorar la calidad de la energía eléctrica ya que estas lámparas modernas no generan la misma cantidad de

perturbaciones eléctricas como las que ya están instaladas debido, a que las propuestas funcionarían con balasto electrónico

6.5. ANALISIS SOCIO ECONOMICO

Este proyecto ayuda grandemente a ahorrar energía y a reducir el gasto económico por concepto de energía, para la Universidad Nacional de Loja, a la vez que mejora la cultura tecnológica que fomenta una mejor preparación para el personal que labora en la universidad, esto en cuanto de laborar en un entorno más eficiente al ejecutar labores que fomente el progreso de la universidad.

6.6. ANALISIS DE IMPACTO AMBIENTAL

Este proyecto no producirá ningún impacto negativo al medio ambiente, por la razón que en ningún momento se realiza operaciones que incidan sobre este, y además se produce un ahorro en lo que son emisiones de toneladas equivalentes de petróleo debido a que obtendremos un menor consumo de KWH, para lo cual es necesario mencionar que el valor mensual ahorrado es de 1266.4 KWH para lo cual se demuestra de la siguiente manera.

$$1 \text{ KWH} = 8.62 \cdot 10^{-5} \text{ toneladas equivalentes de petróleo}$$

Ejecutando la respectiva conversión obtendremos que:

$$1266.4 \text{ KWH equivalen a } 0.109 \text{ TEP Mensuales}$$

$$0.109 \text{ TEP} \cdot 12 = 1.30 \text{ TONELADAS EQUIVALENTES DE PETROLEO ANUALES}$$

7. CONCLUSIONES

- Con la aplicación de la regulación del CONELEC No.- 004/01, IEEE 519, UNE 20460-5-524 para nivel de voltaje, perturbaciones de voltaje (armónicos de voltaje, flickers), factor de potencia y en éste estudio análisis para armónicos de corriente, y armónicos en el conductor neutro se hace imprescindible que los usuarios realicen estudios de Calidad de Energía a fin de acondicionar sus instalaciones, evitar penalizaciones y mejorar la vida útil de sus equipos eléctricos.
- La regulación CONELEC 004/01, al no ser una norma completa ya que carece del análisis de armónicos de corriente y estudio de perturbaciones en conductor neutro fue necesario recurrir a normas y estándares internacionales que analicen estos parámetros y con lo cual obtenemos un estudio más detallado de la red de distribución del área de energía.
- Con el levantamiento de la información, que fue utilizada para actualizar el sistema eléctrico del Área de Energía, las industrias y los recursos naturales no renovables, se evidenció la desfavorable distribución de los alimentadores secundarios, y de no tener una adecuada coordinación de protecciones, los centros de carga no están ubicados en los sitios adecuados, no están organizadas las cargas de acuerdo a las áreas de trabajo, lo cual trae inconvenientes al momento de aislar circuitos para realizar tareas de mantenimiento, o restear los mismos en condiciones de falla.
- La determinación de los valores eficaces verdaderos es esencial en cualquier instalación donde exista un número importante de cargas no lineales (PC[s, condensadores electrónicos, lámparas fluorescentes compactas etc...) los aparatos de medida que dan valores promedios darán mediciones inferiores a las reales hasta en un 40% lo cual puede traer como consecuencia que los cables y las protecciones se dimensionen con valores inferiores a los adecuados lo cual puede conllevar a fallos y desconexiones imprevistas.

- A través de este análisis se haga énfasis al estudio y adecuada colocación del sistema puesta a Tierra, pues la no colocación de la misma incrementa los armónicos de corriente y a su vez reduce el valor del factor de potencia considerablemente.
- Del análisis obtenido se obtuvo que en los circuitos secundarios así como en el principal el conductor neutro pasa cargado constantemente por lo cual hubo que dimensionar uno de mayor diámetro para poder equilibrar el sistema.
- El trabajo ha permitido la elaboración de los esquemas unifilares del AEIRNNR, así como el diagnóstico del estado técnico de todas las instalaciones eléctricas de esta institución y la identificación de qué fase está conectado cada uno de los circuitos secundarios.
- Este trabajo permitió realizar una descripción detallada de la carga que se encuentra instalada en cada uno de los bloques que conforman el banco de transformadores la cual esta detallada con sus respectivas protecciones y los conductores para las mismas detalladas en el anexo.
- El factor de potencia no cumplió con las normas establecidas para lo cual se procedió a calcular un banco de capacitores y el ahorro en la facturación por corregir dicho bajo factor de potencia el cual bordea el 15 % de la facturación mensual

- Se presentan anomalías en los armónicos; ocasionados principalmente en los circuitos secundarios y en el principal ya que existe un gran número de computadores, y un gran número de luminarias, debido a que son cargas no lineales y por lo tanto generan armónicos que afectan todo el sistema eléctrico de la Universidad. Se comprobó que estos armónicos son los que introducen ruido en la forma de onda, lo que hace que los equipos electrónicos sensibles se vean afectados.
- En cuanto a la iluminación, se pudo constatar que todo el sistema dispone de lámparas fluorescentes de balastro electromecánico y tubos fluorescentes de tecnología T12 de 40 W, los mismos que son generadores de armónicos, además de ser contaminantes al medio ambiente, según datos de la OSRAM cada uno de estos tubos contiene 30 mg de vapor de mercurio, gas altamente contaminante para el medio ambiente, mientras que las modernas lámparas fluorescentes del tipo T8 de 36 W contienen alrededor de 4.5 mg de vapor de mercurio, en base a lo cual se realizó un análisis lumínico.
- Debido al ahorro energético debido al cambio de luminarias, obtenemos que no se emitirían 1.09 toneladas equivalentes de petróleo por año

8. RECOMENDACIONES

- Como primer punto que el ente regulador nacional de energía eléctrica en este caso el CONELEC, actualice sus normas y regulaciones en este caso en particular para estudio de calidad de energía eléctrica y poder tener una norma o regulación ah nivel nacional clara y confiable que asegure la continuidad y confiabilidad del suministro eléctrico ah nivel nacional
- Crear una departamento o sección de mantenimiento, cuyas actividades estarán destinadas a realizar labores íntegras de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo de las instalaciones eléctricas de la Universidad, En la actualidad se ha comprobado que el mantenimiento ya no debe ser considerado como un gasto, por el contrario es necesario que se lo mire como una inversión que permite mejorar la confiabilidad, continuidad y productividad de la Universidad, además tiene una alta incidencia en el aspecto social, por tratarse de un institución educativa.
- Para realizar cada una de las mediciones eléctricas en cada uno de los puntos como son en el nodo principal y en los circuitos secundarios es necesario tener el equipo de protección adecuado y así evitar problemas con los altos niveles de corrientes que circulan por la red
- Realizar una reestructuración de los circuitos secundarios eléctricos, ya que en la actualidad no están distribuidos adecuadamente, de manera particular en las áreas sensibles (sistemas informáticos).
- Para corregir los niveles de armónicos se considera necesario la adquisición de un filtro activo ACCUSINE PCS, el cual tiene la facultad de corregir el FP y eliminar los armónicos.

- Realizar un correcto dimensionamiento de las protecciones, pues estas se encuentran sobredimensionadas, para garantizar tanto continuidad en el servicio eléctrico, como la protección del recurso humano involucrado con este trabajo.
- Realizar el montaje de un banco de capacitores en el circuito principal , ya que en las facturas de consumo mensual de energía se incluyen por el rubro de penalización por bajo factor de potencia, valores innecesarios, tal como se demuestra en análisis de penalización por bajo factor de potencia en el
- Tomar en cuenta el cambio del conductor neutro por uno de mayor calibre, ya que este se encuentra saturado completamente x corrientes parasitas que afectan el equilibrio del sistema
- Tener niveles adecuados de luz, según la naturaleza de la tarea visual, obtendremos beneficios como la probabilidad de cometer menos errores, mejorar la seguridad.
- Motivar, entrenar y cambiar los hábitos del personal y estudiantes involucrados en el uso de la energía hacia su utilización eficiente.
- Crear un programa de sustitución de lámparas, que esté de acuerdo con la vida útil definida por el fabricante de las luminarias, las horas de utilización de las mismas y las necesidades mínimas de cada zona, se debe definir un programa de sustitución antes de que estas lleguen a la situación de fallo total.

9. BIBLIOGRAFÍA

- TORRES SANCHEZ Horacio, ACERO G. Gloria María, VILLAMIL Jairo Flechas, SAUCEDO B. Juan Vicente, QUINTANA G Carlos Ariel / *Calidad de la Energía Eléctrica CEL*, Primera edición, Editorial Asociación Colombiana de Ingenieros ACIEM, Cundinamarca, 2001
- *Guía de calidad e la energía, Dimensionado del Neutro en las Instalaciones Ricas en Armónicos* Prof Jan Desmet, Hogeschool West-Vlaanderen & Prof Angelo Baggini, Università di Bergamo Junio 2003
- IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality (IEEE Std. 1159-1995). Institute of Electrical and Electronics Engineers. ISBN 1- 55937-549-3. Estados Unidos, 1995.
- Electrical Power Systems Quality. Roger C. Dugan, Mark F. Mc Granaghan, Surya Santoso, H. Wayne Beaty. Ed. Mc Graw -Hill. Estados Unidos, 1996.
- Característica de la tensión suministrada por las redes generales de distribución (UNE-EN 50160). Ed. AENOR. España, 2001.
- IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems (IEEE Std. 519-1992). Institute of Electrical and Electronics Engineers. ISBN 1-55937-239-7. Estados Unidos, 1993.
- IEEE Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plant (IEEE Std.141-1994). ISBN 1-55937-333-4. New York, USA, 1994.
- Libro instalaciones eléctricas, EIC-262, Ing. Germán Rocha Maldonado, Cochabamba – Bolivia Agosto 2001. PAG 9-18 “DETERMINACION DE DEMANDAS MAXIMAS ”
- <http://roble.pntic.mec.es/jsalinas/factor%20potencia.pdf>
- <http://es.scribd.com/doc/2634590/AUDITORIA-ENERGETICA>
- http://www.procobre.org/archivos/peru/conductores_electricos.pdf
- <http://www.leonardo-energy.org/espanol/guia-de-la-calidad>
- <http://www.fide.org.mx/home/home.asp>

- http://es.wikipedia.org/wiki/Calidad_de_suministro_el%C3%A9ctrico
- http://www.fluke.nl/comx/show_product.aspx?pid=36919&locale=ECes&product=PHASE1
- http://assets.fluke.com/manuals/43b_____umspa0100.pdf
- http://www.fluke.nl/comx/show_product.aspx?pid=37819&locale=ECes&product=PHASE1
- <http://www.fluke.nl/comx/manuals.aspx?locale=ECes&pid=37819>
- http://www.fluke.nl/comx/show_product.aspx?locale=ECes&pid=35669
- http://www.fluke.nl/comx/show_product.aspx?pid=35669&product=PHASE3&type=3&locale=ECes
- <http://www.fluke.nl/comx/manuals.aspx?locale=ECes&pid=35669>
- http://www.fluke.nl/comx/show_product.aspx?pid=35719&locale=mxes&product=PHASE3
- http://www.fluke.nl/comx/show_product.aspx?locale=ECes&pid=35723
- http://www.fluke.nl/comx/show_product.aspx?pid=35723&product=PHASE3&type=3&locale=ECes
- http://www.fluke.nl/comx/show_product.aspx?pid=35665&locale=mxes&product=PHASE3
- http://www.fluke.nl/comx/show_product.aspx?pid=35665&product=PHASE3&type=3&locale=mxes
- <http://www.mty.itesm.mx/etie/deptos/ie/profesores/jabaez/clases/e242/introduccion.pdf>
- <http://www.amprobe.com/cgi-bin/pdc/viewprod.cgi?pid=2374&tid=1&type=elec>
- <http://www.amprobe.com/manuals/PQ55A.pdf>
- <http://www.schneider-electric.mx>

- <http://www.schneider-electric.co>
- <http://www.schneiderelectric.es>
- http://www.osram.ec/osram_ec/
- NORMA Oficial Mexicana NOM-017-ENER-1997, Eficiencia energética de lámparas fluorescentes compactas. Límites y métodos de prueba.
- REGULACION No. CONELEC – 004/01 CALIDAD DEL SERVICIO ELECTRICO DE DISTRIBUCION

10. ANEXOS

CUADRO DE CARGAS BLOQUE 6												
SUBTABLERO DE ALIMENTACION 1 STD-1												
UBICACION	CIRC.	Nº	SERVICIO	CARGA TOTAL (w)	F.D.	CARGA DIVERS.	FASE	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	PROTECCION	DIAMETRO DE TUBERIA Y CALIBRE DE CONDUCTOR	
PLANTA BAJA	1		Iluminación	1,040	0,8	832	1	120	6,93	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	2		Iluminación	440	0,8	352	1	120	2,93	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	3		Iluminación	500	0,8	400	1	120	3,33	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	1		Tomacorrientes	300	0,5	150	1	120	1,25	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	2		Tomacorrientes	300	0,5	150	1	120	1,25	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
Sub Total Fase 1				2.580,00		1.884,00	1	120				
SUBTABLERO DE ALIMENTACION 2 STD-2												
UBICACION	CIRC.	Nº	SERVICIO	CARGA TOTAL (w)	F.D.	CARGA DIVERS.	FASE	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	PROTECCION	DIAMETRO DE TUBERIA Y CALIBRE DE CONDUCTOR	
SEGUNDA PLANTA	1		Iluminación	380	0,8	304	1	120	2,53	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	2		Iluminación	160	0,8	128	1	120	1,07	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	3		Iluminación	80	0,8	64	1	120	0,53	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	4		Iluminación	320	0,8	256	1	120	2,13	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	5		Iluminación	320	0,8	256	1	120	2,13	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	6		Iluminación	240	0,8	192	1	120	1,60	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	7		Iluminación	400	0,8	320	1	120	2,67	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	1		Tomacorrientes	350	0,5	175	1	120	1,46	15 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	2		Tomacorrientes	450	0,5	225	1	120	1,88	15 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	3		Tomacorrientes	1,000	0,5	500	1	120	4,17	15 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
Sub Total Fase 1				3.700,00		2.420,00	1	120				
SUBTABLERO DE ALIMENTACION 3 STD-3												
UBICACION	CIRC.	Nº	SERVICIO	CARGA TOTAL (w)	F.D.	CARGA DIVERS.	FASE	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	PROTECCION	DIAMETRO DE TUBERIA Y CALIBRE DE CONDUCTOR	
TERCERA PLANTA	1		Iluminación	380	0,8	304	3	120	2,53	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	2		Iluminación	160	0,8	128	3	120	1,07	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	3		Iluminación	80	0,8	64	3	120	0,53	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	4		Iluminación	320	0,8	256	3	120	2,13	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	5		Iluminación	320	0,8	256	3	120	2,13	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	6		Iluminación	240	0,8	192	3	120	1,60	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	7		Iluminación	400	0,8	320	3	120	2,67	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	1		Tomacorrientes	350	0,5	175	3	120	1,46	15 A / 1 P	2x10 TW - Tub 3/4"	
	2		Tomacorrientes	450	0,5	225	3	120	1,88	15 A / 1 P	2x10 TW - Tub 3/4"	
	3		Tomacorrientes	1,000	0,5	500	3	120	4,17	15 A / 1 P	2x10 TW - Tub 3/4"	
	Sub Total Fase 3				3.700,00		2.420,00	3	120			
	TOTAL				6.280		4.304	Fase 1	120	0,00	60 A / 2P	2x#6(8)-TTU
	RESUMEN:				3.700		2.420	Fase 3	120	20,17	60 A / 2P	2x#6(8)-TTU
CARGA TOTAL INSTALADA			9,98	KW								
CARGA TOTAL DIVERSIFICADA			6,72	KW								
FACTOR DE COINCIDENCIA			0,90									
DEMANDA TOTAL DIVERSIFICADA			7,47	KW								
FACTOR DE POTENCIA			0,92									
DEMANDA TOTAL EN KVA			8,12	KVA								

Levantamiento de carga bloque 6

CUADRO DE CARGA EDIFICIO BIBLIOTECA												
TABLERO BIBLIOTECA												
UBICACIÓN	CIRC.	Nº	SERVICIO	CARGA TOTAL (w)	F.D.	CARGA DIVERS.	FASE	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	PROTECCIÓN	DIAMETRO DE TUBERIA Y CALIBRE DE CONDUCTOR	
PLANTA BAJA	1		Tomacorrientes	2.800	0,8	2.240	1	120	18,67	30 A / 1P	2x10 TW - Tub 3/4"	
	2		Tomacorrientes	2.800	0,8	2.240	1	120	18,67	30 A / 1P	2x10 TW - Tub 3/4"	
	3		Tomacorrientes	2.800	0,8	2.240	1	120	18,67	30 A / 1P	2x10 TW - Tub 3/4"	
	4		Tomacorrientes	2.800	0,8	2.240	1	120	18,67	30 A / 1P	2x10 TW - Tub 3/4"	
	5		Tomacorrientes	2.750	0,8	2.200	1	120	18,33	30 A / 1P	2x10 TW - Tub 3/4"	
	6		Tomacorrientes	2.000	0,8	1.600	1	120	13,33	30 A / 1P	2x10 TW - Tub 3/4"	
	7		Tomacorrientes	2.250	0,8	1.800	1	120	15,00	30 A / 1P	2x10 TW - Tub 3/4"	
				Sub Total Fase 1	18.200,00		14.560,00	1	120	121,34		
SUBTABLERO DE ALIMENTACION STD-1												
UBICACIÓN	CIRC.	Nº	SERVICIO	CARGA TOTAL (w)	F.D.	CARGA DIVERS.	FASE	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	PROTECCIÓN	DIAMETRO DE TUBERIA Y CALIBRE DE CONDUCTOR	
PLANTA ALTA	1		Iluminación	380	0,8	304	3	120	2,53	10 A / 1P	2x12 TW - Tub 1/2"	
	2		Iluminación	640	0,8	512	3	120	4,27	10 A / 1P	2x12 TW - Tub 1/2"	
	3		Iluminación	640	0,8	512	3	120	4,27	10 A / 1P	2x12 TW - Tub 1/2"	
	4		Iluminación	480	0,8	384	3	120	3,20	10 A / 1P	2x12 TW - Tub 1/2"	
	5		Iluminación	640	0,8	512	3	120	4,27	10 A / 1P	2x12 TW - Tub 1/2"	
	1		Tomacorrientes	150	0,5	75	3	120	0,63	10 A / 1P	2x12 TW - Tub 1/2"	
	2		Tomacorrientes	150	0,5	75	3	120	0,63	10 A / 1P	2x12 TW - Tub 1/2"	
				Sub Total Fase 3	3.080,00		2.374,00	3	120	19,80		
SUBTABLERO DE ALIMENTACION STD-2												
UBICACIÓN	CIRC.	Nº	SERVICIO	CARGA TOTAL (w)	F.D.	CARGA DIVERS.	FASE	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	PROTECCIÓN	DIAMETRO DE TUBERIA Y CALIBRE DE CONDUCTOR	
SEGUNDA PLANTA ALTA	1		Iluminación	560	0,8	448	3	120	3,73	10 A / 1P	2x12 TW - Tub 1/2"	
	2		Iluminación	640	0,8	512	3	120	4,27	10 A / 1P	2x12 TW - Tub 1/2"	
	3		Iluminación	560	0,8	448	3	120	3,73	10 A / 1P	2x12 TW - Tub 1/2"	
	4		Iluminación	640	0,8	512	3	120	4,27	10 A / 1P	2x12 TW - Tub 1/2"	
	5		Iluminación	560	0,8	448	3	120	3,73	10 A / 1P	2x12 TW - Tub 1/2"	
	6		Iluminación	520	0,8	416	3	120	3,47	10 A / 1P	2x12 TW - Tub 1/2"	
	1		Tomacorrientes	550	0,5	275	3	120	2,29	10 A / 1P	2x12 TW - Tub 1/2"	
	2		Tomacorrientes	200	0,5	100	3	120	0,83	10 A / 1P	2x12 TW - Tub 1/2"	
	3		Tomacorrientes	200	0,5	100	3	120	0,83	10 A / 1P	2x12 TW - Tub 1/2"	
	4		Tomacorrientes	550	0,5	275	3	120	2,29	10 A / 1P	2x12 TW - Tub 1/2"	
				Sub Total Fase 3	4.980,00		3.534,00	3	120	13,44		
	SUBTABLERO DE ALIMENTACION 3											
UBICACIÓN	CIRC.	Nº	SERVICIO	CARGA TOTAL (w)	F.D.	CARGA DIVERS.	FASE	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	PROTECCIÓN	DIAMETRO DE TUBERIA Y CALIBRE DE CONDUCTOR	
TERCERA PLANTA	1		Iluminación	560	0,6	336	3	120	2,80	10 A / 1P	2x12 TW - Tub 1/2"	
	2		Iluminación	640	0,6	384	3	120	3,20	10 A / 1P	2x12 TW - Tub 1/2"	
	3		Iluminación	440	0,6	264	3	120	2,20	10 A / 1P	2x12 TW - Tub 1/2"	
	4 Y		Iluminación	660	0,6	396	3	120	3,30	10 A / 1P	2x12 TW - Tub 1/2"	
	5		Iluminación	260	0,6	156	3	120	1,30	10 A / 1P	2x12 TW - Tub 1/2"	
	1		Tomacorrientes	500	0,2	100	3	120	0,83	10 A / 1P	2x12 TW - Tub 1/2"	
	2		Tomacorrientes	300	0,2	60	3	120	0,50	10 A / 1P	2x12 TW - Tub 1/2"	
	3		Tomacorrientes	300	0,2	60	3	120	0,50	10 A / 1P	2x12 TW - Tub 1/2"	
				Sub Total Fase 3	3.660,00		1.756,00	3	120	14,63		
				TOTAL			14.560	Fase 1	120	121,30	125 A / 2P	2x#6(S)-TTU
						7.664	Fase 3	120	63,70	80 A / 2P	2x#6(S)-TTU	
						RESUMEN:						
						CARGA TOTAL INSTALADA		29,92	KW			
						CARGA TOTAL DIVERSIFIC		22,22	KW			
						FACTOR DE COINCIDENCIA/		0,90				
						DEMANDA TOTAL DIVERSI		24,69	KW			
						FACTOR DE POTENCIA		0,92				
						DEMANDA TOTAL EN KVA		26,84	KVA			

Levantamiento de carga bloque 5

CUADRO DE CARGAS EDIFICIO SECRETARIA GENERAL										
SUBTABLERO DE ALIMENTACION 1 STD-1										
UBICACIÓN	CIRC. Nº	SERVICIO	CARGA TOTAL (w)	F.D.	CARGA DIVERS.	FASE	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	PROTECCION	DIAMETRO DE TUBERIA Y CALIBRE DE CONDUCTOR
PLANTA BAJA	1	Iluminación	480	0,8	384	1	120	3,20	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"
	2	Iluminación	580	0,8	464	1	120	3,87	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"
	3	Iluminación	260	0,8	208	1	120	1,73	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"
	1	Tomacorrientes	1.000	0,5	500	3	120	4,17	15 A / 1P	2x10 TW - Tub 3/4"
	2	Tomacorrientes	1.250	0,5	625	3	120	5,21	15 A / 1P	2x10 TW - Tub 3/4"
	3	Tomacorrientes	3.000	0,5	1.500	3	120	12,50	15 A / 1P	2x10 TW - Tub 3/4"
			TOTAL			1.056	Fase 1	120	8,80	30 A / 1P
					2.625	Fase 3	120	21,87	30A / 1P	2x#6(8)-TTU
						RESUMEN:				
						CARGA TOTAL INSTALADA	6,57	KW		
						CARGA TOTAL DIVERSIFICADA	3,6	KW		
						FACTOR DE COINCIDENCIA	0,9			
						DEMANDA TOTAL DIVERSIFICADA	4,00	KW		
						FACTOR DE POTENCIA	0,92			
						DEMANDA TOTAL EN KVA	4,35	KVA		

Levantamiento de carga bloque 4

CUADRO DE CARGA EDIFICIO ELECTROMECHANICA											
SUBTABLERO DE ALIMENTACION 1 STD-1											
UBICACIÓN	CIRC. Nº	SERVICIO	CARGA TOTAL (w)	F.D.	CARGA DIVERS.	FASE	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	PROTECCION	DIA METRO DE TUBERIA Y CALIBRE DE CONDUCTOR	
PLANTA BAJA	1	Iluminación	1.920	0,8	1.536	1	120	12,80	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	2	Iluminación	480	0,8	384	1	120	3,20	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	3	Iluminación	2.400	0,8	1.920	1	120	16,00	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	1	Tomacorrientes	150	0,5	75	1	120	0,63	15 A / 1P	2x10 TW - Tub 3/4"	
	2	Tomacorrientes	300	0,5	150	1	120	1,25	15 A / 1P	2x10 TW - Tub 3/4"	
	3	Tomacorrientes	350	0,5	175	1	120	1,46	15 A / 1P	2x10 TW - Tub 3/4"	
	Sub Total Fase 1			5.600,00		4.240,00	Fase A	120	35,34	60 A / 1 P	2x#8 (10) TW-Cu-Tub. 1"
SUBTABLERO DE ALIMENTACION 2 STD-2											
UBICACIÓN	CIRC. Nº	SERVICIO	CARGA TOTAL (w)	F.D.	CARGA DIVERS.	FASE	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	PROTECCION	DIA METRO DE TUBERIA Y CALIBRE DE CONDUCTOR	
SEGUNDA PLANTA	1	Iluminación	1.200	0,8	960	3	120	8,00	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	2	Iluminación	1.200	0,8	960	3	120	8,00	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	3	Iluminación	1.120	0,8	896	3	120	7,47	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	4	Iluminación	1.200	0,5	600	3	120	5,00	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	1	Tomacorrientes	700	0,5	350	3	120	2,92	15 A / 1 P	2x10 TW - Tub 3/4"	
	Sub Total Fase 3			5.420,00		3.766,00	Fase A		31,39	60 A / 1 P	2x#8 (10) TW-Cu-Tub. 1"
						RESUMEN:					
								CARGA TOTAL INSTALADA	11,02	KW	
								CARGA TOTAL DIVERSIFIC	8,01	KW	
								FACTOR DE COINCIDENCIA	0,90		
								DEMANDA TOTAL DIVERS	8,90	KW	
								FACTOR DE POTENCIA	0,92		
								DEMANDA TOTAL EN KVA	9,67	KVA	

Levantamiento de carga bloque 3

CUADRO DE CARGA MUSEO DE ROCAS, GEOLOGIA EN MINAS Y LABORATORIOS ELECTRICOS											
TABLERO PRICIPAL											
UBICACIÓN	CIRC. Nº	SERVICIO	CARGA TOTAL (w)	F.D.	CARGA DIVERS.	FA SE	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	PROTECCION	DIAMETRO DE TUBERIA Y CALIBRE DE CONDUCTOR	
PLANTA BAJA	1	Iluminación	640	0,8	512	1	120	4,27	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	2	Iluminación	900	0,8	720	1	120	6,00	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	3	Iluminación	360	0,8	288	1	120	2,40	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	4	Iluminación	980	0,8	784	1	120	6,53	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	5	Iluminación	720	0,8	576	1	120	4,80	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	1	Tomacorrientes	350	0,5	175	1	120	1,46	15 A / 1 P	2x10 TW - Tub 3/4"	
	2	Tomacorrientes	350	0,5	175	1	120	1,46	15 A / 1 P	2x10 TW - Tub 3/4"	
	3	Tomacorrientes	450	0,5	225	1	120	1,88	15 A / 1 P	2x10 TW - Tub 3/4"	
	4	Tomacorrientes	300	0,5	150	1	120	1,25	15 A / 1 P	2x10 TW - Tub 3/4"	
Sub Total Fase A			5.050,00		3.605,00	Fase 1	120	30,05	50 A / 1 P	2x#8 (10) TW-Cu-Tub. 1"	
SUBTABLERO DE ALIMENTACION 1											
UBICACIÓN	CIRC. Nº	SERVICIO	CARGA TOTAL (w)	F.D.	CARGA DIVERS.	FA SE	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	PROTECCION	DIAMETRO DE TUBERIA Y CALIBRE DE CONDUCTOR	
PLANTA BAJA	1	Iluminación	600	0,8	480	1	120	4,00	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	2	Tomacorrientes	700	0,5	350	1	120	2,92	15 A / 1 P	2x10 TW - Tub 3/4"	
	Sub Total Fase A			1.300,00		830,00	Fase 1	120	6,92	20 A / 1 P	2x#8 (10) TW-Cu - Tub. 1"
SUBTABLERO DE ALIMENTACION 2											
UBICACIÓN	CIRC. Nº	SERVICIO	CARGA TOTAL (w)	F.D.	CARGA DIVERS.	FA SE	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	PROTECCION	DIAMETRO DE TUBERIA Y CALIBRE DE CONDUCTOR	
PLANTA BAJA	1	Iluminación	500	0,8	400	3	120	3,33	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	2	Iluminación	960	0,8	768	3	120	6,40	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	3	Iluminación	720	0,8	576	3	120	4,80	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	1	Tomacorrientes	500	0,5	250	3	120	2,08	15 A / 1 P	2x10 TW - Tub 3/4"	
	2	Tomacorrientes	350	0,5	175	3	120	1,46	15 A / 1 P	2x10 TW - Tub 3/4"	
	Sub Total Fase B			3.030,00		2.169,00	Fase 3	120	18,07	20 A / 1 P	2x#8 (10) TW-Cu - Tub. 1"
SUBTABLERO DE ALIMENTACION 3											
UBICACIÓN	CIRC. Nº	SERVICIO	CARGA TOTAL (w)	F.D.	CARGA DIVERS.	FA SE	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	PROTECCION	DIAMETRO DE TUBERIA Y CALIBRE DE CONDUCTOR	
PLANTA BAJA	1	Iluminación	1.560	0,8	1.248	3	120	10,40	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	2	Iluminación	640	0,8	512	3	120	4,27	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	3	Iluminación	1.800	0,8	1.440	3	120	12,00	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	1	Tomacorrientes	530	0,5	265	3	120	2,21	15 A / 1 P	2x10 TW - Tub 3/4"	
	2	Tomacorrientes	265	0,5	133	3	120	1,10	15 A / 1 P	2x10 TW - Tub 3/4"	
	3	Tomacorrientes	465	0,5	233	3	120	1,94	15 A / 1 P	2x10 TW - Tub 3/4"	
	4	Tomacorrientes	350	0,5	175	3	120	1,46	15 A / 1 P	2x10 TW - Tub 3/4"	
	Sub Total Fase B			5.610,00		4.005,00	Fase 3	120	33,38	50 A / 1 P	2x#8 (10) TW-Cu-Tub. 1"
SUBTABLERO DE ALIMENTACION 4											
UBICACIÓN	CIRC. Nº	SERVICIO	CARGA TOTAL (w)	F.D.	CARGA DIVERS.	FA SE	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	PROTECCION	DIAMETRO DE TUBERIA Y CALIBRE DE CONDUCTOR	
PLANTA BAJA	1	Tomacorrientes	2.445	0,3	734	1	120	6,11	15 A / 1 P	2x10 TW - Tub 3/4"	
	2	Tomacorrientes	6.487	0,3	1.946	1	120	16,22	15 A / 1 P	2x10 TW - Tub 3/4"	
	Sub Total Fase 1			8.932,00		2.679,60	Fase 1	120	22,33	20 A / 1 P	2x#8 (10) TW-Cu - Tub. 1"
TOTAL						7.115	Fase 1	120	59,29	80 A / 1 P	2x#6(8)-TTU
						6.174	Fase 3	120	51,45	80A / 1P	2x#6(8)-TTU
RESUMEN:											
CARGA TOTAL INSTALADA									23,92	KW	
CARGA TOTAL DIVERSIFIC									13,29	KW	
FACTOR DE COINCIDENCIA									0,90		
DEMANDA TOTAL DIVERSI									14,77	KW	
FACTOR DE POTENCIA									0,92		
DEMANDA TOTAL EN KVA									16,05	KVA	

Levantamiento de carga bloque 2

CUADRO DE CARGA BATERIAS SANITARIAS											
SUBTABLERO DE ALIMENTACION 1 STD-1											
UBICACIÓN	CIRC. Nº	SERVICIO	CARGA TOTAL (w)	F.D.	CARGA DIVERS.	FASE	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	PROTECCION	DIAMETRO DE TUBERIA Y CALIBRE DE CONDUCTOR	
PLANTA BAJA	1	Iluminación	960	0,8	768	1	120	6,40	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	2	Iluminación	700	0,8	560	1	120	4,67	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	3	Iluminación	1.554	0,8	1.243	1	120	10,36	10 A / 1 P	2x12 TW - Tub ½"	
	1	Tomacorrientes	400	0,5	200	2	120	1,67	15 A / 1P	2x10 TW - Tub 3/4"	
	2	Tomacorrientes	400	0,5	200	2	120	1,67	15 A / 1P	2x10 TW - Tub 3/4"	
	Sub Total Fase 1			4.014,00		2.971,20	Fase A	120	24,76	40 A / 1 P	2x#8 (10) TW-Cu-Tub. 1"
CIRCUITO ESPECIAL											
UBICACIÓN	CIRC. Nº	SERVICIO	CARGA TOTAL (w)	F.D.	CARGA DIVERS.	FASE	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	PROTECCION	DIAMETRO DE TUBERIA Y CALIBRE DE CONDUCTOR	
PLANTA BAJA	1	Bomba	5625	0,5	2812,5		600	4,6875	25 A / 1P	2x#8 (10) TW-Cu-Tub. 1"	
	2	Bomba	5625	0,5	2812,5		600	4,6875	25 A / 1P	2x#8 (10) TW-Cu-Tub. 1"	
	3	Bomba	5625	0,5	2812,5		600	4,6875	25 A / 1P	2x#8 (10) TW-Cu-Tub. 1"	
	4	Bomba	5625	0,5	2812,5		600	4,6875	25 A / 1P	2x#8 (10) TW-Cu-Tub. 1"	
	Sub Total Fase 1 y 2			22500		11250		600	18,75	50A/1P	2x#8 (10) TW-Cu-Tub. 1"
								RESUMEN:			
								CARGA TOTAL INSTALADA			26,51 KW
								CARGA TOTAL DIVERSIFICADA			14,22 KW
								FACTOR DE COINCIDENCIA			0,9
								EMANDA TOTAL DIVERSIFICAD			15,80 KW
								FACTOR DE POTENCIA			0,92
								DEMANDA TOTAL EN KVA			17,18 KVA

Levantamiento de carga Baterías Sanitarias



Banco de transformadores de 75 KVA



Instalación Fluke 1743 nodo principal



Puesta a tierra nodo principal



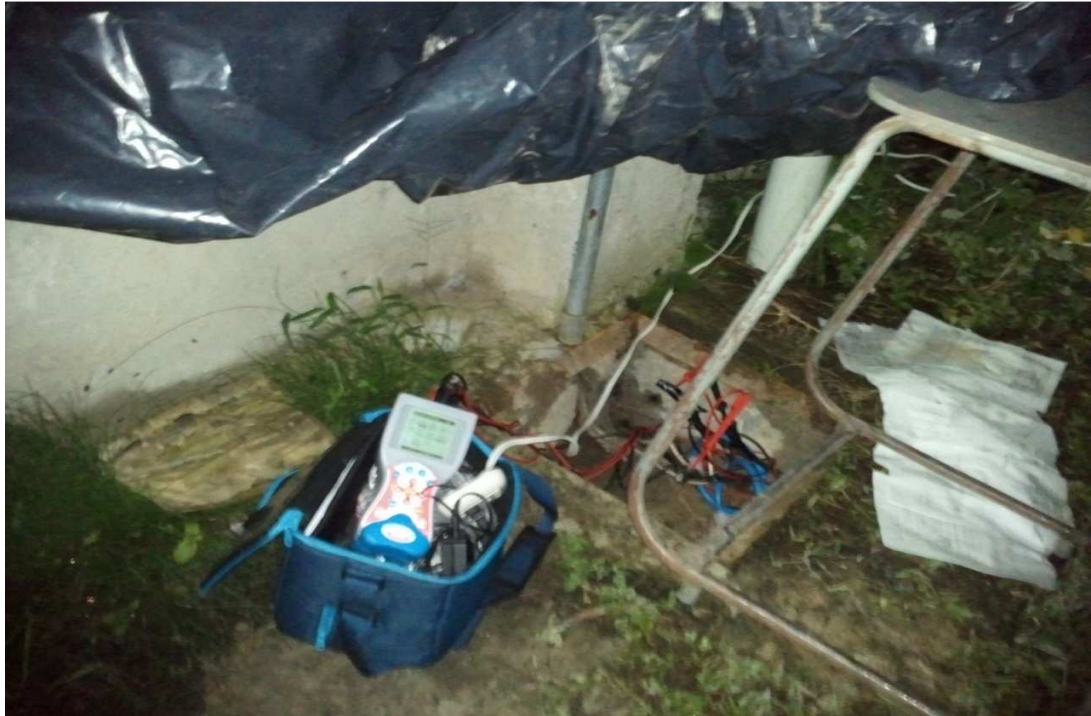
Ubicación pinzas de voltaje Fluke 1743 nodo principal



Instalación pinzas amperimétricas



Fluke 1743 instalación para 7 días de pruebas



Mediciones con metrel registrador de potencia en el bloque 6



Pozo de acometidas bloque 5



Mediciones con metrel registrador de potencia en el bloque 5



Mediciones con metrel registrador de potencia en el bloque 5

REGULACION No. CONELEC – 004/01

CALIDAD DEL SERVICIO ELECTRICO DE DISTRIBUCION

CALIDAD DEL PRODUCTO

Los aspectos de calidad del producto técnico que se controlarán son el nivel de voltaje, las perturbaciones y el factor de potencia, siendo el Distribuidor responsable de efectuar las mediciones correspondientes, el procesamiento de los datos levantados, la determinación de las compensaciones que pudieran corresponder a los consumidores afectados y su pago a los mismos. Toda la información deberá estar a disposición del CONELEC al momento que se le requiera.

Nivel de Voltaje

Índice de Calidad

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

Donde:

ΔV_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.

Mediciones

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.

El Distribuidor deberá realizar mensualmente lo siguiente:

Un registro de voltaje en cada uno de los siguientes puntos de medición:

20% de las barras de salida de subestaciones de distribución AV/MV, no menos de 3.

0,15% de los transformadores de distribución, no menos de 5.

0,01 % de los Consumidores de Bajo Voltaje del área de concesión, no menos de 10.

Para la selección de los puntos se considerarán los niveles de voltaje, el tipo de zona (urbana, rural), y la topología de la red, a fin de que las mediciones sean representativas de todo el sistema. Una vez realizada la selección de los puntos, la Empresa Distribuidora debe notificar al CONELEC, por lo menos 2 meses antes de efectuar las mediciones.

Simultáneamente con el registro del voltaje se deberá medir la energía entregada a efectos de conocer la que resulta suministrada en malas condiciones de calidad.

Para cada mes, el registro en cada punto de medición se efectuará durante un período no inferior a 7 días continuos, en intervalos de medición de 10 minutos.

Límites

El Distribuidor no cumple con el nivel de voltaje en el punto de medición respectivo, cuando durante un 5% o más del período de medición de 7 días continuos, en cada mes, 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:

	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 %

Perturbaciones

Parpadeo (Flicker)

Índice de Calidad

Para efectos de la evaluación de la calidad, en cuanto al flicker, se considerará el Índice de Severidad por Flicker de Corta Duración (P_{st}), en intervalos de medición de 10 minutos, definido de acuerdo a las normas IEC; mismo que es determinado mediante la siguiente expresión:

$$P_{st} = \sqrt{0.0314P_{0.1} + 0.0525P_1 + 0.0657P_3 + 0.28P_{10} + 0.08P_{50}}$$

Donde:

P_{st} : Índice de severidad de flicker de corta duración.

$P_{0.1}, P_1, P_3, P_{10}, P_{50}$: Niveles de efecto “flicker” que se sobrepasan durante el 0.1%, 1%, 3%, 10%, 50% del tiempo total del periodo de observación.

Mediciones

El Distribuidor deberá realizar mensualmente lo siguiente:

Un registro en cada uno de los puntos de medición, en un número equivalente al 0,15% de los transformadores de distribución, en los bornes de bajo voltaje, no menos de 5.

Para la selección de los puntos se considerarán los niveles de voltaje, el tipo de zona (urbana, rural), y la topología de la red, a fin de que las mediciones sean representativas de todo el sistema. Una vez realizada la selección de los puntos, la Empresa Distribuidora debe notificar al CONELEC, por lo menos 2 meses antes de efectuar las mediciones.

Simultáneamente con este registro se deberá medir la energía entregada a efectos de conocer la que resulta suministrada en malas condiciones de calidad.

Para cada mes, el registro en cada punto de medición se efectuará durante un período no inferior a 7 días continuos, en intervalos de medición de 10 minutos.

Las mediciones se deben realizar con un medidor de efecto “Flicker” para intervalos de 10 minutos y de acuerdo a los procedimientos especificados en la norma IEC 60868.

Con la finalidad de ubicar de una manera más eficiente los medidores de flicker, se efectuarán mediciones de monitoreo de flicker, de manera simultánea con las mediciones de voltaje indicadas anteriormente; por lo que los medidores de voltaje deberán estar equipados para realizar tales mediciones de monitoreo.

Límites

El índice de severidad del Flicker P_{st} en el punto de medición respectivo, no debe superar la unidad. Se considera el límite $P_{st} = 1$ como el tope de irritabilidad asociado a la fluctuación máxima de luminancia que puede soportar sin molestia el ojo humano en una muestra específica de población.

Se considerará que el suministro de electricidad no cumple con el límite admisible arriba señalado, en cada punto de medición, si las perturbaciones se encuentran fuera del rango de tolerancia establecido en este numeral, por un tiempo superior al 5 % del período de medición de 7 días continuos.

Armónicos

Índices de Calidad

$$V_i' = \left(\frac{V_i}{V_n} \right) * 100$$

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

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 $i = 2 \dots 40$) expresado en voltios.

V_n : voltaje nominal del punto de medición expresado en voltios.

Mediciones

El Distribuidor deberá realizar mensualmente lo siguiente:

Un registro en cada uno de los puntos de medición, en un número equivalente al 0,15% de los transformadores de distribución, en los bornes de bajo voltaje, no menos de 5.

Para la selección de los puntos se considerarán los niveles de voltaje, el tipo de zona (urbana, rural), y la topología de la red, a fin de que las mediciones sean representativas de todo el sistema. Una vez realizada la selección de los puntos, la Empresa Distribuidora debe notificar al CONELEC, por lo menos 2 meses antes de efectuar las mediciones.

Simultáneamente con este registro se deberá medir la energía entregada a efectos de conocer la que resulta suministrada en malas condiciones de calidad.

En cada punto de medición, para cada mes, el registro se efectuará durante un período no inferior a 7 días continuos, en intervalos de medición de 10 minutos.

Las mediciones se deben realizar con un medidor de distorsiones armónicas de voltaje de acuerdo a los procedimientos especificados en la norma IEC 61000-4-7.

Con la finalidad de ubicar de una manera más eficiente los medidores de distorsiones armónicas, se efectuarán mediciones de monitoreo de armónicas, de manera simultánea con las mediciones de voltaje indicadas anteriormente; por lo que los medidores de voltaje deberán estar equipados para realizar tales mediciones de monitoreo.

Límites

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. Para efectos de esta regulación se consideran los armónicos comprendidos entre la segunda y la cuadragésima, ambas inclusive.

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)
Impares no múltiplos de 3		
5	2.0	6.0
7	2.0	5.0
11	1.5	3.5
13	1.5	3.0
17	1.0	2.0
19	1.0	1.5
23	0.7	1.5
25	0.7	1.5
> 25	$0.1 + 0.6*25/n$	$0.2 + 1.3*25/n$
Impares múltiplos de tres		
3	1.5	5.0
9	1.0	1.5
15	0.3	0.3
21	0.2	0.2
Mayores de 21	0.2	0.2
Pares		
2	1.5	2.0
4	1.0	1.0
6	0.5	0.5
8	0.2	0.5
10	0.2	0.5
12	0.2	0.2
Mayores a 12	0.2	0.5
THD	3	8

Factor de Potencia

Índice de Calidad

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.

Medición

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.

Límite

El valor mínimo es de 0,92.

INTERPRETACION Y APLICACIÓN DEL ESTANDAR IEEE-519

Antecedentes

En 1981, el Instituto de Ingenieros en Electricidad y Electrónica (IEEE) elaboró el estándar IEEE- 519 titulado “Prácticas Recomendadas y Requerimientos para control de armónicas en sistemas de potencia”. El documento establece los niveles de distorsión de voltaje aceptables en sistemas de distribución al mismo tiempo que establece límites en la distorsión armónica de corriente que los usuarios pueden “inyectar” al sistema.

En este artículo se presenta una explicación simplificada sobre la aplicación de este estándar desde el punto de vista del usuario industrial.

Introducción

El uso de cargas no lineales, tales como convertidores estáticos, dispositivos magnéticos saturados y hornos de arco se ha incrementado considerablemente en los últimos años. Los convertidores estáticos son las cargas no lineales más utilizadas en la industria en donde se utilizan para una gran variedad de aplicaciones, tales como fuentes de poder para procesos electroquímicos, variadores de velocidad y fuentes ininterumpibles de poder (UPS)

Las cargas no lineales demandan una corriente no senoidal, cuyo paso por la impedancia del sistema provoca una caída de voltaje no senoidal, lo cual se traduce en una distorsión de voltaje en terminales de la carga. Una alta distorsión de corriente provoca calentamiento excesivo en conductores y transformadores así como interferencia en equipo de comunicación mientras que la distorsión de voltaje provoca una operación incorrecta de equipo sensible (computadoras, micro controladores)

Cuando se utiliza compensación de reactivos mediante bancos de capacitores en instalaciones con un gran contenido de cargas no lineales, se pueden presentar condiciones

de resonancia las cuales pueden traducirse en niveles altos de distorsión en voltaje y corriente.

El Estándar IEEE-519 recomienda que las compañías suministradoras mantengan los niveles de distorsión de voltaje de acuerdo a la tabla de la siguiente página y que los clientes mantengan la inyección de corriente debajo de valores que dependen de la rigidez del sistema.

Los límites establecidos para la corriente son fijados de tal manera que si todos los usuarios los respetan, la compañía suministradora puede mantener la distorsión por debajo de los límites marcados por el estándar

Límites en distorsión de voltaje

Bus voltaje at PCC (V_n)	Individual harmonic Voltage Distorsion (%)	Total Voltage Distorsion – THD (%)
$V_n \leq 69$ kV	3.0	5.0
69 kV < $V_n \leq 161$ kV	1.5	2.5
$V_n > 161$ kV	1.0	1.5

I. Límites en distorsión de voltaje IEEE-519

$V_n \leq 69$ kV						
IL	$h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	TDD
< 20	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20-50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50-100	10.00	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100-1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

II. Límites en distorsión de voltaje IEEE-519