

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

PROYECTO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO

TITULO:

“Diagnóstico de los niveles de distorsión y sus correctivos para la optimización de la calidad de la energía eléctrica, en las instalaciones de la planta procesadora de productos lácteos Alpina s.a. del cantón Machachí”

POSTULANTE:

Gutiérrez Álvarez Guido Bolívar

DIRECTOR:

Ing.Miguel Ángel Lucio Castro

Latacunga – Ecuador

2013

AUTORÍA

Este documento es de exclusiva autoría del investigador: Gutiérrez Álvarez Guido Bolívar quien se responsabiliza por las ideas y comentarios emitidos en la elaboración de este proyecto de tesis

Gutiérrez Álvarez Guido Bolívar
INVESTIGADOR

CERTIFICACIÓN

En calidad de Director de Tesis sobre el tema **“DIAGNOSTICO Y OPTIMIZACIÓN DE LA CALIDAD DE ENERGÍA EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LA PLANTA PROCESADORA DE PRODUCTOS LÁCTEOS ALPINA S.A.”**, de autoría del señor Gutiérrez Álvarez Guido Bolívar, postulante de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas especialidad Ingeniería Eléctrica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aporte científico-técnico suficientes para ser sometida a la evaluación del Tribunal de Grado, que el Honorable Consejo Académico de la Unidad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Ing. Miguel Ángel Lucio Castro
DIRECTOR DE TESIS

AGRADECIMIENTO

A mi Dios todo poderoso, por darme la vida, la salud y haber recibido las bendiciones día a día.

A mis padres, (+) Luis Alberto, María Abelinda, por el cariño y el amor incondicional entregado y el apoyarme siempre en los momentos más difíciles de mi vida, permitiendo de esta manera que se me cumpla uno de mis sueños anhelados.

A mis hermanos Blanca, Luis y Flor por estar conmigo siempre y apoyarme cuando más los necesitaba.

Agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi, autoridades, maestras y maestros de la unidad académica de ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, quienes entregaron sus conocimientos sin reserva, amistad sincera; en especial a mi director, ya que con su apoyo se llegó al feliz término de este trabajo, para dejar un apoyo científico para las futuras generaciones.

Guido

DEDICATORIA

Con mucho cariño a mis padres, a mi mamá que me ha dado la vida y me supo encaminar y dar todos los principios de ética, la ayuda que me brindó todo mi trayecto de mi carrera profesional quien estuvo siempre pendiente de mi formación.

A mi hija, a mi esposa quienes fueron mi fuente de inspiración, el pilar para la realización de este trabajo de investigación.

Guido

ÍNDICE GENERAL

PRELIMINARES	PÁG.
Autoría	ii
Certificación	iii
Agradecimiento	iv
Dedicatoria	v
Índice general	vi
Resumen	xxix
Summary	xxx
Certificación	xxxii
Introducción	xxxiii

CAPITULO I

1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	PÁG.
1.1. Antecedentes	1
1.2. Electricidad y calidad de energía	2
1.2.1. Definición de electricidad	2
1.2.2. Potencial eléctrico	3
1.2.3. Conductibilidad y resistividad	5
1.2.3.1. Conductores eléctricos	6
1.2.3.2. Dieléctricos	7
	vi

	PÁG.
1.2.4. Corriente eléctrica	8
1.2.4.1. Corriente continua	9
1.2.4.2. Corriente alterna	10
1.2.4.2.1. Corriente trifásica	11
1.3. Calidad de energía	13
1.3.1. Huecos y cortes de voltaje (sag)	14
1.3.2. Incrementos breves de voltaje (sweell)	15
1.3.3. Transitorios en los sistemas de potencia (transient)	17
1.3.4. Interrupciones	17
1.3.5. Perturbación de frecuencia	19
1.3.6. Asimetría de la forma de onda	19
1.3.7. Ruido	20
1.3.8. Muecas de voltaje (notches)	21
1.3.9. Fluctuaciones de voltaje	22
1.3.10. Desbalance de voltaje	23
1.4. Armónicos	24
1.4.1. Definiciones	24
1.4.1.1. Límites de armónicos normativas internacionales y nacionales	27
1.4.1.2. Límites de armónicos de voltaje según la norma IEEE 519	28
1.4.1.3. Límites de armónicos de corriente según la norma IEEE 519	29

	PÁG.
1.4.1.4. Límites de armónicos de voltaje según la norma de Conelec 004/01	30
1.4.2. Distorsión de la forma de onda	31
1.4.3. Fuentes generadoras de armónicos	32
1.4.3.1. Rectificadores monofásicos	33
1.4.3.2. Rectificadores polifásicos	33
1.4.3.3. Convertidores alterna – alterna	36
1.4.3.4. Hornos de arco	36
1.4.4. Efectos de armónicos en equipo del sistema	37
1.4.4.1. Motores y generadores	37
1.4.4.2. Transformadores	38
1.4.4.3. Capacitores	38
1.4.4.4. Protecciones	39
1.4.4.5. Líneas	39
1.4.5. Características de la respuesta del sistema	40
1.4.5.1. Capacidad cortocircuito	40
1.4.5.2. Banco de capacitores	40
1.4.5.3. Característica de la carga	41
1.4.5.4. Condiciones, balanceamiento y desbalanceamiento	41
1.4.5.5. Condiciones de resonancia	42
1.5. Metodología para obtención de información del sistema eléctrico	42

1.5.1. Métodos utilizados para determinar los puntos de medición	42
1.5.2. Equipo y método utilizado para la medición de armónico	43

CAPITULO II

2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN RESULTADOS	PÁG.
2.1. Planta Procesadora de Productos Lácteos Alpina S.A46	
2.2. Análisis del diagnóstico de los niveles de distorsión	49
2.2.1. Flujograma del proceso para el diagnóstico de los niveles de distorsión	49
2.2.1.1. Mediciones en el punto A	50
2.2.1.2. Mediciones en el punto B	50
2.2.1.3. Mediciones en el punto C	50
2.2.1.4. Mediciones en el punto D	51
2.2.1.5. Conclusiones y recomendaciones	51
2.2. 2. Equipo utilizado para realizar mediciones	51
2.2.3. Puntos de mediciones seleccionados	53
2.2.4. Obtención del registro de datos	58
2.2.4.1. Parámetros necesarios para el análisis	58
2.3. Análisis de los resultados de las encuestas aplicadas a Supervisores de Producción y Técnicos Electromecánicos de Alpina S.A	58

	PÁG.
2.3.1. Encuesta realizada a Supervisores de Producción de la Planta	
Procesadora de Productos Lácteos Alpina S.A.	59
2.3.1.1. Pregunta 1, Análisis e interpretación	59
2.3.1.2. Pregunta 2, Análisis e interpretación	60
2.3.1.3. Pregunta 3, Análisis e interpretación	61
2.3.1.4. Pregunta 4, Análisis e interpretación	62
2.3.1.5. Pregunta 5, Análisis e interpretación	63
2.3.1.6. Pregunta 6, Análisis e interpretación	64
2.3.1.7. Pregunta 7, Análisis e interpretación	65
2.3.2. Tabla general de la encuesta realizada a Supervisores de Producción	
de la Planta Procesadora de Productos Lácteos Alpina S.A. ubicada	
en la provincia de Pichincha- Machachí.	66
2.4. Análisis de los resultados de la encuesta realizada a los Técnicos	
Electromecánicos de la Planta Procesadora de Lácteos Alpina S.A.	67
2.4.1. Encuesta realizada a los Técnicos Electromecánicos de la Planta	
Procesadora de Productos Lácteos Alpina S.A.	68
2.4.1.1. Pregunta 1, Análisis e interpretación	69
2.4.1.2. Pregunta 2, Análisis e interpretación	70
2.4.1.3. Pregunta 3, Análisis e interpretación	71
2.4.1.4. Pregunta 4, Análisis e interpretación	72

	PÁG.
2.4.1.5. Pregunta 5, Análisis e interpretación	73
2.4.1.6. Pregunta 6, Análisis e interpretación	74
2.4.2. Tabla general de la encuesta realizada al Jefe de Mantenimiento y Técnicos Electromecánicos de la Planta Procesadora de Productos lácteos Alpina s.a.	75
2.4.2.1. Interpretación de los resultados obtenidos	76
2.4.3. Entrevista realizada al gerente de la planta procesadora de productos lácteos Alpina S.A.	76
2.5. Verificación de hipótesis	76
2.5.1. Hipótesis nula (H0)	77
2.5.2. Hipótesis alternativa (H1)	77
2.5.3. Traducción de encuestas realizadas a los supervisores de la planta procesadora de productos lácteos de Alpina s.a.	77
2.5.4. Tabulación de encuestas realizadas a los técnicos electromecánicos de la planta procesadora de productos lácteos Alpina s.a.	78
2.5.5. Resumen de frecuencias observables (fo)	78
2.5.6. Resumen de frecuencias esperadas (fe)	79
2.5.7. Cálculo del Chi-Cuadrado (χ^2)	79

CAPITULO III

DESARROLLO DEL PROYECTO	PÁG.
3.1. Presentación	81
3.2. Desarrollo del proyecto	82
3.3. Tema	83
3.4. Justificación	83
3.5. OBJETIVOS	84
3.5.1. Objetivo Generales	84
3.5.2. Objetivos Específicos	84
3.6. Factibilidad del diagnostico de los niveles de distorsión	84
3.7. Impacto	85
3.8. Puntos de medición	85
3.9. Parámetros utilizados en el análisis de resultados, en cada uno de los puntos seleccionados	86
3.9.1. Normas para la evaluación	89
3.9.2. Análisis en el transformador de 400Kva	90
3.9.2.1. Medición de voltaje (URMS)	92
3.9.2.2. Medición de armónicos (THD) de voltaje	95
3.9.2.3. Medición de armónicos (thd) de corriente	100

	PÁG.
3.9.2.4. Medición de flickers (PST)	103
3.9.2.5. Medición del factor de potencia (FP)	106
3.9.3. Resultados del análisis a la salida del variador de 100 HP que controla el stork.	110
3.9.3.1 Medición de voltaje Urms	111
3.9.3.2. Medición de armónicos (THD) de voltaje	115
3.9.3.3. Medición de flickers (PST)	121
3.9.3.4. Medición del factor de potencia (FP)	125
3.9.4. Resultados del análisis en el transformador de 112kva (440-220)	128
3.9.4.1. Medición de voltaje urms	129
3.9.4.2. Medición de armónicos (THD) de voltaje URMS	133
3.9.4.3. Medición de armónicos (THD) de corriente	138
3.9.4.4. Medición de flickers (PST)	141
3.9.4.5. Medición de factor de potencia (FP)	145
3.9.5. Resultados de análisis a la entrada del motor de 100hp compresor de amoniaco MYCOM	149
3.9.5.1. Medición de voltaje URMS	149
3.9.5.2. Medición de armónicos (THD) de voltaje URMS	153
3.9.5.3. Medición de flickers (PST)	158
3.9.5.4. Medición del factor de potencia (FP)	163

	PÁG.
3.10. Propuesta para el mejorar de la calidad de energía eléctrica en la Planta Procesadora de Productos Lácteos Alpina S.A	167
3.10.1. Flujoograma para el proceso correctivo de la calidad de la energía eléctrica	168
3.10.2. Áreas donde se realizará correctivos	168
3.10.3. Soluciones para el primer punto A	169
3.10.3.1. Atenuación de armónicos y mejora del factor de potencia en el punto A	169
3.10.4. Soluciones para el segundo punto B	171
3.10.4.1. Atenuación de armónicos y mejora del factor de potencia en el punto B	171
3.10.5. Soluciones para el tercer punto C	174
3.10.5.1. Atenuación de armónicos y mejora del factor de potencia en el punto C	174
3.10.6. Soluciones para el cuarto punto D	176
3.10.6.1. Atenuación de armónicos y mejora del factor de potencia en el punto D	176
3.10.7. Áreas donde se realizara correctivos	178
3.11. Regulación de voltaje	178
3.11.1. Regulación de voltaje en el punto A-B	178

	PÁG.
3.11.2. Regulación de voltaje en el punto A-B	179
3.12. Cálculo de la corriente de cortocircuito	180
3.12. Conclusiones	180
3.13. Recomendaciones	182
3.14. Bibliografía	183
Bibliografía citada	183
Bibliografía consultada	185
Webgrafía citada	185
Glosario de términos	186

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

TABLAS	PÁG.
1.1. Limite de armónicos de voltaje según IEEE 519	28
1.2. Limite de armónicos de corriente según IEEE519 (bajo voltaje)	29
1.3. Limite de armónicos de corriente IEEE 519 voltaje entre 19y161 (kv)	30
1.4. Limite de armónicos de corriente IEEE 519 (voltaje mayor a 161 (kv)	30
1.5. Muestra de valores de esta regulación	31
2.1. Pregunta 1.- Con qué frecuencia existen interrupciones de Energía Eléctrica	59

	PÁG.
2. 2. Pregunta 2.- Cree usted que es bueno tener un servicio constante de E. E.	60
2.3. Pregunta 3.- Cree que mejorando la C. E. E. mejorará el proceso	61
2.4. Pregunta 4.- Cree necesario mejorar la calidad de energía eléctrica	62
2.5. Pregunta 5.- Cree que la actual C. E. E. perjudica el proceso	63
2.6. Pregunta 6.- Existe satisfacción con el actual servicio de E.E.	64
2.7. Pregunta 7.- Considera importante optimizar el servicio de E. E.	65
2.8. Análisis de los resultados de las encuestas realizado a los supervisores	67
2.9. Pregunta 1.- Conoce que es calidad de energía eléctrica	69
2.10. Pregunta 2.- Cree usted que es bueno tener un servicio constante de Energía Eléctrica.	70
2.11. Pregunta 3.- Cree que mejorando la Calidad de la Energía Eléctrica mejorará el proceso productivo	71
2.12. Pregunta 4.- Cree que es necesario que mantenimiento debe conocer lo que es Calidad de Energía Eléctrica	72
2.13. Pregunta 5.- Conoce que efectos produce la mala Calidad Energía Eléctrica	73
2.14. Pregunta 6.- Cree usted importante realizar estudios de la Calidad de Energía Eléctrica	74
2.15. Análisis de resultados de las encuestas a los técnicos electromecánicos de planta	75
2.16. Resumen de la encuesta realizada a supervisores de la planta	77

	PÁG.
2.17. Resumen de la encuesta realizada a técnicos electromecánicos	78
2.18. Resumen de encuestas observables	78
2.19. Resumen de frecuencias esperadas (fe)	79
2.20. Cuadro del cálculo del Chi-Cuadrado	79
3.1. Límites de armónicos de voltaje según IEEE 519	87
3.2. Límites de armónicos de corriente según la norma IEEE 519	88
3.3. Límites de armónicos de voltaje según CONELEC	88
3.4. Criterios de aprobación de parámetros a evaluarse	90
3.5. Datos del histograma de la variación de voltaje Urms L1 a la salida del transformador de 400KVA.	93
3.6. Datos del histograma de la variación de voltaje Urms de la línea L2	94
3.7. Datos campana Gauss de la variación de voltaje Urms de la línea L3.	95
3.8. Resumen de la tendencia de armónicos	96
3.9. Resultados de armónicos Thd de Urms línea L1 a la salida del transformador 400Kv	97
3.10. Resultados de armónicos Thd de Urms línea L2 a la salida del transformador de 400 Kv	98
3.11. Resultados de armónicos Thd de Urms línea L3, a la salida del transformador de 400Kva.	100
3.12. Resumen de armónicos Thd de Arms	101
3.13. Corrientes de carga por fase del transformador de 400Kva	101

	PÁG.
3.14. Cálculo de para armónicos en corriente del transformador de 400Kv	102
3.15. Resultados de flickersPst de la línea L1, a la salida del transformador de 400Kva	104
3.16. Resultados de flickers Pst de la línea L2, a la salida del transformador de 400Kva	105
3.17. Resultados de flickersPst de la línea L3, a la salida del transformador de 400Kva	106
3.18. Resumen de la tendencia del factor de potencia Fp.	107
3.19. Datos del histograma y distribución acumulada del Fp de la línea L1 en el transformador de 400KVA.	108
3.20. Datos del histograma y distribución acumulada del Fp de la línea L2 en el transformador de 400KVA	109
3.21. Datos del histograma y distribución acumulada del Fp de la línea L3 en el transformador de 400KVA	110
3.22. Tendencia de variaciones de voltajes Urms	111
3.23. Datos del histograma de la variación de voltaje Urms línea L1, a la salida del variador que controla el Stork	113
3.24. Datos de la campana de Gauss de la variación de voltaje Urms L2 a la salida del variador que controla el Stork	114
3.25. Datos del histograma de la variación de voltaje Urms línea L3, a la salida del variador que controla el Stork	115

3.26. Resumen de la tendencia de armónicos se corriente Arms,Urms, Vrms.	116
3.27. Resultados de armónicos Thd de voltaje línea L1, a la salida del variador que controla el Stork.	117
3.28. Resultados de armónicos THD de Urms línea L2, a la salida del variado de frecuencia que controla el Stork.	119
3.29. Resultados de armónicos Thd de voltaje línea L3 a la salida del variador que controla el Stork.	120
3.30. Resultados de flickersPst de la línea L1, a la salida del variador de frecuencia que controla el Stork.	122
3.31. Resultados de flickers Pst de la línea L2, a la salida del variador de frecuencia que controla el Stork.	123
3.32. Resultados de flickers Pst de la línea L3, a la salida del variador de frecuencia que controla el Stork.	124
3.33. Datos del histograma y distribución acumulada del Fp, a la salida del variador de frecuencia que controla el Stork.	126
3.34. Datos del histograma y distribución acumulada del Fp a la salida del variador de frecuencia que controla el Stork.	127
3.35. Datos del histograma y distribución acumulada del Fp, a la salida del variador de frecuencia que controla el Stork.	128
3.36. Resumen de tendencias de voltajes Urms	129
3.37. Resultados de voltajes L1, a la salida del transformador de 112Kva.	130
3.38. Resultados de Voltaje L2, a la salida del transformador de 112Kva.	131

	PÁG.
3.39. Resultados de Voltaje L3, a la salida del transformador de 112Kva.	132
3.40. Resumen de la tendencia de armónicos Thd de Volataje Urms	133
3.41. Resultados de armónicos en L1, a la salida del transf.112Kva.	135
3.42. Resultados de armónicos Thd de Urms línea L2, a la salida del transformador de 112Kva.	136
3.43. Resultados de armónicos Thd de Urms línea L3, a la salida del transformador de 112Kva.	138
3.44. Resumen de armónico en el transformador de 112,5Kva.	139
3.45. Corrientes de carga por fase del transformador de 400Kva	139
3.46. Cálculo de para armónicos de corriente - transformador de 400Kva.	140
3.47. Resultados de flickers Pst de la línea L1, a la salida del transformador de 112Kva.	142
3.48. Resultados de flickers Pst de la línea L2, a la salida del transformador de 112Kva.	143
3.49. Resultados de flickers Pst de la línea L3, salida del transformador de 112Kva.	145
3.50. Resumen de la tendencia del factor de potencia Fp	146
3.51. Datos del histograma y distribución acumulada del Fp de la línea L1, a la salida del transformador de 112Kva.	147
3.52. Datos del histograma y distribución acumulada del Fp de la línea L2, a la salida del transformador de 112Kva.	148

	PÁG.
3.53. Datos del histograma y distribución acumulada del Fp de la línea L3, a la salida del transformador de 112Kva.	149
3.54. Resumen de la tendencia de voltajes Urms	150
3.55. Datos del histograma de la variación motor 100HP de voltaje Urms L1	151
3.56. Datos del histograma de la variación de voltaje Urms L2, a la entrada del motor 100Hp del compresor de amoniaco	152
3.57. Resultados de armónicos Thd de Urms línea L3, a la entrada del motor 100Hp del compresor de amoniaco	153
3.58. Resumen de la tendencia de armónicos Thd de Arms, Urms, Vrms	154
3.59. Resultados de armónicos Thd de Urms línea L1, a la entrada del motor 100Hp del compresor de amoniaco Mycom.	155
3.60. Resultados de armónicos Thd de Urms de la línea L2, a la entrada del motor 100Hp del compresor de amoniaco Mycom.	156
3.61. Resultados de armónicos Thd de Urms de la línea L3, a la entrada del motor 100Hp del compresor de amoniaco Mycom.	158
3.62. Resultados de flickers Pst de la línea L1, a la entrada del motor 100Hp del compresor de amoniaco Mycom.	159
3.63. Resultados de flickers Pst de la línea L2, a la entrada del motor 100Hp del compresor de amoniaco Mycom.	161
3.64. Resultados de flickers Pst de la línea L3, a la entrada del motor 100Hp	

	PÁG.
del compresor de amoniaco Mycom.	162
3.65. Resumen de la tendencia del factor de potencia Fp	163
3.66. Datos del histograma y distribución acumulada del Fp de la línea L1, a la entrada del motor de 100Hp del compresor de amoniaco Mycom.	165
3.67. Datos del histograma y distribución acumulada del Fp, a la entrada del motor de 100Hp del compresor de amoniaco Mycom.	166
3.68. Datos del histograma y distribución acumulada del Fp de la línea L3, a la entrada del motor de 100Hp del compresor de amoniaco Mycom.	167
3.69. Resumen del cálculo del banco de capacitores	170
3.70. Resumen del cálculo del banco de capacitores	173
3.71. Resumen del cálculo del banco de capacitores	175
3.72. Resumen del cálculo del banco de capacitores	177
3.73. Regulación de voltaje en el punto A-B	179
3.74. Regulación de voltaje en el punto A-D	180

FIGURA	PÁG.
Figura1.1. Representación esquemática de resistencia	5
Figura 1.2. Conductor eléctrico de cobre	6
Figura 1.3. Rectificador de corriente alterna en continúa	10
Figura 1. 4. Onda senoidal	11
Figura 1.5. Voltaje de las fases de un sistema trifásico	12
Figura 1.6. Huecos de voltaje.	15
Figura 1.7. Incrementos breves de voltaje (swell)	16

	PÁG.
Figura 1.8. Interrupción momentánea del voltaje.	18
Figura 1.9. Interrupción sostenida.	18
Figura 1.10. Interrupción lenta.	18
Figura 1.11. Ruido.	20
Figura 1.12. Muecas en la onda de voltaje.	21
Figura 1.13. Circuito con punto de acoplamiento común.	21
Figura 1.14. Fluctuaciones de voltaje (flicker).	22
Figura 1.15. Asimetría de voltajes.	23
Figura 1.16. Forma de una onda senoidal estándar.	25
Figura 1.17. Onda senoidal distorsionada por armónicos	25
Figura 1.18. Horno de arco eléctrico.	36
Figura 1.19. Medición de voltaje hasta los 700v.	44
Figura 1.20. Medición de voltaje a nivel de 22kv.	44
Figura 1.21. Medición de bajo voltaje hasta los 700v.	45
Figura 1.22. Medición de voltaje a nivel de 22kv.	45
Figura 2.1. Vista de frente de la planta industrial Alpina s.a.	48
Figura 2.2. Partes constitutivas del analizador POWER PAD 3945	52
Figura 2.3. Conexión del analizador de energía eléctrica en el punto A	54
Figura 2.4. Conexión del analizador de energía eléctrica en el punto B	55
Figura 2.5. Conexión del analizador de energía eléctrica en el punto C	56
Figura 2.6. Conexión del analizador de energía eléctrica en el punto D	57
Figura 2.7. Gráfico del resultado de la encuesta aplicada a la pregunta 1	59
Figura 2.8. Gráfico del resultado de la encuesta aplicada pregunta 2	60
Figura 2.9. Gráfico del resultado de la encuesta aplicada pregunta 3	61
Figura 2.10. Gráfico del resultado de la encuesta aplicada pregunta 4	62
Figura 2.11. Gráfico del resultado de la encuesta aplicada pregunta 5	63
Figura 2.12. Gráfico del resultado de la encuesta aplicada pregunta 6	64
Figura 2.13. Gráfico del resultado de la encuesta aplicada pregunta 7	65
Figura 2.14. Gráfico del resultado de la encuesta aplicada pregunta 1	69
Figura 2.15. Gráfico del resultado de la encuesta aplicada pregunta 2	70
Figura 2.16. Gráfico del resultado de la encuesta aplicada pregunta 3	71

	PÁG.
Figura 2.17. Gráfico del resultado de la encuesta aplicada pregunta 4	72
Figura 2.18. Gráfico del resultado de la encuesta aplicada pregunta 5	73
Figura 2.19. Gráfico del resultado de la encuesta aplicada pregunta 7	74
Figura 3.1. Tendencia de variación de voltaje de las líneas del transformador de 400KVA	91
Figura 3.2. Histograma de variación de voltaje Urms L1 del transf de 400Kva.	92
Figura 3.3. Histograma de la variación de Urms L2 del transf de 400KVA.	93
Figura 3.4. Histograma de la variación de Urms L3 del transf de 400KVA.	94
Figura 3.5. Tendencia de armónicos Thd, Arms, Urms, Vrms.	95
Figura 3.6. Tendencia de armónicos Thd - Urms de línea L1, transf 400Kva	96
Figura 3.7. Tendencia de armónicos Thd de Urms de la línea L2, a la salida del transformador de 400Kva.	97
Figura 3.8. Tendencia de armónicos Thd de Urms de la línea L3, a la salida del transformador de 400Kva.	99
Figura 3.9. Tendencia de armónicos Thd de Arms de la línea L1, a la salida del transformador de 400Kva.	100
Figura 3.10. Tendencia de flicker Pst de la línea L1, del transf. de 400Kva.	103
Figura 3.11. Tendencia de flicker Pst de la línea L2, del transf. de 400Kva.	104
Figura 3.12. Tendencia de flickerPst de la línea L3, del transf de 400Kva.	105
Figura 3.13. Tendencia del factor de potencia Fp en el transf. de 400Kva	106
Figura 3.14. Histograma de tendencia del Fp en la línea L1, a la salida del transformador de 400KVA.	107
Figura 3.15. Histograma de tendencia del Fp en la línea L2, a la salida del transformador de 400KVA.	108
Figura 3.16. Histograma de tendencia del Fp en la línea L3, a la salida del transformador de 400KVA	109
Figura 3.17. Tendencia de voltajes Urms, de las L1, L2, L3, a la salida del variador de frecuencia de 100Hp que controla el Stork	111
Figura 3.18. Histograma de la variación de voltaje Urms línea L1, a la salida del variador que controla el Stork.	112
Figura 3.19. Histograma de la variación de voltaje Urms línea L2, a la salida	

	PÁG.
del variador que controla el Stork.	113
Figura 3.20. Histograma de la variación de voltaje Urms L3, a la salida del variador que controla el Stork.	114
Figura 3.21. Tendencia de armónicos Thd de Ams, Urms, Vrms, a la salida del variador de frecuencia de 100Hp, que controla el Stork	115
Figura 3.22. Tendencia de armónicos Thd de voltaje de la línea L1, a la salida del variador que controla el Stork.	116
Figura 3.23. Tendencia de armónicos Thd de Urms de la línea L2, a la salida del variador de frecuencia que controla el Stork.	118
Figura 3.24. Tendencia de armónicos Thd de Urms de la línea L3, a la salida del variador de frecuencia que controla el Stork.	119
Figura 3.25. Tendencia de flickerPst de la línea L1, a la salida del variador de frecuencia que controla el Stork.	121
Figura 3.26. Tendencia de flickerPst de la línea L2, a la salida del variador de frecuencia que controla el Stork.	122
Figura 3.27. Tendencia de flickerPst de la línea L3, a la salida del variador de frecuencia que controla el Stork.	123
Figura 3.28. Histograma de tendencia del Fp en la línea L1, a la salida del variador de frecuencia	125
Figura 3.29. Histograma de tendencia del Fp en la línea L2, a la salida del variador de frecuencia que controla el Stork.	126
Figura 3.30. Histograma de tendencia del Fp en la línea L3, a la salida del variador de frecuencia que controla el Stork.	127
Figura 3.31. Tendencia de voltajes Urms, en el transformador de 112Kva	129
Figura 3.32. Tendencia de voltajes Urms línea L1, a la del transformador de 112Kva.	130
Figura 3.33. Tendencia de Urms L2, a la salida del transf. de 112Kva.	131
Figura 3.34. Tendencia de voltajes Urms línea L3, del transf. de 112Kva.	132
Figura 3.35. Tendencia de armónicos Thd, Arms, Urms, Vrms a la salida transformador de 112Kva	133
Figura 3.36. Tendencia de armónicos Thd de Urms de la línea L1, a la salida	

	PÁG.
del transformador de 112Kva.	134
Figura 3.37. Tendencia de armónicos Thd de Urms de la línea L2, a la salida del transformador de 112Kva.	135
Figura 3.38. Tendencia de armónicos Thd de Urms de la línea L3, a la salida del transformador de 112Kva.	137
Figura 3.39. Tendencia de armónicos Thd de Arms de la líneas, a la salida del transformador	138
Figura 3.40. Tendencia de flickerPst de la línea L1, del transf. de 112Kva	141
Figura 3.41. Tendencia de flickerPst de la línea L2, del transf. de 112Kva	142
Figura 3.42. Tendencia de flickerPst de la línea L3, del transf. de 112Kva	144
Figura 3.43. Tendencia del factor de potencia Fp, en transf. de 112Kva	145
Figura 3.44. Histograma de tendencia del Fp en la línea L1, a la salida del transformador de 112Kva.	146
Figura 3.45. Histograma de tendencia del Fp de la línea L2, a la salida del transformador de 112Kva.	147
Figura 3.46. Histograma de tendencia del Fp en la línea L3, a la salida del transformador de 112KVA.	148
Figura 3.47. Tendencia de voltajes Urms a la entrada del motor de 100Hp	149
Figura 3.48. Histograma de la variación de voltaje Urms L1 a la entrada del motor 100Hp del compresor de amoniaco Mycom.	150
Figura 3.49. Histograma de la variación de voltaje Urms L2, a la entrada del motor 100Hp del compresor de amoniaco Mycom.	151
Figura 3.50. Histograma de la variación de voltaje Urms L3, a la entrada del motor 100Hp del compresor de amoniaco Mycom.	152
Figura 3.51. Tendencia de armónicos Thd de Arms, Urms, Vrms a la entrada del motor de compresor de 100Hp	153
Figura 3.52. Tendencia de armónicos Thd de Urms de la línea L1, a la entrada del motor 100Hp del compresor de amoniaco Mycom.	154
Figura 3.53. Tendencia de armónicos Thd de Urms de la línea L2, a la entrada del motor 100Hp del compresor de amoniaco Mycom.	155
Figura 3.54. Tendencia de armónicos Thd de Urms de la línea L3, a la entrada	

	PÁG.
del motor 100Hp del compresor de amoniaco Mycom.	157
Figura 3.55. Tendencia de flickerPst de la línea L1, a la entrada del motor 100Hp del compresor de amoniaco Mycom.	158
Figura 3.56. Tendencia de flickerPst de la línea L2, a la entrada del motor 100Hp del compresor de amoniaco Mycom.	160
Figura 3.57. Tendencia de flickerPst de la línea L3, a la entrada del motor 100Hp del compresor de amoniaco Mycom.	161
Figura 3.58. Tendencia del fator de potencia Fp a la entrada al motor del compresor de 100Hp	163
Figura 3.59. Histograma de tendencia del Fp de la línea L1, a la entrada del motor de 100Hp del compresor de amoniaco Mycom.	164
Figura 3.60. Histograma de tendencia del Fp de la línea L2 del motor de 100Hp	165
Figura 3.61. Histograma de tendencia del Fp en la línea L3, a la entrada del motor de 100Hp del compresor de amoniaco Mycom.	166



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
Y APLICADAS
LATACUNGA – ECUADOR

RESUMEN

TEMA: “DIAGNÓSTICO Y OPTIMIZACIÓN DE LA CALIDAD DE ENERGÍA EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LA PLANTA PROCESADORA DE PRODUCTOS LÁCTEOS ALPINA S.A”

AUTOR: GUIDO BOLÍVAR GUTIÉRREZ ÁLVAREZ

DIRECTOR: ING. MIGUEL LUCIO

AÑO: 2012

Este trabajo de investigación se ha realizado con el propósito, de mejorar la calidad de energía eléctrica en la planta procesadora de productos lácteos ALPINA S.A de la ciudad de Machachí del Cantón Mejía, para cumplir la regulación N.- CONELEC 004-01 y promover alternativas para reducir los costos de penalización por bajo factor de potencia que mensualmente factura la Empresa Eléctrica Quito a la fábrica procesadora de productos lácteos Alpina s.a. Se ha planteado objetivos que permiten establecer metas a cumplir para culminar con éxito el proyecto, con el propósito de conocer el tema se realiza una investigación bibliográfica y de campo, lo que nos permitió aclarar el tema propuesto. Se instaló medidores de la calidad de energía en los cuatro puntos seleccionados dentro de la planta procesadora y luego se procedió con el análisis de las medidas. También adicionalmente se realizó el diagrama unifilar, al final de realizada la investigación se añaden conclusiones y recomendaciones a seguir.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

Y APLICADAS

LATACUNGA – ECUADOR

THEME: “DIAGNOSIS AND OPTIMIZATION OF QUALITY ELECTRICAL
POWER OF DAIRY PROCESSING PLANTA ALPINA S.A. “

AUTHOR: Guido Bolívar Gutiérrez Álvarez

ABSTRACT

This research has been conducted with the aim of improving the quality in the dairy processing plant Alpina S.A. Machachí city of canton Mejia, to comply whit regulation N.- CONELEC 004-001 and promote alternatives to reduce costs penalty for low power factor that monthly invoice to Quito Electric Company manufactures diary processing Alpina S.A. It has been proposed that allow targets to meet set targets to successfully complete the project, with the purpose of learning the subject performed a literature search and field, which allowed us to clarify the proposed topic. Meter was installed power quality in the four sites selected from the processing plant and then preceded with the analysis of the measures. Additionally also performed the single line diagram at the end of the investigation is added on findings and recommendations to follow.

Ing. Miguel Lucio

Thesis Director



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
Y APLICADAS
LATACUNGA – ECUADOR

AVAL DEL TUTOR

En mi calidad de Director de Tesis sobre el tema “ Diagnostico y optimización de la calidad de energía en las instalaciones eléctricas de la planta procesadora de productos lácteos Alpina s.a”, propuesta para el cumplimiento de la calidad de energía según Regulación No. CONELEC 004/01, del señor Guido Bolívar Gutiérrez Álvarez, egresado de la carrera de Ingeniería Eléctrica, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos y meritos suficientes para el sometimiento a la evaluación del jurado examinador que el Honorable Consejo Directivo designe.

Latacunga, 11 de enero de 2013

El Director

Ing. Miguel Lucio

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS

LATAZUNGA – ECUADOR

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, yo Lic. Lidia Rebeca Yugla Lema con C.I. 050265234-0 CERTIFICO que he realizado la respectiva revisión del Abstract con el Tema: “Diagnostico y Optimización de la Calidad de Energía de las Instalaciones Eléctricas de la Planta Procesadora de Productos Lácteos Alpina S.A; ubicada en la Provincia de Pichincha Cantón Machachí 2012-2013”; cuyo Autor es Guido Bolívar Gutiérrez Álvarez y Director Ing. Miguel Lucio.

Latacunga 11 de enero del 2013

Atentamente

.....

Lic. Lidia Rebeca Yugla Lema
C.I. 050265234-0

INTRODUCCIÓN

En el sector industrial, el uso de la energía eléctrica ha sido y seguirá siendo fundamental para realizar sus procesos productivos y también mejorar el bienestar de las sociedades, el correcto diseño del sistema eléctrico debe brindar eficiencia y al hablar de eficiencia estamos hablando la calidad de energía eléctrica y por lo tanto el correcto funcionamiento de los equipos conectados a ese sistema.

Este trabajo del estudio del análisis de la calidad de la energía eléctrica en la planta procesadora de productos lácteos Alpina s.a., se tomó la decisión de realizar estudios por problemas relevantes observados como: gran número de motores quemados, variaciones de voltajes, desbalances de líneas, parpadeos o llamados también flickers en las luminarias de la planta.

Un estudio de la calidad de la energía eléctrica comprende principalmente analizar niveles de voltaje, perturbaciones de voltaje y corriente, factor de potencia, flickers. Todo encaminado a cumplir los reglamentos y normas que dicta el CONELEC 004/01.

El estudio en mención se realizó con equipos llamados analizadores de energía como es el POWER-PAD, los datos obtenidos en estos equipos nos sirvió para realizar el estudio y verificar los parámetros que están dentro y fuera de la regulación a emplear.

La elaboración de este proyecto de investigación está dividida en tres Capítulos los mismos que resumiremos a continuación:

En el capítulo uno, trata del marco teórico que nos da a conocer los conceptos básicos técnicos en lo que se refiere a: energía eléctrica, voltaje, corriente, armónicos, flickers, huecos, cortes, interrupciones, varios diagramas; esto es la

base fundamental para la investigación por su contenido teórico-científica para continuar la elaboración de mi proyecto.

En el capítulo dos, se refiere a la metodología de la investigación que se utilizó en el trabajo que se caracteriza por tratar de temas como las modalidades de investigación, tipos de investigación, procedimientos de cómo se realiza el análisis e interpretación de resultados obtenidos de las encuestas aplicadas al personal involucrado en el tema como son: los supervisores y técnicos electromecánicos de mantenimiento.

Este medio utilizado me permitió establecer la factibilidad de realizar este trabajo como es el análisis de la calidad de energía eléctrica en las instalaciones eléctricas de la planta procesadora de productos lácteos Alpina S.A.; gracias al estudio realizado del análisis de los datos obtenidos se realizará la verificación de la hipótesis.

En el capítulo tres, se detalla los puntos estratégicos donde se ubicaron los analizadores de calidad de energía eléctrica los cuales se instalaron en cuatro puntos diferentes como son: punto A, transformador principal de 400 KVA, punto B variador de frecuencia de 100 HP, punto C transformador de 112KVA y el punto C motor de 100HP.

Los resultados obtenidos, están organizados por puntos, los datos analizados se presentan en forma gráfica, cuadros, histogramas, etc. Los informes realizados son claros y concisos en los cuales se observan el cumplimiento o no de las normas dictadas por el CONELEC 004/01 utilizadas en el análisis de la calidad de energía eléctrica.

CAPITULO I

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. ANTECEDENTES

En el sector sur del cantón Mejía específicamente en el sector Chisinche de la provincia de Pichincha se encuentra ubicada la planta procesadora de productos lácteos “ALPINA S.A.”, es así que la planta se encuentra en pleno funcionamiento es una de las empresas más modernas implementadas con tecnología de punta. Para lo cual es necesario que la planta procesadora de lácteos tenga un servicio de energía confiable, continua y de alta calidad.

Existe áreas de empaque de leche donde se necesita contar con un servicio de energía que cumpla los parámetros de calidad y más que todo continuidad no debe existir cortes, ya que son áreas muy sensibles por que se manejan productos de consumo masivo.

La planta procesadora de productos lácteos es una empresa de carácter privado, que se dedica a la elaboración de productos derivados de la leche, para luego ser comercializada a todo el Ecuador, ya que nuestra empresa tiene un prestigio a nivel internacional. Cuenta con tecnología de punta en lo que refiere a maquinaria, de empaque.

La plana procesadora recibe el servicio eléctrico de la Empresa Eléctrica Quito (E.E.Q.), y representamos además una carga muy importante del circuito de alimentación trifásico de 22 KV.

El presente trabajo de investigación propone un diagnóstico de los niveles de distorsión y además soluciones, mecanismos para la optimización de los

parámetros de calidad de la energía eléctrica; los parámetros que se encuentren fuera de la Regulación CONELEC 004/01 corregir y conocer el beneficio que significa para dicha planta.

En cuanto a las fuentes de consulta sobre calidad de energía, existen normas de calidad de energía a las que se pueden tener acceso a través del internet las mismas que se están aplicando en los diferentes países, se tomara como referencia fundamental las normas de los países Latinoamericanos, lo que nos permitirá avanzar sin desviarse en el desarrollo del proyecto.

La administración de la planta procesadora de productos lácteos “ALPINA S.A.” institución donde por años vengo prestando mi servicio está dispuesta a darme todas las facilidades que permitan una ágil y rápida elaboración del proyecto ya que como anteriormente se explicó el estudio será de mucha utilidad para la empresa ya que es el primer estudio que se va a realizar en dichas instalaciones. Por cuanto disponemos, recurso humano, medios económicos y la aprobación de la planta “ALPINA S.A.” para el desarrollo del proyecto es completamente factible.

1.2. ELECTRICIDAD Y CALIDAD DE ENERGÍA

1.2.1. DEFINICIÓN DE ELECTRICIDAD.

Según la dirección electrónica <http://es.wikipedia.org>. El término electricidad proviene del griego *electrón*, cuyo significado es ámbar. “Es un fenómeno físico cuyo origen son las cargas eléctricas y cuya energía se manifiesta en fenómenos mecánicos, térmicos, luminosos y químicos, entre otros”. Se puede observar de forma natural en fenómenos atmosféricos, por ejemplo los rayos, que son descargas eléctricas producidas por la transferencia de energía entre la ionosfera y la superficie terrestre (proceso complejo del que los rayos solo forman una parte).

Otros mecanismos eléctricos naturales los podemos encontrar en procesos biológicos, como el funcionamiento del sistema nervioso. Es la base del funcionamiento de muchas máquinas, desde pequeños electrodomésticos hasta sistemas de gran potencia como los trenes de alta velocidad, y asimismo de todos los dispositivos electrónicos. Además es esencial para la producción de sustancias químicas como el aluminio y el cloro.

También se denomina electricidad a la rama de la física que estudia las leyes que rigen el fenómeno y a la rama de la tecnología que la usa en aplicaciones prácticas. Desde que, en 1831, Faraday descubriera la forma de producir corrientes eléctricas por inducción, fenómeno que permite transformar energía mecánica en energía eléctrica se ha convertido en una de las formas de energía más importantes para el desarrollo tecnológico debido a su facilidad de generación y distribución y a su gran número de aplicaciones.

La electricidad es originada por las cargas eléctricas, en reposo o en movimiento, y las interacciones entre ellas. Cuando varias cargas eléctricas están en reposo relativo se ejercen entre ellas fuerzas electrostáticas. Cuando las cargas eléctricas están en movimiento relativo se ejercen también fuerzas magnéticas.

Se conocen dos tipos de cargas eléctricas: positivas y negativas. Los átomos que conforman la materia contienen partículas subatómicas positivas (protones), negativas (electrones) y neutras (neutrones). También hay partículas elementales cargadas que en condiciones normales no son estables, por lo que se manifiestan sólo en determinados procesos como los rayos cósmicos y las desintegraciones radiactivas.

1.2.2. POTENCIAL ELÉCTRICO

De acuerdo a lo que está definido por la dirección electrónica que se citó <http://www.asifunciona.com/eletrotecnia>: El voltaje, o diferencia de potencial: “es la presión que ejerce una fuente de suministro de energía eléctrica o fuerza

electromotriz (FEM) sobre las cargas eléctricas o electrones en un circuito eléctrico cerrado, para que se establezca el flujo de una corriente eléctrica”. Su unidad de medida en el SI son los voltios. A la diferencia de energía potencial entre dos puntos se le denomina voltaje.

Matemáticamente, la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos A y B es la integral de línea del campo eléctrico:

$$V(A) - V(B) = - \int_B^A \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

Cuando no hay campos magnéticos variables, el valor del potencial no depende de la trayectoria usada para calcularlo, sino únicamente de sus puntos iniciales y final. Se dice entonces que el campo eléctrico es conservativo. En tal caso, si la carga eléctrica q es tan pequeña que no modifica significativamente \vec{E} , la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos A y B será el trabajo W por unidad de carga, que debe ejercerse en contra del campo eléctrico \vec{E} para llevar q desde B hasta A . Es decir:

$$V = \frac{W}{q} .$$

Otra de las formas de expresar el voltaje entre dos puntos es en función de la intensidad de corriente y la resistencia existente entre ellos. Así se obtiene uno de los enunciados de la ley de Ohm:

$$V = R \cdot I$$

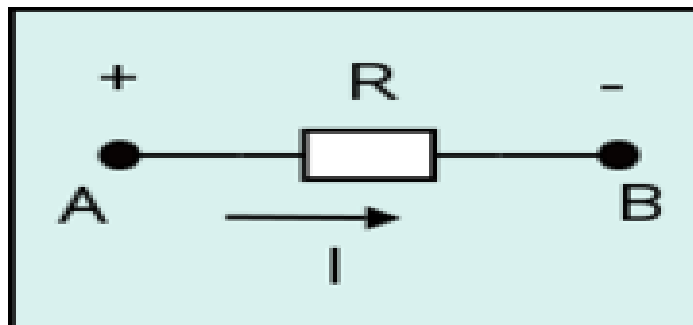
Cuando por dos puntos de un circuito puede circular una corriente eléctrica, la polaridad de la caída de tensión viene determinada por la dirección convencional de la misma; esto es, del punto de mayor potencial al de menor. En el caso de campos no estacionarios el campo eléctrico no es conservativo y la integral de línea del campo eléctrico contiene efectos provenientes de los campos magnéticos variables inducidos o aplicados, que corresponden a una fuerza electromotriz inducida (f.e.m.), que también se mide en voltios.

La fuerza electromotriz, cuyo origen es la inyección de energía externa al circuito, permite mantener una diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito abierto o de producir una corriente eléctrica en un circuito cerrado. Esta energía puede representarse por un campo de origen externo cuya circulación (integral de línea sobre una trayectoria cerrada C) define la fuerza electromotriz del generador.

$$\oint_C \vec{E} ds$$

Esta expresión corresponde al trabajo que el generador realiza para forzar el paso por su interior de una carga, del polo negativo al positivo (es decir, en contra de las fuerzas eléctricas), dividido por el valor de dicha carga. El trabajo así realizado puede tener origen mecánico (dínamo), químico (batería), térmico (efecto termoelectrónico) o de otro tipo.

Figura: 1.1. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE RESISTENCIA



Fuente: Electricidad básica

Representación esquemática de una resistencia R por la que circula una intensidad de corriente I debido a la diferencia de potencial entre los puntos A y B .

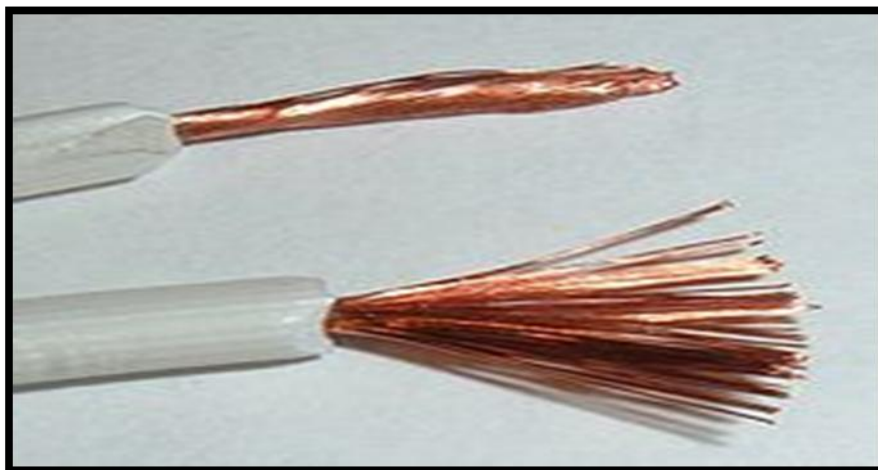
1.2.3. CONDUCTIVIDAD Y RESISTIVIDAD

La conductividad eléctrica es la propiedad de los materiales que cuantifica la facilidad con que las cargas pueden moverse cuando un material es sometido a un campo eléctrico.

La resistividad es una magnitud inversa a la conductividad, aludiendo al grado de dificultad que encuentran los electrones en sus desplazamientos, dando una idea de lo buen o mal conductor que es. Un valor alto de resistividad indica que el material es mal conductor, mientras que uno bajo indicará que es un buen conductor. Generalmente la resistividad de los metales aumenta con la temperatura, mientras que la de los semiconductores disminuye ante el aumento de la temperatura.

Los materiales se clasifican según su conductividad eléctrica o resistividad en conductores, dieléctricos, semiconductores y superconductores.

Figura: 1.2. CONDUCTOR ELECTRICO DE COBRE



Fuente: Electro cables

1.2.3.1. CONDUCTORES ELÉCTRICOS.

Son aquellos materiales que, al entrar en contacto con un cuerpo cargado de electricidad, logran transmitir dicha electricidad a todos los puntos de su superficie. Los mejores conductores eléctricos son los metales y sus aleaciones.

Existen otros materiales, no metálicos, que también poseen la propiedad de conducir la electricidad, como son el grafito, las soluciones salinas (por ejemplo,

el agua de mar) y cualquier material en estado de plasma. Para el transporte de la energía eléctrica, así como para cualquier instalación de uso doméstico o industrial, el metal más empleado es el cobre en forma de cables de uno o varios hilos.

Alternativamente se emplea el aluminio, metal que si bien tiene una conductividad eléctrica del orden del 60% de la del cobre es, sin embargo, un material mucho más ligero, lo que favorece su empleo en líneas de transmisión de energía eléctrica en las redes de alto voltaje.

1.2.3.2. DIELECTRICOS.

Son los materiales que no conducen la electricidad, por lo que pueden ser utilizados como aislantes. Algunos ejemplos de este tipo de materiales son vidrio, cerámica, plásticos, goma, mica, cera, papel, madera seca, porcelana, algunas grasas para uso industrial y electrónico y la baquelita. Aunque no existen materiales absolutamente aislantes o conductores, sino mejores o peores conductores.

Estos son materiales muy utilizados para evitar cortocircuitos (forrando con ellos los conductores eléctricos, para mantener alejadas del usuario determinadas partes de los sistemas eléctricos que, de tocarse accidentalmente cuando se encuentran en voltaje, pueden producir una descarga) y para confeccionar aisladores (elementos utilizados en las redes de distribución eléctrica para fijar los conductores a sus soportes sin que haya contacto eléctrico). Algunos materiales, como el aire o el agua, son aislantes bajo ciertas condiciones pero no para otras.

El aire, por ejemplo, es aislante a temperatura ambiente pero, bajo condiciones de frecuencia de la señal y potencia relativamente bajas, puede convertirse en conductor.

La conductividad se designa por la letra griega sigma minúscula (σ) y se mide en siemens por metro, mientras que la resistividad se designa por la letra griega *rho* minúscula (ρ) y se mide en ohms por metro ($\Omega \cdot m$, a veces también en $\Omega \cdot mm^2/m$).

La ley de Ohm describe la relación existente entre la intensidad de corriente que circula por un circuito, el voltaje de esa corriente eléctrica y la resistencia que ofrece el circuito al paso de dicha corriente: la diferencia de potencial (V) es directamente proporcional a la intensidad de corriente (I) y a la resistencia (R). Se describe mediante la fórmula:

$$V = I \times R$$

Esta definición es válida para la corriente continua y para la corriente alterna cuando se trate de elementos resistivos puros, esto es, sin componente inductiva ni capacitiva. De existir estos componentes reactivos, la oposición presentada a la circulación de corriente recibe el nombre de impedancia.

1.2.4. CORRIENTE ELÉCTRICA

Se denomina corriente eléctrica al flujo de carga eléctrica a través de un material sometido a una diferencia de potencial. Históricamente, se definió como un flujo de cargas positivas y se fijó el sentido convencional de circulación de la corriente como un flujo de cargas desde el polo positivo al negativo. Sin embargo, posteriormente se observó, gracias al efecto Hall, que en los metales los portadores de carga son electrones, con carga negativa, y se desplazan en sentido contrario al convencional.

A partir de la corriente eléctrica se definen dos magnitudes: la intensidad y la densidad de corriente. El valor de la intensidad de corriente que atraviesa un circuito es determinante para calcular la sección de los elementos conductores del mismo.

- La intensidad de corriente (I) en una sección dada de un conductor (s) se define como la carga eléctrica (Q) que atraviesa la sección en una unidad de tiempo (t):

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

Si la intensidad de corriente es constante, entonces

$$I = \frac{Q}{t}$$

- La densidad de corriente (j) es la intensidad de corriente que atraviesa una sección por unidad de superficie de la sección (S).

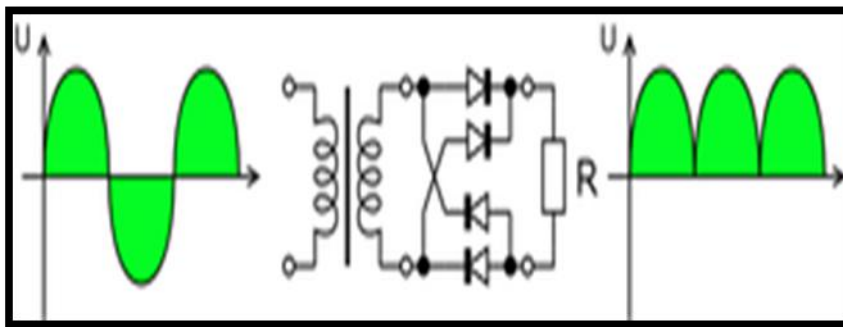
$$j = \frac{I}{S}$$

1.2.4.1. CORRIENTE CONTINÚA

Se denomina corriente continua (CC en español, en inglés DC, de *Direct Current*) al flujo de cargas eléctricas que no cambia de sentido con el tiempo. La corriente eléctrica a través de un material se establece entre dos puntos de distinto potencial. Cuando hay corriente continua, los terminales de mayor y menor potencial no se intercambian entre sí. Es errónea la identificación de la corriente continua con la corriente constante (ninguna lo es, ni siquiera la suministrada por una batería).

Es continua toda corriente cuyo sentido de circulación es siempre el mismo, independientemente de su valor absoluto.

Figura: 1.3. RECTIFICADOR DE CORRIENTE ALTERNA EN CONTINUA.



Fuente: Electricidad básica

El rectificador de corriente alterna en continua, con puente de Gratz se emplea cuando el voltaje de salida tiene un valor distinto de la tensión de entrada.

1.2.4.2. CORRIENTE ALTERNA.

Se denomina corriente alterna (simbolizada CA en español y AC en inglés, de *Alternating Current*) a la corriente eléctrica en la que la magnitud y dirección varían cíclicamente. La forma de onda de la corriente alterna más comúnmente utilizada es la de una onda senoidal. En el uso coloquial, "corriente alterna" se refiere a la forma en la cual la electricidad llega a los hogares y a las empresas.

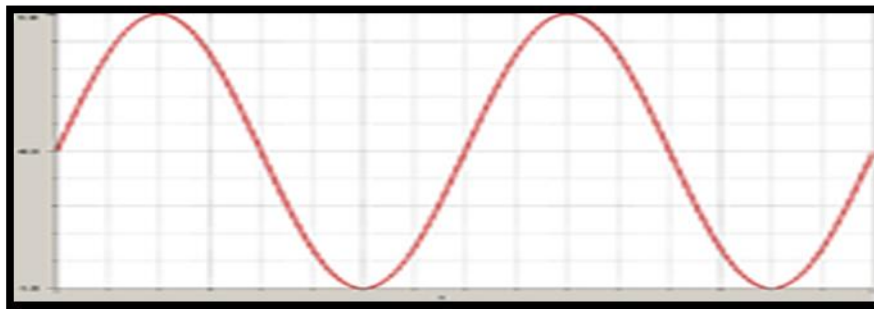
El sistema usado hoy en día fue ideado fundamentalmente por Nikola Tesla, y la distribución de la corriente alterna fue comercializada por George Westinghouse. Otros que contribuyeron al desarrollo y mejora de este sistema fueron Lucien Gaulard, John Gibbs y Oliver Shallenget entre los años 1881 y 1889. La corriente alterna superó las limitaciones que aparecían al emplear la corriente continua (CC), la cual constituye un sistema ineficiente para la distribución de energía a gran escala debido a problemas en la transmisión de potencia.

La razón del amplio uso de la corriente alterna, que minimiza los problemas de transmisión de potencia, viene determinada por su facilidad de transformación, cualidad de la que carece la corriente continua. La energía eléctrica transmitida viene dada por el producto de la tensión, la intensidad y el tiempo. Dado que la

sección de los conductores de las líneas de transporte de energía eléctrica depende de la intensidad, se puede, mediante un transformador, modificar el voltaje hasta altos valores (alta tensión), disminuyendo en igual proporción la intensidad de corriente.

Esto permite que los conductores sean de menor sección y, por tanto, de menor costo; además, minimiza las pérdidas por efecto Joule, que dependen del cuadrado de la intensidad. Una vez en el punto de consumo o en sus cercanías, el voltaje puede ser de nuevo reducido para permitir su uso industrial o doméstico de forma cómoda y segura.

Figura: 1.4. ONDA SENOIDAL



Fuente: Electricidad básica

1.2.4.2.1. CORRIENTE TRIFÁSICA

Se denomina corriente trifásica al conjunto de tres corrientes alternas de igual frecuencia, amplitud y valor eficaz que presentan una diferencia de fase entre ellas de 120° , y están dadas en un orden determinado. Cada una de las corrientes que forman el sistema se designa con el nombre de fase.

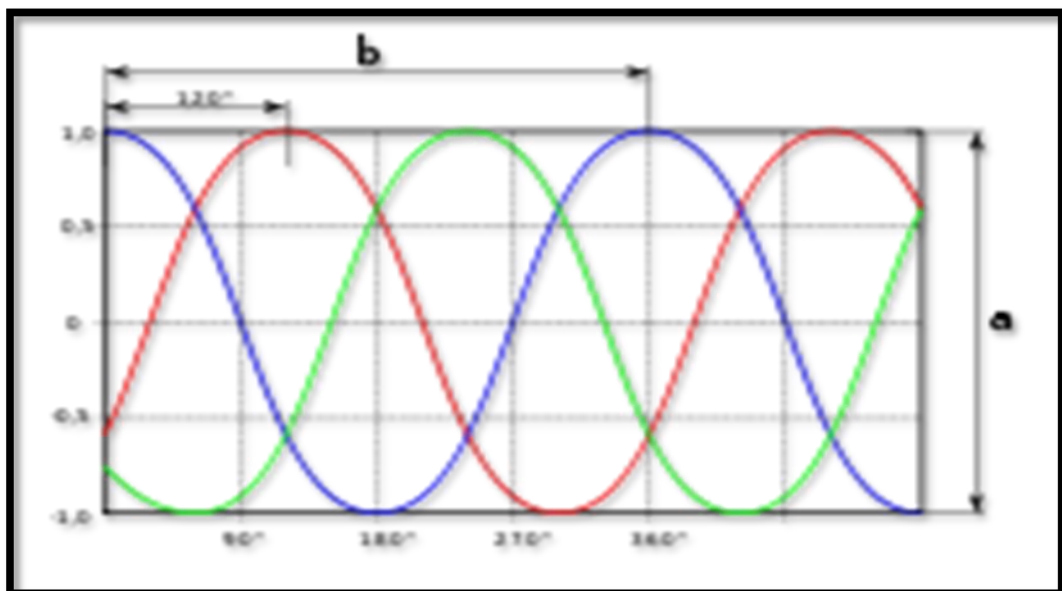
La generación trifásica de energía eléctrica es más común que la monofásica y proporciona un uso más eficiente de los conductores. La utilización de electricidad en forma trifásica es mayoritaria para transportar y distribuir energía eléctrica y para su utilización industrial, incluyendo el accionamiento de motores. Las corrientes trifásicas se generan mediante alternadores dotados de tres bobinas

o grupos de bobinas, arrolladas en un sistema de tres electroimanes equidistantes angularmente entre sí.

Los conductores de los tres electroimanes pueden conectarse en estrella o en triángulo. En la disposición en estrella cada bobina se conecta a una fase en un extremo y a un conductor común en el otro, denominado *neutro*. Si el sistema está equilibrado, la suma de las corrientes de línea es nula, con lo que el transporte puede ser efectuado usando solamente tres cables. En la disposición en triángulo o delta cada bobina se conecta entre dos hilos de fase, de forma que un extremo de cada bobina está conectado con otro extremo de otra bobina.

El sistema trifásico presenta una serie de ventajas, tales como la economía de sus líneas de transporte de energía (hilos más finos que en una línea monofásica equivalente) y de los transformadores utilizados, así como su elevado rendimiento de los receptores, especialmente motores, a los que la línea trifásica alimenta con potencia constante y no pulsada, como en el caso de la línea monofásica.

Figura 1.5. VOLTAJE DE LAS FASES DE UN SISTEMA TRIFÁSICO



Fuente: Electricidad básica

1.3. CALIDAD DE ENERGÍA

El término calidad de energía eléctrica se emplea para describir la variación del voltaje, corriente y frecuencia en el sistema eléctrico. La pérdida de calidad de energía significa, deterioro de las señales de voltaje y corriente en lo que respecta a la forma de onda, frecuencia e interrupciones que llevan a la reducción o parada de procesos que ocasionan perjuicios.

Se puede observar que la definición de calidad de energía es muy amplia. Pero se puede definir como la ausencia de interrupciones, sobretensiones, deformaciones producidas por armónicos en la red y variaciones de voltaje suministrado al usuario. Además le concierne la estabilidad de voltaje, la frecuencia y la continuidad del servicio eléctrico.

La calidad de la energía se entiende cuando la energía eléctrica es suministrada a los equipos y dispositivos con las características y condiciones adecuadas que les permita mantener su continuidad sin que se afecte su desempeño ni provoque fallas a sus componentes.

Cuatro parámetros pueden servir como referencia para clasificar los disturbios de acuerdo a su impacto en la calidad de energía:

- Variaciones de frecuencia que raramente ocurren en sistemas alimentados por las compañías suministradoras, siendo más común que se encuentren en sistemas aislados de motor-generador en los que las variaciones de carga provocan variaciones de frecuencia.
- Variaciones de amplitud pueden ocurrir en diferentes formas y rangos de duración que van desde transitorios de muy corta duración hasta condiciones de estado estable.
- Variaciones en la forma de onda de voltaje o corriente producida por cargas no lineales, denominada distorsión armónica, siendo una condición de estado estable.

- Desbalance entre las fases de un sistema polifásico causado principalmente por la operación de cargas monofásicas desiguales que afectan principalmente a maquinas rotatorias y circuitos rectificadores trifásicos.

En un suministro de energía ideal se debe cumplir los siguientes requerimientos:

- Voltaje constante a frecuencia constante.
- Forma de onda perfectamente sinusoidal.
- Voltajes balanceados en caso de un sistema trifásico de alimentación.
- No transitorios de voltaje.
- No interrupciones de voltaje.

Los indicadores de la calidad de energía eléctrica:

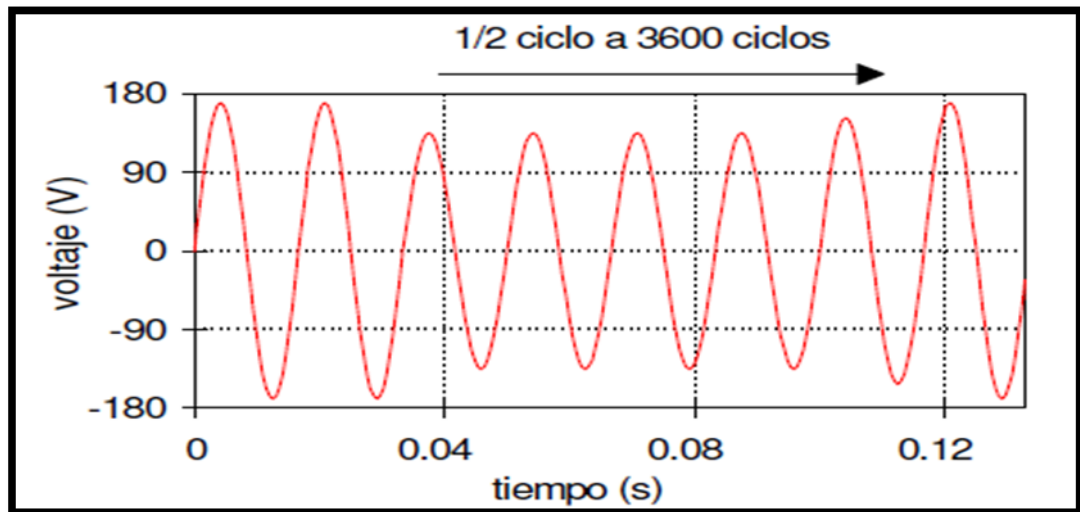
Es necesario conocer varios parámetros que determinan la calidad de energía, el impacto de los mismos cuando estos están fuera de los límites especificados y analizar en detalle los diferentes aspectos que deben ser adoptados para mitigar los efectos de una pobre calidad de energía.

1.3.1. HUECOS Y CORTES DE VOLTAJE (SAG).

Los huecos de tensión son breves caídas de voltaje que aparecen en nuestro sistemas de potencia de forma ocasional. Su duración comprende desde ½ ciclo a 10 segundos como se observa en la fig. 1.1. Su profundidad va desde el 10% al 100% del voltaje nominal. A partir del 90% se denomina micro-corte, Según,

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-77432010000200009&script=sci_arttext

Figura 1.6. HUECOS DE VOLTAJE



Fuente: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid>

Los huecos de voltaje (Sag), se originan por:

- Averías y disparos de protecciones.
- Re-conexiones provocadas por averías transitorias.
- Conmutaciones de tiristores en los convertidores polifásicos.

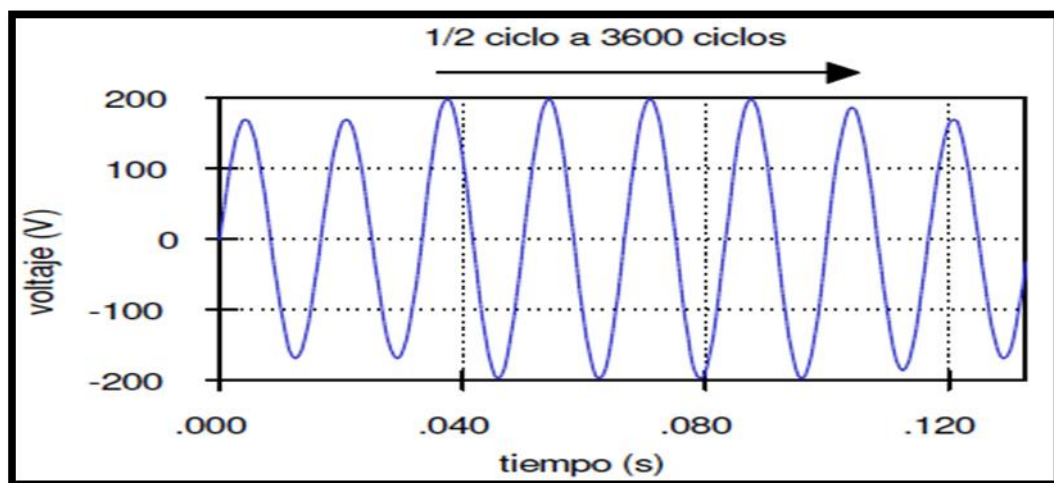
Los huecos de voltaje tienen sus consecuencias

- Apagado de lámpara (flickers).
- Funcionamiento incorrecto de dispositivos de control.
- Variación de velocidad o parada de motores.
- Disparo de contactores magnéticos.
- Fallas en computadoras o instrumentos de medida digitales.
- Pérdida de sincronismo en motores y generadores sincrónicos.

1.3.2. INCREMENTOS BREVES DE VOLTAJE (SWEELL).

Son aumentos breves del valor eficaz del voltaje que puede o no estar acompañados de una disminución de voltaje, se caracterizan por su magnitud y duración típicamente las magnitudes oscilan entre 1,1 y 1,8 pu (por unidad). y la duración entre medio ciclo a 1 minuto. Según, <http://www.fuzzycontrolsac.com/articulos/articulo1.htm>.

Figura: 1.7. INCREMENTOS BREVES DE VOLTAJE (SWELL)



Fuente: <http://www.fuzzycontrolsac.com/articulos/articulo1.htm>

Las consecuencias producidas por sobrevoltajes, son diversas en dependencia de la duración, la repetitividad, la amplitud, la forma del frente de subida, la frecuencia, entre otros factores.

- Perforación del dieléctrico de componentes electrónicos.
- Degradación de materiales por envejecimiento (esto es para sobrevoltajes repetitivos).
- Perturbación en los circuitos de control y mando, así como también en los circuitos de comunicación con corrientes débiles.
- Sobre-esfuerzos electrodinámicos y térmicos causados por las descargas atmosféricas en las redes aéreas de las compañías eléctricas.

- Los sobrevoltajes de maniobra que son más probables y repetitivas que los rayos, aunque sean menores, pueden llegar a producir defectos tan graves como los del rayo.

1.3.3. TRANSITORIOS EN LOS SISTEMAS DE POTENCIA (TRANSIENT).

Un transitorio es una perturbación que puede durar menos de un milisegundo, es conocido también con el nombre de picos. Los transitorios por lo general ocurren debido a fenómenos atmosféricos como rayos o por la operación de grandes transformadores, inductores o capacitores. *Según Castillo y Marcaya. Pág. 72.*

Las consecuencias de los transitorios:

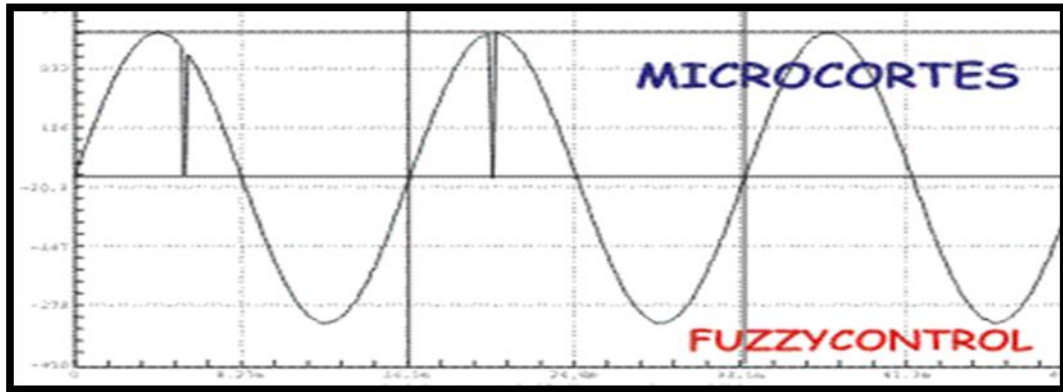
- Cualquiera que sea su categoría, los impulsivos y los oscilatorios pueden ser perjudiciales para los sistemas y circuitos eléctricos, en dependencia de la amplitud, la velocidad de variación y la duración.
- Los transitorios oscilatorios duran más tiempo y por lo tanto resultan perjudiciales para los circuitos de control y mando, equipos de TV y computadoras.
- Los transitorios impulsivos (fenómenos atmosféricos) pueden deteriorar los materiales aislantes de equipos electrónicos, electrodomésticos, computadoras, etc.

1.3.4. INTERRUPCIONES

Interrupción significa perder completamente el voltaje. Una interrupción momentánea puede tener una duración de menos de 2 segundos, usualmente es causada por sistemas de transferencia de energía. El voltaje puede decaer brusca o

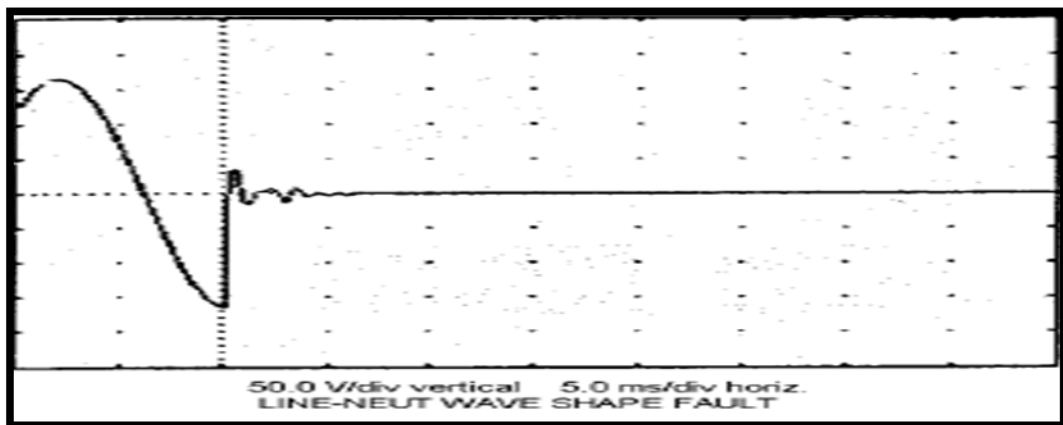
lentamente como se muestra en las figura. Según, *McGraw-Hill Donald G. Fink/H. Wayne Beaty. Pág. 23-10*

Figura: 1.8. INTERRUPCIÓN MOMENTANEA DEL VOLTAJE



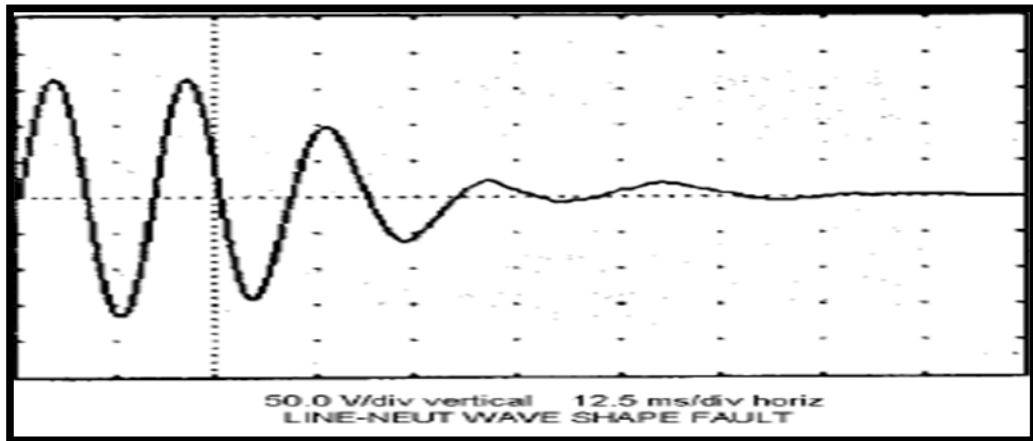
Fuente: *McGraw-Hill Donald G. Fink/H. Wayne Beaty*

Figura: 1.9. INTERRUPCION SOSTENIDA



Fuente: *McGraw-Hill Donald G. Fink/H. Wayne Beaty*

Figura: 1.10. INTERRUPCION LENTA



Fuente: McGraw-Hill Donald G. Fink/H. Wayne Beaty

1.3.5. PERTURBACIÓN DE FRECUENCIA

Las perturbaciones de frecuencia se originan por un desbalance entre el sistema el sistema de generación eléctrica y las cargas, por lo tanto, un sistema que opera normalmente permanece con valores equilibrados entre los mismos.

En un sistema de alimentación eléctrica, es importante mantener la frecuencia en valores constantes ante dos principales problemas. *Según, Calidad y uso racional de la energía racional J. BALCELLS, Joseph, Pág. 77.*

- La velocidad de los motores conectados al sistema varía con la frecuencia y lo pueden afectar.
- Cuando se utilizan generadores adicionales que deben ser conectados en paralelo, para efectos de conexión en sincronismo lo cual depende de la frecuencia

Consecuencias de la variación de la frecuencia

- Variaciones de las velocidades de las maquinas eléctricas.
- Atraso o adelanto de los relojes que emplean la frecuencia de la red para sincronizarse.
- Variación velocidad/torque en motores.

- Los filtros activos y pasivos contra armónicos se pueden desintonizar.
- Los dispositivos electrónicos que empleen la frecuencia de la red como señal de referencia estarán afectados.
- Roturas de los alabes en las turbinas en los generadores.

1.3.6. ASIMETRÍA DE LA FORMA DE ONDA

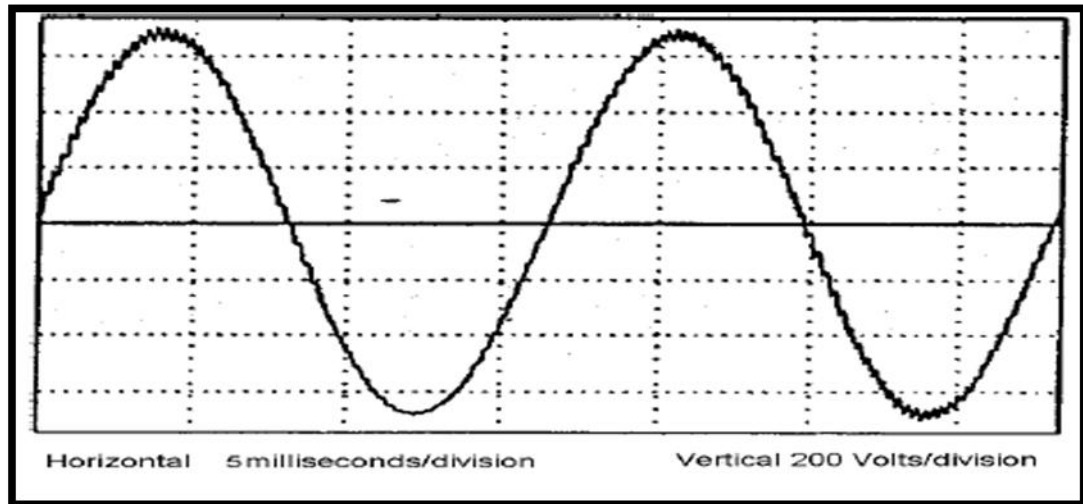
Un generador trifásico está diseñado para producir una onda de salida perfectamente sinusoidal, cada una de sus fases con igual magnitud y desfasadas 120 grados, sin embargo en la parte práctica el voltaje entregado a los consumidores, parte de un consumidor o en ocasiones a cargas específicas experimentan voltajes asimétricos. Estos voltajes asimétricos son usualmente el resultado de cargas no balanceadas que produce diferentes valores de voltaje en cada una de las líneas, como resultado el voltaje disponible para el consumir llega a ser asimétrico incluso cuando la fuente de generación entregue una forma de onda perfectamente sinusoidal.

1.3.7. RUIDO

El ruido o interferencia, puede ser definido como voltaje no deseado, el cual distorsiona o interfiere con la señal deseada. El ruido puede ser transitorio o constante. Un transitorio inesperado de ruido puede ser causado por ejemplo por descargas atmosféricas. El ruido puede ser generado desde el interior de equipos (ruido interno) o de una fuente externa (ruido externo). La generación y propagación del ruido eléctrico requiere de una fuente de ruido o un cierto mecanismo acoplado a un circuito “víctima”.

Típicas fuentes de ruido son dispositivos que producen rápidos cambios (picos) en el voltaje (armónicos) de corriente. *Según, El Manual de Ingeniería Eléctrica Mc Graw Hill Donald G. Fink/H. Wayne Beaty, Pág. 23-10.*

Figura: 1.11. RUIDO

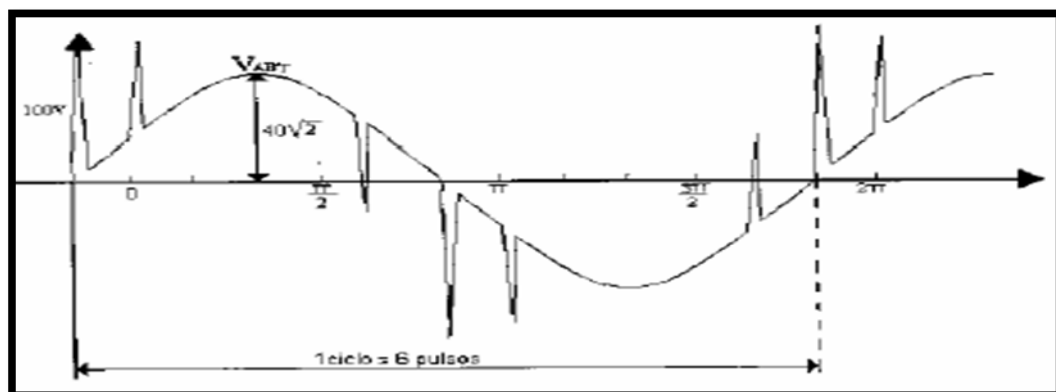


Fuente: *Manual de Ingeniería Eléctrica Mc Graw Hill Donald G. Fink/H. Wayne Beaty.*

1.3.8. MUESCAS DEL VOLTAJE (NOTCHES)

Son perturbaciones periódicas de voltaje que ocurren en cada ciclo debido al cortocircuito entre fases durante el proceso de conmutación en rectificadores. Las muescas son por lo general periódicas y clasifican según la profundidad, área de calado y nivel de distorsión máxima. Pueden tener dirección negativa o positiva. Según, *Calidad y uso racional de la energía eléctrica de J. Balcells. Pág. 76.*

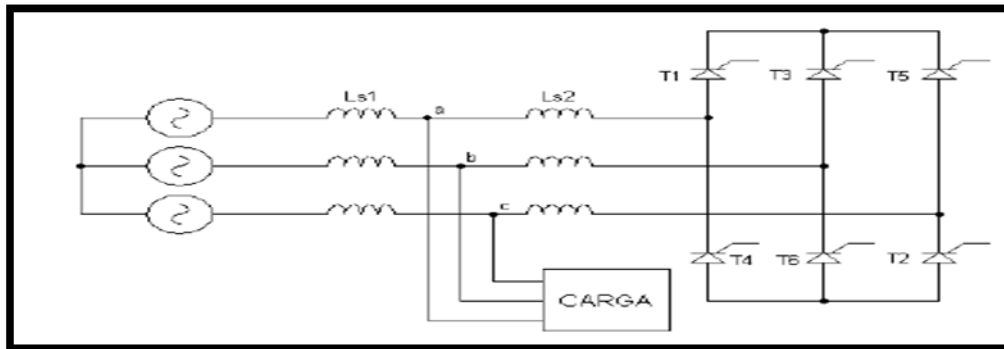
Figura: 1.12. MUESCAS EN LA ONDA DE VOLTAJE



Fuente: *Calidad y uso racional de la energía eléctrica de J. Balcells*

En el circuito práctico con $L_s = L_{s1} = L_{s2}$, donde L_{s1} es la inductancia interna por fase de la fuente de CA y la L_{s2} es la inductancia asociada con el convertidor. La unión de L_{s1} y L_{s2} es conocida como punto de acoplamiento común donde se pueden conectar otras cargas.

Figura: 1.13. CIRCUITO CON PUNTO DE ACOPLAMIENTO COMÚN



Fuente: *Calidad y uso racional de la energía eléctrica de J. Balcells*

Un mayor valor de L_{s2} resultará en muescas más pequeñas en el punto de acoplamiento común. Por tanto, en un transformador en el lado de mayor voltaje se tiene una mayor impedancia lo cual atenúa significativamente las muescas.

Consecuencias de las muescas

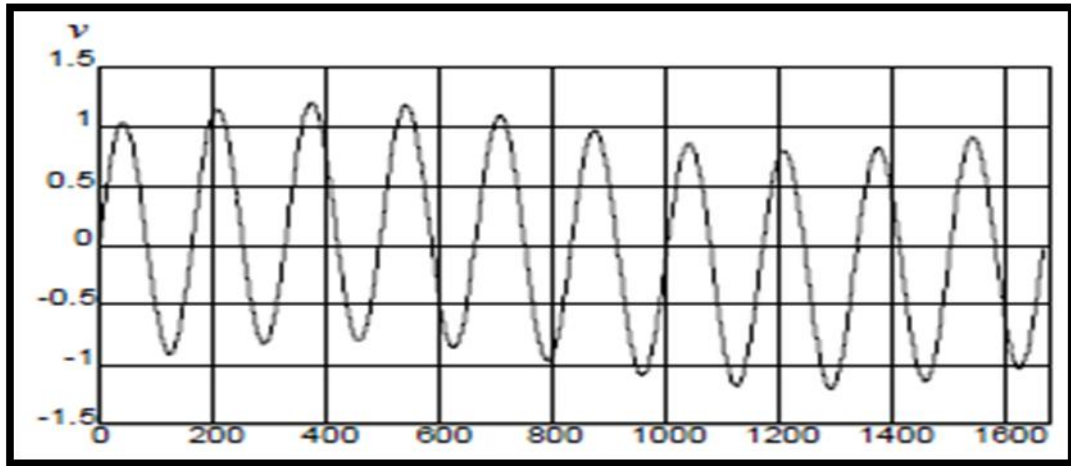
- Pueden afectar el funcionamiento de otros equipos electrónicos.
- Pueden dañar o degradar los componentes inductivos por la elevada velocidad de variación de voltaje en el tiempo.

1.3.9. FLUCTUACIONES DE VOLTAJE

Es una variación rápida y cíclica del voltaje, de cambios de pequeña amplitud en los niveles de voltaje ocurridos a una frecuencia menor de los 25 Hertz, originados por variaciones rápidas de carga que causan fluctuaciones de la luminancia. Las fluctuaciones se diferencian de las variaciones lentas de voltaje, de los huecos y

cortes porque son variaciones lentas de voltaje que no superan el 10% del valor nominal de voltaje. Según, <http://www.laelectricidaddecaracas.htm>.

Figura: 1.14. FLUCTUACIONES DE VOLTAJE (FLICKER)



Fuente: <http://www.laelectricidaddecaracas.htm>.

Consecuencias de las fluctuaciones de voltaje

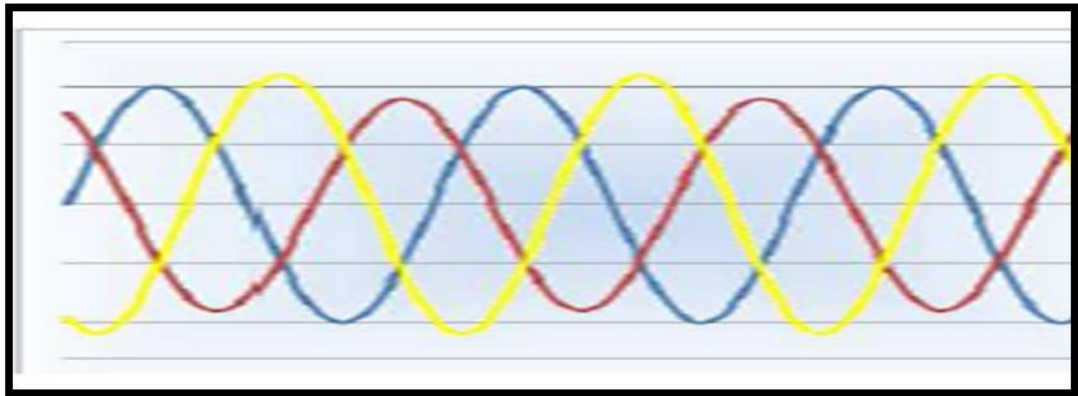
- Si las fluctuaciones de voltaje no exceden del $\pm 10\%$ la mayoría de los equipos no son afectados.
- El efecto más notable de las fluctuaciones de voltaje es el “flicker” (molestias visuales por el parpadeo o variación de la intensidad luminosa de lámparas incandescentes).
- Ciertos equipos o dispositivos de control electrónico son sensibles a las fluctuaciones.
- Variación de torque en máquinas rotativas.

1.3.10. DESVALANCE DE VOLTAJE

Es la pérdida de simetría en las señales de voltaje de fases en un sistema trifásico, puede ser una variación de amplitud de una o más fases o en los ángulos de desfase de las se señales diferentes a 120.

Según, <http://members.tripod.com/JaimeVp/Electricidad/armonicos.htm>.

Figura 1.15. ASIMETRÍA DE VOLTAJES



Fuente: <http://members.tripod.com/JaimeVp/Electricidad/armonicos.htm>

Consecuencias de tener desbalances de voltajes

- Los motores de inducción que se alimentan con voltajes desequilibrados producen grandes corrientes desequilibradas que aumentan temperatura de la máquina fundamental desde el rotor.
- Las protecciones de secuencia negativa y secuencia cero de los grandes generadores y los motores pueden operar.
- Aumenta la contaminación armónica de los convertidores polifásicos de potencia.
- Son tolerables con un corto período de tiempo de pocos segundos a un minuto pero no más.

1.4. ARMÓNICOS

1.4.1. DEFINICIÓN

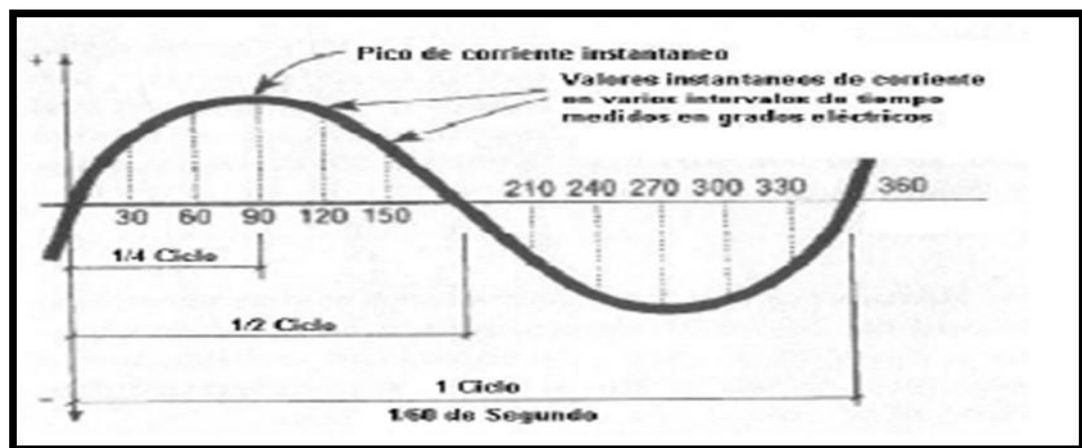
Las perturbaciones más importantes que afectan a la forma de onda son los armónicos. Se trata de perturbaciones de frecuencia relativamente baja. Sus efectos se dejan sentir por lo general hasta un máximo de 2500Hz y suelen ser responsables de sobrecalentamientos de transformadores y líneas de distribución,

originan corrientes y pérdidas elevadas en el neutro de algunas instalaciones, disparos por sobrecorriente de algunas protecciones, disparo de relés diferenciales, etc.

No obstante, a pesar de lo que algunas veces se afirma, rara vez son la causa de fallos intempestivos tales como “reset” de equipos electrónicos, autómatas, etc. Estos últimos suelen ser debidos a fenómenos EMI de más alta frecuencia.

Según “Calidad y uso racional de la energía eléctrica” Josep Balcells Sendra Pág. 81.

Figura 1.16. FORMA DE UNA ONDA SENOIDAL ESTANDAR

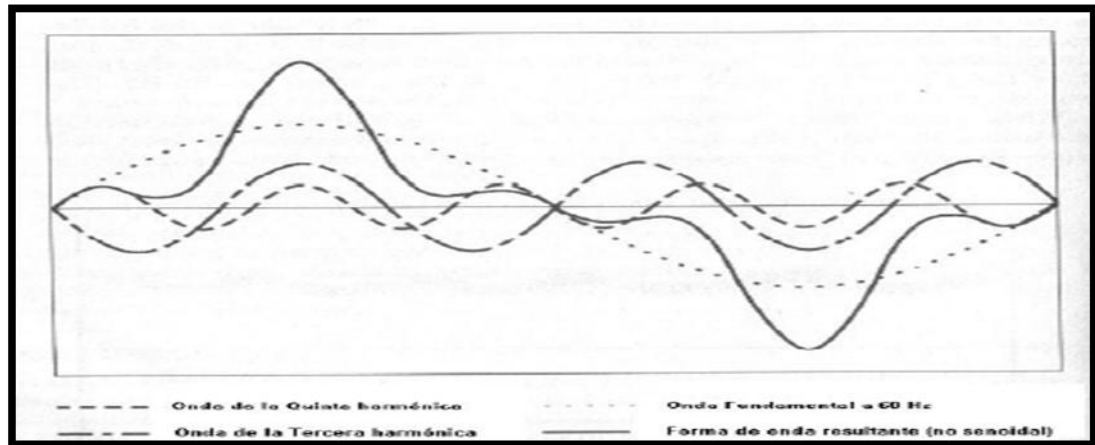


Fuente: “Calidad y uso racional de la energía eléctrica” Josep Balcells Sendra”

Los armónicos son integrales múltiples de la frecuencia fundamental de la onda seno mostrada en la fig. 1.11; esto es, los armónicos son múltiplos de la onda fundamental de voltaje y corriente de 60Hz. Estas se suman a la onda fundamental y la distorsionan, pudiendo tener frecuencias de 2, 3, 4, 5, 6, 7, etc., veces la fundamental.

Por ejemplo, el tercer armónico es 3 veces 60Hz, o 180Hz, y el sexto armónico es 6 veces 60Hz, o 360Hz. La forma de onda en la fig. 2.11 muestra como los armónicos distorsionan la onda senoidal.

Figura 1.17. ONDA SENOIDAL DISTORSIONADA POR ARMÓNICOS



Fuente: “Power quality primer” Barry Kennedy”.

Las corrientes armónicas, son usualmente provocadas por cargas no lineales. Entre las cargas no lineales se incluyen todos los tipos de equipo electrónico que usan rectificadores o convertidores estáticos de potencia como variadores de frecuencia, rectificadores que convierten ac a dc, inversores que convierten de dc a ac, soldadoras y hornos de arco eléctrico, balastos electrónicos y magnéticos en lámparas fluorescentes, equipo médico como MRI (magnetic radiation imaging) y rayos X.

Otros equipos que convierten ac a dc y generan armónicos se incluyen, cargadores de baterías, UPSs, y hornos de inducción, por nombrar algunos. Todos estos equipos generan corrientes armónicas que cambian la onda senoidal suave en una forma de onda irregular distorsionada no senoidal.

EPRI estableció que para inicios de este siglo, arriba de la mitad de la electricidad producida en los Estados Unidos fluirá a través de equipo electrónico. Es importante mencionar que la mayoría de cargas no lineales no solamente generan armónicas, además provocan bajo factor de potencia.

La distorsión total de la forma de onda es acumulativa. La forma de onda resultante no senoidal será una combinación de la onda senoidal fundamental de 60Hz y las varias armónicas.

Los voltajes armónicos resultan de las corrientes armónicas interactuando con la impedancia del sistema de potencia, de acuerdo con la ley de Ohm.

$$V = I/Z$$

Dónde:

V = Voltaje

I = Corriente

Z = Impedancia

Corrientes y voltajes armónicos tienen un efecto perjudicial en el equipo del distribuidor y en el equipo del usuario. Estas corrientes y voltajes provocan sobrecalentamiento de transformadores, cables de potencia y motores; disparos inadvertidos de relés; medidas incorrectas de voltaje y corriente por los medidores. Los voltajes armónicos provocan un incremento en las pérdidas del hierro en transformadores. Los armónicos además provocan que los rotores de los motores experimenten calentamiento y pulsaciones o reducción de torque.

1.4.1.1. LÍMITES DE ARMÓNICOS NORMATIVAS INTERNACIONALES Y NACIONALES

Una de las formas de reducción de los armónicos es similar a las emisiones de las contaminaciones. Estas no son iguales para los países y no se miden ni siquiera los mismos parámetros. Las normas establecen límites de:

- Distorsión individual de voltaje IHDV.
- Distorsión individual de corriente IHDI.
- Distorsión total de voltaje THDV.
- Distorsión total de corriente THDI.
- Tipos de convertidores que pueden ser conectados.

El objetivo de las normas.

- Controlar los niveles de distorsión de voltaje y corriente a niveles que los equipos conectados al sistema puedan soportar.
- Garantizar que los clientes tengan una forma de onda adecuada a sus necesidades.
- Limitar el nivel de distorsión que un cliente puede introducir a la red.

Diferencias entre las normas.

- Algunas diferencian los límites entre los armónicos y los interarmónicos.
- Otras normas, como la de Suecia, establecen límites específicos para cargas con rectificadores, inversores o variadores de velocidad. Incluyendo el tipo y la potencia de convertidor que se pueda conectar.
- La mayoría diferencian los límites según la potencia del sistema, el nivel de voltaje donde se analice (baja, media o alto voltaje) y para cada armónico o rango de armónico por separado. Dejando límites generales para el THD.
- Determinadas normas, como la alemana, diferencia los límites si los armónicos son pares o impares y estos últimos divididos por el tercero o no.
- La norma Europea IEC 555-2 establece límites a los equipos que generan una corriente cuadrada. Denominados equipos de clase D, los que diferencia para armónicos pares e impares.
- Schneider diferencia los límites para los consumidores menores y mayores de 16A.
- Otras normas como las de Argentina establecen las sanciones por la generación de armónicos.

1.4.1.2. LÍMITES DE ARMÓNICOS DE VOLTAJE SEGÚN LA NORMA IEEE 519.

Establece las condiciones de contaminación que dura más de una hora. Para periodos cortos los límites pueden superar el 50%. Para sistemas de mayor voltaje

los límites en los niveles de distorsión individual y total son menores. La tabla 1.1 muestra estos límites.

Tabla 1.1. LÍMITE DE ARMÓNICOS DE VOLTAJE SEGÚN IEEE 519

VOLTAJE	DISTORSION INDIVIDUAL DE VOLTAJE (%)	DISTORSION TOTAL DE VOLTAJE (%)
69 (KW) Y MENOS	3	5
69,001(KW) A 161 (KW)	1,5	2,5
161,001(KW) Y MAS	1	1,5

Fuente: Norma del CONELEC (REG. 004/01)

1.4.1.3. LÍMITES DE ARMÓNICOS DE CORRIENTE SEGÚN LA NORMA IEEE 519.

Para niveles de bajo voltaje entre 120V y 69 KV (tabla 1.2), en estos límites se incluyen las plantas de generación de electricidad. Los límites dependen de la corriente de corto circuito I_{sc} donde está conectado el consumidor y el nivel de consumo I_L . Los sistemas más potentes o consumidores menos potentes se les permiten mayores niveles de contaminación.

Tabla 1.2. LÍMITES DE ARMÓNICOS DE CORRIENTE SEGÚN IEEE 519 (bajo voltaje)

ARMONICOS INDIVIDUALES (IMPARES)						
I_{sc} / I_L	$h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	THD
<20	4	2	1,5	0,6	0,3	5
20-50	7	3,5	2,5	1	0,5	8
50-100	10	4,5	4	1,5	0,7	12
100-1000	12	5,5	5	2	1	15
<1000	15	7	6	2,5	1,4	20

Fuente: Norma del CONELEC (REG. 004/01)

- Para niveles de bajo voltaje entre 69KV y 161KV (tabla 1.3).
- Estos límites considera los consumidores conectados a medio voltaje como las grandes industrias.

- Igualmente que para los límites anteriores, no se permiten distorsiones que generen corriente continua.

Tabla 1.3. LÍMITES DE ARMÓNICOS DE CORRIENTE SEGÚN IEEE 519 (VOLTAJE ENTRE 69 Y 161KV).

ARMÓNICOS INDIVIDUALES (IMPARES)						
Isc /IL	h<11	11<=h<17	17<=h<23	23<=h<35	35<=h	THD
<20	2	3,5	0,75	0,3	0,15	2,5
20-50	3,5	2,75	1,25	0,5	0,25	4
50-100	5	2,25	2	0,75	0,35	6
100-1000	6	2,75	2,5	1	0,5	7,5
<1000	7,5	3,5	3	1,25	0,7	10

Fuente: Norma del CONELEC (REG. 004/01)

- Para niveles de bajo voltaje mayores a 161KV (tabla 1.4).
- Estos límites consideran alto voltaje, los cuales corresponden a la transmisión.

Tabla 1.4 LÍMITE DE ARMÓNICOS DE CORRIENTE SEGÚN IEEE 519 (VOLTAJES MAYORES A 161KV).

ARMONICOS INDIVIDUALES (IMPARES)						
Isc /IL	h<11	11<=h<17	17<=h<23	23<=h<35	35<=h	THD
<50	2	1	0,75	0,3	0,15	2,5
>=50	3	1,5	1,15	0,45	0,22	3,75

Fuente: Norma del CONELEC (REG. 004/01)

1.4.1.4. LÍMITES DE ARMÓNICOS DE VOLTAJE SEGÚN LA NORMA DEL CONELEC (REG 004/01)

En la siguiente tabla tenemos los límites de armónicos de voltajes permitidos según norma dictada por el CONELEC.

La tabla 1.5. MUESTRA LOS VALORES DE ESTA REGULACIÓN.

ORDEN DEL ARMONICO (n)	BAJO Y MEDIO VOLTAJE <40KV	ALTO VOLTAJE: 40KV
IMPARES NO MULTIPLOS DE 3		
5	6	2
7	5	2
11	3,5	1,5
13	3	1,5
17	2	1
19	1,5	1
23	1,5	0,7
25	1,5	0,7
>25	$0,2 + 1,3 \times 25/n$	$0,1 + 0,6 \times 25/n$
IMPARES MULTIPLOS DE 3		
3	5	1,5
9	1,5	1
15	0,3	0,3
21	0,2	0,2
>21	0,2	0,2
PARES		
2	2	1,5
4	1	1
6	0,5	0,5
8	0,5	0,2
10	0,5	0,2
12	0,2	0,2
>12	0,2	0,2
THD	8%	3%

Fuente: Norma del CONELEC (REG. 004/01)

1.4.2. DISTORSIÓN DE LA FORMA DE ONDA

Idealmente, tanto la tensión en una barra de suministro de energía eléctrica como la corriente resultante presentan formas de onda perfectamente senoidales. En la práctica estas formas de onda están distorsionadas, expresándose su desviación con respecto a la forma ideal en términos de distorsión armónica.

Las cargas conectadas a la red que consumen corrientes no-senoidales, como los convertidores estáticos de potencia (rectificadores, varedores de frecuencia, entre otros), introducen o dan origen a la aparición de armónicos de voltaje y/o corriente en las redes de corriente alterna. Esto provoca una serie de efectos negativos a los demás elementos que se encuentran conectados a la red. A continuación se presenta una clasificación de estos problemas:

- Deterioro de la capacidad dieléctrica en materiales aislantes por sobrevoltaje.
- Fallas de aislamiento y aumento de pérdidas de energía debido a corrientes armónicas excesivas.
- Mal funcionamiento de equipos de protección, control y medida.

En general, es difícil identificar la causa de los dos primeros problemas mencionados, ya que por tratarse de fenómenos de régimen permanente, sus efectos dependen de la historia de operación, son acumulativos en el tiempo y cuando ocurre una falla no son directamente asociados a su causa real.

En la figura 2.11, se muestra un esquema simplificado de un sistema eléctrico cualquiera, donde una de las cargas es un convertidor estático de potencia. El convertidor en este caso actúa como una fuente que inyecta corrientes armónicas (I_h) al sistema, distorsionando el voltaje en el punto común de conexión con otros consumidores (Pcc), así como también la de otros nodos en la red que se encuentran más alejados.

1.4.3. FUENTES GENERADORAS DE ARMÓNICOS

Las cargas no lineales son la principal fuente de emisión de armónicos.

En las cargas residenciales y comerciales se encuentran instaladas una gran variedad de cargas no lineales que generan corrientes armónicas que por lo general

son pequeñas pero muy numerosas. Ejemplos: computadores, aparatos de TV con fuentes conmutadas, lámparas con descargas gaseosa, motores, etc.

Dentro del área industrial existe un gran número de dispositivos que distorsionan la operación de las redes eléctricas. Algunos de ellos han existido desde la formación de los sistemas de potencia, y otros son producto de la aplicación de dispositivos de electrónica de potencia utilizados para el control moderno de las redes eléctricas. Como por ejemplo se puede mencionar:

- Horno de arco eléctrico
- Convertidores de potencia
- Rectificadores controlados y no controlados para la conversión de corriente alterna a corriente directa.

1.4.3.1. RECTIFICADORES MONOFÁSICOS

Constituyen la principal fuente de distorsión de onda, estos rectificadores monofásicos lo encontramos en equipos de carácter domésticos, principalmente se encuentran instalados a la entrada de todos los equipos electrónicos domésticos, como: fuentes de alimentación conmutadas en las computadoras, las reactancias electrónicas para alumbrado con lámparas fluorescentes, las cocinas de inducción y los reguladores de velocidad son fuentes que originan estos armónicos y por lo tanto producen formas de onda de corriente severamente distorsionadas.

1.4.3.2. RECTIFICADORES POLIFÁSICOS

También son causantes de distorsiones armónicas dentro del área industrial, el principal elemento son los variadores de velocidad de los motores, la potencia de equipos con este tipo de rectificadores suele ser superiores a los utilizados en el sector doméstico y la amplitud de los armónicos que inyectan en la red dependen

de la impedancia del lado de alterna y del tipo de filtrado utilizado en el lado de continua (capacitivo, inductivo, o ambos).

Todos estos equipos tienen una característica común que es requerir o absorber corriente del sistema que es no-senoidal; por lo tanto todos ellos son gobernados por las mismas leyes básicas que permiten un análisis de su comportamiento. Durante el funcionamiento normal de estos equipos, aparecen armónicas de voltaje y/o corrientes en las redes. Para el caso de los rectificadores por ejemplo, se generan armónicos tanto en el lado de continua como en el de alterna, donde las de lado continuo son las de orden:

$$h = k * p$$

y las del lado alterno son del orden:

$$h = k * p - 1$$

h: orden de armónico

p: número de pulsos del rectificador

k: un entero positivo 1,2,3...

Luego, se tienen que por cada armónico en el lado continuo existen dos en el lado alterno, siendo los del lado alterno los más perjudiciales para el sistema.

- **RECTIFICADOR DE 6 PULSOS**

- a) Para el estudio del rectificador de 6 pulsos se supondrá lo siguiente:
La fuente del poder presenta voltajes senoidales de amplitud y frecuencia balanceados.
- b) Los tiristores se considerarán con resistencia nula en la conducción y con la resistencia infinita en la no conducción es decir un rectificador sin pérdidas.

- c) El disparo de los tiristores se considerará simétrico para cada uno de ellos y sin fallas.

- **RECTIFICADOR DE 12 PULSOS**

Para el rectificador de 12 pulsos se supondrá lo siguiente:

- a) La fuente de poder presenta voltajes senoidales de amplitud y frecuencia balanceada.
- b) Los tiristores se considerarán con resistencia nula en la conducción y con resistencia infinita en la no conducción; es decir un rectificador sin pérdidas.
- c) El disparo de los tiristores se considerará simétrico para cada uno de ellos y sin fallas.

El rectificador de 12 pulsos consiste en la conexión de dos rectificadores de 6 pulsos, alimentados mediante un transformador con dos secundarios o a través de dos transformadores; en ambos casos, la conexión de alimentación del rectificador debe ser en “estrella” y el otro en “delta”, produciéndose un desfase de 30° entre los respectivos voltajes de alimentación, lo que se traduce en un voltaje en la carga con un menor nivel de rizado además de una corriente de entrada al rectificador con una característica bastante más sinusoidal (con menos distorsión).

El rectificador de 12 pulsos se utiliza para amplificar, ya sea el voltaje o la corriente en la carga y esto se hace conectando los rectificadores de 6 pulsos en serie o en paralelo respectivamente.

La corriente que el rectificador absorbe de la red es la misma, independientemente de la configuración utilizada, por lo que una consecuencia inmediata en el uso de n

rectificador de 12 pulsos, es un menor nivel de distorsión por armónicos debidos a estos rectificadores.

1.4.3.3. CONVERTIDORES ALTERNA – ALTERNA

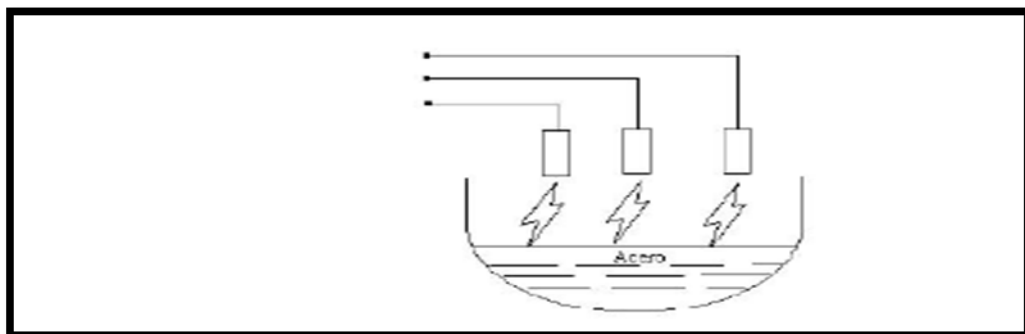
Basados en el recorte en la onda de voltaje mediante tiristores o triacs se utilizan la forma extensiva en los compensadores estáticos de reactiva, en los arrancadores suaves de motores de inducción, y en los reguladores de lámparas incandescentes.

1.4.3.4. HORNOS DE ARCO

Tiene la característica de tener voltaje – corriente severamente no lineal y variable en el tiempo, en función del estado de fusión del material, del refinado y de la longitud del arco eléctrico dentro del horno.

Un esquema de horno de arco eléctrico es mostrado en la fig. 1.13, estos equipos según sus características de diseño pueden fundir acero, minerales y en general material de desecho metálico y el método de fundición consiste en la producción de un arco de gran energía que permita fundir el acero.

Figura 1.18. HORNO DE ARCO ELÉCTRICO



Fuente: <http://www.deltax.cl/PDF/FUENTES-DE-ARMONICAS.pdf>

1.4.4. EFECTOS DE LOS ARMÓNICOS EN EQUIPOS DEL SISTEMA

El crecimiento sostenido de consumos que incluyen convertidores estáticos y otros del tipo no-senoidal, unido al aumento de la utilización de banco de condensadores de compensación del factor de potencia, aumenta las fuentes de distorsión o sus consecuencias negativas, tanto para el usuario como para la empresa responsable del suministro eléctrico.

Entre los problemas más frecuentes se pueden mencionar los siguientes:

- Destrucción de condensadores por sobrevoltaje.
- Incendio de reactores por sobrecorriente.
- Falla de interruptores por efecto di/dt.
- Destrucción de cables por sobrevoltaje.
- Operación incorrecta de relés de protección.
- Calentamiento de motores de inducción.
- Oscilaciones mecánicas en motores y generadores.
- Errores de medición de energía activa y reactiva.
- Interferencias con sistemas de comunicación.
- Aumento de pérdidas.

1.4.4.1. MOTORES Y GENERADORES

Estos equipos también son generadores de armónicos pero de menor magnitud que los transformadores, de hecho los cambios periódicos de velocidad o carga realizados por estas máquinas, la saturación de la máquina, la disposición de los bobinados o de las ranuras, y a las imperfecciones en los polos de las máquinas sincrónicas son características que hacen que se generen corrientes armónicas.

Si se toma el devanado trifásico de una máquina rotatoria, suponiendo un entrehierro constante y la ausencia de saturación de acero, en un análisis de Fourier

de la distribución de las fuerzas electromotrices (f.m.m.) se observa que la f.m.m. fundamental es una onda viajera moviéndose en la dirección positiva, las armónicas triples están ausentes; y la quinta armónica es una onda viajera en la dirección negativa, la séptima viaja en la dirección positiva, etc.

Como resultado del contenido armónico de la distribución de la f.m.m. se producen armónicas en el tiempo que son dependientes de la velocidad. Estas armónicas inducen una f.m.m. (fuerza electromotriz) en el estator a una frecuencia igual al cociente de la velocidad entre la longitud de onda.

1.4.4.2. TRANSFORMADORES

El efecto de los armónicos sobre los transformadores es doble; la corriente armónica causa un incremento en las pérdidas de cobre y pérdidas por el flujo de dispersión, y el voltaje armónico incrementa las pérdidas en el hierro.

El efecto global es el calentamiento del transformador comparado con una operación bajo una onda senoidal. La IEEE C57.12.00-1987 propone que el límite sobre la distorsión de corriente armónica sea del 5%.

Se puede notar que las pérdidas de un transformador por voltajes y corrientes armónicas son dependientes de la frecuencia, las pérdidas se incrementan con el incremento de la frecuencia. Las corrientes parásitas en un transformador, aumenta con el cuadrado de la frecuencia, por lo tanto las altas frecuencias serán más importantes que las bajas frecuencias para producir calentamiento en el transformador.

1.4.4.3. CAPACITORES

La reactancia de un banco de capacitores decrece con el aumento de la frecuencia, y las corrientes armónicas circulan hacia él ocasionando daño en el aislamiento y por consiguiente disminuyendo la vida útil del capacitor.

Los capacitores son utilizados para el mejoramiento del factor de potencia y en configuraciones especiales para filtrar armónicos; el problema radica cuando el capacitor es utilizado para mejorar el factor de potencia pero en condiciones de distorsión armónica este capacitor puede entrar en resonancia con la impedancia del sistema, ocasionando oscilaciones de energía que pueden conllevar a la destrucción del capacitor.

1.4.4.4.PROTECCIONES

Como en otros equipos, las corrientes armónicas pueden incrementar el calor y las pérdidas en interruptores, reduciendo la capacidad de conducción y acortando la vida de algunos componentes aislantes. Los fusibles sufren una alteración de sus características a causa del calor generado por la presencia de armónicos durante la operación normal.

No existen normas para el nivel de corriente armónica que los dispositivos de interrupción o fusibles toleran para su funcionamiento normal, pues todo el desarrollo de protecciones se basa en pruebas realizadas a frecuencia fundamental.

En general, y según estudios realizados por: “The Power System Relay Committee of the IEEE”, los niveles de armónicos requeridos para una falsa operación son más altos que los límites recomendados.

1.4.4.5.LINÉAS

El flujo de corriente no senoidal en un conductor causa calentamiento adicional al que se tendría se existiera una corriente senoidal; debido a dos fenómenos conocidos como el efecto piel y la inducción por proximidad.

El efecto piel se produce por existir frecuencias adicionales generadas por la distorsión de onda, estas corrientes al ser de mayor frecuencia que la fundamental,

fluirán mayoritariamente por la parte exterior del conductor incrementando pérdidas por efecto Joule ($I^2 \cdot R$), pues la resistencia de corriente alterna varía con la frecuencia armónica resultando en una resistencia mayor al paso de una misma corriente eléctrica.

1.4.5. CARACTERÍSTICAS DE LA RESPUESTA DEL SISTEMA

1.4.5.1. CAPACIDAD DE CORTOCIRCUITO

La capacidad de corto circuito es una indicación de la impedancia del sistema a la frecuencia fundamental en un punto del mismo. Por simple inducción se puede obtener la impedancia del sistema a frecuencias armónicas, multiplicando la capacidad de corto circuito por el orden del armónico. Sistemas con alta capacidad de corto circuito tendrán baja distorsión de voltaje, en cambio, con sistemas de baja capacidad de corto circuito la distorsión de voltaje será mayor para una misma fuente de corriente armónica.

1.4.5.2. BANCO DE CAPACITORES

Los bancos de capacitores utilizados para el control de voltaje y mejoramiento del factor de potencia y los cables aislados son los componentes que más afectan la respuesta en frecuencia del sistema. La conexión de capacitores pueden causar condiciones de resonancia ya sea en serie o paralelo y por consiguiente eleva los niveles de armónicos.

Los bancos de capacitores son usados como fuentes de voltaje para los convertidores de potencia estática, pues ellos se pueden considerar en paralelo con el sistema cuando se calcula la reactancia de conmutación y por lo tanto incrementa el di/dt de conmutación.

Las capacitancias cargadas a las líneas de transmisión y los cables aislados son considerados en paralelo con la inductancia con el sistema, afectando así la respuesta en frecuencia del mismo.

1.4.5.3. CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA

La carga del sistema tiene dos importantes efectos sobre la respuesta de la frecuencia:

- La parte resistiva de la carga provee amortiguamiento que afecta la impedancia del sistema cerca de la frecuencia resonante. La carga resistiva reduce la magnitud del nivel de armónicos cerca de las frecuencias de resonancia en paralelo.
- Los motores y otras cargas dinámicas que contribuyen a la capacidad de cortocircuito del sistema pueden desviar la frecuencia de resonancia hacia otro punto; estas cargas operan en paralelo a las inductancias de cortocircuito cuando se calculan las frecuencias de resonancia, los motores no producen significativo amortiguamiento al pico resonante.

1.4.5.4. CONDICIONES BALANCEAMIENTO Y DESBALANCEAMIENTO

Cuando las condiciones del sistema son balanceadas, los modelos de secuencia positiva pueden ser empleados para evaluar la respuesta del sistema en frecuencia, sobre estas condiciones balanceadas la corriente armónica tendrá características de secuencia.

Cuando las condiciones del sistema no son balanceadas, se debe realizar el análisis desbalanceado, estas condiciones incluyen fuente de armónicos desbalanceadas sobre el sistema, por ejemplo, fuentes monofásicos como banco de capacitores monofásicos o desbalanceamiento producido por la carga en estos casos cada

armónico tiene que ser expresado en sus componentes de secuencia positiva, negativa y cero.

1.4.5.5.CONDICIONES DE RESONANCIA

El efecto de resonancia es el factor más importante que afecta el nivel de armónicos en el sistema. La resonancia en paralelo se presenta como una alta impedancia al flujo de corriente armónica, en cambio la resonancia en serie presenta una baja impedancia al mismo.

Cuando las condiciones de resonancia no son un problema, el sistema tiene la capacidad de absorber significativamente la corriente armónica.

1.5. METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO

1.5.1. MÉTODO UTILIZADO PARA DETERMINAR LOS PUNTOS DE MEDICIÓN

Cuando se requiere realizar un estudio de armónicos de un sistema de distribución, es necesario seguir ciertos pasos que ayudan a identificar los puntos posibles de alta distorsión del sistema, para luego realizar la medición, pues, en un sistema eléctrico extenso no se puede censar todos los puntos, por consiguiente se precisa realizar un censo del tipo de carga no lineal y problemas eléctricos a nivel industrial.

El modelo de la encuesta debe contener los siguientes datos:

- Tipo de conexión del transformador.
- Tipo de convertidores y convertidores de frecuencia.

- Levantamiento de información de hornos o soldadoras considerando: el tipo, la potencia y la configuración de su circuito de su funcionamiento.
- Equipo electrónico adicional como son las tarjetas de control, PLC, sistema de computación, etc.
- Los datos de placa de motores o generadores tales como: potencia activa y reactiva, voltaje, corriente, factor de potencia entre otras.
- Datos sobre los bancos de capacitadores tales como: voltaje, potencia reactiva y capacitancia.

1.5.2. EQUIPO Y MÉTODO UTILIZADO PARA LA MEDICIÓN DE ARMÓNICOS.

Las mediciones se realizaron con el equipo de calidad de energía denominado ACE 2000, de la fábrica CPM, el mismo que presenta las siguientes características para la medición de armónicos.

- La frecuencia de muestreo es igual a $128 \cdot f$ con $f = 60$ entre 45-65Hz.
- Canales de muestreo instantáneo.
- Algoritmo utilizado Cooley-Tukey.

Las diferentes configuraciones en las que se conecta el equipo de medición para realizar la toma de datos se presentan en las figuras.1.14; 1.15; 1.16; 1.17. Para la medición a nivel de 22KV se utilizaron las configuraciones de la figura 1.15 y 1.17, dependiendo de la presente cada subestación a ser medida. Por otro lado para la medición a nivel de bajo voltaje, es decir hasta los 700V, se realizó con las configuraciones que se muestran en las figuras 1.14 y 1.16.

Las pinzas de corriente utilizadas para la medición presentan las siguientes características:

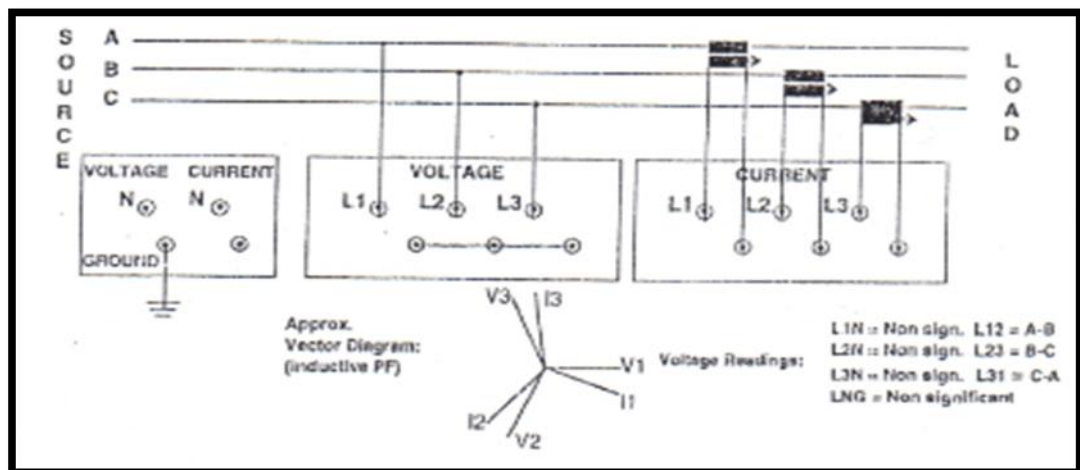
Entrada de 30-300-3000A.

Salida de 100-10-1mV.

Tensión de utilización 600V.

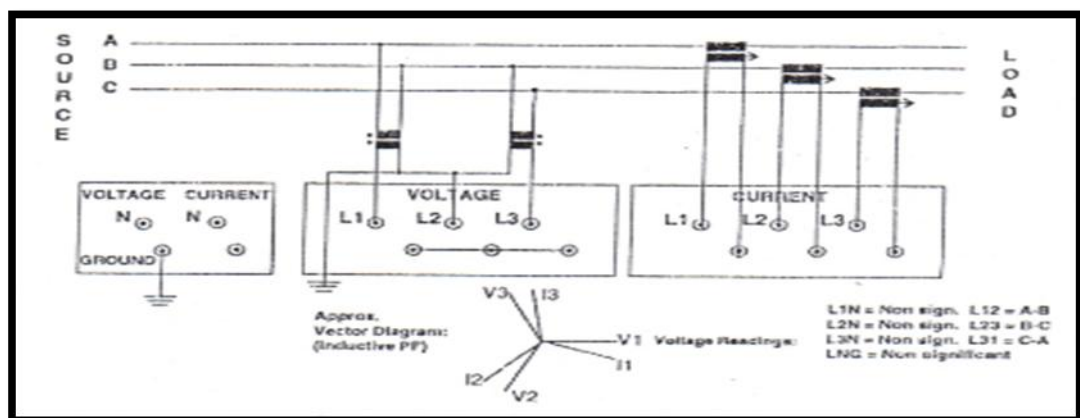
En las figuras anotadas, se muestra también el diagrama vectorial de cada configuración, el mismo que sirve para comprobar si las pinzas de corriente y las señales de tensión se encuentran conectadas en la secuencia correcta.

Figura: 1.19. MEDICIÓN DE VOLTAJE HASTA LOS 700V



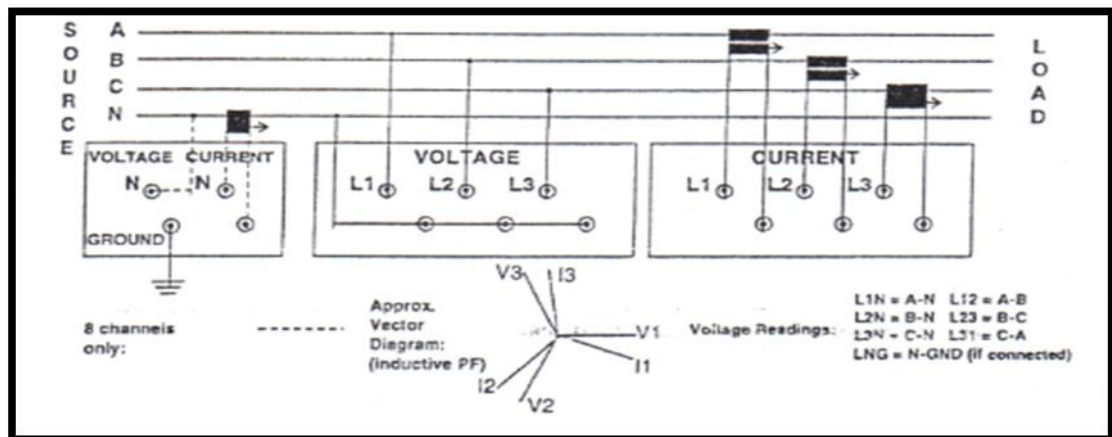
Fuente: “Calidad y uso racional de la energía eléctrica” Josep Balcells Sendra”

Figura: 1.20. MEDICIÓN DE VOLTAJE A NIVEL DE 22KV



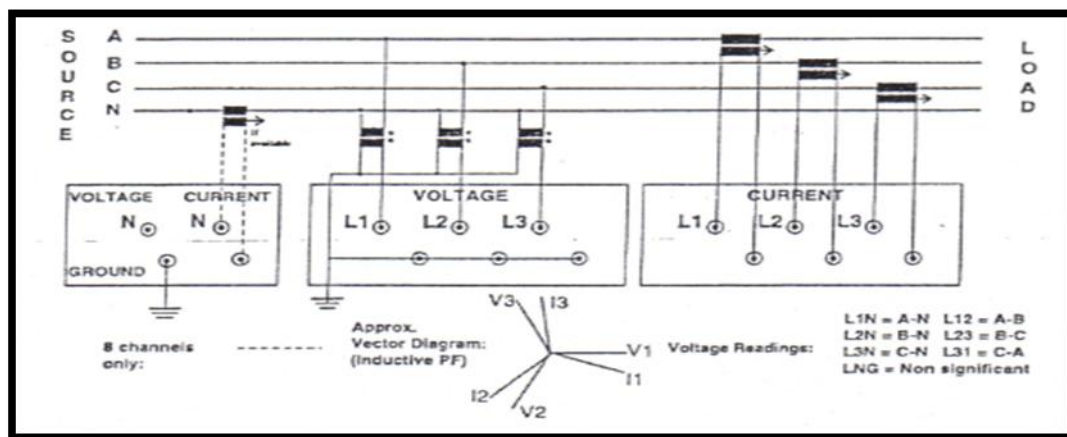
Fuente: “Calidad y uso racional de la energía eléctrica” Josep Balcells Sendra”

Figura: 1.21. MEDICIÓN DE BAJO VOLTAJE HASTA LOS 700V



Fuente: "Calidad y uso racional de la energía eléctrica" Josep Balcells Sendra"

Figura: 1.22. MEDICIÓN DE VOLTAJE A NIVEL DE 22KV



Fuente: "Calidad y uso racional de la energía eléctrica" Josep Balcells Sendra"

CAPITULO II

2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se analiza los datos obtenidos de la encuesta realizada a los Supervisores de Producción y Técnicos Electromecánicos de la planta procesadora de productos lácteos “Alpina S.A.”, a continuación se presentan los resultados porcentuales en forma gráfica y el análisis correspondiente.

2.1. PLANTA PROCESADORA DE PRODUCTOS LÁCTEOS “ALPINA S.A.” (BREVE RESEÑA HISTÓRICA).

La compañía colombiana, que se dedica al procesamiento y venta de productos lácteos, llegó al Ecuador en 1994 y en este tiempo se ha posesionado en el mercado local como una de las empresas a la vanguardia en estos productos y un alto nivel de tecnología y calidad. Actualmente Alpina es una empresa que tiene 12 plantas distribuidas en Colombia (9), Ecuador (2) y Venezuela (1). Es una multinacional que abastece a los países donde centra operaciones y varios de Centroamérica y el sur de los Estados Unidos.

Alpina ingresa a Ecuador en el año 1994 con la comercialización de sus productos importados desde Colombia, después maquilan temporalmente con LEANSA (año 2000) el portafolio de yogur y finalmente deciden invertir en el año 2002 e inaugurar en mayo del 2003 la planta de Machachí, con la línea principal de productos fermentados en Ecuador.

Alpina decide construir una planta propia de procesamiento de productos lácteos y fue inaugurada el 13 de agosto del 2003, la cual entro en operación con la

producción de Yoguísimo, Yogurt con trozos de fruta, Frescogurt y Bonyurt, cuenta con una capacidad máxima instalada de 800 toneladas mensuales.

Esta planta ha tenido importantes avances en temas de gestión, calidad y ambiental. Esta planta certificó, en diciembre del 2010, en ISO 9001. Machachí es un orgullo para los Alpinistas, porque la planta es la más adelantada desde el punto técnico, de diseño y gestión de derivados lácteos en Ecuador.

En Alpina Ecuador entre los años 2007 y 2008, las ventas en el país fueron del orden de los \$14 millones. Entre esos años adquirió y se concretó la fusión con la empresa El Kiosco – Carchi. Al finalizar el año 2009 las ventas ascendieron a \$42 millones de dólares entre las dos plantas.

La planta Machachí cuenta con 65 proveedores de leche, entre las cuales figuran pequeños, medianos y grandes productores. Los principales abastecedores de la materia prima para la planta procesadora de productos lácteos Alpina S.A., son las ganaderías de Machachí, Laso y zona aledañas, las cuales producen la mayor cantidad de leche en todo el país.

En los últimos años, Alpina produce productos alimenticios a base de probióticos, que son microorganismos vivos que al ser suministrados en cantidades adecuadas que otorgan beneficios a la salud, según manifestaron sus directivos en entrevistas realizadas, tales datos se obtienen con personal especializado en lo que respecta a este tipo de alimentos.

Alpina en casi una década de trabajo ha logrado generar Prosperidad y Confianza en toda su cadena de valor, además de tener muchos avances en cuanto al incremento de personal, en la planta Machachí trabajan 200 personas y en San Gabriel 450 que da un gran total de 650 personas y además se ha realizado ampliaciones de bodegas, implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales, entre otros.

Durante los últimos años, Alpina ha tenido ritmos de crecimiento muy competitivos.

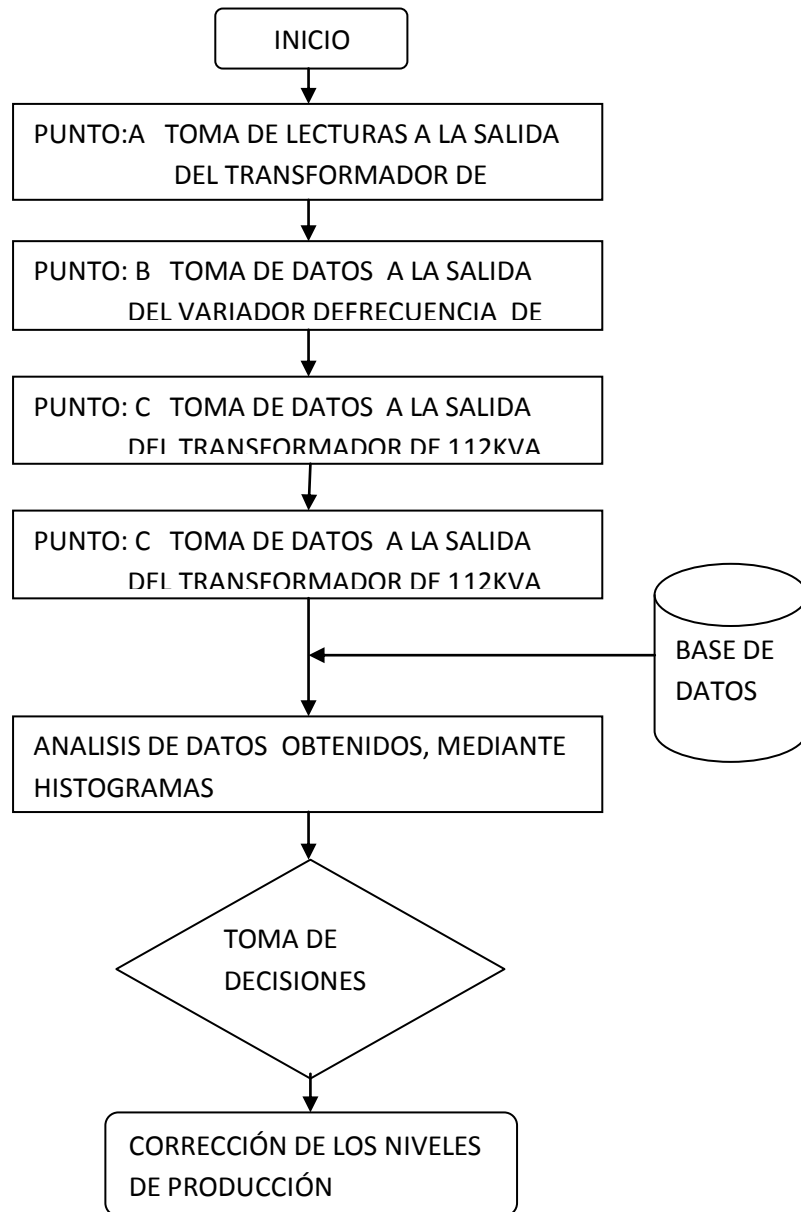
Figura 2.1. Vista de frente de la planta procesadora de productos lácteos Alpina



2.2. ANÁLISIS DEL DIAGNÓSTICO DE LOS NIVELES DE DISTORSIÓN.

En el siguiente estudio de la calidad de energía eléctrica se cumple con las mediciones necesarias para un estudio de calidad dentro la planta procesadora de productos lácteos.

2.2.1. FLUJOGRAMA DEL PROCESO PARA EL DIAGNÓSTICO DE LOS NIVELES DE DISTORSIÓN.



Para realizar el diagnóstico de los niveles de distorsión de los parámetros eléctricos, primeramente se localizó puntos estratégicos para instalar los analizadores de energía eléctrica; se realizó la medición por 7 días consecutivos y cada 10 min que se programó el equipo, se obtuvo un total de 1008 lecturas.

2.2.1.1. MEDICIONES EN EL PUNTO A.

- Instalación del analizador de energía eléctrica en los puntos seleccionados
- Se baja datos de los analizadores de energía por medio de un software a excel.
- Se realiza el análisis de los datos obtenidos utilizando herramientas estadísticas, en este caso se utilizó los histogramas.
- Se realiza el análisis y se obtiene que se tiene que realizar correcciones para atenuar armónicos, mejorar el factor de potencia.

2.2.1.2. MEDICIONES EN EL PUNTO B.

- Instalación del analizador de energía eléctrica en los puntos seleccionados
- Se baja datos de los analizadores de energía por medio de un software a excel.
- Se realiza el análisis de los datos obtenidos utilizando herramientas estadísticas, en este caso se utilizó los histogramas.
- Se realiza el análisis y se obtiene que se tiene que realizar correcciones para atenuar armónicos, mejorar el factor de potencia.

2.2.1.3. MEDICIONES EN EL PUNTO C.

- Instalación del analizador de energía eléctrica en los puntos seleccionados
- Se baja datos de los analizadores de energía por medio de un software a excel.
- Se realiza el análisis de los datos obtenidos utilizando herramientas estadísticas, en este caso se utilizó los histogramas.
- Se realiza el análisis y se obtiene que este punto no tiene problemas.

2.2.1.4. MEDICIONES EN EL PUNTO D.

- Instalación del analizador de energía eléctrica en los puntos seleccionados

- Se baja datos de los analizadores de energía por medio de un software a excel.
- Se realiza el análisis de los datos obtenidos utilizando herramientas estadísticas, en este caso se utilizó los histogramas.
- Se realiza el análisis y se obtiene que se tiene que realizar correcciones para atenuar armónicos, mejorar el factor de potencia.

2.2.2. EQUIPO UTILIZADO PARA REALIZAR MEDICIONES

El equipo utilizado en el análisis de calidad de energía ha sido seleccionado de acuerdo a las normas dictadas por el CONELEC; en un analizador AEMC Power Pad modelo 3945-B, el cual es un instrumento que mide los parámetros de alimentación eléctrica como son: voltaje, corriente en valor eficaz, frecuencia, alimentación, consumo eléctrico, flicker y armónicos en forma automática; además captura eventos tales como transitorios, posee un osciloscopio de 20Mhz lo cual permite obtener valores exactos de una red eléctrica contaminada.

El Power Pad posee memoria de 6MB, se encuentra convenientemente dividida para permitirle almacenar cuatro tipos diferentes de datos, sincronizados o independientes unos de otros, se puede almacenar hasta 12 fotos instantáneas de la pantalla, hasta 50 transientes capturados que contienen cuatro ciclos para cada entrada activa, y 4096 eventos de alarma, también se puede registrar datos de tendencia durante días, semanas e incluso meses.

Partes constitutivas del equipo POWER PAD 3945-B se muestra en el gráfico.

Figura 2.2. Partes constitutivas del analizador de energía POWER PAD 3945



Para instalar el equipo Power Pad 3945-B en el punto de medición y registrar sus mediciones cada 10 minutos durante 7 días, primero se conecta el cable de poder hacia la respectiva entrada localizada en lo alto del analizador de energía, luego se conecta el cable de poder hacia la fuente.

A continuación se procede a conectar las puntas de prueba hacia los respectivos canales que se encuentran en la parte superior del equipo, (un máximo de 7 sensores pueden ser conectados).

El equipo Power Pad 3945 puede hacer mediciones efectivas en redes de baja tensión de manera sencilla con la adquisición de datos cada 10 minutos de los siguientes parámetros:

- Mediciones de RMS verdadero mono-, di-, trifásicas 256 muestras/ciclo, mas DC.
- Reconocimiento del sensor de corriente y ajuste de escala automáticos.
- Presentación de diagrama de fasores.
- Medición y registro de la calidad de los sistemas de potencia (KW, VA, VAR).

- Puerta de comunicación RS-232 ópticamente aislada.
- Medición de energía (KVAh, VARh, KWh).
- Detección de fallas, en la planta, de los paneles de distribución y maquinarias individuales.
- Monitoreo de transformadores montados sobre base de concreto.
- Presenta y captura armónicos de voltaje y corriente hasta el orden 50th, incluyendo dirección, en tiempo real.
- Monitoreo de desbalances de fases corriente y voltaje.
- Determinación del factor k de transformadores.
- Presentación de Factor de Potencia, FP de desplazamiento.
- Captura hasta de 50 transientes.
- Factores de cresta para corriente y voltaje.
- Obtiene valores de límites diarios y crea informes fácilmente.

Cada uno de los parámetros mencionados permite utilizar al equipo POWER PAD 3945 como el equipo que cumple con los requerimientos básicos emitidos por el CONELEC para realizar el estudio de Calidad de Energía en el campo de calidad del producto.

2.2.3. PUNTOS DE MEDICIONES SELECCIONADOS

Los puntos en mención fueron seleccionados de acuerdo a una previa inspección, estudio y a la criticidad de los mismos, ya que son puntos importantes donde encuentran conectados cargas importantes y combinadas.

Figura 2.3. Conexión del analizador de energía eléctrica en el punto A.



El punto **A** esta ubicado a la salida del transformador principal de 400KVA después de la protección en baja tensión NHs, en la barra principal, este punto es muy importante ya que es la alimentación principal para toda la planta, de aquí se deriva circuitos para todas las áreas que necesitan ser alimentadas con energía eléctrica.

Figura 2.4. Conexión del analizador de energía eléctrica en el punto B.



El punto **B**, está ubicado a la entrada al variador de frecuencia de 100HP que controla todo el proceso de asépticos, se instaló en este punto por la necesidad de verificar el comportamiento de parámetros ya que es un incremento de carga bastante grande para el sistema ya existente, por ser una línea nueva con tecnología de punta lo que significa incremento de carga no lineal.

Este punto se seleccionó porque aquí abarca la mayor cantidad de elementos electrónicos los cuales son los precursores en generar disturbios y perturbaciones eléctricas.

Figura 2.5. Conexión del analizador de energía eléctrica en el punto C.



El punto C, se instaló por la necesidad de verificar el comportamiento de los parámetros eléctricos ya que es una carga importante de carácter inductivo y de potencia elevada y permanece en funcionamiento las 24horas.

Figura 2.6. Conexión del analizador de energía eléctrica en el punto D.



El punto **D**, se instaló por la necesidad de verificar el comportamiento de los parámetros eléctricos ya que es una carga importante de carácter inductivo y de potencia elevada y permanece en funcionamiento las 24 horas.

2.2.4. OBTENCIÓN DEL REGISTRO DE DATOS

Los procedimientos para obtener los registros, consiste en filtrar los datos que son de utilidad y que van a ser utilizados en el análisis, ya que el medidor arroja mediciones en forma global de todos los parámetros recolectados durante los días de instalado el analizador.

Lo descrito anteriormente conlleva a la necesidad de crear una aplicación de software que automáticamente seleccione los datos de interés y que sirva de almacén de todo el trabajo realizado.

2.2.4.1. PARÁMETROS NECESARIOS PARA EL ANÁLISIS

Dada la existencia de numerosos fenómenos que afectan la calidad de servicio eléctrico, los parámetros que a continuación se describen, son de utilidad para determinar el cumplimiento o no de los estándares establecidos por las normas: niveles de voltaje (V), factor de potencia (Fp), Flickers (Parpadeos), Distorsión armónica de voltaje (ThdU). Para todos los casos, la medición se realiza durante un periodo de siete días continuos en intervalos de 10 minutos.

2.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA ENCUESTA APLICADA A SUPERVISORES DE PRODUCCIÓN Y A TÉCNICOS ELECTROMECAÑICOS DE “ALPINA S.A.”.

La encuesta realizada está dirigida a los Supervisores y a técnicos electromecánicos de la planta procesadora de productos lácteos “Alpina S.A”, con la información obtenida se podrá establecer si es factible realizar el diagnóstico de los niveles de distorsión y sus correctivos para la optimización de la calidad de energía eléctrica.

2.3.1. ENCUESTA REALIZADA A LOS SUPERVISORES DE PRODUCCIÓN DE LA PLANTA PROCESADORA DE LÁCTEOS DE ALPINA S.A.

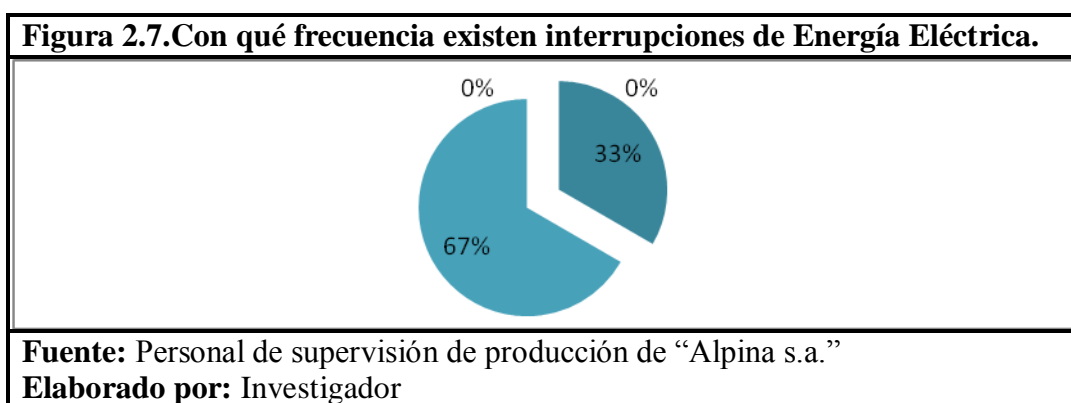
Para realizar el análisis de la encuesta se ha construido una tabla individual para cada una de las preguntas formuladas, lo cual me permitirá conocer los criterios y puntos de vista de los participantes en la encuesta; con los resultados obtenidos nos permitan realizar la verificación de la Hipótesis planteada.

2.3.1.1. Pregunta 1.

¿Con que frecuencia existe interrupciones de energía eléctrica en la planta?

Tabla 2.1 Con qué frecuencia existen interrupciones de Energía Eléctrica		
ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Siempre	1	33,33%
A veces	2	66,67%
Rara vez	0	0,00%
Nunca	0	0,00%
TOTAL	3	100%

Fuente: Personal de supervisión de producción de "Alpina s.a."
Elaborado por: Investigador



Análisis:

La encuesta aplicada por el grupo investigador a supervisores manifiestan que existe interrupciones de energía eléctrica, un 66.67% afirman a veces y el 33.33% siempre, el 0% afirma rara vez y nunca.

Interpretación:

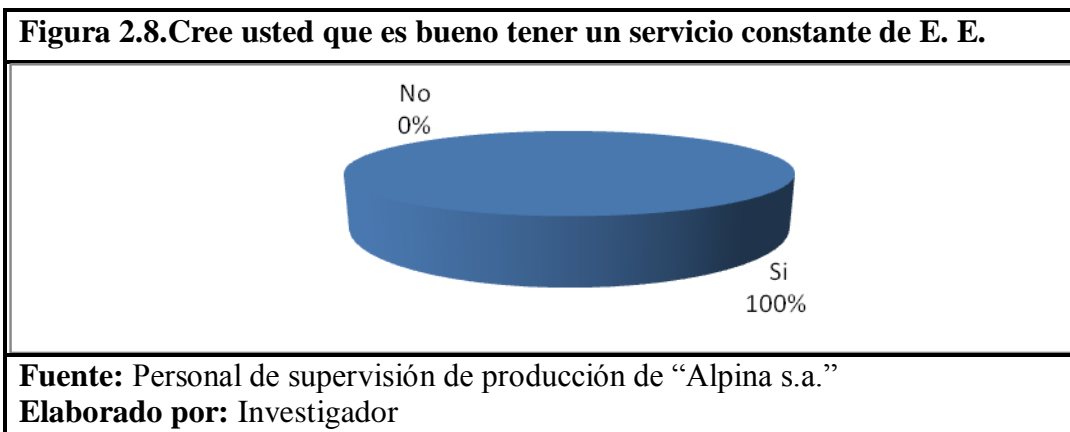
Manifiestan que las interrupciones de la energía eléctrica a veces se presentan en el momento menos indicado, esto sucede por incremento de carga al sistema y la inadecuada coordinación de protecciones en el sistema eléctrico.

2.3.1.2. Pregunta 2.

¿Cree usted que es importante para la producción tener un servicio de energía eléctrica constante sin interrupciones?

Tabla 2.2 Cree usted que es bueno tener un servicio constante de E. E.		
ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	3	100,00%
No	0	0,00%
TOTAL	3	100%

Fuente: Personal de supervisión de producción de “Alpina s.a.”
Elaborado por: Investigador



Análisis:

La encuesta aplicada a los supervisores de producción el 100% opina que es importante y necesario tener un servicio de energía eléctrica constante y sin interrupciones para realizar el proceso de productivo.

Interpretación:

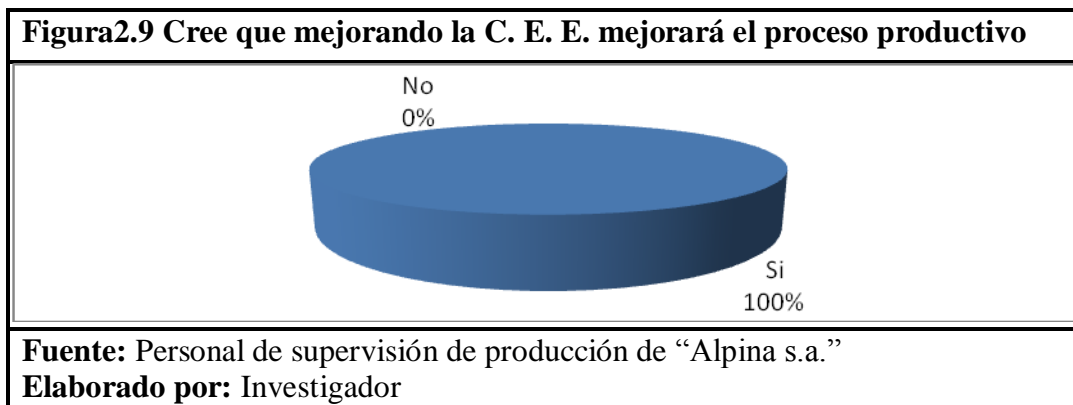
Al realizar las mejoras en la calidad de energía eléctrica suministrada a las instalaciones de planta se puede decir que se mejora niveles de voltaje, corriente, frecuencia, etc., y por lo tanto ausencia de interrupciones, sobretensiones, deformaciones de formas de ondas.

2.3.1.3. Pregunta 3.

¿Cree usted que mejorando la calidad de la energía eléctrica se obtendrá resultados satisfactorios en el proceso productivo?

Tabla 2.3 Cree que mejorando la C. E. E. mejorará el proceso productivo		
ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	3	100,00%
No	0	0,00%
TOTAL	3	100%

Fuente: Personal de supervisión de producción de “Alpina s.a.”
Elaborado por: Investigador



Análisis:

Se desprende que el 100% de los encuestados consideran que la mejora de la calidad de energía eléctrica; con la cual se alimentan a las maquinas empacadoras debe ser de la mejor calidad para no tener paros imprevistos y daños.

Interpretación:

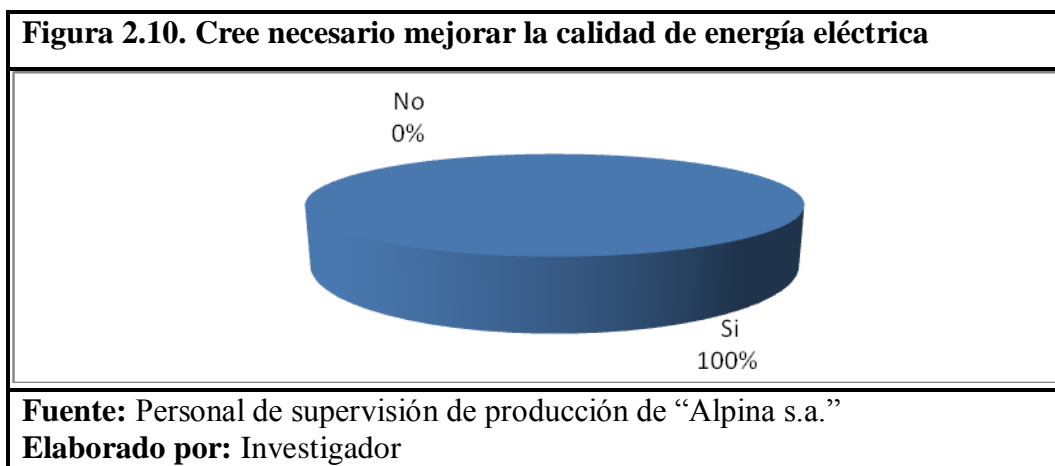
Mejorando la calidad de energía eléctrica se obtendrá muchos beneficios como son económicos, dentro de estos están contemplados tiempos y recursos utilizados para el proceso productivo que se realiza diariamente en la planta de producción de lácteos.

2.3.1.4. Pregunta 4.

¿Cree usted que es necesario mejorar la calidad de energía eléctrica en la planta Alpina S.A.?

Tabla 2.4 Cree necesario mejorar la calidad de energía eléctrica		
ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	3	100,00%
No	0	0,00%
TOTAL	3	100%

Fuente: Personal de supervisión de producción de “Alpina s.a.”
Elaborado por: Investigador



Análisis:

En la pregunta número cuatro el 100% del personal encuestados manifiestan que es necesario e importante mejorar la calidad de energía eléctrica en los procesos.

Interpretación:

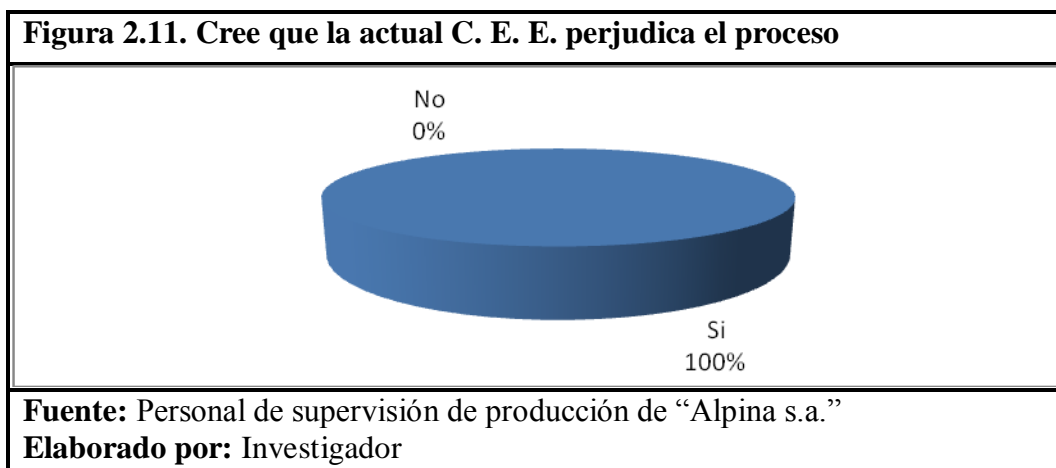
El mejoramiento de la calidad de energía eléctrica en las instalaciones de la planta es prioritario, por la calidad de energía que actualmente se tiene se produce paros imprevistos en la producción, esto conlleva a tener grandes pérdidas de materia prima.

2.3.1.5. Pregunta 5.

¿Cree usted que la calidad de energía eléctrica actual suministrada perjudica el proceso productivo?

Tabla 2.5 Cree que la actual C. E. E. perjudica el proceso		
ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	3	100,00%
No	0	0,00%
TOTAL	3	100%

Fuente: Personal de supervisión de producción de “Alpina s.a.”
Elaborado por: Investigador



Análisis:

En la pregunta número cinco tenemos que el 100% de los usuarios que son los supervisores de producción están de acuerdo que la mala calidad de energía eléctrica perjudica la operación.

Interpretación:

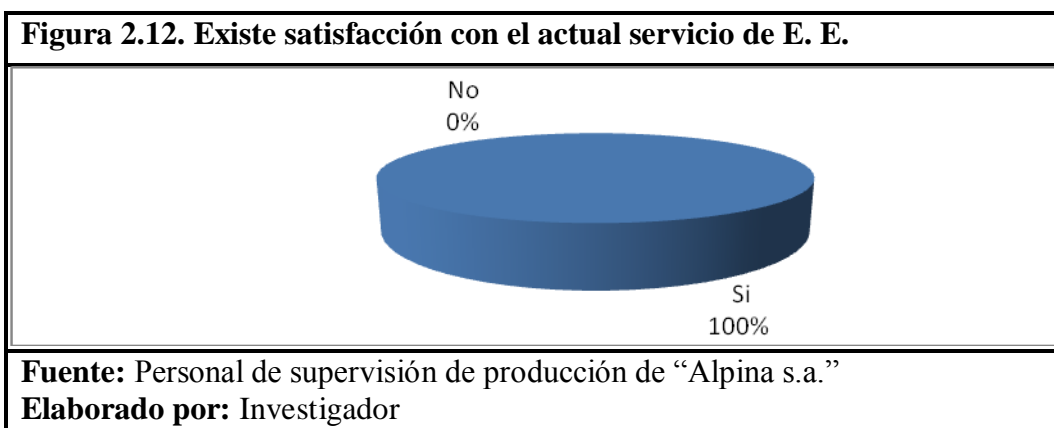
En la actualidad la calidad de energía que actualmente se tiene en las redes eléctricas de la planta no es confiable actualmente, porque es inestable y por lo tanto perjudican seriamente el proceso de producción.

2.3.1.6. Pregunta 6.

¿Está satisfecho con el actual servicio de energía eléctrica en el proceso productivo?

Tabla 2.6 Existe satisfacción con el actual servicio de E.E.		
ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	3	100,00%
No	0	0,00%
TOTAL	3	100%

Fuente: Personal de supervisión de producción de “Alpina s.a.”
Elaborado por: Investigador



Análisis:

En la pregunta número seis se pudo concluir que el 100% de los encuestados no están satisfechos con el actual servicio de energía eléctrica que se suministra a los equipos.

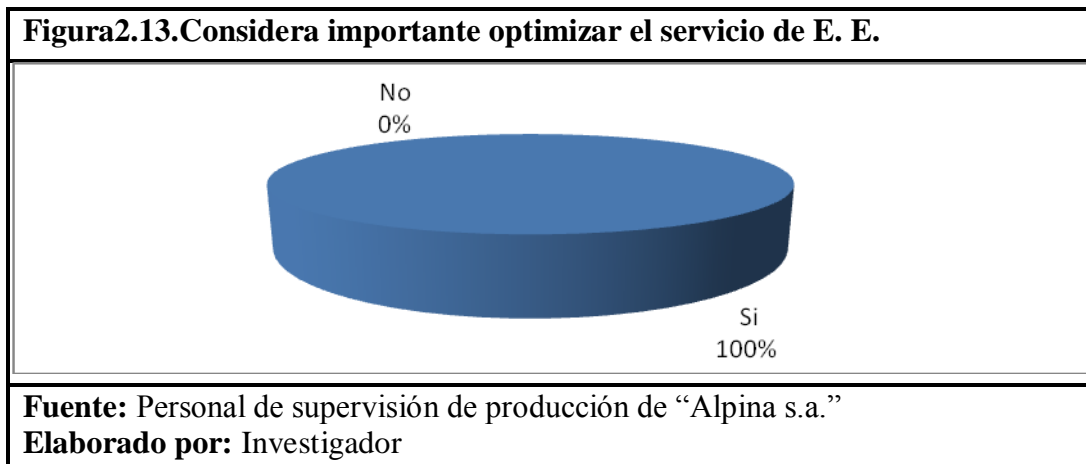
Interpretación:

En la actualidad el servicio de energía eléctrica en planta procesadora de productos lácteos Alpina no tiene las características de voltaje y corriente constantes razón por la cual los operarios no están satisfechos. Por lo que recomiendan mejorar la calidad de estos parámetros eléctricos.

2.3.1.7. Pregunta 7.

¿Considera importante optimizar el servicio de energía eléctrica en la planta?

Tabla 2.7 Considera importante optimizar el servicio de E. E.		
ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	3	100,00%
No	0	0,00%
TOTAL	3	100%
Fuente: Personal de supervisión de producción de “Alpina s.a.”		
Elaborado por: Investigador		



Análisis:

En la pregunta número siete y la más importante para nuestra investigación se pudo concluir que el 100% de los supervisores encuestados están de acuerdo con la optimización del servicio de la energía eléctrica.

Interpretación:

Los supervisores de producción están de acuerdo y piden de manera prioritaria que se realice la optimización de la calidad de energía eléctrica ya que permitirá mejorar el proceso productivo y disminuir pérdidas económicas por desperdicios ocasionados por la mala calidad del fluido eléctrico en la planta.

2.3.2 TABLA GENERAL DE LA ENCUESTA REALIZADA A SUPERVISORES DE PRODUCCIÓN DE LA PLANTA PROCESADORA DE PRODUCTOS LÁCTEOS EN ALPINA S.A., UBICADA EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA-MACHACHÍ.

Para realizar este trabajo de investigación también se ha tomado en cuenta al personal de producción de nivel de preparación superior en el cual están involucrados los supervisores de producción, quienes también conocen y viven las falencias que al momento tiene la planta procesadora de productos lácteos en lo que respecta a la calidad de energía eléctrica, ya que se transformaría en un insumo muy importante para elaboración de los productos.

Del análisis realizado en cada una de las preguntas formuladas hemos llegado a establecer una tabla general la cual nos permite relacionar todos los resultados obtenidos en cada una de las preguntas.

Dicho trabajo se refleja en los resultados que se han obtenido al realizar la tabulación de datos obtenidos, tales resultados están plasmados en la siguiente tabla.

TABLA 2.8 ENCUESTA REALIZADA A LOS SUPERVISORES DE PRODUCCION DE LA PLANTA PROCESADORA DE LACTEOS ALPINA S.A.						
ALTERNATIVAS	SIEMPRE	A VECES	RARA VEZ	NUNCA	TOTAL	
FRECUENCIA	1	2	0	0	3	
PORCENTAJE	33,33%	66,67%	0,00%	0,00%	100%	
ALTERNATIVAS						
	FRECUENCIA			PORCENTAJE		
	SI	NO	TOTAL	SI	NO	TOTAL
1.- ¿Cree usted que es importante para la producción tener un servicio de energía eléctrica constante sin interrupciones?	3	0	3	100%	100%	100%
2.- ¿Cree usted que mejorando la calidad de la energía eléctrica se obtendrá resultados satisfactorios en el proceso productivo?	3	0	3	100%	100%	100%
3.- ¿Cree usted que mejorando la calidad de la energía eléctrica se obtendrá resultados satisfactorios en el proceso productivo?	3	0	3	100%	100%	100%
4.- ¿Cree usted que es necesario mejorar la calidad de energía eléctrica en la planta Alpina S.A.?	3	0	3	100%	100%	100%
5.- ¿Está satisfecho con el actual servicio de energía eléctrica en el proceso productivo?	3	0	3	100%	100%	100%
6.- ¿Considera importante optimizar el servicio de energía eléctrica en la planta?	3	0	3	100%	100%	100%
Fuente: Personal de mantenimiento de “Alpina s.a.” Elaborado por: Investigador						

2.4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA ENCUESTA APLICADA A LOS TÉCNICOS ELECTROMECAÑICOS DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN “ALPINA S.A.”.

La encuesta realizada por el grupo investigador está dirigida a los técnicos electromecánicos de la planta procesadora de productos lácteos de Alpina S.A.,

con la información obtenida se podrá establecer si es factible realizar el diagnóstico de los niveles de distorsión y sus correctivos para la optimización de la calidad de energía eléctrica en la planta Alpina S.A.

2.4.1. ENCUESTA REALIZADA A LOS TÉCNICOS ELECTROMECAÑICOS DE LA PLANTA PROCESADORA DE PRODUCTOS LÁCTEOS ALPINA S.A.

Para realizar el análisis de la calidad de energía eléctrica en la planta procesadora de productos lácteos de Alpina S.A., se ha realizado preguntas dirigidas al personal de empleados y técnicos electromecánicos especializados en cada una de sus especialidades ya que son los únicos que conocen las aéreas de la planta procesadora de alimentos y es más que conocen sobre el tema a tratarse en esta encuesta; para realizar la tabulación de los datos obtenidos en este trabajo investigativo, se construyó una tabla por cada pregunta planteada por el investigador.

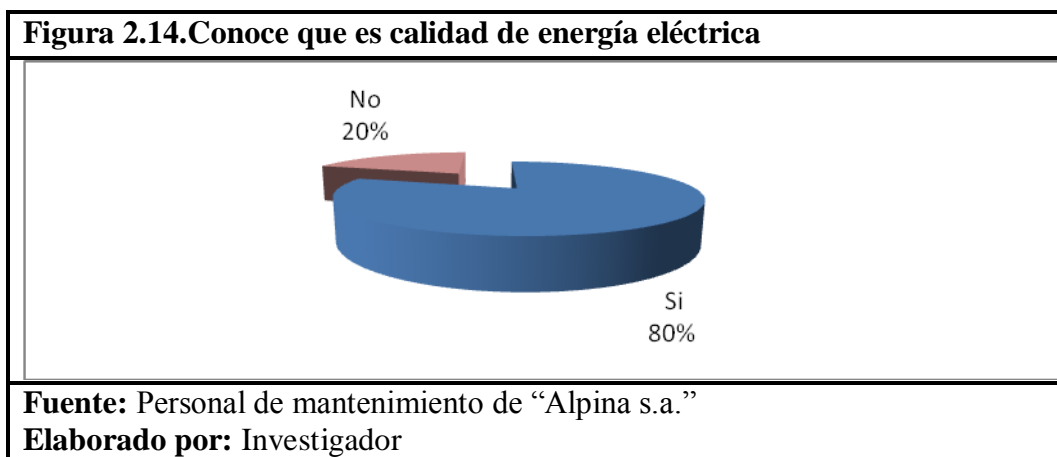
El total de técnicos electromecánicos encuestados son cinco en el departamento de mantenimiento industrial de la planta procesadora de productos lácteos de Alpina S.A. son personas que conocen el tema a fondo sobre el tema comportamiento que se investiga cómo es la calidad de la energía eléctrica que actualmente está consumiendo y que es suministrada por la empresa distribuidora como es la Empresa Eléctrica Quito (E.E.Q.).

2.4.1.1. Pregunta 1.

¿Conoce usted que es calidad de energía eléctrica?

Tabla 2.9 Conoce que es calidad de energía eléctrica		
ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	4	80,00%
No	1	20,00%
TOTAL	5	100%

Fuente: Personal de mantenimiento de "Alpina s.a."
Elaborado por: Investigador



Análisis:

De la pregunta uno el grupo investigador revisó y tenemos que de los 5 encuestados el 80% manifiesta que si tienen conocimiento sobre la calidad de energía eléctrica y el 20% no tiene idea sobre el tema de la calidad de la energía.

Interpretación:

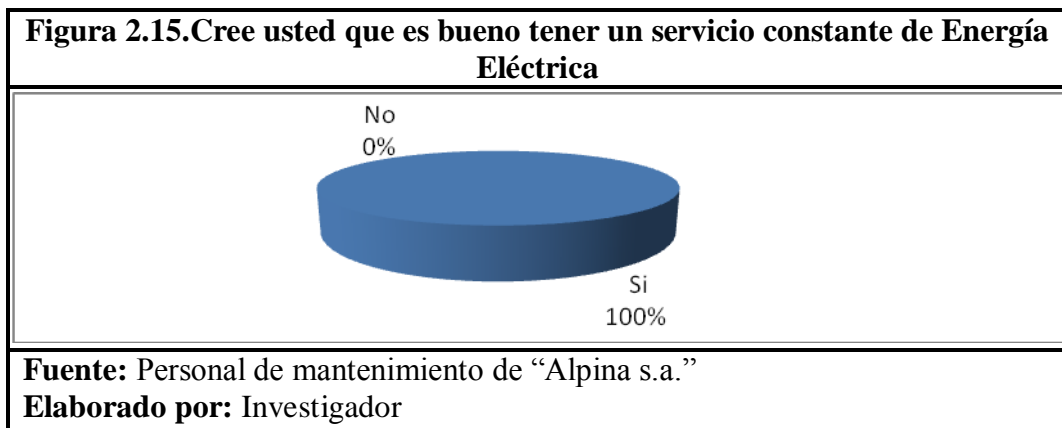
La mayoría de encuestados mencionan que tienen conocimiento sobre el tema de la calidad de energía eléctrica, pero se concreta que los conocimientos que tienen no son técnico científico por lo que se necesita impartir, seminarios para que todos tengan un mismo conocimiento sobre el tema que en la actualidad es muy importante.

2.4.1.2. Pregunta 2.

¿Cree usted que es importante tener niveles de voltaje (V) y corriente (I) constantes en el proceso productivo (barra infinita)?

Tabla 2.10 Cree usted que es bueno tener un servicio constante de Energía Eléctrica.		
ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	4	80,00%
No	1	20,00%
TOTAL	5	100%

Fuente: Personal de mantenimiento de "Alpina s.a."
Elaborado por: Investigador



Análisis:

De los 5 técnicos electromecánicos encuestados, el 100% opinan que es importante tener un servicio constante de Energía Eléctrica, que ayudara a mejorar la producción y el control del proceso.

Interpretación:

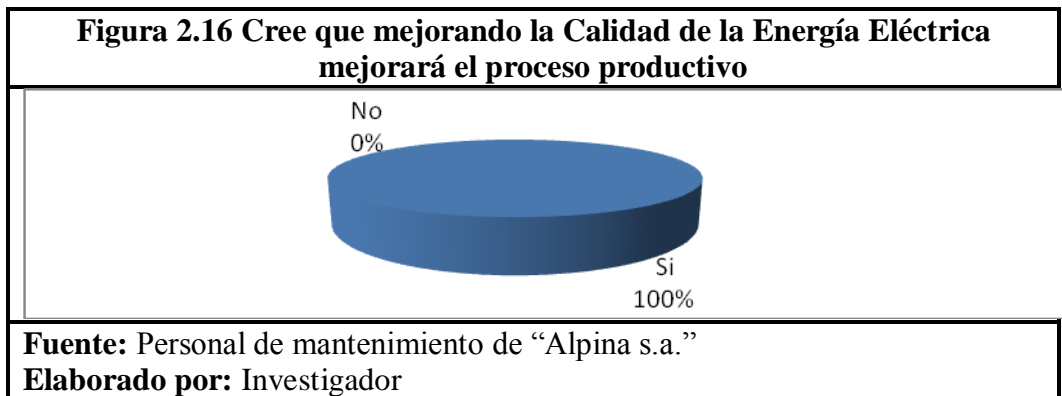
Los técnicos manifiestan que el servicio de energía eléctrica no es de buena calidad porque no cumple con los parámetros de niveles de voltaje, corriente, factor de potencia bajo en las redes eléctricas de la planta, por lo tanto no se tiene un servicio de calidad (barra infinita).

2.4.1.3. Pregunta 3.

¿Cree usted que es importante realizar monitoreo periódicos de parámetros como son: voltaje, corriente, factor de potencia, armónicos en niveles de voltaje de 440Vac y 220Vac?

Tabla 2.11. Cree que mejorando la Calidad de la Energía Eléctrica mejorará el proceso productivo		
ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	5	100,00%
No	0	0,00%
TOTAL	5	100%

Fuente: Personal de mantenimiento de "Alpina s.a."
Elaborado por: Investigador



Análisis:

De los 5 técnicos electromecánicos encuestados, el 100% opinan que mejorando la Calidad de la Energía Eléctrica mejorará el proceso productivo en la planta procesadora de productos lácteos.

Interpretación:

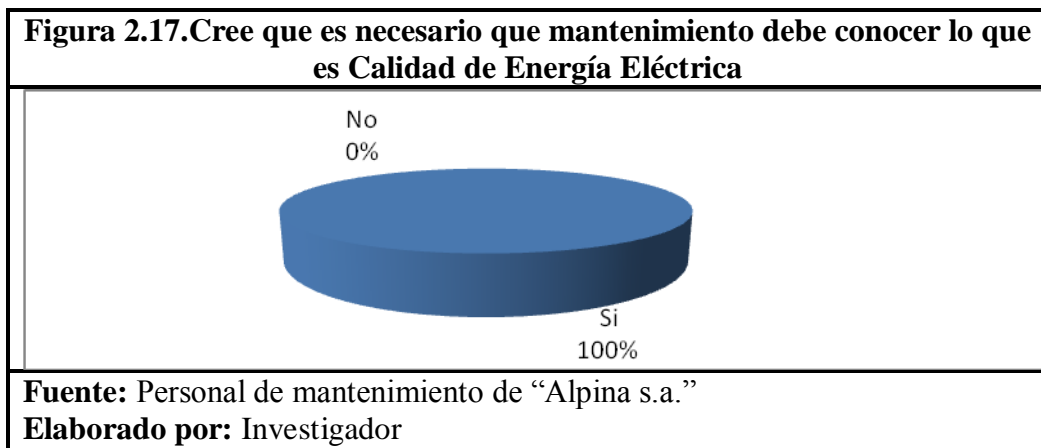
La totalidad del personal que trabajan en el departamento de mantenimiento industrial encuestados manifiestan que se necesario e importante realizar seguimientos a los parámetros de la energía eléctrica en la planta procesadora de lácteos para lograr suprimir las pérdidas técnicas que se producen en el sistema.

2.4.1.4. Pregunta 4.

¿Cree usted que el personal de mantenimiento debe tener conocimiento sobre el tema de calidad de energía eléctrica?

Tabla 2.12 Cree que es necesario que mantenimiento debe conocer lo que es Calidad de Energía Eléctrica		
ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	5	100,00%
No	0	0,00%
TOTAL	5	100%

Fuente: Personal de mantenimiento de "Alpina s.a."
Elaborado por: Investigador



Análisis:

En la pregunta número cuatro el grupo investigador encontró que el 100% de los encuestados manifiestan que el tema de la calidad de energía eléctrica es muy necesario que deben conocer.

Interpretación:

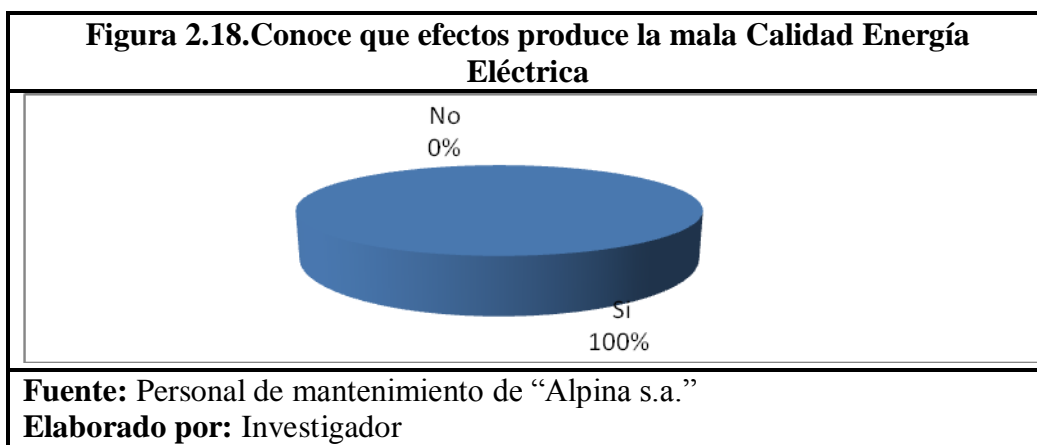
Se deduce que todo el personal de mantenimiento debe tener conocimiento sobre la calidad de energía eléctrica ya que es de vital importancia para su desempeño como técnicos dentro de la planta procesadora de productos lácteos de Alpina s.a. ya que son los responsables directos del buen funcionamiento de los equipos.

2.4.1.5. Pregunta 5.

¿Conoce que efectos produce la mala calidad de energía eléctrica?

Tabla 2.13 Conoce que efectos produce la mala Calidad Energía Eléctrica		
ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	5	100,00%
No	0	0,00%
TOTAL	5	100%

Fuente: Personal de mantenimiento de "Alpina s.a."
Elaborado por: Investigador



Análisis:

En la pregunta cinco que es la más importante para el personal de mantenimiento industrial en la encuesta realizada muestra que el 100% de los encuestados conocen los efectos que produce este fenómeno de la mala calidad de energía eléctrica.

Interpretación:

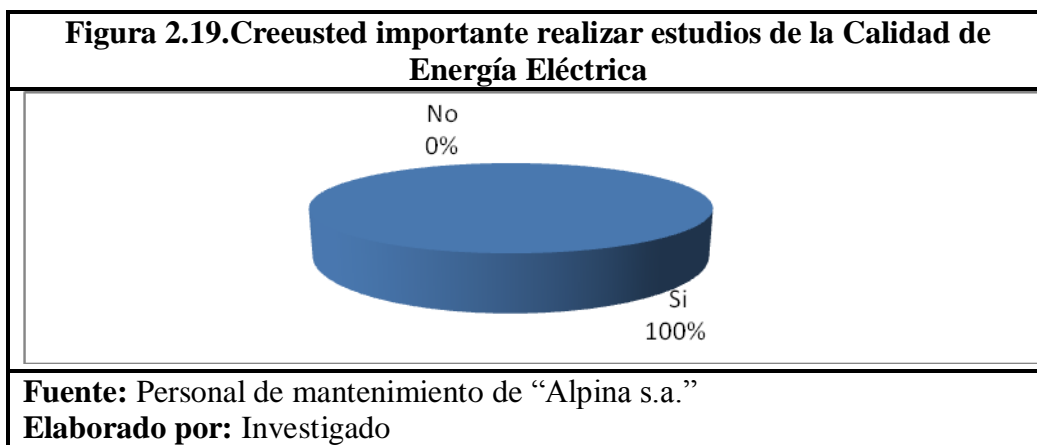
Es muy notorio que todos los técnicos electromecánicos tienen conocimiento sobre los efectos que producen la mala calidad de energía eléctrica y como afecta al proceso productivo.

2.4.1.6. Pregunta 6.

¿Cree usted que en la planta Alpina S.A. se necesita realizar estudios de calidad de energía eléctrica?

Tabla 2.14 Cree usted importante realizar estudios de la Calidad de Energía Eléctrica		
ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	5	100,00%
No	0	0,00%
TOTAL	5	100%

Fuente: Personal de mantenimiento de "Alpina s.a."
Elaborado por: Investigador



Análisis:

En la pregunta número seis se pudo concluir que el 100% de los encuestados están de acuerdo que se debe realizar estudios de la calidad de energía eléctrica.

Interpretación:

Los encuestados manifiestan que necesitan que se realice el estudio de la calidad de energía eléctrica; para mejorar el funcionamiento de equipos y maquinas involucradas en el proceso productivo, ya que con esto se determinará en qué condiciones están trabajando todos los equipos y máquinas de la planta.

2.4.2. TABLA GENERAL DE LA ENCUESTA REALIZADA AL JEFE DE MANTENIMIENTO Y A LOS TÉCNICOS ELECTROMECÁNICOS DE LA PLANTA PROCESADORA DE PRODUCTOS LÁCTEOS ALPINA S.A.

De los análisis realizados en cada una de las preguntas se construye un cuadro comparativo general el cual nos permite relacionar todos los resultados obtenidos en cada una de las preguntas.

Tabla 2.15 ENCUESTA REALIZADA AL JEFE DE MANTENIMIENTO Y TÉCNICOS ELECTROMECÁNICOS DE LA PLANTA PROCESADORA DE PRODUCTOS LÁCTEOS ALPINA S.A.						
ALTERNATIVAS	FRECUENCIA			PORCENTAJE		
	SI	NO	TOTAL	SI	NO	TOTAL
¿Conoce usted que es calidad de energía eléctrica?	4	1	5	80%	20%	100%
¿Cree usted que es importante tener niveles de voltaje (V) y corriente (I) constantes en el proceso productivo (barra infinita)?	4	1	5	80%	20%	100%
¿Cree usted que es importante realizar monitoreo periódicos de parámetros como son: voltaje, corriente, factor de potencia, armónicos en niveles de voltaje de 440Vac y 220Vac?	5	0	5	100%	0%	100%
¿Cree usted que el personal de mantenimiento debe tener conocimiento sobre el tema de calidad de energía eléctrica?	5	0	5	100%	0%	100%
¿Conoce que efectos produce la mala calidad de energía eléctrica?	5	0	5	100%	0%	100%
¿Cree usted que en la planta Alpina S.A. se necesita realizar estudios de calidad de energía eléctrica?	5	0	5	100%	0%	100%
Fuente: Personal de mantenimiento de “Alpina s.a.” Elaborado por: Investigador						

2.4.2.1. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

Con respecto a la pregunta 1, el 80% de los encuestados tienen conocimientos sobre el tema de lo que es la calidad de energía eléctrica y el 20% no conoce sobre el tema, por lo que es necesario impartir seminarios, charlas técnicas para que todos estén al mismo nivel de conocimientos.

Con respecto a la pregunta 2, el 80% de los encuestados tienen conocimiento sobre el tema que se está tratando y por lo tanto apoyan la propuesta y como el 20% de no tiene conocimiento no responde, es decir no todos coinciden con la misma idea de tener una buena calidad de energía eléctrica, esto sucede motivos de desconocimiento de lo que significa calidad, ya que existen términos técnicos que nunca han escuchado con respecto al tema.

Y en el resto de preguntas el 100% de los encuestados coinciden con las mismas ideas, que se debe realizar monitores continuos de la las redes eléctricas que alimentan los circuitos de fuerza y mando de toda la planta, ya que se evidencian falencias en la actualidad que se quemen motores eléctricos, se daña equipos de fuerza y mando, etc.

2.5. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Para la verificación de la hipótesis se realiza estadísticamente por el método de Chi-Cuadrado.

“La determinación de los índices de la calidad de energía eléctrica en la planta procesadora de productos lácteos Alpina s.a., servirá para mejorar parámetros como son: niveles de voltaje, corriente y factor de potencia”.

2.5.1. HIPÓTESIS NULA (H0)

“La determinación de los índices de la calidad de energía eléctrica en la planta procesadora de productos lácteos Alpina s.a., no mejorar parámetros como son: niveles de voltaje, corriente y factor de potencia”.

2.5.2. HIPÓTESIS ALTERNATIVA (H1)

“La determinación de los índices de la calidad de energía eléctrica en la planta procesadora de productos lácteos Alpina s.a., si mejorar parámetros como son: niveles de voltaje, corriente y factor de potencia”.

2.5.3. TRADUCCIÓN DE ENCUESTAS REALIZADAS A LOS SUPERVISORES DE LA PLANTA PROCESADORA DE PRODUCTOS LÁCTEOS DE ALPINA S.A.

Cuadro resumen de la encuesta realizada al personal de supervisión:

Tabla: 2.16. Encuesta realizada al personal de supervisión.

N.-	SI	NO	TOTAL
1	3	0	3
2	3	0	3
3	3	0	3
4	3	0	3
5	3	0	3
6	3	0	3

Fuente: El investigador

2.5.4. TABULACIÓN DE ENCUESTAS REALIZADAS A LOS TÉCNICOS ELECTROMECAÑICOS DE LA PLANTA PROCESADORA DE PRODUCTOS LÁCTEOS ALPINA S.A.

Cuadro resumen de la encuesta realizada al personal de técnicos electromecánicos:

Tabla: 2.17. Encuesta realizada al personal de técnicos electromecánicos.

N.-	SI	NO	TOTAL
1	4	1	5
2	4	1	5
3	5	0	5
4	5	0	5
5	5	0	5
6	5	0	5

Fuente: El investigador

2.5.5. RESUMEN DE FRECUENCIAS OBSERVABLES (fo)

Tabla: 2.18. Resumen de encuestas observables.

N.-	FRECUENCIAS OBSERVABLES		TOTAL
	SI	NO	
1	7	1	8
2	7	1	8
3	8	0	8
4	8	0	8
5	8	0	8
6	8	0	8
TOTAL	46	0	48

Fuente: El investigador

2.5.6. RESUMÉN DE FRECUENCIAS ESPERADAS (f_e)

Tabla: 2.19. Resumen de frecuencias esperadas.

N.-	FRECUENCIAS ESPERADAS	
	SI	NO
1	87,5	12,5
2	87,5	12,5
3	100	0
4	100	0
5	100	0
6	100	0

Fuente: El investigador

2.5.7. CÁLCULO DEL X_c^2 (CHI-CUADRADO)

Tabla: 2.20. Cuadro del cálculo del Chi-Cuadrado.

N.-	fo	fe	fo - fe	(fo - fe) ²	$X_c^2 = \frac{(fo - fe)^2}{fe}$
1	7	87,5	-80,5	6480,25	74,06
2	1	12,5	-11,5	132,25	10,58
3	7	87,5	-80,5	6480,25	74,06
4	1	12,5	-11,5	132,25	10,58
5	8	100	-92	8464	84,64
6	0	0	0	0	0
7	8	100	-92	8464	84,64
8	0	0	0	0	0
9	8	100	-92	8464	84,64
10	0	0	0	0	0
11	8	100	-92	8464	84,64
12	0	0	0	0	0
TOTAL					507,84

- MODELO ESTADÍSTICO
- NIVEL DE SIGNIFICACIÓN
- GRADOS DE LIBERTAD

$$Xc^2 = \frac{(fo - fe)^2}{fe}$$

$$95\% = 0,05$$

$$gl = (F - 1) (C - 1)$$

$$gl = (6 - 1) (2 - 1)$$

$$gl = 5$$

Según cálculo: $Xc^2 = 507,84$

Según tabla anexo: $Xt^2 = 12,6$

Entonces: $Xt^2 < Xc^2$

12,6 < 507,84

Una vez determinado el Xt^2 y el Xc^2 ; se establece que el Xt^2 es menor que el Xc^2 ; es decir el 12,6 es menor que 507,84; por lo tanto se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa que dice:

“La determinación de los índices de la calidad de energía eléctrica en la planta procesadora de productos lácteos Alpina s.a., si mejorar parámetros como son: niveles de voltaje, corriente y factor de potencia”.

CAPITULO III

PROPUESTA PARA MEJORAR LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA PLANTA PROCESADORA DE PRODUCTOS LÁCTEOS ALPINA S.A.

3.1. PRESENTACIÓN

En la actualidad se vive en un mundo cada vez más tecnificado, así con este avance tecnológico en todos los sectores, la innovación del sector industrial cubren gran parte de la renovación y automatización de los equipos en los procesos, de ahí la importancia del desarrollo de este tema de cómo mejorar la calidad de la energía eléctrica.

El investigador ponen en consideración la información obtenida que es teórico-práctica la misma que servirá como fuente de consulta, guía técnica para asesoramiento de los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Eléctrica que puedan aclarar sus dudas sobre los fenómenos que causan problemas en la calidad de la energía eléctrica y los correctivos que se pueden dar a estos fenómenos que se presentan en un sistema eléctrico.

El tema propuesto se relaciona en forma directa debido a la calidad de energía eléctrica que suministra a los diferentes equipos y maquinas; se evidencia su

deficiente eficiencia; falencias que han sido observadas, en el transcurso de la operación de equipos y máquinas.

Debido a que no existe un estudio que se hayan realizado en la Planta Procesadora de Productos Lácteos y al crecimiento de la demanda en el mismo, se ve necesaria la evaluación y diagnóstico del sistema eléctrico de la planta, con este estudio se pretende disminuir pérdidas de carácter técnico y económico. La calidad y confiabilidad que requieren los equipos instalados en este lugar deben ser cuidadosamente evaluadas por ser elementos muy sensibles frente a las diferentes variaciones que pueden suscitarse en el sistema.

Por esta razón en la Planta Procesadora de Productos Lácteos Alpina S.A. se instaló analizadores de calidad de energía eléctrica con el fin de realizar el análisis de carga además las soluciones y mecanismos adecuados para corregir los parámetros como son: Niveles de voltaje, armónicos, factor de potencia, que se encuentren fuera de la Regulación del CONELEC.

La finalidad de este trabajo de investigación se ha realizado con el propósito de mejorar la calidad de la energía eléctrica en la Planta Procesadora de Productos Lácteos Alpina S.A., para cumplir con la Regulación N°- 004/01 del CONELEC y proponer además alternativas de solución para reducir los costos de penalización por bajo factor de potencia que mensualmente factura la Empresa Eléctrica Quito S.A. a la planta industrial.

3.2. DESARROLLO DEL PROYECTO

En este capítulo se realizará un estudio del comportamiento de las señales de voltaje y corriente eléctrica así como también de algunas otras variables eléctricas como son: factor de potencia, potencia activa, reactiva y aparente, el porcentaje de distorsión armónica total (%THD), desfasamiento angular entre voltaje y corriente, voltaje y corriente pico, voltaje y corriente rms o eficaz: para ello se empleará una serie de mediciones con el analizador de energía eléctrica.

3.3. TEMA:

“Diagnóstico de los niveles de distorsión y sus correctivos para la optimización de la calidad de energía eléctrica, en las instalaciones de la planta procesadora de productos lácteos Alpina S.A. del cantón Machachí”.

3.4. JUSTIFICACIÓN

En la planta industrial deben ser monitoreados y controlados continuamente como son: niveles de voltaje, perturbaciones los cuales deben estar enmarcados los valores dentro de rangos que dicta la regulación vigente del CONELEC 004/01. Estos parámetros eléctricos servirán para planificar mantenimientos, mejorar los actuales y cumplir con el organismo regulador.

En un circuito de corriente alterna, las perturbaciones de voltaje y el bajo factor de potencia afectan directamente la eficiencia del servicio, para ello es necesario conocer las causas y efectos de tener una mala calidad de energía y proponer los métodos para mejoramiento.

Debido a un voltaje bajo provoca daños en equipos, máquinas y accesorios eléctricos, así como pérdidas elevadas en conductores por motivos que circulan corrientes elevadas.

La presencia de armónicos T_{hd} en las instalaciones eléctricas causa calentamiento de los conductores especialmente por el neutro, así como también calentamiento de los transformadores el de 400KVA y el de 112KVA.

El presente proyecto se lo realizó tomando en cuenta la Regulación CONELEC 004/01.

3.5. OBJETIVOS

3.5.1. Objetivo General.

- Analizar los niveles de distorsión y plantear soluciones a los problemas encontrados en las instalaciones eléctricas de la Planta Procesadora de Productos Lácteos Alpina S.A. del cantón Machachí, según los parámetros que dicta la regulación vigente del CONELEC 004/01.

3.5.2. Objetivos Específicos.

- Instalar el analizador de calidad de energía eléctrica en los puntos seleccionados A, B, C y D en las instalaciones eléctricas de la Planta Procesadora de Productos Lácteos Alpina S.A. del cantón Machachí.
- Realizar el análisis e interpretación de los resultados obtenidos en los puntos seleccionados en la planta industrial.
- Proponer a la planta procesadora de productos lácteos ALPINA S.A., la implementación de correctivos para mejorar los parámetros eléctricos como son: niveles de voltajes, factor de potencias, armónicos Thd.

3.6. FACTIBILIDAD DEL DIAGNÓSTICO DE LOS NIVELES DE DISTORSIÓN.

La presente propuesta reúne todos los requisitos para que se lleve a cabo en la Planta Procesadora de Productos Lácteos Alpina S.A. el cual servirá como un punto de partida para determinar las condiciones actuales de la calidad de energía en la planta industrial, que alimenta a las todas las cargas.

La dirección administrativa, tanto el departamento de mantenimiento como gerencia están conscientes que hay que realizar trabajos para mejorar la calidad de la energía eléctrica.

En el aspecto técnico las soluciones técnicas que se proponga, una vez que se implemente mostraran resultados satisfactorios, como son instalación de bancos de capacitores, etc.

3.7. IMPACTO

El Diagnóstico de los niveles de distorsión y su correctivos para la optimización de la calidad de la energía eléctrica causo una gran acogida a toda la gente involucrada entre estos tenemos técnicos electromecánicos, personal de supervisión de producción y en especial al gerente de la Planta Procesadora de Productos Lácteos Alpina. Asegurar la calidad de la energía eléctrica suministrada a la casa de máquinas, con la finalidad de garantizar el correcto funcionamiento de los equipos conectados a los circuitos.

3.8. PUNTOS DE MEDICIÓN

La toma de datos de los parámetros eléctricos se ha realizado en los bornes de la salida de los transformadores, sus características se indican más adelante.

Las cargas que alimentan cada transformador constan en el anexo 2 correspondiente a los planos unifilares de las instalaciones eléctricas de la fábrica.

3.9. PARÁMETROS UTILIZADOS EN EL ANÁLISIS DE RESULTADOS EN CADA UNO DE LOS PUNTOS SELECCIONADOS.

En el siguiente estudio de la calidad de energía eléctrica se cumple con las mediciones necesarias para un estudio de calidad dentro la planta procesadora de productos lácteos.

Se procede de la siguiente manera cumpliendo así las mediciones de nivel de voltaje, perturbaciones de voltaje, flickers y factor de potencia en cada una de las mediciones según la regulación del CONELEC relacionada con la calidad de energía eléctrica.

Se toma en consideración los valores dados en la regulación del CONELEC y que en este estudio se ha hecho énfasis, cuyos valores límites se presentan a continuación.

NIVEL DE VOLAJE:	8%
FLICKER:	< 1
THD:	8
FACTOR DE POTENCIA:	0.92

- **Límites de armónicos de voltaje según la norma IEEE 519**

Establece las condiciones de contaminación que dura más de una hora. Para periodos cortos los límites pueden superar el 50%. Para sistemas de mayor voltaje los límites en los niveles de distorsión individual y total son menores como se muestra en la tabla 3.2.

Tabla 3.1. Límites de armónicos de voltaje según IEEE 519

Voltaje	Distorsión individual de voltaje (%)	Distorsión total de voltaje (%)
69 [Kv] y menos	3,0	5,0
69,001 [Kv] a 161 [Kv]	1,5	2,5
161,001 [Kv] y mas	1,0	1,5

Fuente: CONELEC (REG. 004/01)

- **Límites de armónicos de corriente según la norma IEEE 519**

Para niveles de bajo voltaje entre 120V y 69Kv, en estos límites se incluyen las plantas de generación de electricidad. Los límites dependen de la corriente de corto circuito I_{sc} donde está conectado el consumidor y el nivel de consumo I_L . Los sistemas más potentes se les permiten mayores niveles de contaminación. Para demostrar si los valores de distorsión armónica en corriente están en los límites correctos es necesario calcular los valores de corriente de corto circuito referida al transformador en análisis I_{cc} y corriente de carga del sistema I_L , con la finalidad de poder comparar con la tabla de armónicos en corriente dada por la IEEE 519 para bajo voltaje.

Las ecuaciones para determinar el valor de I_{cc}/I_L conocido como α , que se utiliza para encontrar el THD en corriente, son las siguientes:

$$I_{cc} = \frac{1}{X_{pu}(1)}$$

$$S = V \cdot I_L \cdot \sqrt{3} \quad (2)$$

$$I_L = \frac{S}{V \cdot \sqrt{3}}$$

$$I_{Lpu} = \frac{I_{fase}}{I_L} \quad (3)$$

$$\alpha = \frac{I_{cc}}{I_{Lpu}} \quad (4)$$

Tabla 3.2. Límites de armónicos de corriente según la norma IEEE 519

ARMÓNICOS INDIVIDUALES (IMPARES)						
Isc/IL	h < 11	11 ≤ h < 17	17 ≤ h < 23	23 ≤ h < 35	35 ≤ h	THD
< 20	4,0	2,0	1,5	0,6	0,3	5,0
20-50	7,0	3,5	2,5	1,0	0,5	8,0
50-100	10,0	4,5	4,0	1,5	0,7	12,0
100-1000	12,0	5,5	5,0	2,0	1,0	15,0
< 1000	15,0	7,0	6,0	2,5	1,4	20,0

Fuente: CONELEC (REG. 004/01)

La norma IEEE 519 (1992) es una norma Norteamericana (Estados Unidos), de acuerdo a esta norma el límite de distorsión en corriente (THDA) no debe ser superior al 20%. Según la norma IEEE 19-1992 estos valores deben cumplirse en el 95% de las mediciones tomadas por el analizador de redes.

- **Límites de armónicos de voltaje según el CONELEC (REG. 004/01).**

Tabla 3.3. Límites de armónicos de voltaje según el CONELEC

ORDEN DEL ARMONICO (n)	BAJAY MEDIA TENSION <40Kv	ALTA TENSION: 40Kv
IMPARES NO MULTIPLoS DE 3		
5	6,0	2,0
7	5,0	2,0
11	3,5	1,5
13	3,0	1,5
17	2,0	1,0
19	1,5	1,0
23	1,5	0,7
25	1,5	0,7
> 25	$0,2 + 1,3 \times 25/n$	$0,1 + 0,6 \times 25/n$
IMPARES MULTIPLoS DE 3		
3	5,0	1,50
9	1,5	1,00
15	0,3	0,30
21	0,2	0,20
> 21	0,2	0,20
PARES		
2	2,0	1,5
4	1,0	1,0
6	0,5	0,5
8	0,5	0,2
10	0,5	0,2
12	0,2	0,2
>12	0,2	0,2
THD	8%	3%

Fuente: CONELEC (REG. 004/01)

3.9.1 NORMAS PARA LA EVALUACIÓN

Para realizar el trabajo de análisis energético se ha tomado como referencia la Regulación N.- CONELEC 004/01, cuyo objetivo es establecer los niveles de calidad de prestación de servicio eléctrico de distribución y los procedimientos de evaluación a ser observados por parte de las Empresas Distribuidoras. En lo referente a los armónicos de corriente se utilizara la norma IEEE 519 que se indica en el anexo.

El CONELEC es un organismo encargado de regular todo lo que concierne al uso de la energía eléctrica en nuestro país Ecuador tal como su generación, transmisión, distribución y como en este caso calidad de voltaje a través de la norma CONELEC 004/01.

Para la realización de nuestro análisis de los diferentes fenómenos eléctricos como son:

- Niveles de voltaje
- Distorsión armónica de voltaje
- Distorsión armónica de corriente
- Parpadeo(flickers)
- Factor de potencia

Resumen de los parámetros energéticos que se va a evaluarse en la planta procesadora de PRODUCTOS LÁCTEOS ALPINA S.A, las características eléctricas en análisis con su respectiva norma y criterio de aprobación se resume en la siguiente tabla 3.5, la cual está referida a la planta procesadora ubicada en Machachí.

Tabla 3.4. Criterios de aprobación de parámetros a evaluarse

PARAMETRO	NORMA	CRITERIO DE APROBACIÓN
Niveles de voltaje	Conelec 004/01	Menos del 5% de los registros no exceden de $\pm 8\%$ del voltaje nominal
Factor de potencia	Conelec 004/01	Menos del 5% de los registros están bajo 0,92
Flickers	Conelec 004/01	Menos del 5% de los registros están bajo $P_{st} = 1$
Armonicos de voltaje	Conelec 004/01	El índice de THD no debe sobrepasar el 8%
Armonicos de corriente	IEEE 519	El índice de THD no debe sobrepasar el % que de como resultado el calculado I_{cc}/I_L
Los registros son tomados durante 7 días continuos en intervalos de 10 minutos		

Fuente: CONELEC (REG. 004/01)

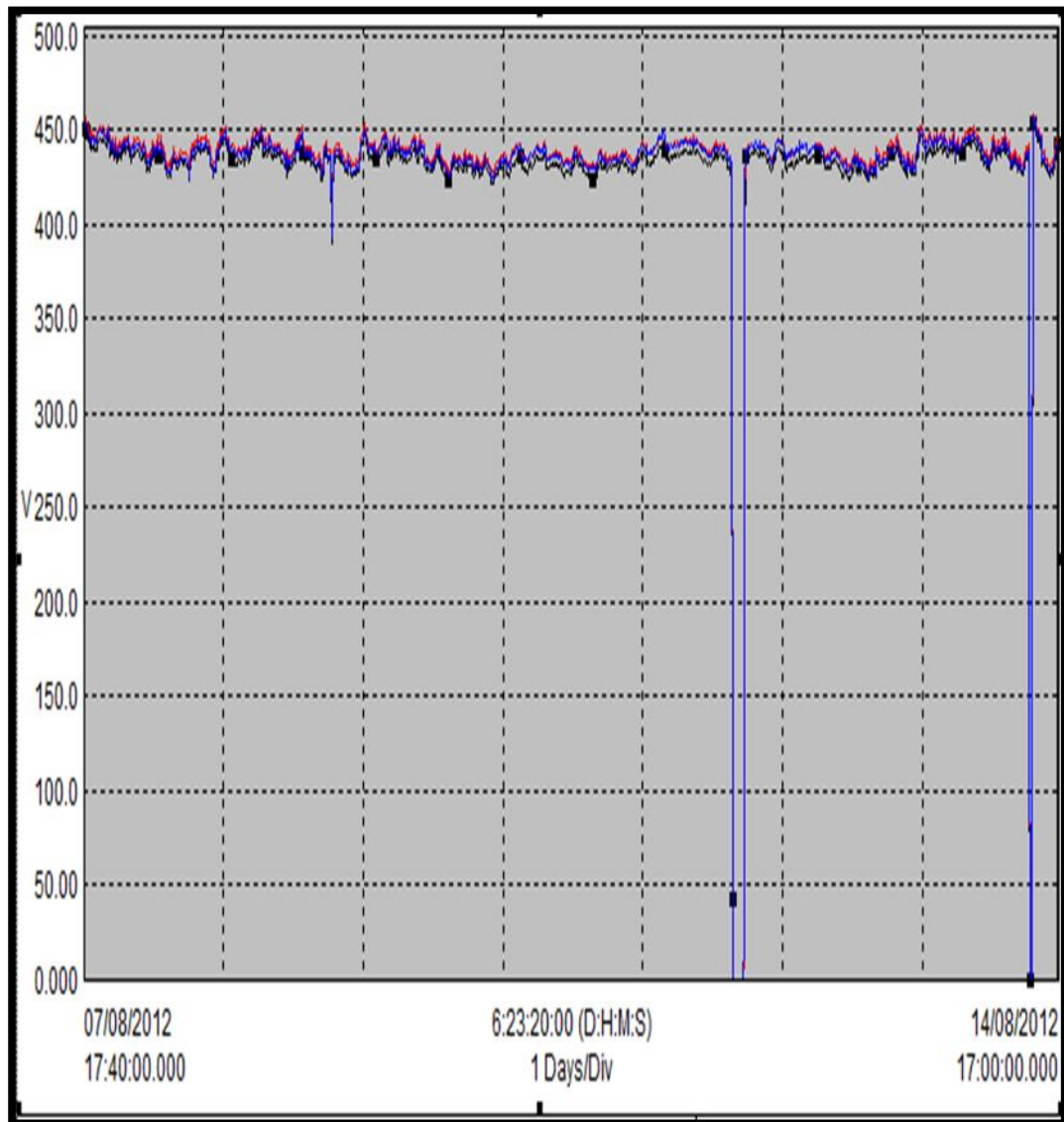
3.9.2ANALISIS EN EL TRANSFORMADOR DE 400KVA.

El transformador es de 400KVA, está ubicado en la sala de transformación y se ha obtenido los siguientes datos.

En este punto de medición la demanda tiene un patrón de comportamiento que es prácticamente igual en la mayoría de los días de análisis, este patrón empieza por un periodo de incremento de carga que arranca desde la 06: 00 am hasta 09:00 am, después de este periodo empieza la carga máxima en el periodo de 09:00 am 19:00 pm, luego hay decrecimiento de carga que se registra desde las 19:00 pm hasta las 22:00 pm, y por último está el periodo en donde la carga baja y se mantiene estable desde la las 22:00 pm hasta las 6:00 am.

Si observamos el comportamiento de la carga hemos encontrado magnitudes máximas, mínimas, valores promedios y otros valores y más los parámetros eléctricos que hemos considerado como importantes y el resumen evaluativo se lo presenta a continuación. Tal como se puede apreciarse en el gráfico.

Figura 3.1. Tendencia general de variación de voltajes de las tres líneas en el transformador de 400KVA.

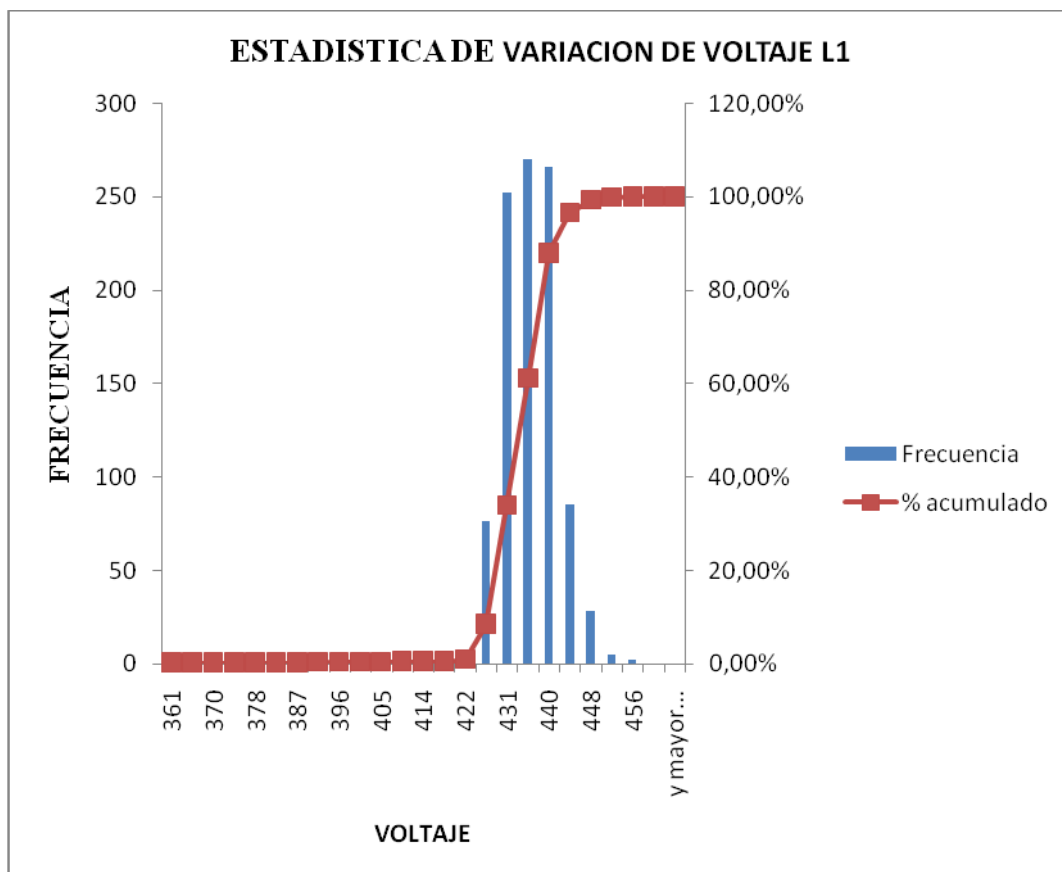


Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

En este gráfico se puede apreciar las variaciones de voltajes de las tres líneas del transformador principal el cual es el encargado de transformar el voltaje primario que alimenta la Empresa Eléctrica Quito en voltaje utilizable (440-220VAC) el cual se distribuye a toda la planta en general.

3.9.2.1 MEDICIÓN DE VOLTAJES URMS

Figura 3.2. Histograma de la variación de voltaje Urms L1 del transformador de 400KVA.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

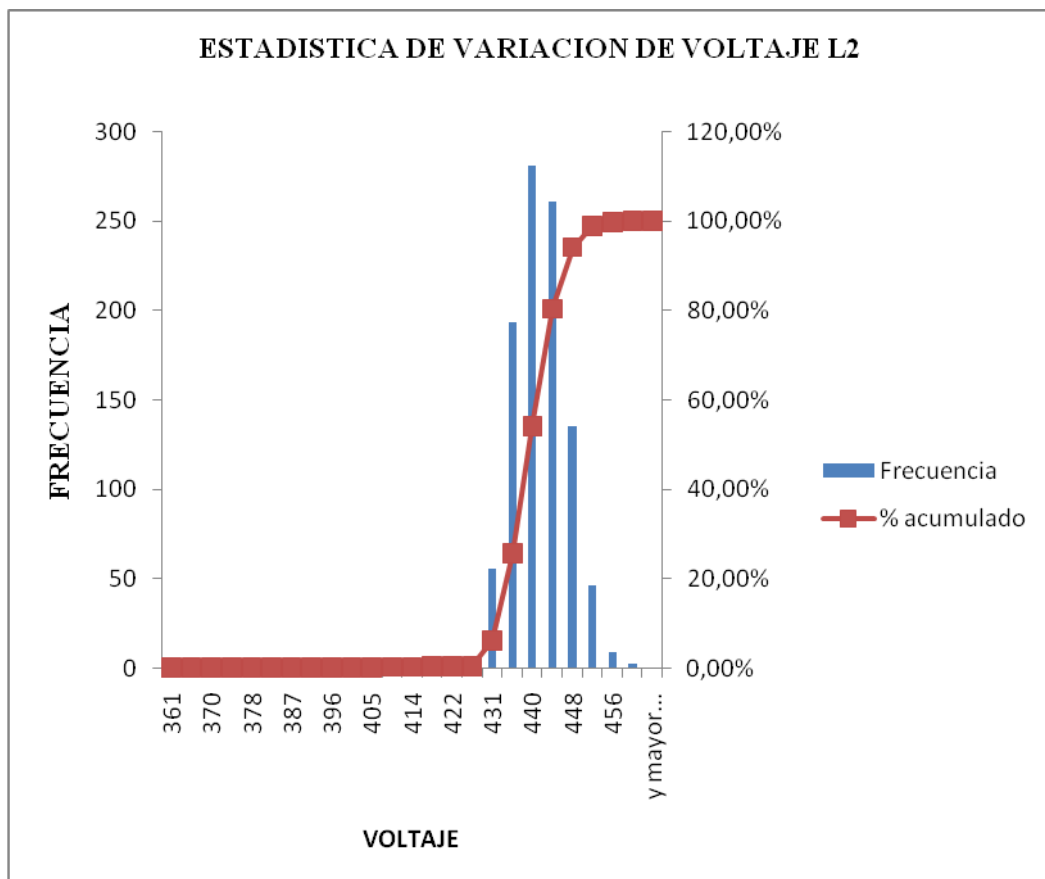
En el gráfico 3.2. Se representa la variación de voltaje ULMS de la línea L1 en porcentaje de la salida del transformador de 400KVA de la planta procesadora de lácteos Alpina. Se observa que varía en +4% a -4% por lo tanto las mediciones se encuentran dentro de los límites establecidos por la regulación CONELEC 004/01 vigente, que establece entre el $\pm 8,0$ %.

Tabla 3.5. Datos del histograma de la variación de voltaje Urms L1, a la salida del transformador de 400KVA.

Voltaje (V)	Frecuencia	% acumulado	Porcentaje
422	4	0,91%	-4%
427	76	8,56%	-3%
431	252	33,94%	-2%
436	270	61,13%	-1%
440	266	87,92%	0%
444	85	96,48%	1%

Fuente: El investigador

Figura 3.3. Histograma de la variación de voltaje Urms L2 del transformador de 400KVA.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

En la figura 3.3. Se representa la variación del voltaje Urms de la línea L2 en porcentaje a la salida del transformador de 400KVA de la planta procesadora de productos lácteos Alpina s.a. Se observa que varía en + 5% a -3%, por lo tanto las

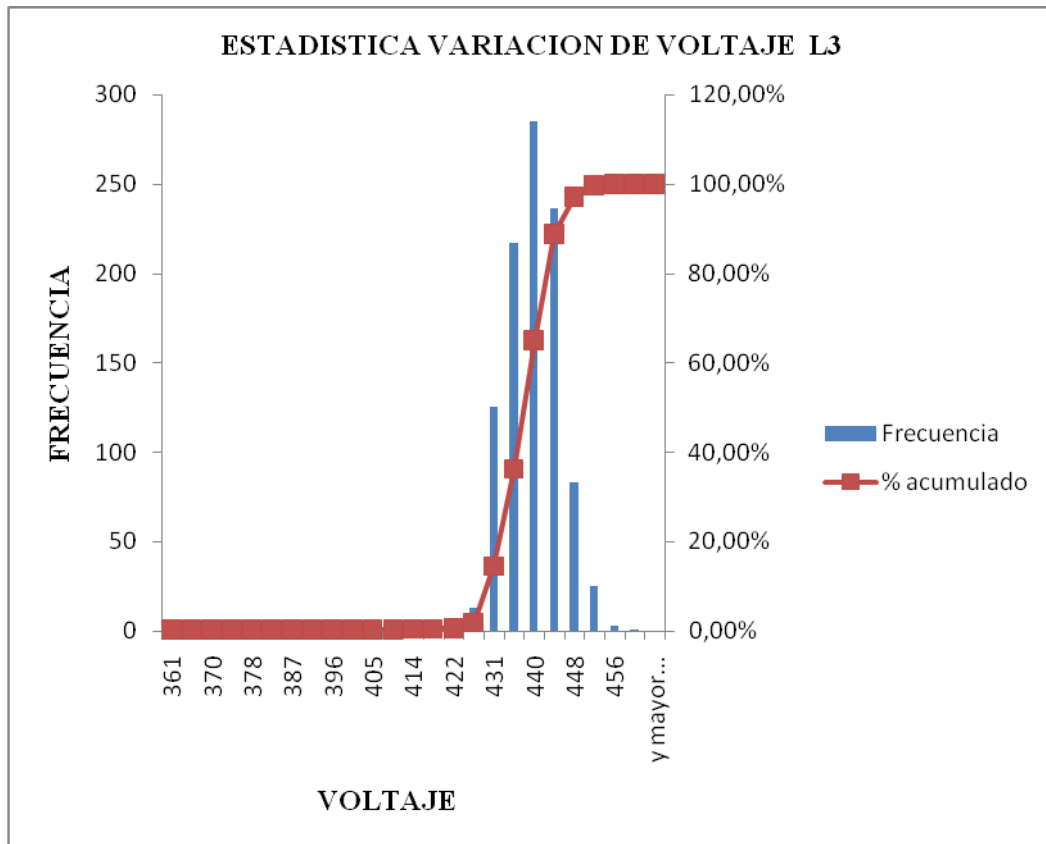
mediciones se encuentra dentro de los límites establecidos por la Regulación CONELEC 004/01 vigente, que establece los límites en $\pm 8,0 \%$.

Tabla:3.6. Datos del histograma de la variación de voltaje Urms de la línea L2, a la salida del transformador de 400KVA.

Voltaje (V)	Frecuencia	% acumulado	Porcentaje
431	56	6,24%	-2%
436	194	25,78%	-1%
440	281	54,08%	0%
444	261	80,36%	1%
448	136	94,06%	2%
452	47	98,79%	3%

Fuente: El investigador

Figura 3.4. Histograma de la variación de voltaje Urms L3 del transformador de 400KVA.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

En la figura 3.4. Se representa la variación de voltaje Urms de la línea L3 en porcentaje a la salida del transformador de 400KVA de la planta procesadora de productos lácteos Alpina s.a. Se observa que varía +5% a -4% por lo tanto las mediciones se encuentran dentro de los límites establecidos por la Regulación CONELEC 004/01 vigente, que establece los límites en $\pm 8,0 \%$.

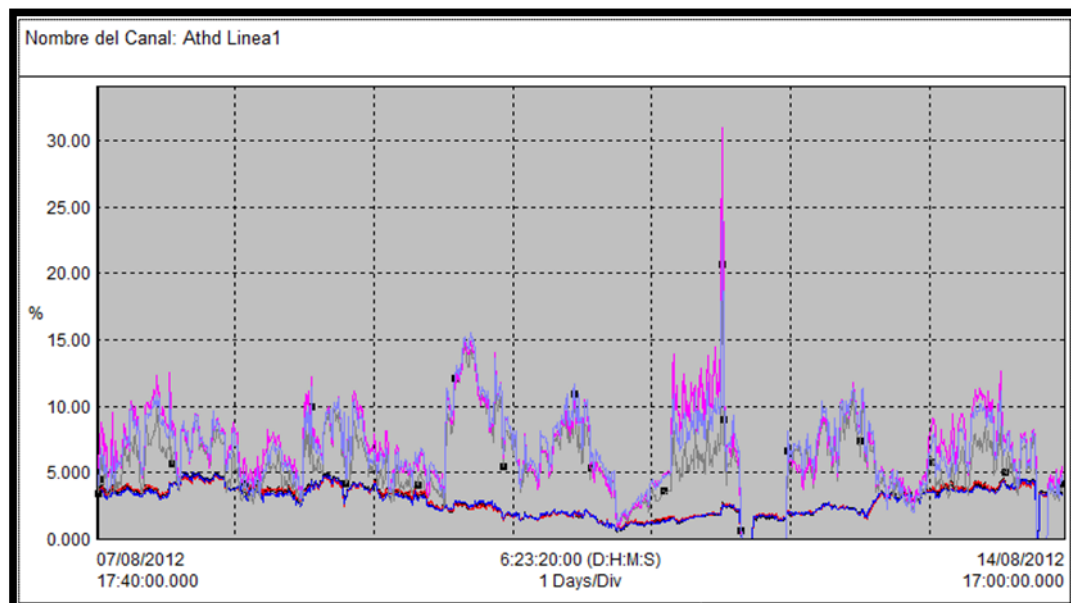
Tabla 3.7. Datos del histograma de la variación de voltaje Urms de la línea L3, a la salida del transformador de 400KVA.

Voltaje (V)	Frecuencia	% acumulado	Porcentaje
427	13	1,81%	-3%
431	125	14,40%	-2%
436	217	36,25%	-1%
440	285	64,95%	0%
444	236	88,72%	1%
448	83	97,08%	2%
452	25	99,60%	3%

Fuente: El investigador

3.9.2.2 MEDICIÓN DE ARMÓNICOS (THD) DE VOLTAJE URMS

Figura: 3.5. Tendencia de armónicos Thd de Arms, Urms, Vrms, a la salida del transformador de 400Kva.



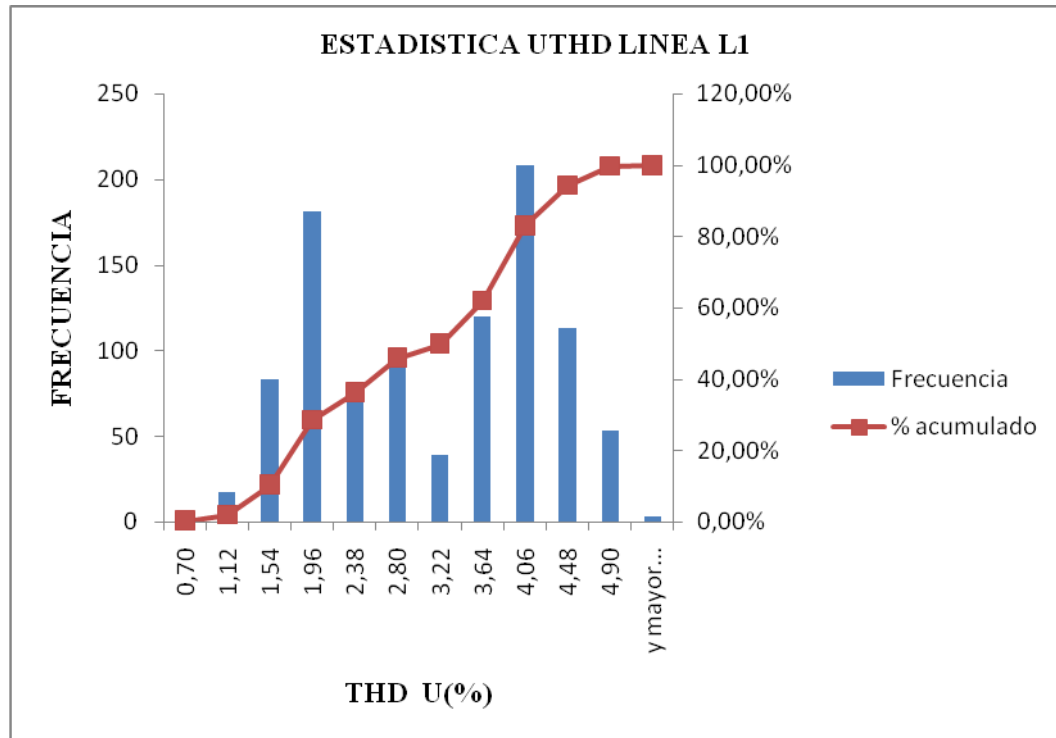
Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

Tabla: 3.8. Resumen de la tendencia de armónicos.

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Athd Linea1	07/08/2012	17:40:00.000	5.5489	0.0000	20.700	%
Athd Linea2	07/08/2012	17:40:00.000	6.8144	0.0000	31.000	%
Athd Linea3	07/08/2012	17:40:00.000	6.5769	0.0000	24.000	%
Uthd Linea1	07/08/2012	17:40:00.000	2.9113	0.0000	4.9000	%
Uthd Linea2	07/08/2012	17:40:00.000	2.8497	0.0000	4.8000	%
Uthd Linea3	07/08/2012	17:40:00.000	2.8307	0.0000	5.0000	%
Vthd Linea1	07/08/2012	17:40:00.000	2.8738	0.0000	5.0000	%
Vthd Linea2	07/08/2012	17:40:00.000	2.8804	0.0000	4.8000	%
Vthd Linea3	07/08/2012	17:40:00.000	2.7959	0.0000	4.9000	%

Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

Figura 3.6. Tendencia de armónicos Thd de Urms de la línea L1, a la salida del transformador de 400Kva.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

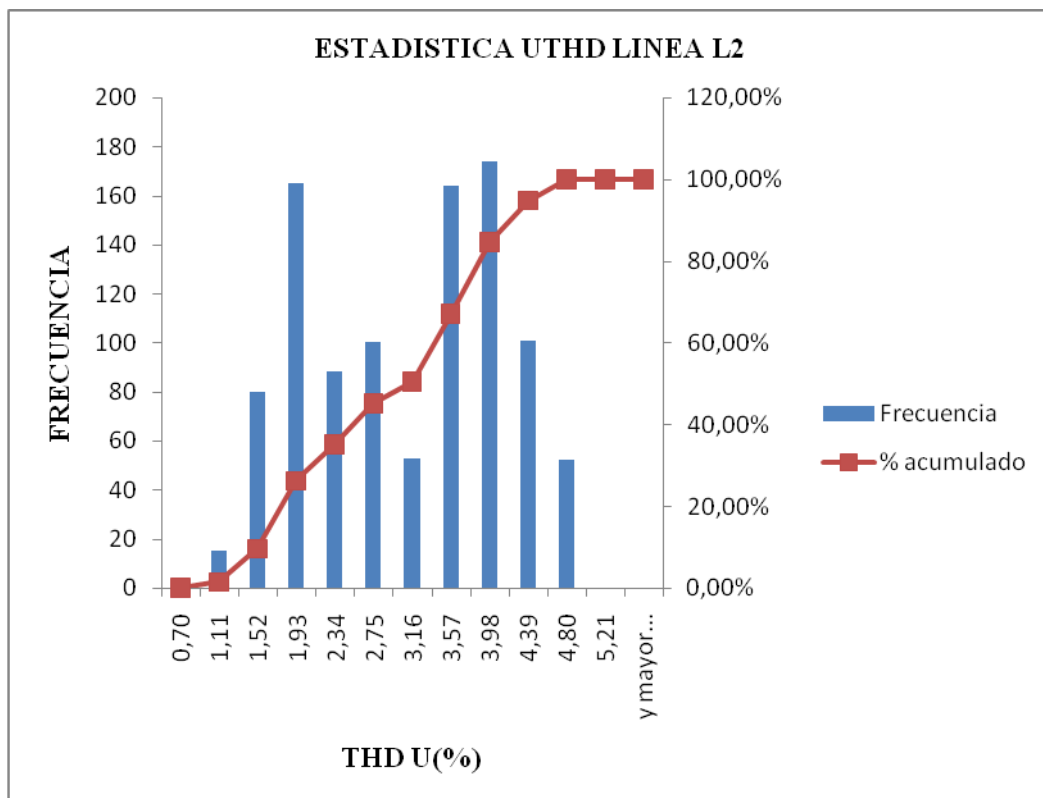
En la figura 3.6. Se representa distorsión armónica de voltaje de la línea L1 en porcentaje (%) del transformador de 400KVA de la planta procesadora de productos Alpina s.a. Se observa que la máxima es de 5,60 %, la misma que se encuentra dentro del margen permitido por la regulación vigente CONELEC 004/01 que admite un máximo de 8% para $V \leq 40 \text{ KV}$; por lo tanto el 100% de valores medidos cumplen con la norma vigente.

Tabla3.9. Resultados de armónicos Thd de URMS línea L1, a la salida del transformador de 400Kva.

ThdU	Frecuencia	% acumulado
0,70	3	0,30%
1,12	17	2,01%
1,54	83	10,37%
1,96	181	28,60%
2,38	76	36,25%
2,80	97	46,02%
3,22	39	49,95%
3,64	120	62,03%
4,06	208	82,98%
4,48	113	94,36%
4,90	53	99,70%
5,60	3	100,00%
Y mayor...	0	100,00%

Fuente: El investigador

Figura 3.7. Tendencia de armónicos Thd de Urms de la línea L2, a la salida del transformador de 400Kva.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

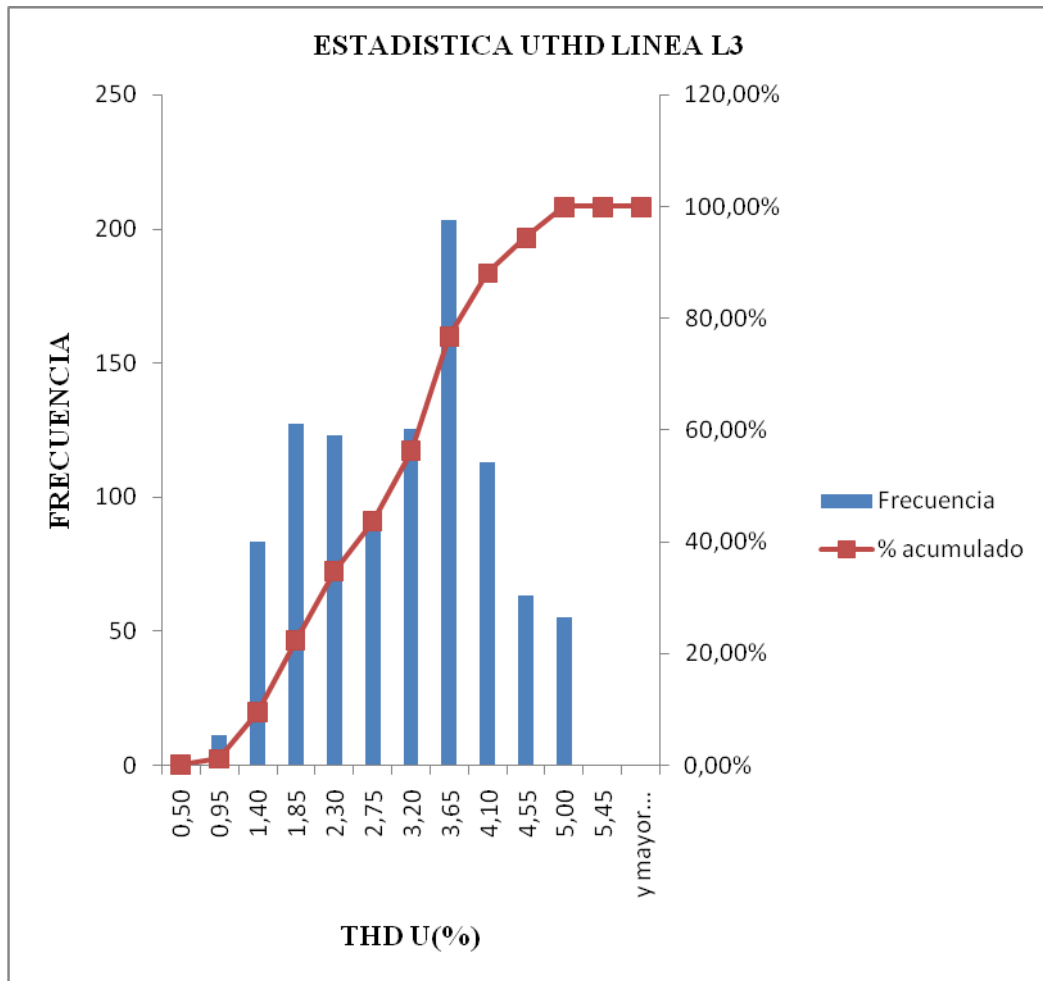
En la figura 3.7. Se representa la distorsión armónica de voltaje de la línea L2 en porcentaje del transformador de 400KVA. Se observa que la máxima es de 4,8 %, la misma que se encuentra dentro del margen permitido por la regulación vigente CONELEC 004/01 que admite un máximo de 8% para $V \leq 40 \text{ KV}$; por lo tanto el 100% de valores medidos cumplen con la norma vigente.

Tabla3.10. Resultados de armónicos Thd de Urms línea L2, a la salida del transformador de 400Kva.

Thd U	Frecuencia	% acumulado
0,70	1	0,10%
1,11	15	1,61%
1,52	80	9,67%
1,93	165	26,28%
2,34	88	35,15%
2,75	100	45,22%
3,16	53	50,55%
3,57	164	67,07%
3,98	174	84,59%
4,39	101	94,76%
4,80	52	100,00%
5,21	0	100,00%
Y mayor...	0	100,00%

Fuente: El investigador

Figura 3.8. Tendencia de armónicos Thd de Urms de la línea L3, a la salida del transformador de 400Kva.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

En la figura 3.8. Se representa la distorsión armónica de voltaje de la línea L3 en porcentaje del transformador de 400KVA. Se observa que la máxima es de 5,0%, la misma que se encuentra dentro del margen permitido por la regulación vigente CONELEC 004/01 que admite un máximo de 8% para $V \leq 40 \text{ KV}$; por lo tanto el 100% de valores medidos cumplen con la norma vigente.

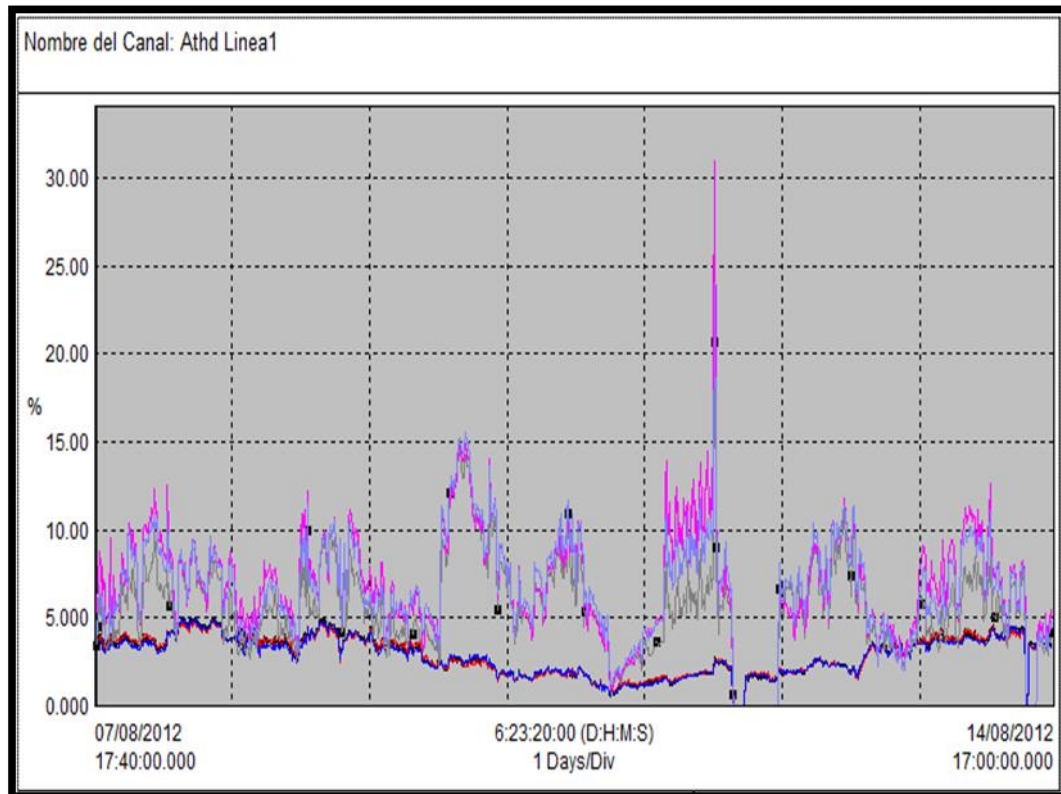
Tabla3.11. Resultados de armónicos Thd de Urms línea L3, a la salida del transformador de 400Kva.

Thd U	Frecuencia	% acumulado
0,50	1	0,10%
0,95	11	1,21%
1,40	83	9,57%
1,85	127	22,36%
2,30	123	34,74%
2,75	89	43,71%
3,20	125	56,29%
3,65	203	76,74%
4,10	113	88,12%
4,55	63	94,46%
5,00	55	100,00%
5,45	0	100,00%
Y mayor...	0	100,00%

Fuente: El investigador

3.9.2.3 MEDICIÓN DE ARMÓNICOS (THD) DE CORRIENTE

Figura 3.9. Tendencia de Thd de Arms de la línea L1, en el transf. de 400Kva.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

Tabla: 3.12. Resumen de tendencia de armónicos de corriente

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Athd Linea1	07/08/2012	17:40:00.000	5.5489	0.0000	20.700	%
Athd Linea2	07/08/2012	17:40:00.000	6.8144	0.0000	31.000	%
Athd Linea3	07/08/2012	17:40:00.000	6.5769	0.0000	24.000	%

Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

Para obtener la distorsión armónica en corriente es necesario realizar cálculos, para verificar los límites permitidos por la IEEE 519.

Se calcula la I_{cc} , para esto se necesita la impedancia del transformador en estudio que se puede obtener del mismo transformador o también de tablas, el caso para este transformador de 400Kva, la impedancia tiene un valor de 4,5% o 0,045p.u., la potencia que se considera es del transformador, el voltaje secundario corresponde al secundario del transformador (460V).

$$I_{cc} = \frac{1}{X_{pu}} = \frac{1}{0,03} = 33,33A$$

$$S = V \cdot IL \cdot \sqrt{3}$$

$$IL = \frac{S}{V \cdot \sqrt{3}} = \frac{400.000}{460 \cdot \sqrt{3}} = 502,043A$$

$$IL_{pu} = \frac{I_{fase}}{IL} = \frac{504}{502,743} = 1,002$$

$$\alpha = \frac{I_{cc}}{IL_{pu}} = \frac{33,33}{1,002} = 33,26$$

Tabla 3.13. Corrientes de carga por fase del transformador de 400Kva

I1 máx. (A)	I2 máx. (A)	I3 máx. (A)
504	517	533,7

Fuente: El investigador

Luego de realizados los cálculos pertinentes para cada una de las fases del transformador de 400Kva, se obtiene la siguiente tabla.

Tabla 3.14. Cálculo de α para armónicos en corriente del transformador de 400Kva.

Fases	X _{pu}	I _{cc} (A)	I _{Lpu}	A
I1	0,03	1,002	1,002	33,26
I2	0,03	1,029	1,028	32,42
I3	0,03	1,063	1,061	31,41

Fuente: El investigador

Finalmente se realiza la comparación el valor de α con los valores dados en la tabla 3.3 que la que nos indica el nivel máximo de THD en corriente.

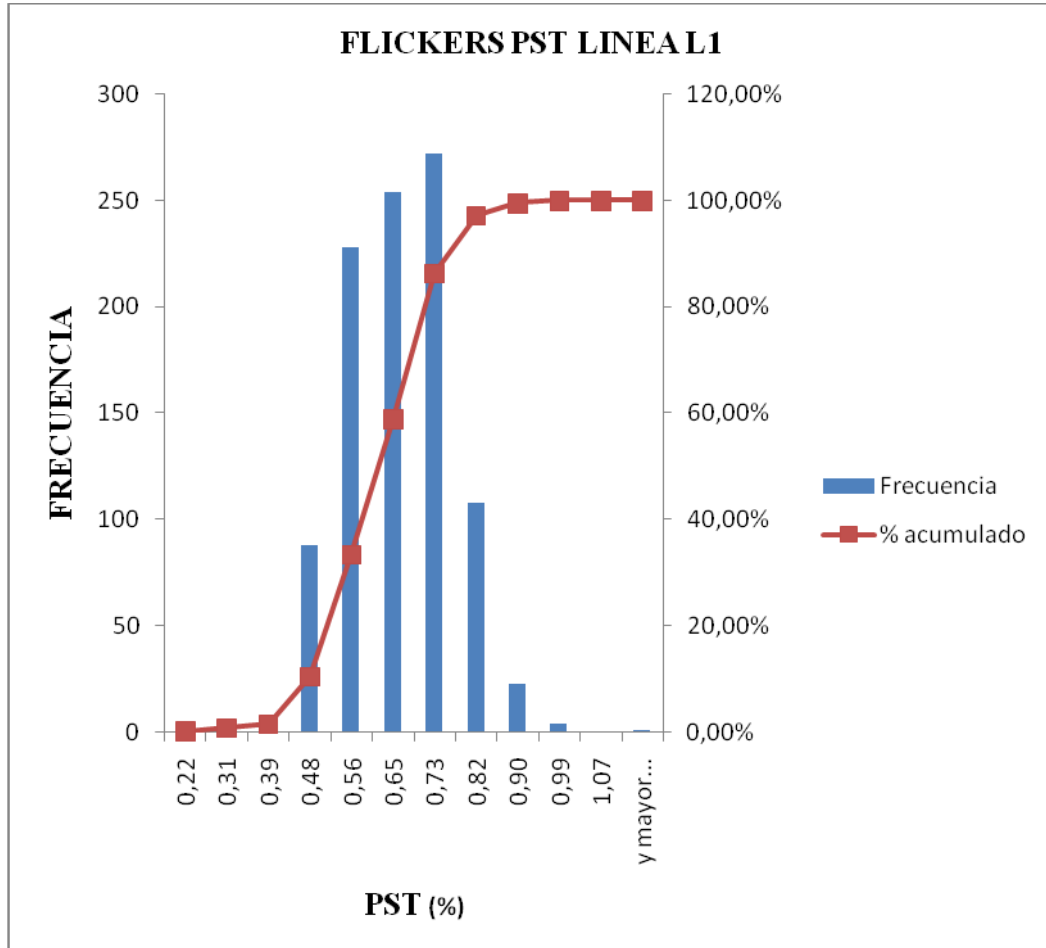
Para los armónicos totales de corriente no existe ningún límite en la REGULACION No. CONELEC – 004/01, por eso realizaremos la comparación de las mediciones realizadas con la norma IEEE-519 y los límites están expuestos en la tabla 3.3. De acuerdo a esta norma el límite de distorsión en corriente (THDA) no debe ser superior al 20%. Según la norma IEEE-519 estos valores deben cumplirse en el 95% de las mediciones tomadas por el analizador de redes.

De acuerdo con las medidas tomadas se concluye que estamos dentro de los estándares de la norma IEEE-519 (1992). Esto quiere decir 21,85 en un porcentaje del 99,90%.

Se realiza comparación de valores con la tabla 2.2 se verifica el valor de α y se comprueba que se está cumpliendo con la norma de a IEEE 519.

3.9.2.4 MEDICIÓN DE FLICKERS (PST)

Figura 3.10. Tendencia de flicker Pst de la línea L1, a la salida del transformador de 400Kva.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

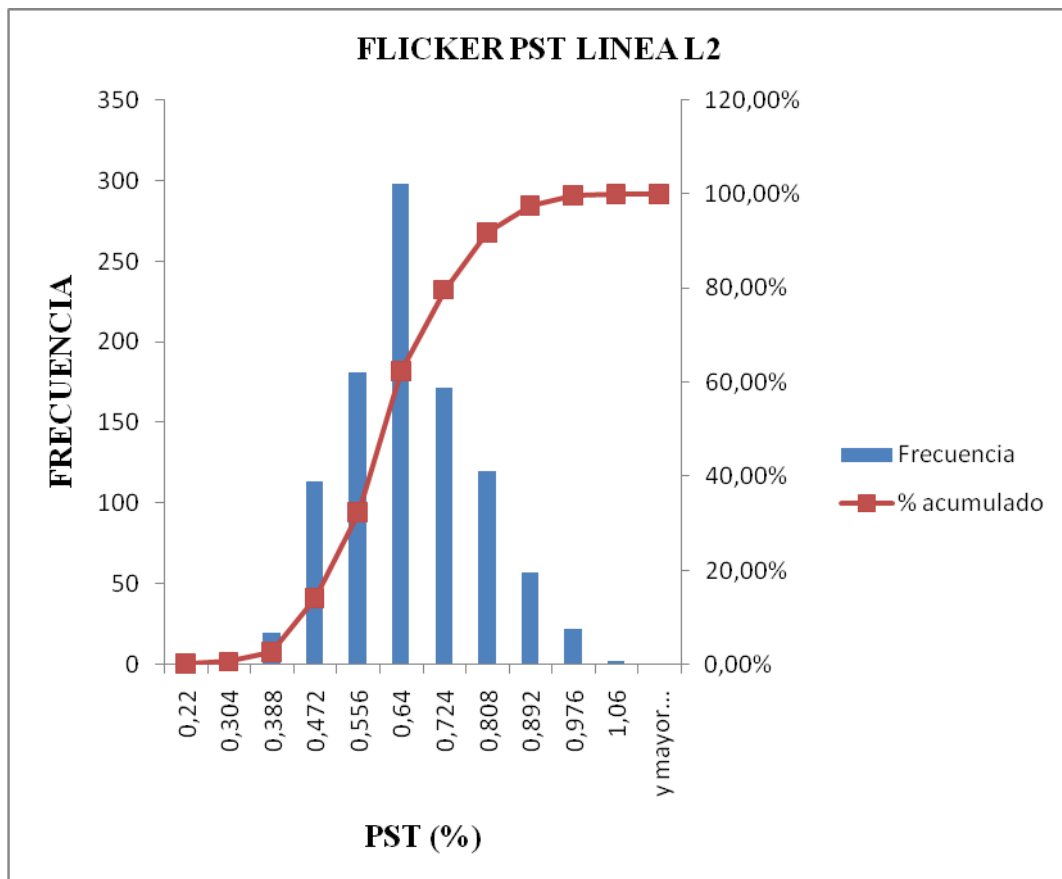
En la figura 3.10. Se representa el flicker de corta duración en la línea L1 de la planta procesadora de productos lácteos Alpina s.a. expresado en unidades. Se observa que el flicker máximo tiene un valor de 1,00 y representa el 0,10%. Tomando en cuenta la regulación vigente CONELEC 004/01 la misma que considera cumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje del 5% de mediciones en el periodo de 7 días continuos cada 10 minutos.

Tabla 3.15. Resultados de flickers Pst de la línea L1, a la salida del transformador de 400Kva.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,48	88	10,37%
0,56	228	33,33%
0,65	254	58,91%
0,73	272	86,30%
0,82	108	97,18%
0,90	23	99,50%

Fuente: El investigador

Figura 3.11. Tendencia de flicker Pst de la línea L2, a la salida del transformador de 400Kva.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

En la figura 3.11. Se representa el flicker de corta duración en la línea expresado en unidades. Se observa que el flicker máximo tiene un valor de 1,01 y representa

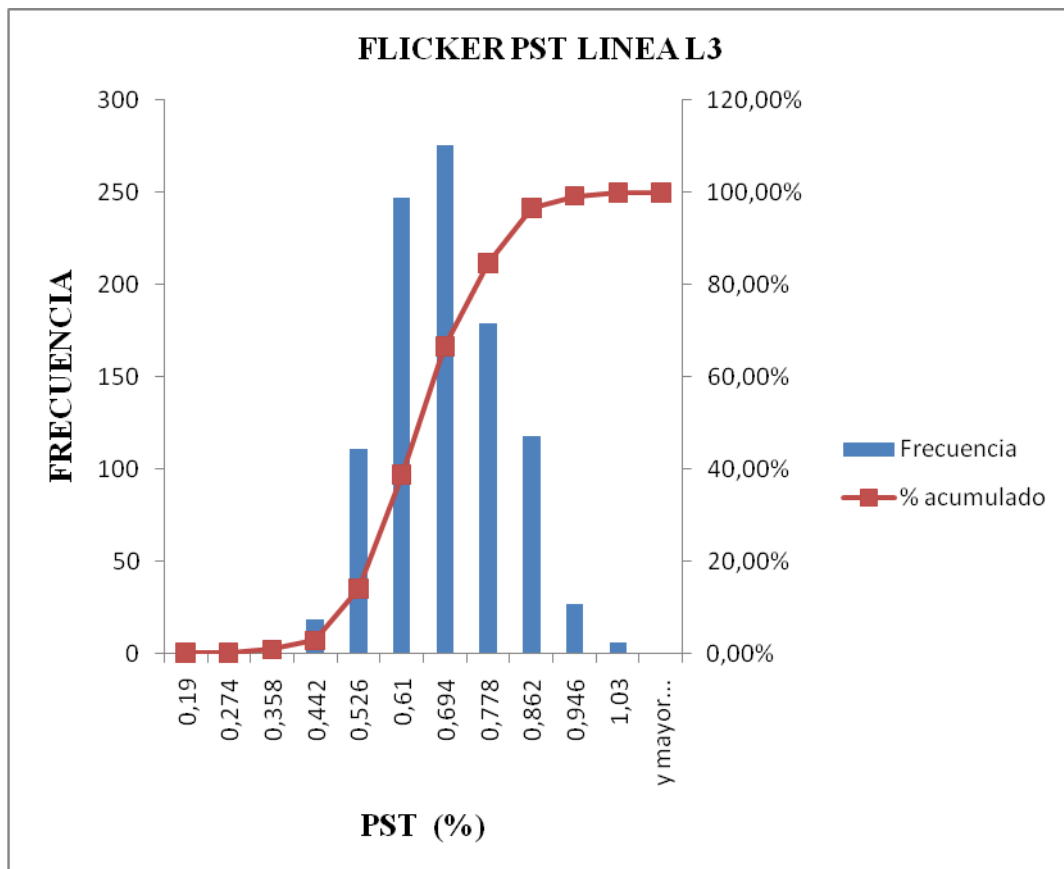
el 0,10%. Tomando en cuenta la regulación vigente CONELEC 004/01 la misma que considera cumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje del 5% de mediciones en el periodo de 7 días continuos cada 10 minutos.

Tabla 3.16. Resultados de flickers Pst de la línea L2, a la salida del transformador de 400Kva.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,472	114	14,10%
0,556	181	32,33%
0,64	298	62,34%
0,724	172	79,66%
0,808	120	91,74%
0,892	57	97,48%
0,976	22	99,70%

Fuente: El investigador

Figura 3.12. Tendencia de flicker Pst de la línea L3, a la salida del transformador de 400Kva.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

En la figura 3.12. Se representa el flicker de corta duración en la línea L3. Se observa que el flicker máximo tiene un valor de 1,001 y representa el 0,10%. Tomando en cuenta la regulación vigente CONELEC 004/01 la misma que considera cumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje del 5% de mediciones en el periodo de 7 días continuos cada 10 minutos.

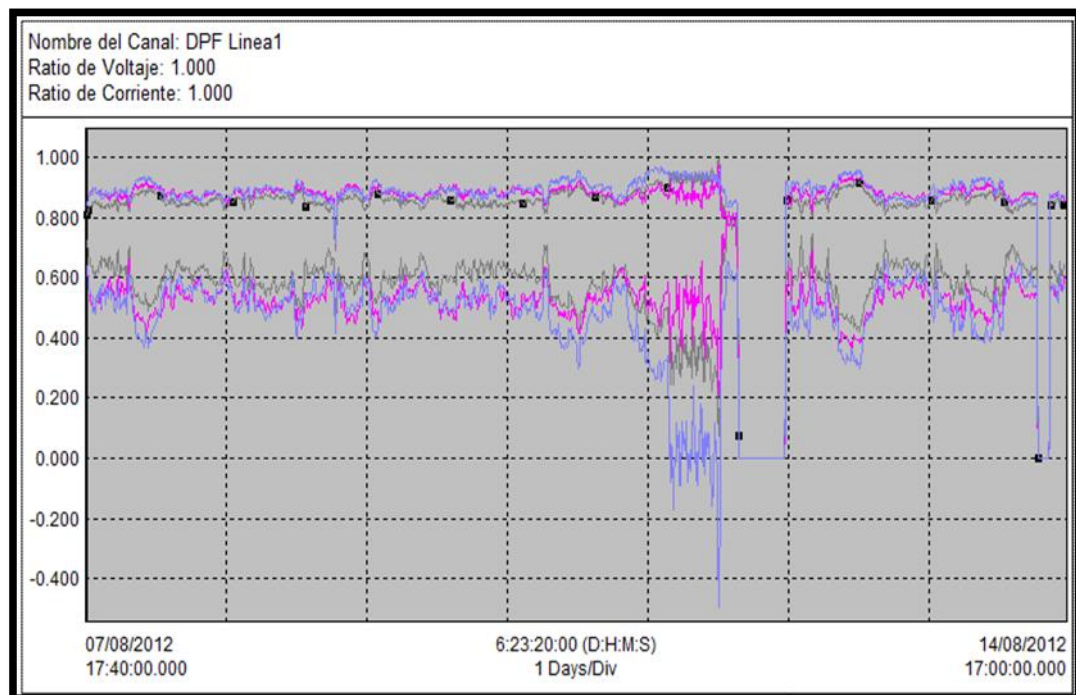
Tabla 3.17. Resultados de flickers Pst de la línea L3, a la salida del transformador de 400Kva.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,526	111	14,00%
0,61	247	38,87%
0,694	276	66,67%
0,778	179	84,69%
0,862	118	96,58%
0,946	27	99,30%

Fuente: El investigador

3.9.2.5 MEDICIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA (FP)

Figura: 3.13. Tendencia del factor de potencia Fp en el transformador de 400Kva.



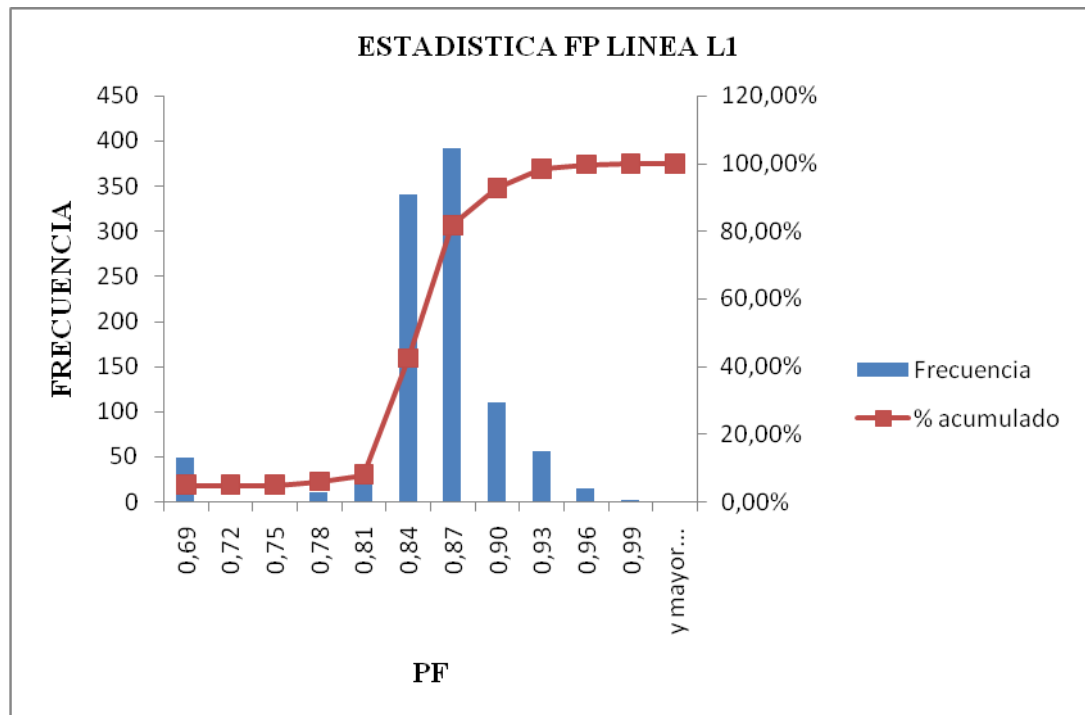
Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

Tabla: 3.18. Resumen de la tendencia del factor de potencia Fp.

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
DPF Linea1	07/08/2012	17:40:00.000	0.809	0.0000	0.996	
DPF Linea2	07/08/2012	17:40:00.000	0.828	0.0000	0.974	
DPF Linea3	07/08/2012	17:40:00.000	0.838	0.0000	0.967	
PF Linea1	07/08/2012	17:40:00.000	0.808	0.0000	0.991	
PF Linea2	07/08/2012	17:40:00.000	0.826	0.0000	0.954	
PF Linea3	07/08/2012	17:40:00.000	0.835	0.0000	0.964	
Tan Linea1	07/08/2012	17:40:00.000	0.545	0.0000	0.820	
Tan Linea2	07/08/2012	17:40:00.000	0.497	0.0000	0.817	
Tan Linea3	07/08/2012	17:40:00.000	0.448	-0.493	0.661	

Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

Figura 3.14. Histograma de tendencia del Fp en la línea L1, a la salida del transformador de 400KVA.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

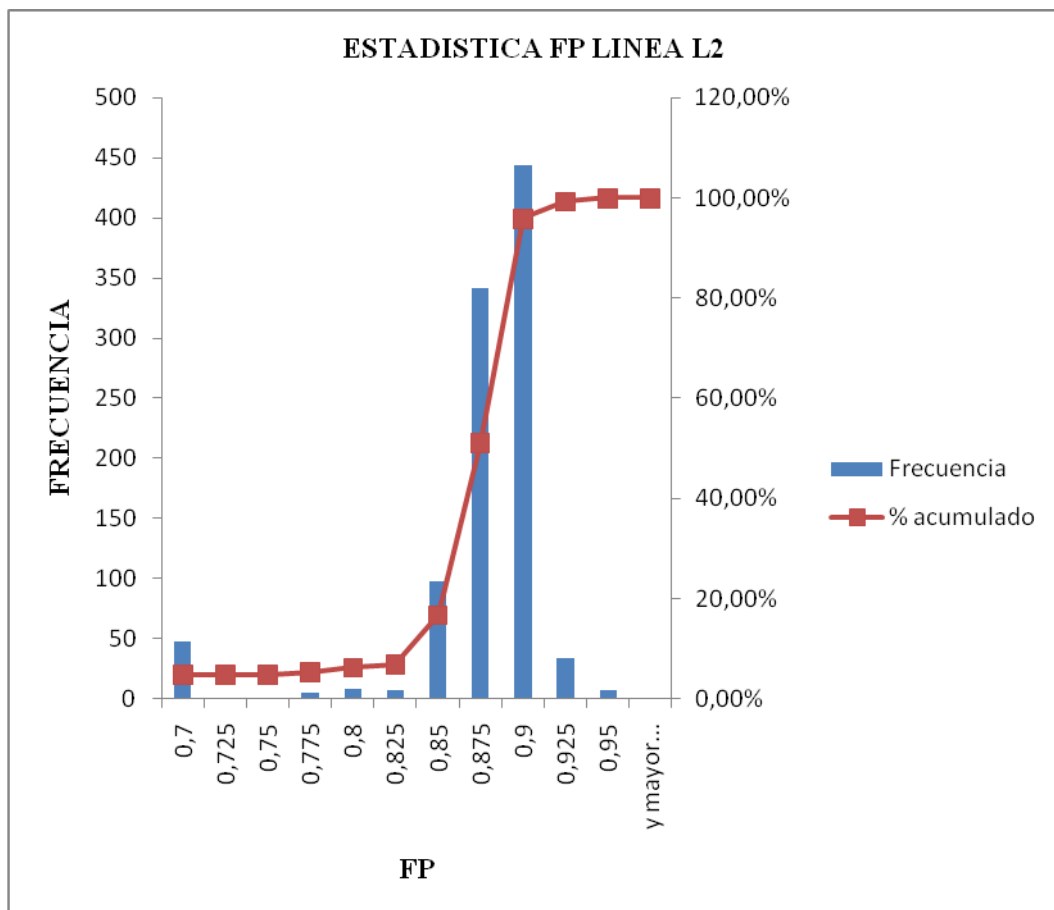
Tomando en cuenta la regulación vigente CONELEC 004/01; referente al F.P. manifiesta. Si en el 5% más del período evaluado el valor del factor de potencia es inferior a 0,92, el consumidor está incumpliendo con el índice de calidad. En este caso existen el 92,75% de las medidas esta fuera del límite permitido por la norma, con un factor de potencia promedio (Fp = 0,80); no cumple con la regulación.

Tabla 3.19.Datos del histograma y distribución acumulada del Fp de la línea L1 en el transformador de 400KVA.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,81	21	7,96%
0,84	341	42,30%
0,87	392	81,77%
0,90	109	92,75%
0,93	56	98,39%
0,96	14	99,80%

Fuente: El investigador

Figura 3.15. Histograma de tendencia del Fp en la línea L2, a la salida del transformador de 400KVA.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

Tomando en cuenta la regulación vigente CONELEC 004/01; referente al F.P. manifiesta. Si en el 5% más del período evaluado el valor del factor de potencia es inferior a 0,92, el consumidor está incumpliendo con el índice de calidad. En este

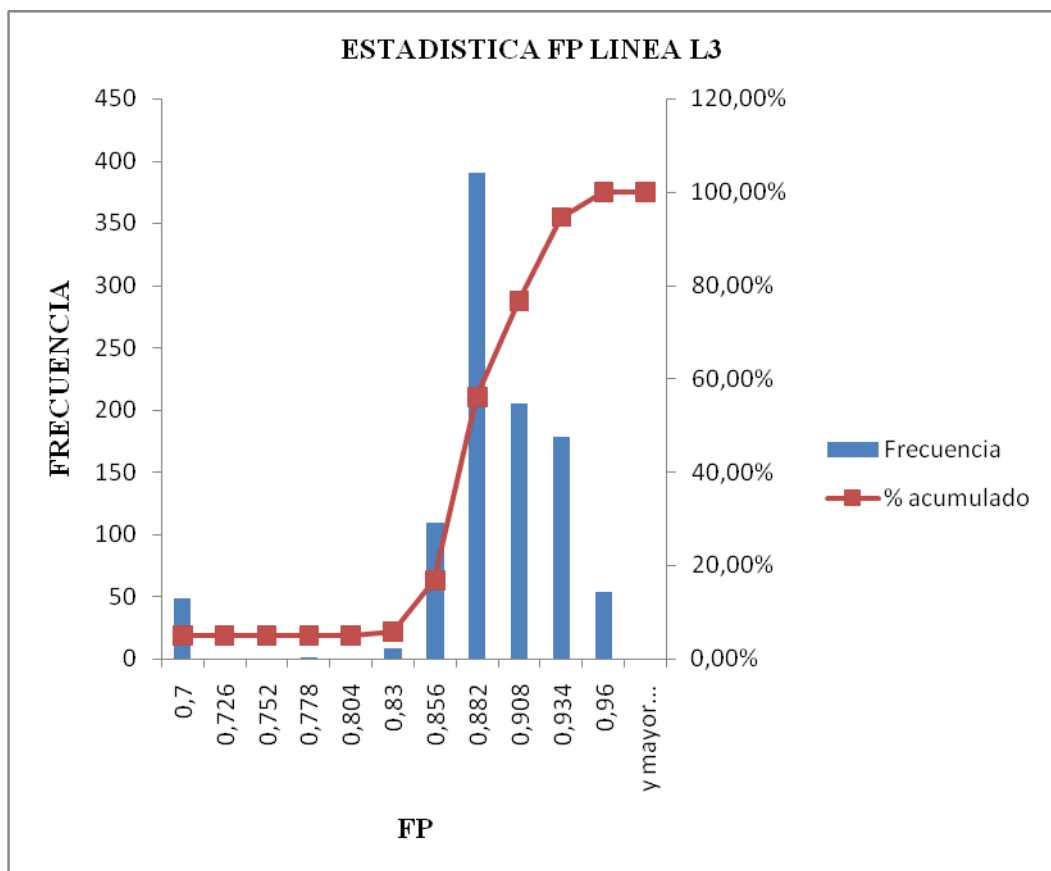
caso existen el 95,87% de las medidas esta fuera del límite permitido por la norma, con un factor de potencia promedio ($F_p = 0,82$); no cumple con la regulación.

Tabla 3.20. Datos del histograma y distribución acumulada del F_p de la línea L2 en el transformador de 400KVA.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,85	98	16,82%
0,875	341	51,16%
0,9	444	95,87%
0,925	34	99,30%

Fuente: El investigador

Figura 3.16. Histograma de tendencia del F_p en la línea L3, a la salida del transformador de 400KVA.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

Tomando en cuenta la regulación vigente CONELEC 004/01; referente al F.P. manifiesta. Si en el 5% más del período evaluado el valor del factor de potencia es inferior a 0,92, el consumidor está incumpliendo con el índice de calidad. En este caso existen el 95,87% de las medidas esta fuera del límite permitido por la norma, con un factor de potencia promedio ($F_p = 0,83$); no cumple con la regulación.

Tabla 3.21. Datos del histograma y distribución acumulada del Fp de la línea L3 en el transformador de 400KVA.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,825	7	6,95%
0,85	98	16,82%
0,875	341	51,16%
0,9	444	95,87%
0,925	34	99,30%
0,825	7	6,95%

Fuente: El investigador

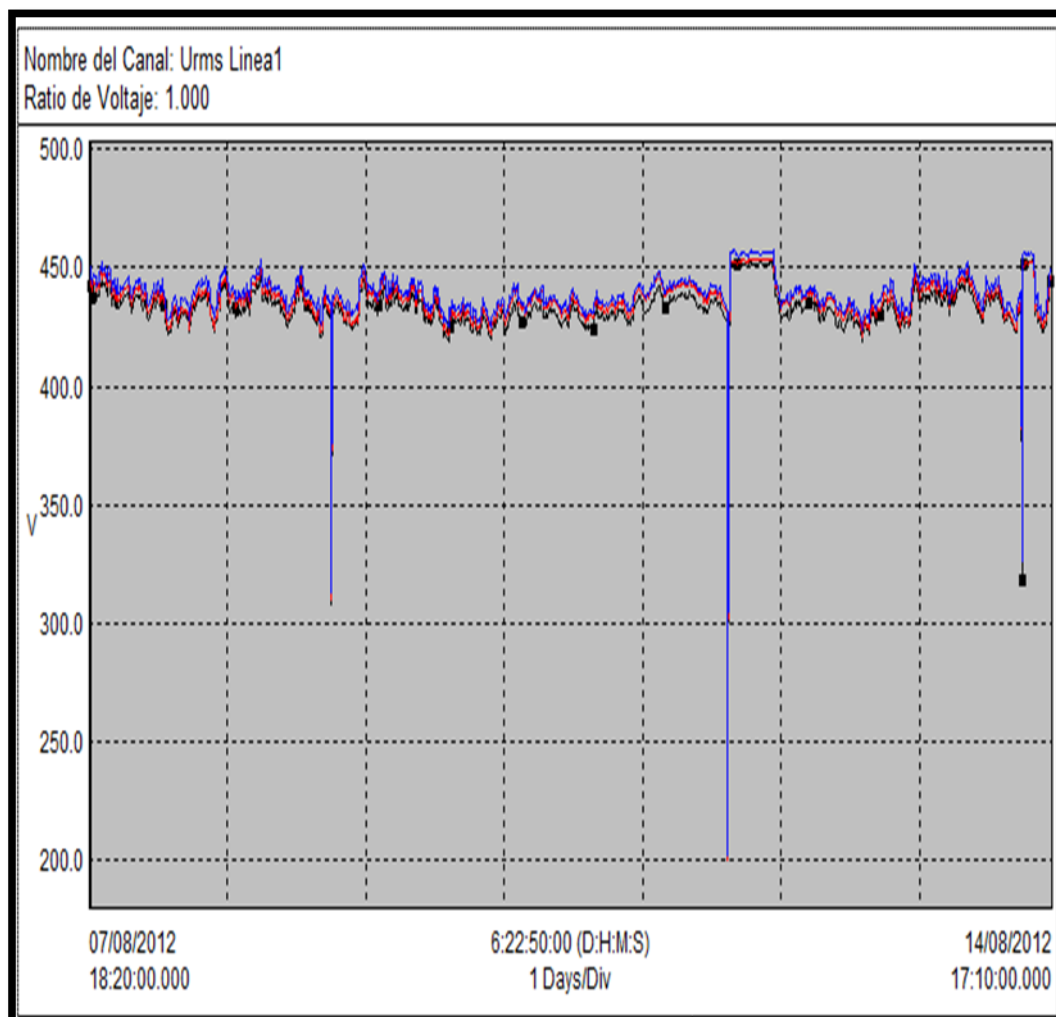
3.9.3 RESULTADOS DEL ANÁLISIS A LA SALIDA DEL VARIADOR DE 100HP QUE CONTROLA EL STORK.

El Stork está controlado por un variador de frecuencia de 100HP, que está ubicado en el área de fabricación de asépticos.

En este punto de medición la demanda no tiene un patrón de comportamiento continuo, ya que el equipo no está trabajando continuamente. Si analizamos los gráficos, el comportamiento de la carga observaremos de los días que se tomaron lecturas hemos encontrado magnitudes máximas, mínimas, valores promedios y otros valores amase los parámetros eléctricos que hemos considerado como importantes y el resumen evaluativo se lo presenta a continuación.

3.9.3.1 MEDICIÓN DE VOLTAJES URMS

Figura: 3.17. Tendencia de voltajes Urms, de las L1, L2, L3, a la salida del variador de frecuencia de 100Hp que controla el Stork.



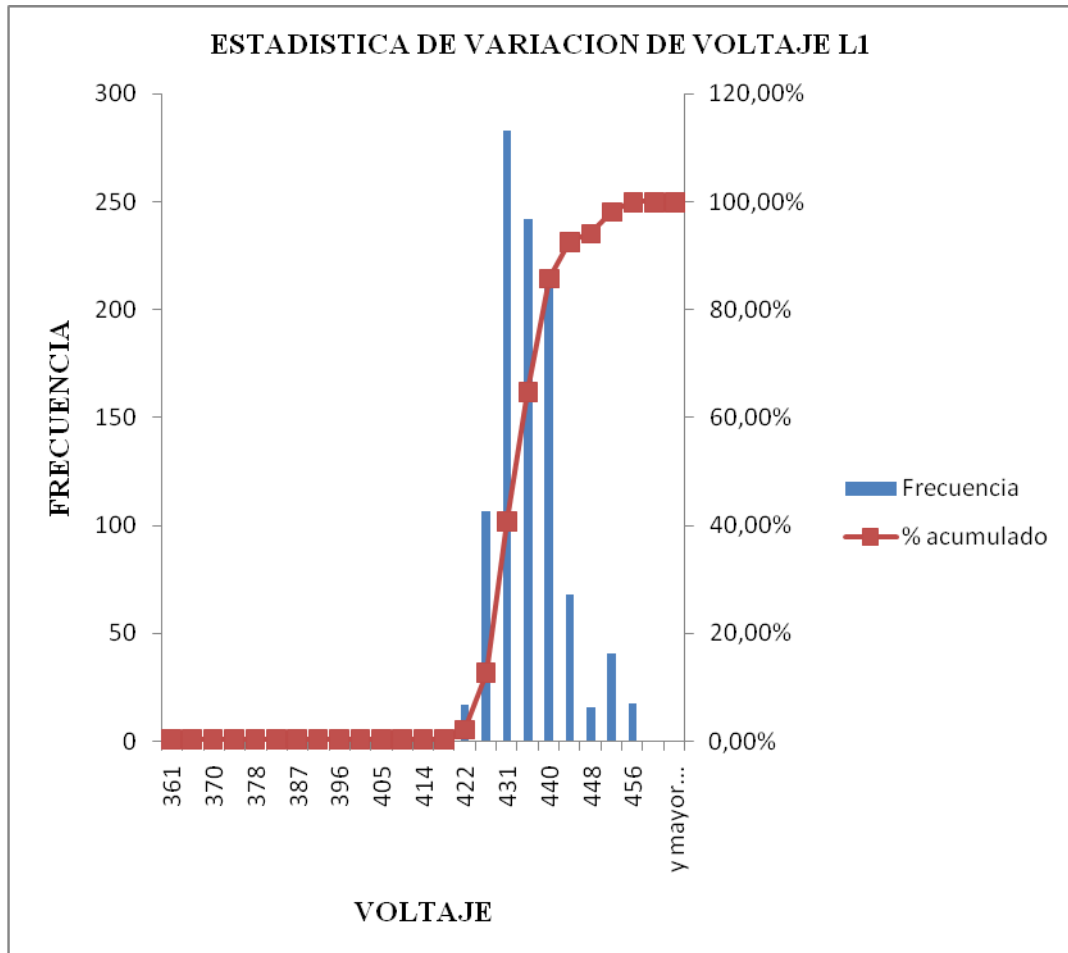
Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

Tabla: 3.22. Tendencia de variaciones de voltajes Urms.

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Urms Linea1	07/08/2012	18:20:00.000	433.25	199.70	453.10	V
Urms Linea2	07/08/2012	18:20:00.000	436.39	200.30	453.80	V
Urms Linea3	07/08/2012	18:20:00.000	439.18	202.50	457.60	V

Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

Figura 3.18. Histograma de la variación de voltaje Urms línea L1, a la salida del variador que controla el Stork.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

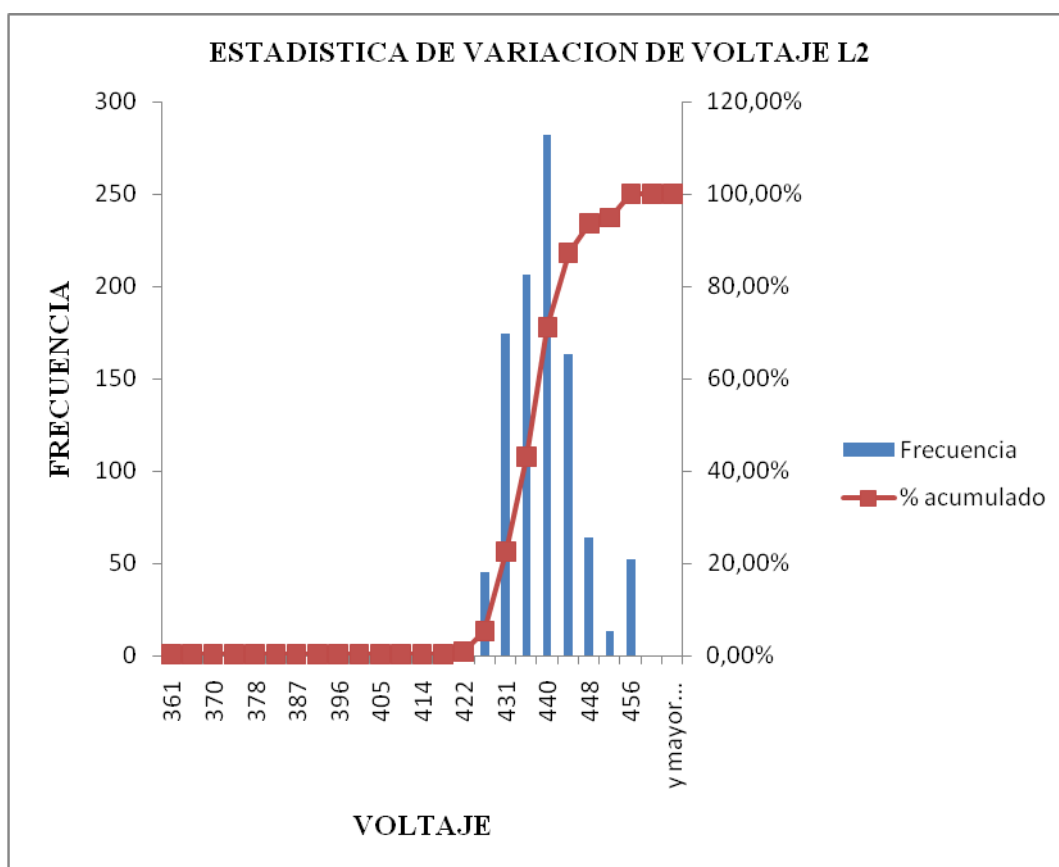
En la figura 3.18. Se representa la variación de voltaje Urms de la línea L1, a la salida del variador de 100HP que controla el Stork de la planta procesadora de productos lácteos Alpina s.a. Se observa que varía +4% a -4% por lo tanto las mediciones se encuentran dentro de los límites establecidos por la Regulación CONELEC 004/01 vigente, que establece los límites en $\pm 8,0 \%$.

Tabla 3.23. Datos del histograma de la variación de voltaje Urms línea L1, a la salida del variador que controla el Stork.

Clase	Frecuencia	% acumulado	Porcentaje
422	17	2,08%	-4%
427	107	12,70%	-3%
431	283	40,77%	-2%
436	242	64,78%	-1%
440	212	85,81%	0%
444	68	92,56%	1%

Fuente: El investigador

Figura 3.19. Histograma de la variación de voltaje Urms línea L2, a la salida del variador que controla el Stork.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

En la figura 3.19. Se representa la variación de voltaje Urms de la línea L2, a la salida del variador de 100HP que controla el Stork de la planta procesadora de

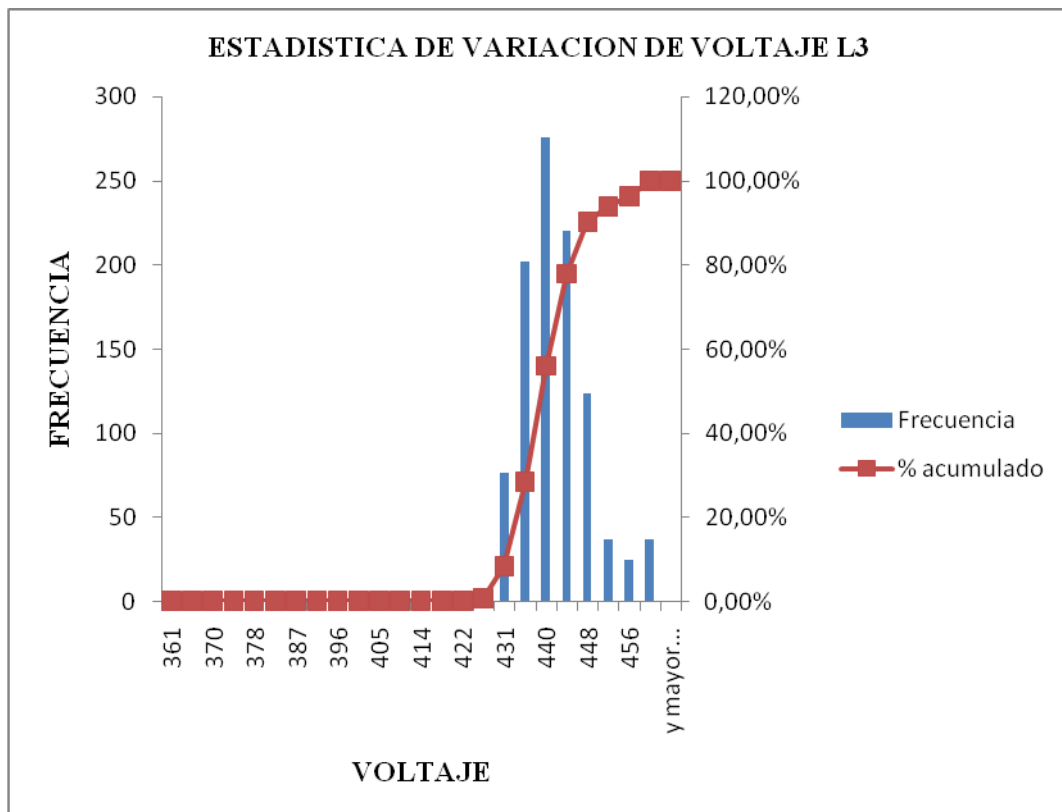
productos lácteos Alpina s.a. Se observa que varía +4% a -4% por lo tanto las mediciones se encuentran dentro de los límites establecidos por la Regulación CONELEC 004/01 vigente, que establece los límites en $\pm 8,0 \%$.

Tabla 3.24. Datos del histograma de la variación de voltaje Urms línea L2, a la salida del variador que controla el Stork.

Clase	Frecuencia	% acumulado	Porcentaje
427	45	5,36%	-3%
431	174	22,62%	-2%
436	206	43,06%	-1%
440	282	71,03%	0%
444	163	87,20%	1%
448	64	93,55%	2%
452	13	94,84%	3%

Fuente: El investigador

Figura 3.20. Histograma de la variación de voltaje Urms L3, a la salida del variador que controla el Stork.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

En la figura 3.20. Se representa la variación de voltaje Urms de la línea L3, a la salida del variador de 100HP que controla el Stork de la planta procesadora de productos lácteos Alpina s.a. Se observa que varía +5% a -3% por lo tanto las mediciones se encuentran dentro de los límites establecidos por la Regulación CONELEC 004/01 vigente, que establece los límites en $\pm 8,0 \%$.

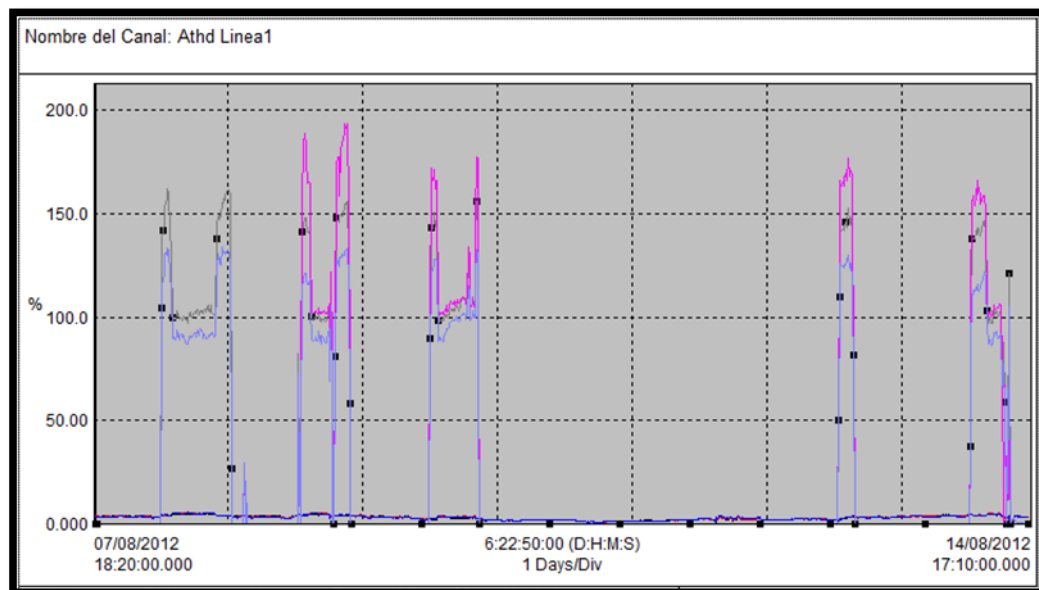
Tabla 3.25. Datos del histograma de la variación de voltaje Urms L3, a la salida del variador que controla el Stork.

Clase	Frecuencia	% acumulado	Porcentaje
431	77	8,63%	-2%
436	202	28,67%	-1%
440	276	56,05%	0%
444	220	77,88%	1%
448	124	90,18%	2%
452	37	93,85%	3%
456	25	96,33%	4%
460	37	100,00%	5%

Fuente: El investigador

3.9.3.2 MEDICIÓN DE ARMÓNICOS (THD) DE VOLTJE

Figura 3.21. Tendencia de armónicos Thd de Ams, Urms, Vrms, a la salida del variador de frecuencia de 100Hp, que controla el Stork.



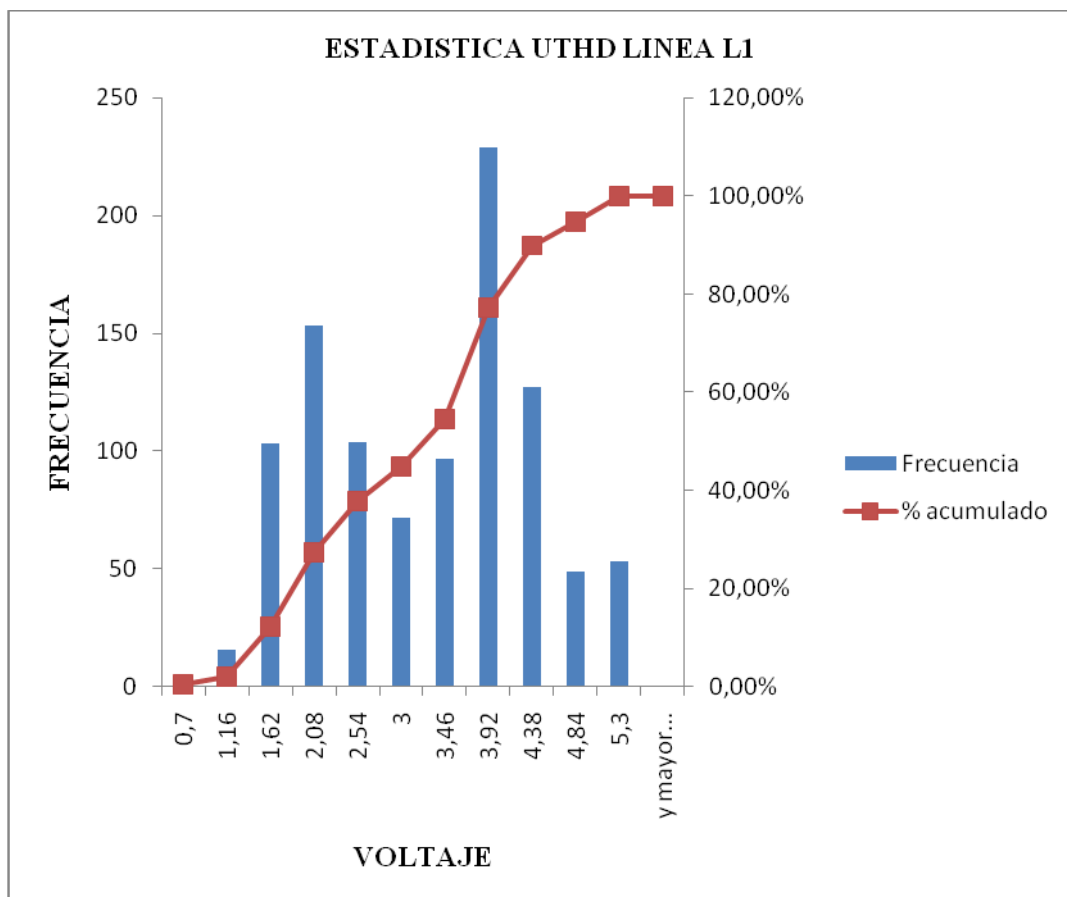
Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

Tabla: 3.26. Resumen de la tendencia de armónicos se corriente Arms,Urms, Vrms.

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Athd Linea1	07/08/2012	18:20:00.000	27.958	0.0000	161.70	%
Athd Linea2	07/08/2012	18:20:00.000	20.459	0.0000	193.50	%
Athd Linea3	07/08/2012	18:20:00.000	24.499	0.0000	133.80	%
Uthd Linea1	07/08/2012	18:20:00.000	3.0485	0.700	5.3000	%
Uthd Linea2	07/08/2012	18:20:00.000	3.0234	0.600	5.7000	%
Uthd Linea3	07/08/2012	18:20:00.000	3.0407	0.800	5.3000	%
Vthd Linea1	07/08/2012	18:20:00.000	3.0271	0.800	5.2000	%
Vthd Linea2	07/08/2012	18:20:00.000	3.0474	0.600	5.6000	%
Vthd Linea3	07/08/2012	18:20:00.000	2.9976	0.600	5.5000	%

Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

Figura 3.22. Tendencia de armónicos Thd de voltaje de la línea L1, a la salida del variador que controla el Stork.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

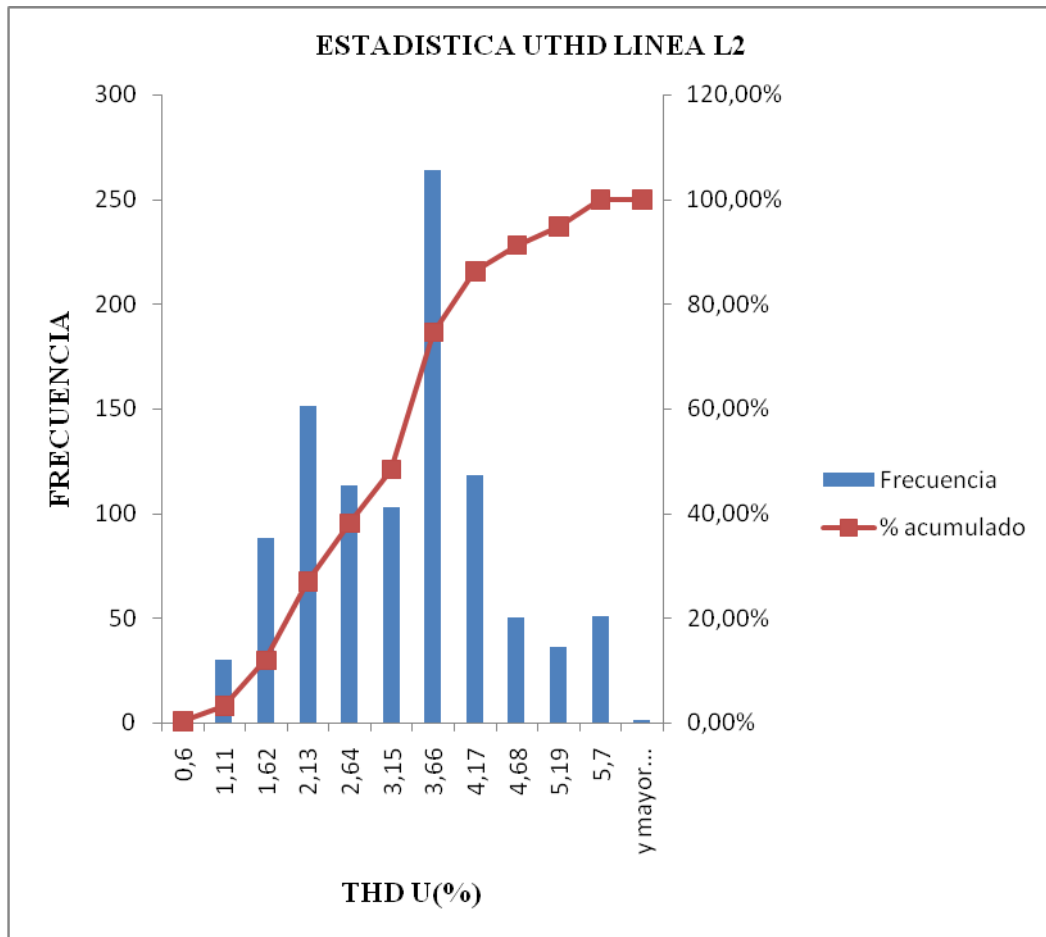
En la figura 3.22. Se representa distorsión armónica de voltaje de la línea L1 en porcentaje (%) a la salida del variador de 100HP que controla el Stork. Se observa que la máxima es de 5,3 %, la misma que se encuentra dentro del margen permitido por la regulación vigente CONELEC 004/01 que admite un máximo de 8% para $V \leq 40 \text{ KV}$; por lo tanto el 100% de valores medidos cumplen con la norma vigente.

Tabla3.27. Resultados de armónicos Thdde voltaje línea L1, a la salida del variador que controla el Stork.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,7	5	0,50%
1,16	16	2,08%
1,62	103	12,30%
2,08	153	27,48%
2,54	104	37,80%
3	72	44,94%
3,46	97	54,56%
3,92	229	77,28%
4,38	127	89,88%
4,84	49	94,74%
5,3	53	100,00%
Y mayor...	0	100,00%

Fuente: El investigador

Figura 3.23. Tendencia de armónicos Thd de Urms de la línea L2, a la salida del variador de frecuencia que controla el Stork.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

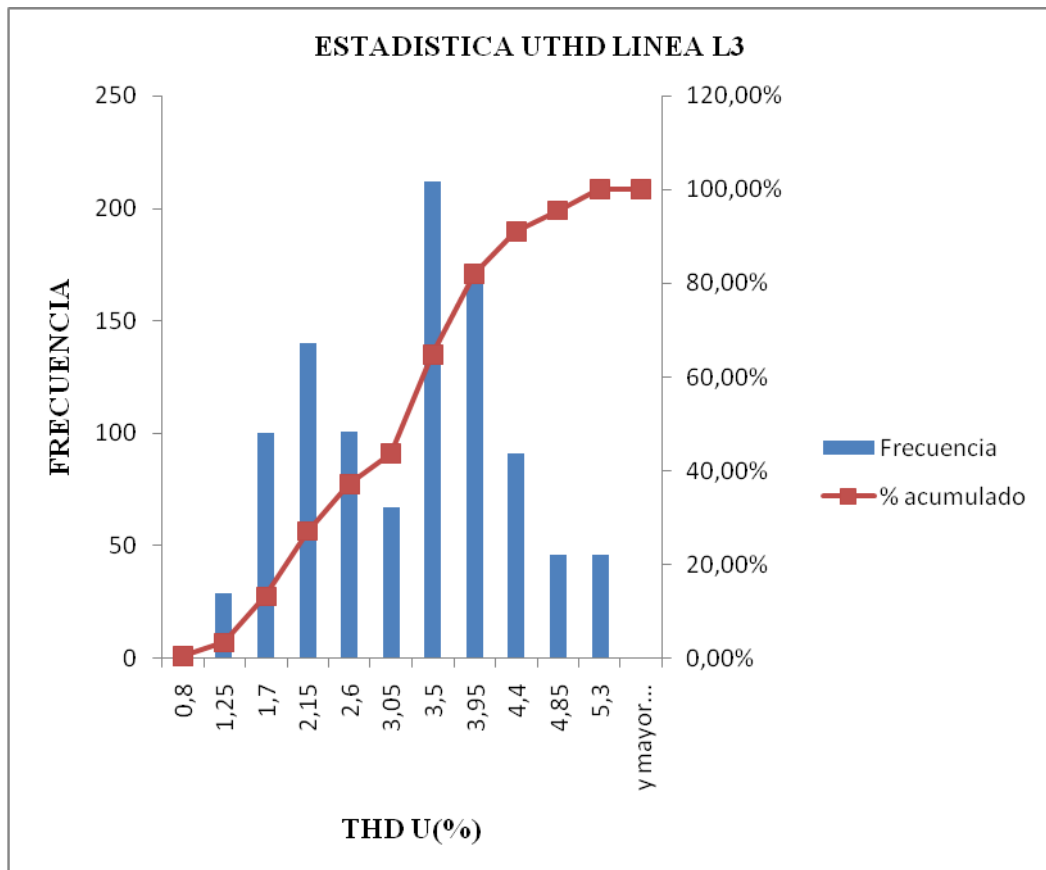
En la figura 3.23. Se representa distorsión armónica de voltaje de la línea L2 en porcentaje (%), a la salida del variador de 100HP que controla el Stork de la planta procesadora de productos lácteos Alpina s.a. Se observa que se encuentra fuera del margen permitido por la regulación vigente CONELEC 004/01 que admite un máximo de 8% para $V \leq 40 \text{ KV}$; por lo tanto el 100% de valores medidos no cumplen con la norma vigente.

Tabla 3.28. Resultados de armónicos THD de Urms línea L2, a la salida del variador de frecuencia que controla el Stork.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,6	3	0,30%
1,11	30	3,27%
1,62	88	12,00%
2,13	151	26,98%
2,64	113	38,19%
3,15	103	48,41%
3,66	264	74,60%
4,17	118	86,31%
4,68	50	91,27%
5,19	36	94,84%
5,7	51	99,90%
Y mayor...	1	100,00%

Fuente: Grupo investigador

Figura 3.24. Tendencia de armónicos Thd de Urms de la línea L3, a la salida del variador de frecuencia que controla el Stork.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

En la figura 3.24. Se representa distorsión armónica de voltaje de la línea L2 en porcentaje (%), a la salida del variador de 100HP. Se observa que la máxima es de 5,0%, la misma que se encuentra dentro del margen permitido por la regulación vigente CONELEC 004/01 que admite un máximo de 8% para $V \leq 40 \text{ KV}$; por lo tanto el 100% de valores medidos cumplen con la norma vigente.

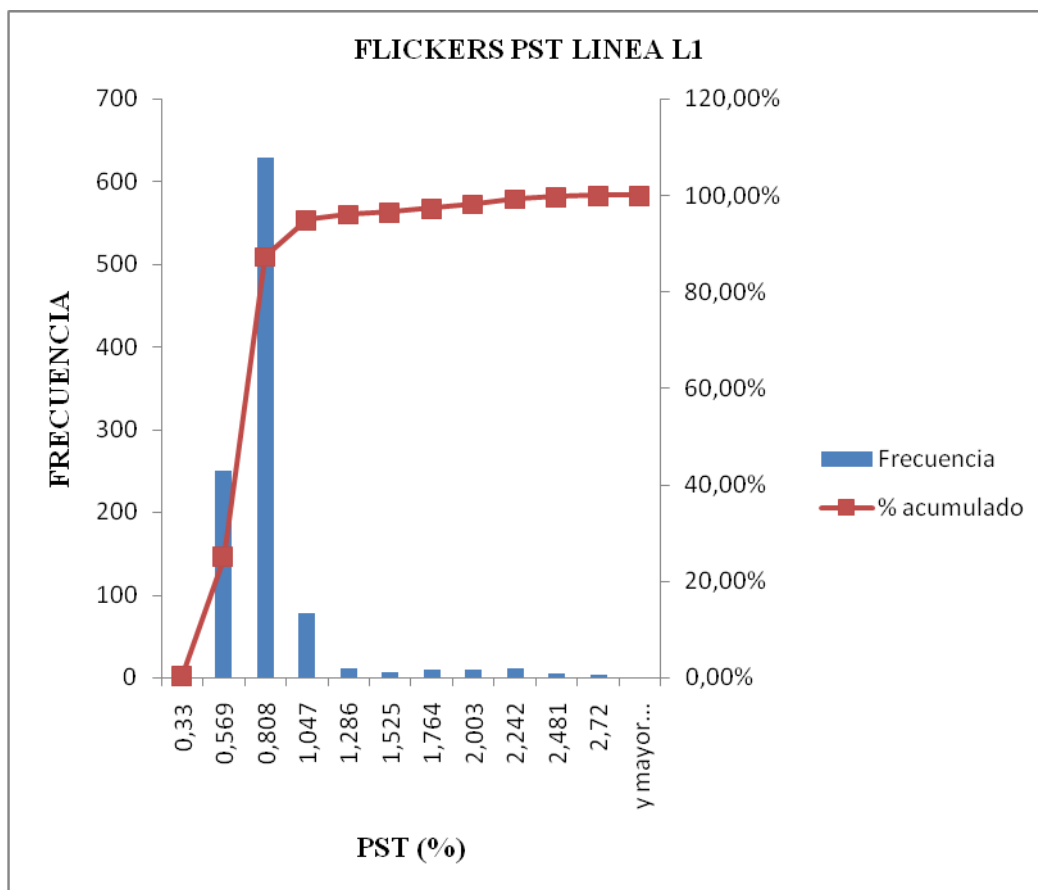
Tabla 3.29. Resultados de armónicos T_{hd} de Urms de la línea L3, a la salida del variador de frecuencia que controla el Stork.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,50	1	0,10%
0,95	11	1,21%
1,40	83	9,57%
1,85	127	22,36%
2,30	123	34,74%
2,75	89	43,71%
3,20	125	56,29%
3,65	203	76,74%
4,10	113	88,12%
4,55	63	94,46%
5,00	55	100,00%
5,45	0	100,00%
Y mayor...	0	100,00%

Fuente: Grupo investigador

3.9.3.3 MEDICIÓN DE FLICKERS (PST)

Figura 3.25. Tendencia de flicker Pst de la línea L1, a la salida del variador de frecuencia que controla el Stork.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

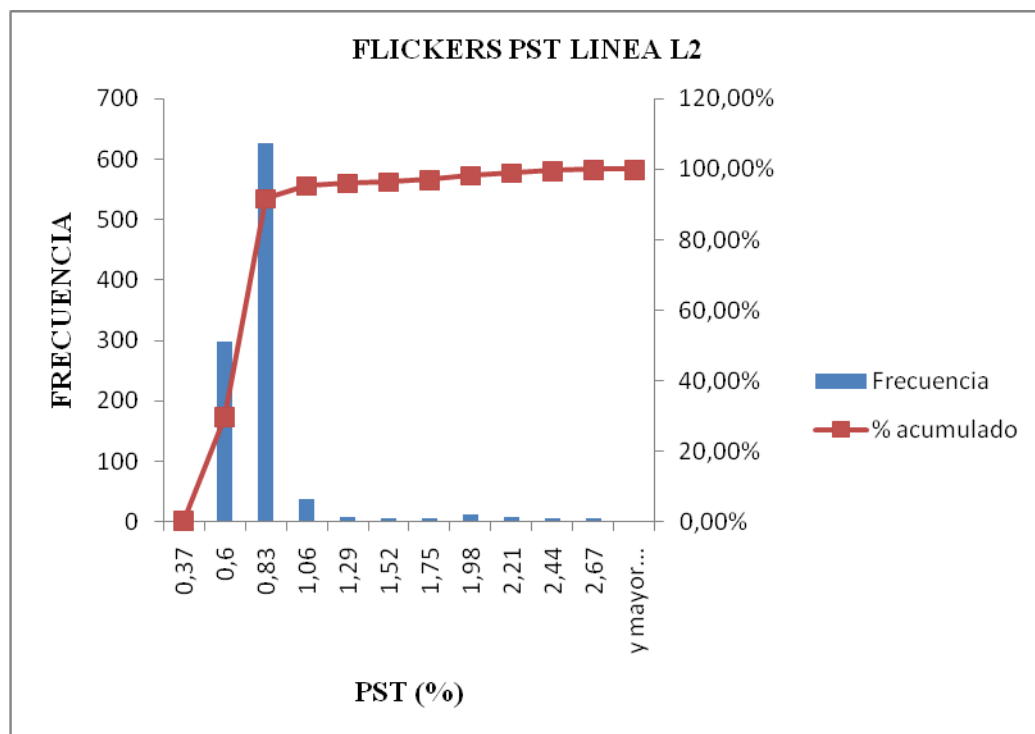
En la figura 3.25. Se representa el flicker de corta duración en la línea, expresado en unidades. Se observa que existen 5,06% de medidas superiores a 1; por lo tanto incumple la regulación vigente CONELEC 004/01 la misma que considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje del 5% de mediciones en el periodo de 7 días continuos cada 10 minutos.

Tabla 3.30. Resultados de flickers Pst de la línea L1, a la salida del variador de frecuencia que controla el Stork.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,33	1	0,10%
0,569	250	24,90%
0,808	629	87,30%
1,047	77	94,94%
1,286	11	96,03%
1,525	5	96,53%
1,764	8	97,32%
2,003	9	98,21%
2,242	11	99,31%
2,481	4	99,70%
2,72	3	100,00%
Y mayor...	0	100,00%

Fuente: Grupo investigador

Figura 3.26. Tendencia de flicker Pst de la línea L2, a la salida del variador de frecuencia que controla el Stork.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

En la figura 3.26. Se representa el flicker de corta duración en la línea L2, expresado en unidades. Se observa que existen 8,33% de medidas superiores a 1;

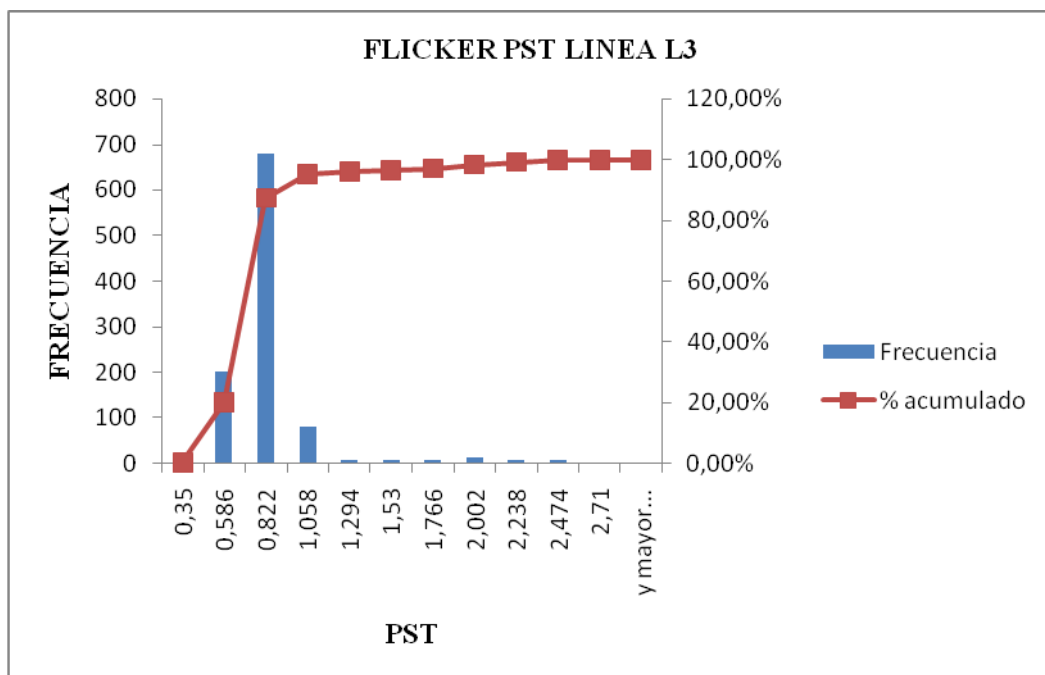
por lo tanto incumple la regulación vigente CONELEC 004/01 la misma que considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje del 5% de mediciones en el periodo de 7 días continuos cada 10 minutos.

Tabla 3.31. Resultados de flickers Pst de la línea L2, a la salida del variador de frecuencia que controla el Stork.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,37	1	0,10%
0,6	298	29,66%
0,83	625	91,67%
1,06	37	95,34%
1,29	7	96,03%
1,52	5	96,53%
1,75	5	97,02%
1,98	12	98,21%
2,21	8	99,01%
2,44	5	99,50%
2,67	5	100,00%
Y mayor...	0	100,00%

Fuente: Grupo investigador

Figura 3.27. Tendencia de flicker Pst de la línea L3, a la salida del variador de frecuencia que controla el Stork.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

En la figura 3.27. Se representa el flicker de corta duración en la línea L3, expresado en unidades. Se observa que existen 12,6% de medidas superiores a 1; por lo tanto incumple la regulación vigente CONELEC 004/01 la misma que considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje del 5% de mediciones en el periodo de 7 días continuos cada 10 minutos.

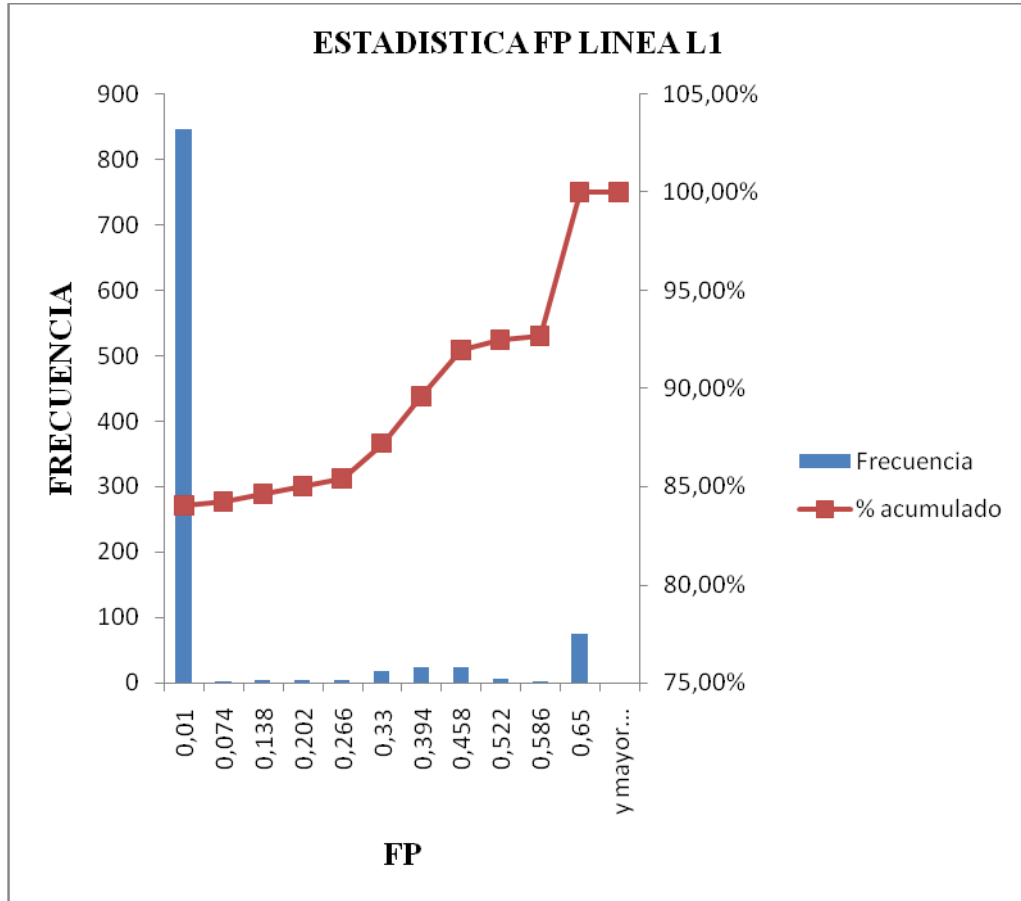
Tabla 3.32. Resultados de flickers Pst de la línea L3, a la salida del variador de frecuencia que controla el Stork.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,35	1	0,10%
0,586	200	19,94%
0,822	680	87,40%
1,058	79	95,24%
1,294	8	96,03%
1,53	6	96,63%
1,766	6	97,22%
2,002	12	98,41%
2,238	8	99,21%
2,474	6	99,80%
2,71	1	99,90%
Y mayor...	1	100,00%

Fuente: Grupo investigador

3.9.3.4 MEDICIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA (FP)

Figura 3.28. Histograma de tendencia del Fp en la línea L1, a la salida del variador de frecuencia que controla el Stork.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

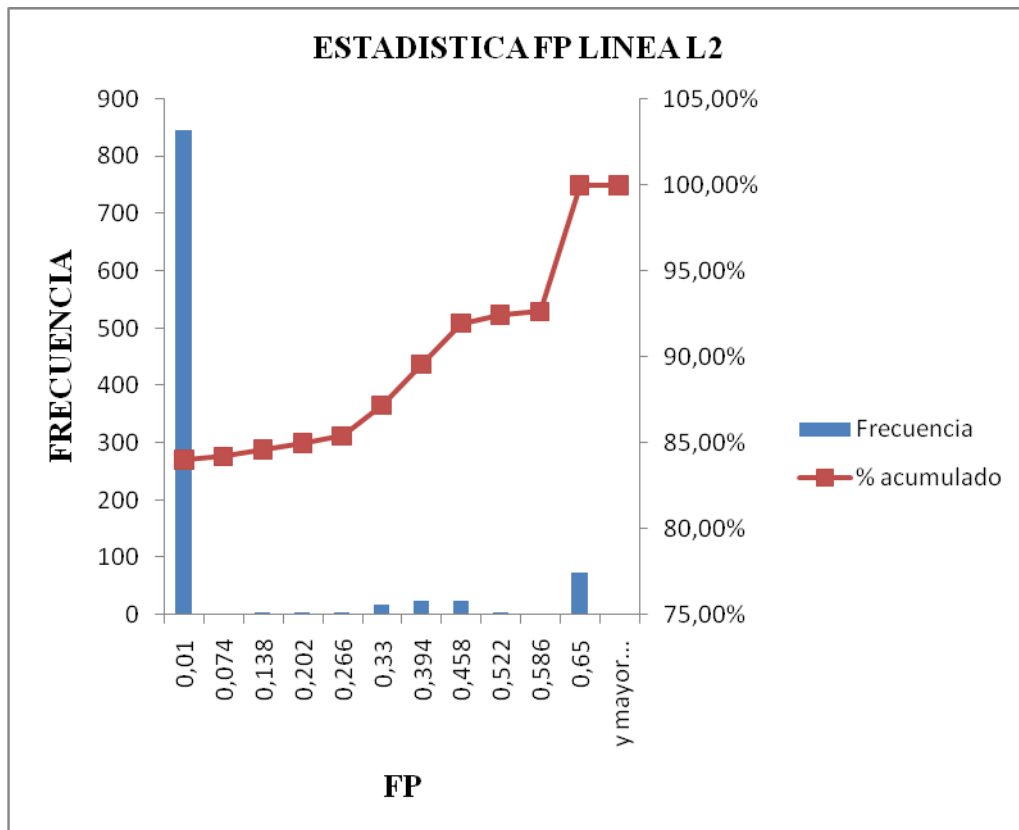
Tomando en cuenta la regulación vigente CONELEC 004/01; referente al F.P. manifiesta. Si en el 5% más del período evaluado el valor del factor de potencia es inferior a 0,92, el consumidor está incumpliendo con el índice de calidad. En este caso existen el 100,00% de las medidas esta fuera del límite permitido; No cumple con la regulación.

Tabla 3.33. Datos del histograma y distribución acumulada del Fp, a la salida del variador de frecuencia que controla el Stork.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,06	689	74,09%
0,125	4	74,52%
0,19	2	74,73%
0,255	3	75,05%
0,32	4	75,48%
0,385	3	75,81%
0,45	2	76,02%
0,515	16	77,74%
0,58	79	86,24%
0,645	6	86,88%
0,71	120	99,78%
Y mayor...	2	100,00%

Fuente: Grupo investigador

Figura 3.29. Histograma de tendencia del Fp en la línea L2, a la salida del variador de frecuencia que controla el Stork.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

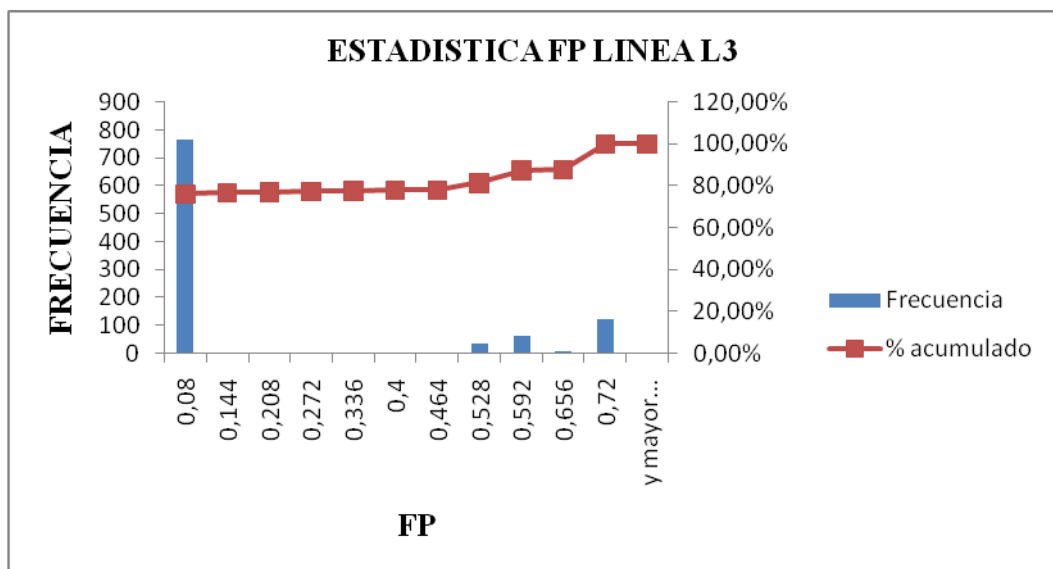
Tomando en cuenta la regulación vigente CONELEC 004/01; referente al F.P. manifiesta. Si en el 5% más del período evaluado el valor del factor de potencia es inferior a 0,92, el consumidor está incumpliendo con el índice de calidad. En este caso existen el 100,00% de las medidas esta fuera del límite permitido; No cumple con la regulación.

Tabla 3.34. Datos del histograma y distribución acumulada del Fp a la salida del variador de frecuencia que controla el Stork.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,01	847	84,03%
0,074	2	84,23%
0,138	4	84,62%
0,202	4	85,02%
0,266	4	85,42%
0,33	18	87,20%
0,394	24	89,58%
0,458	24	91,96%
0,522	5	92,46%
0,586	2	92,66%
0,65	74	100,00%
y mayor...	0	100,00%

Fuente: Grupo investigador

Figura 3.30. Histograma de tendencia del Fp en la línea L3, a la salida del variador de frecuencia que controla el Stork.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

Tomando en cuenta la regulación vigente CONELEC 004/01; referente al F.P. manifiesta. Si en el 5% más del período evaluado el valor del factor de potencia es inferior a 0,92, el consumidor está incumpliendo con el índice de calidad. En este caso existen el 100,00% de las medidas esta fuera del límite permitido; No cumple con la regulación.

Tabla 3.35. Datos del histograma y distribución acumulada del Fp, a la salida del variador de frecuencia que controla el Stork.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,08	767	76,09%
0,144	4	76,49%
0,208	3	76,79%
0,272	3	77,08%
0,336	4	77,48%
0,4	2	77,68%
0,464	3	77,98%
0,528	34	81,35%
0,592	61	87,40%
0,656	5	87,90%
0,72	122	100,00%
y mayor...	0	100,00%

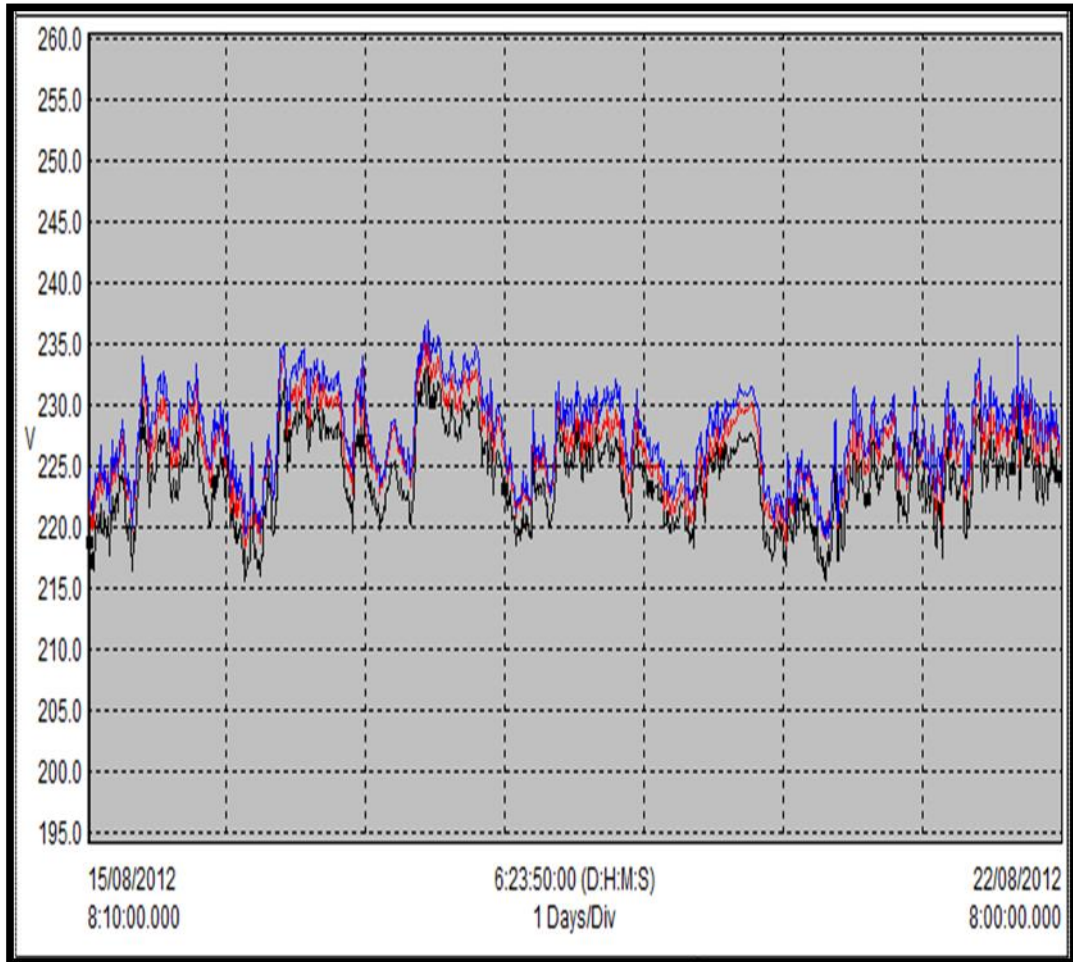
Fuente: Grupo investigador

3.9.4. RESULTADOS DEL ANALISIS EN EL TRANSFORMADOR DE 112KVA

El segundo transformador de 112KVA, es un transformador reductor de 440V a 220V está ubicado en el área de distribución, la mayoría de las cargas del transformador son de tipo inductivo; los datos obtenidos fueron tomados en 7 días en periodos de 10 min para el análisis de Calidad de Energía Eléctrica que se encuentran a continuación.

3.9.4.1 MEDICIÓN DE VOLTAJES URMS

Figura: 3.31. Tendencia de voltajes Urms, en el transformador de 112Kva.



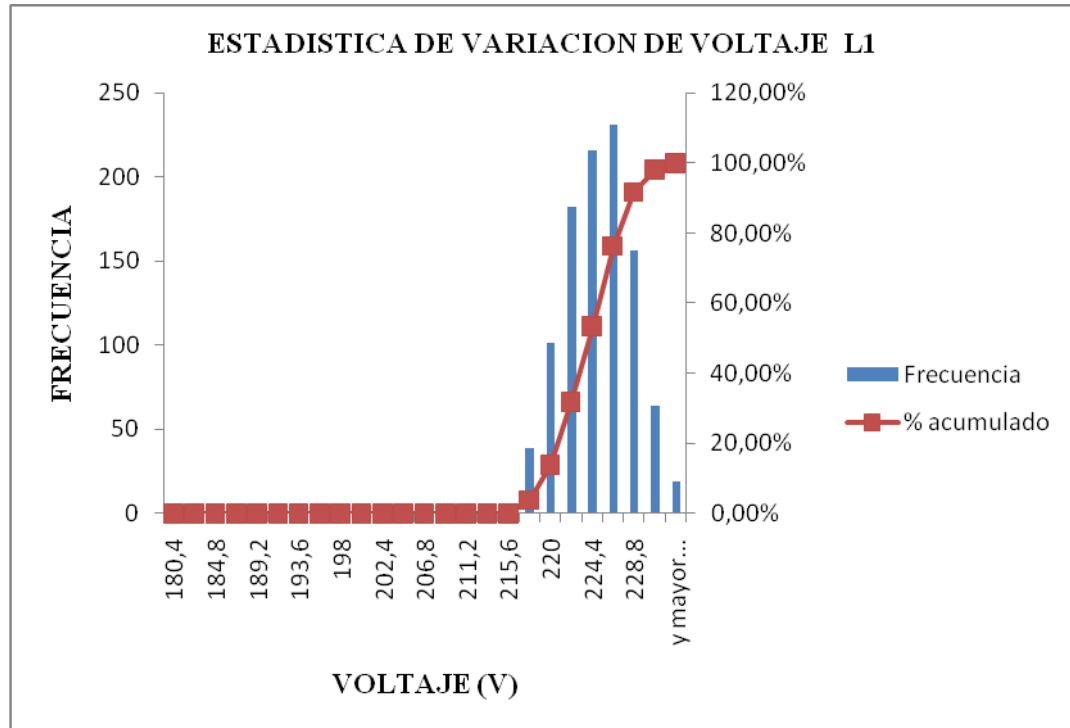
Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

Tabla: 3.36. Resumen de tendencias de voltajes Urms

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Urms Linea1	15/08/2012	8:10:00.000	223.99	215.70	233.20	V
Urms Linea2	15/08/2012	8:10:00.000	226.50	218.40	235.70	V
Urms Linea3	15/08/2012	8:10:00.000	227.75	219.20	236.80	V

Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

Figura 3.32. Tendencia de voltajes Urms línea L1,a la salida del transformador de 112Kva.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

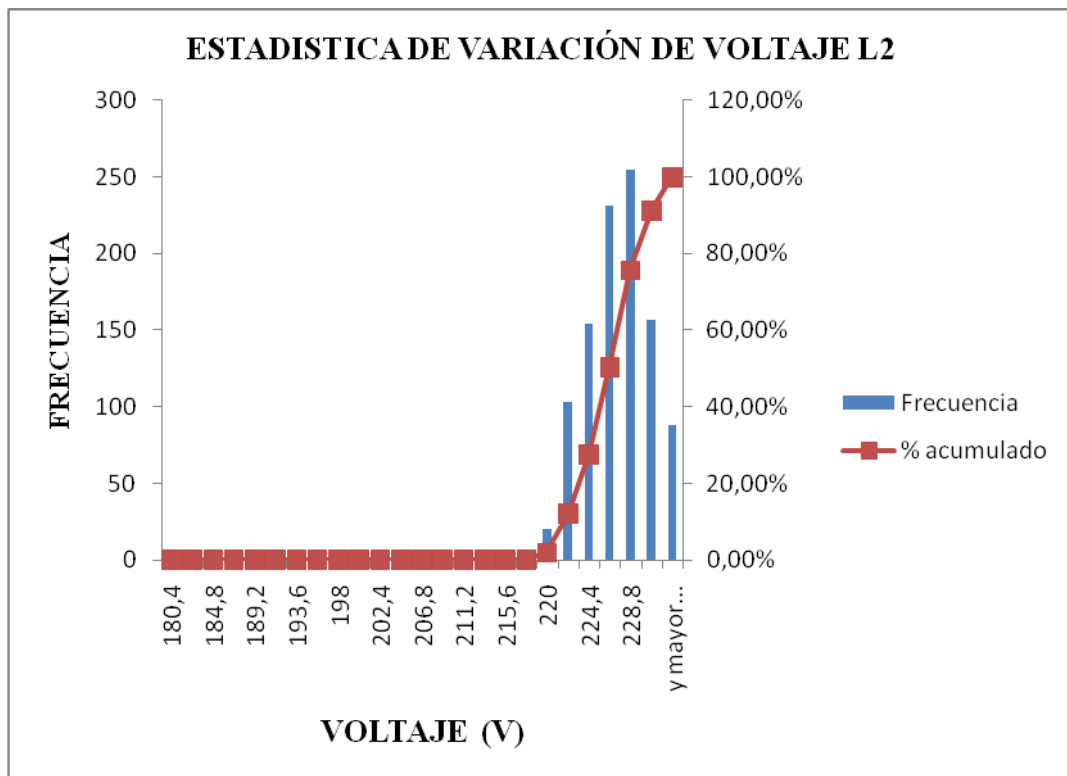
En la figura 3.32. Se representa la variación de voltaje Urms de la línea L1, en el transformador 112KVA de la planta Alpina s.a. Se observa que varía +6% a -1% por lo tanto las mediciones se encuentran dentro de los límites establecidos por la Regulación CONELEC 004/01 vigente, que establece los límites en $\pm 8,0\%$.

Tabla 3.37. Resultados de voltajes Urnas L1,a la salida del transformador de 112Kva.

Clase	Frecuencia	% acumulado	Porcentaje
217,8	39	3,87%	-1%
220	101	13,89%	0%
222,2	182	31,94%	1%
224,4	216	53,37%	2%
226,6	231	76,29%	3%
228,8	156	91,77%	4%
231	64	98,12%	5%

Fuente: El investigador

Figura 3.33. Tendencia de voltajes Urms L2, a la salida del transformador de 112Kva.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

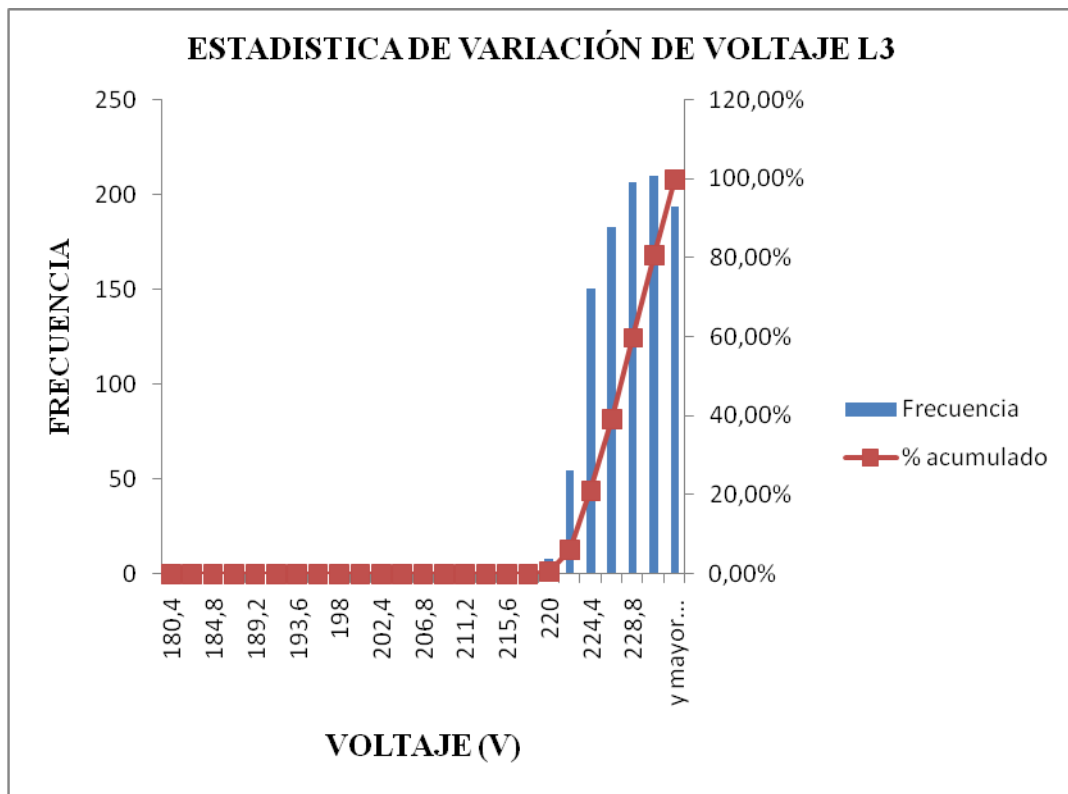
En la figura 3.33. Se representa la variación de voltaje Urms de la línea L2, en el transformador 112KVA (440/220V) de la planta procesadora de productos lácteos Alpina s.a. Se observa que varía +6% a 0% por lo tanto las mediciones se encuentran dentro de los límites establecidos por la Regulación CONELEC 004/01 vigente, que establece los límites en $\pm 8,0\%$.

Tabla 3.38. Resultados de voltajes Urms línea L2, a la salida del transformador de 112Kva.

Clase	Frecuencia	% acumulado	Porcentaje
220	20	1,98%	0%
222,2	103	12,20%	1%
224,4	154	27,48%	2%
226,6	231	50,40%	3%
228,8	255	75,69%	4%
231	157	91,27%	5%

Fuente: El investigador

Figura 3.34. Tendencia de voltajes Urms línea L3, a la salida del transformador de 112Kva.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

En la figura 3.34. Se representa la variación de voltaje Urms de la línea L2, en el transformador 112KVA (440/220V) de la planta procesadora de productos lácteos Alpina s.a. Se observa que varía +8% a 0% por lo tanto las mediciones se encuentran al límite de lo establecidos por la Regulación CONELEC 004/01 vigente, que establece los límites en $\pm 8,0\%$.

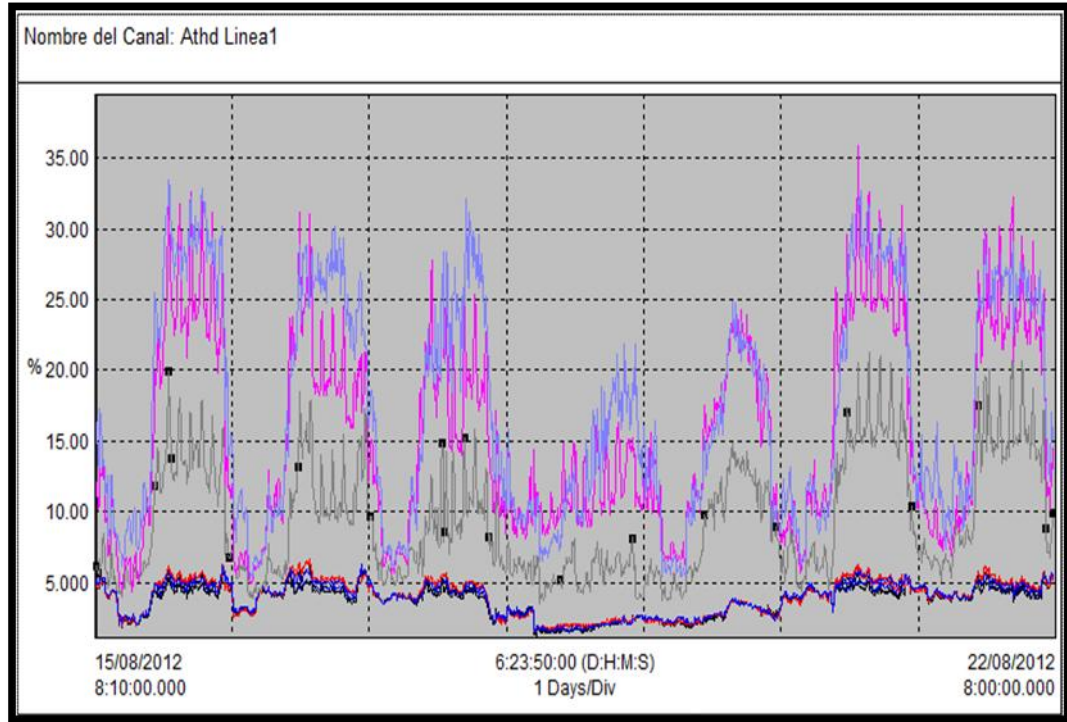
Tabla 3.39. Resultados de voltajes Urms línea L3, a la salida del transformador de 112Kva.

Clase	Frecuencia	% acumulado	Porcentaje
220	8	0,79%	0%
222,2	55	6,25%	1%
224,4	151	21,23%	2%
226,6	183	39,38%	3%
228,8	207	59,92%	4%
231	210	80,75%	5%

Fuente: El investigador

3.9.4.2 MEDICIÓN DE ARMÓNICOS (THD) DE VOLTAJE URMS

Figura: 3.35. Tendencia de armónicos Thd, Arms, Urms, Vrms a la salida transformador de 112Kva.



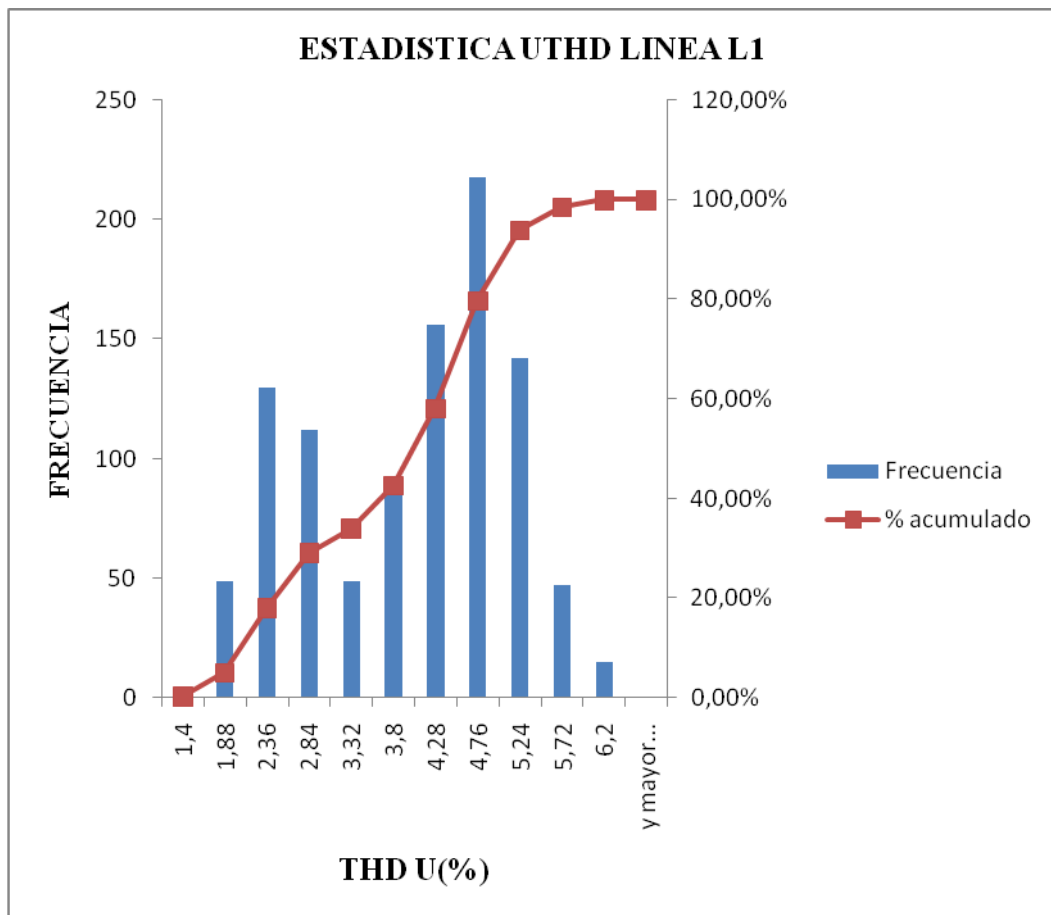
Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

Tabla: 3.40. Resumen de la tendencia de armónicos Thd de Voltaje Urms.

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Athd Linea1	15/08/2012	8:10:00.000	9.3227	3.5000	21.800	%
Athd Linea2	15/08/2012	8:10:00.000	15.524	4.4000	35.900	%
Athd Linea3	15/08/2012	8:10:00.000	17.307	5.3000	33.400	%
Uthd Linea1	15/08/2012	8:10:00.000	3.7593	1.4000	6.2000	%
Uthd Linea2	15/08/2012	8:10:00.000	3.9885	1.6000	6.5000	%
Uthd Linea3	15/08/2012	8:10:00.000	3.7305	1.4000	6.3000	%
Vthd Linea1	15/08/2012	8:10:00.000	3.6185	1.2000	6.1000	%
Vthd Linea2	15/08/2012	8:10:00.000	3.9043	1.5000	6.6000	%
Vthd Linea3	15/08/2012	8:10:00.000	3.8944	1.5000	6.3000	%

Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

Figura 3.36. Tendencia de armónicos Thd de Urms de la línea L1, a la salida del transformador de 112Kva.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

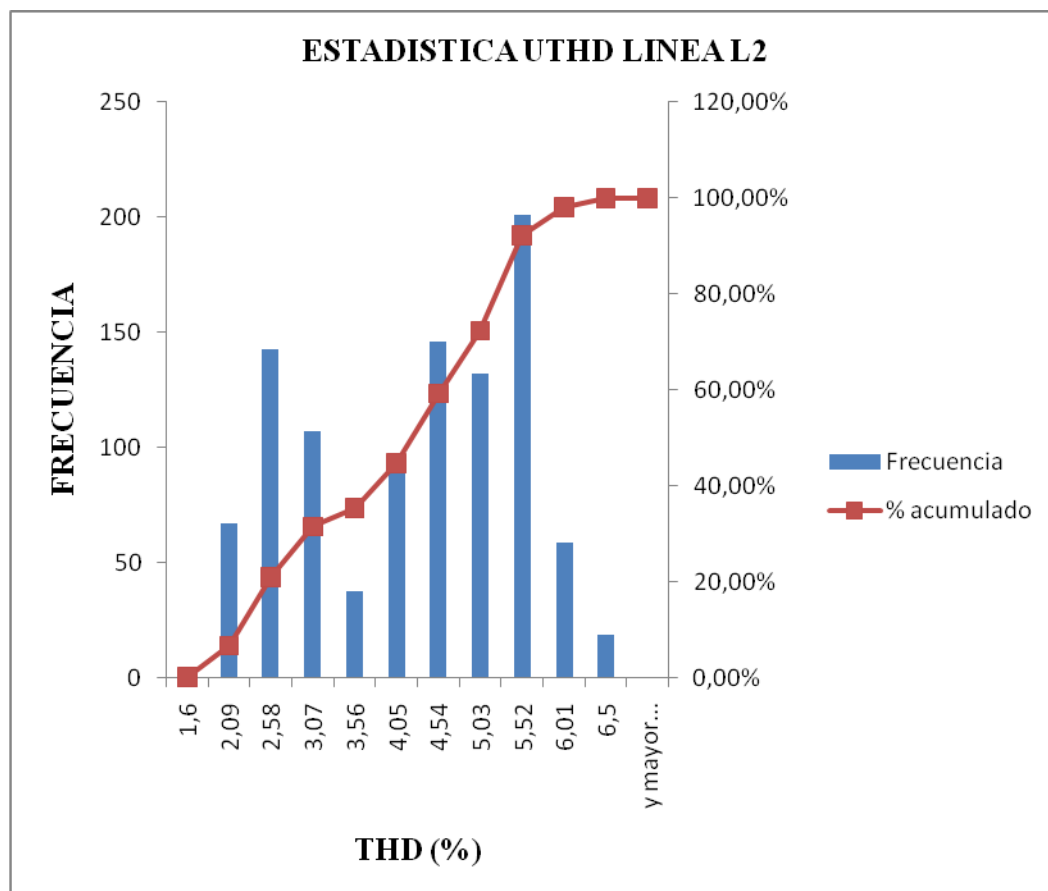
En la figura 3.36. Se representa distorsión armónica de voltaje de la línea L1 en porcentaje (%), a la salida del transformador de 112KVA. Se observa que la máxima es de 6,2%, la misma que se encuentra dentro del margen permitido por la regulación vigente CONELEC 004/01 que admite un máximo de 8% para $V \leq 40 \text{ KV}$; por lo tanto el 100% de valores medidos cumplen con la norma vigente.

Tabla 3.41. Resultados de armónicos Thd de Urms línea L1, a la salida del transformador de 112Kva.

Clase	Frecuencia	% acumulado
1,4	2	0,20%
1,88	49	5,06%
2,36	130	17,96%
2,84	112	29,07%
3,32	49	33,93%
3,8	88	42,66%
4,28	156	58,13%
4,76	218	79,76%
5,24	142	93,85%
5,72	47	98,51%
6,2	15	100,00%
y mayor...	0	100,00%

Fuente: El investigador

Figura 3.37. Tendencia de armónicos Thd de Urms de la línea L2, a la salida del transformador de 112Kva.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

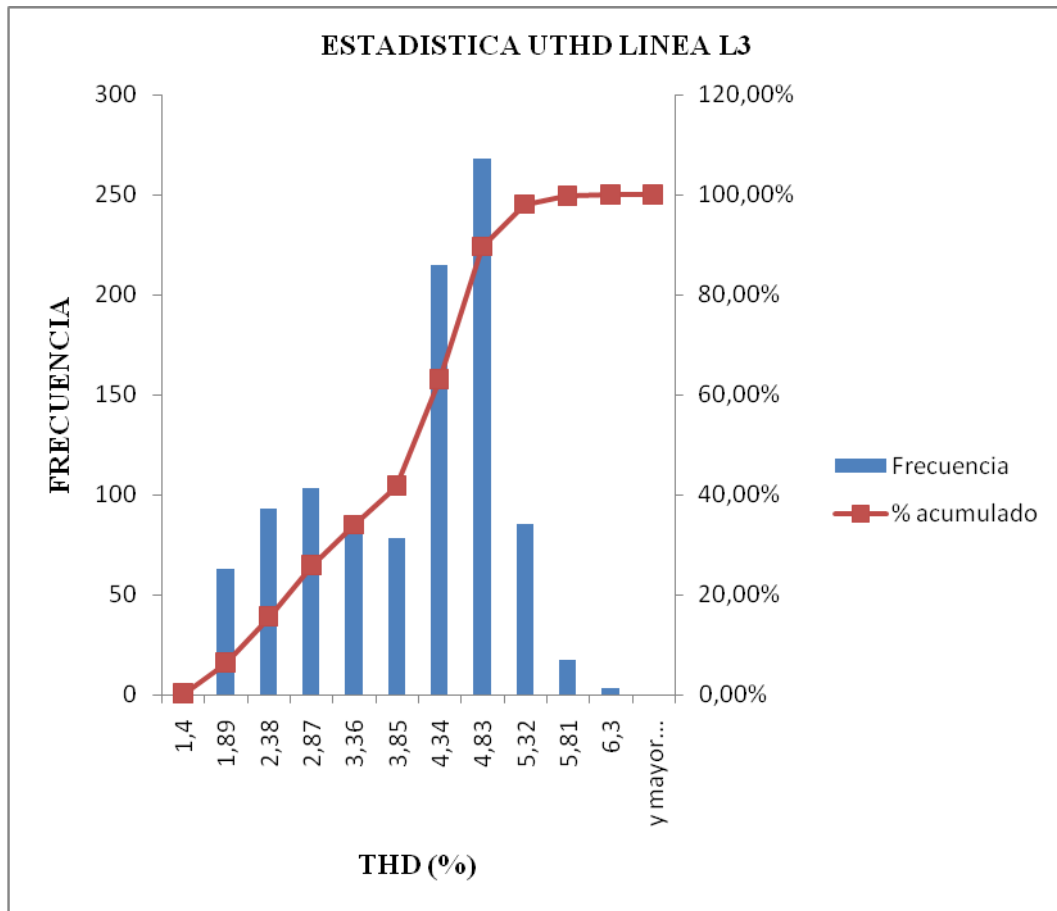
En la figura 3.37. Se representa distorsión armónica de voltaje de la línea L2 en porcentaje (%), a la salida del transformador de 112KVA. Se observa que la máxima es de 6,5%, la misma que se encuentra dentro del margen permitido por la regulación vigente CONELEC 004/01 que admite un máximo de 8% para $V \leq 40 \text{ KV}$; por lo tanto el 100% de valores medidos cumplen con la norma vigente.

Tabla3.42. Resultados de armónicos Thd de Urms línea L2, a la salida del transformador de 112Kva.

Clase	Frecuencia	% acumulado
1,6	1	0,10%
2,09	67	6,75%
2,58	143	20,93%
3,07	107	31,55%
3,56	38	35,32%
4,05	95	44,74%
4,54	146	59,23%
5,03	132	72,32%
5,52	201	92,26%
6,01	59	98,12%
6,5	19	100,00%
y mayor...	0	100,00%

Fuente: El investigador

Figura3.38. Tendencia de armónicos Thd de Urms de la línea L3, a la salida del transformador de 112Kva.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

En la figura 3.38. Se representa distorsión armónica de voltaje de la línea L3 en porcentaje, a la salida del transformador de 112KVA. Se observa que la máxima es de 6,3%, la misma que se encuentra dentro del margen permitido por la regulación vigente CONELEC 004/01 que admite un máximo de 8% para $V \leq 40$ KV; por lo tanto el 100% de valores medidos cumplen con la norma vigente.

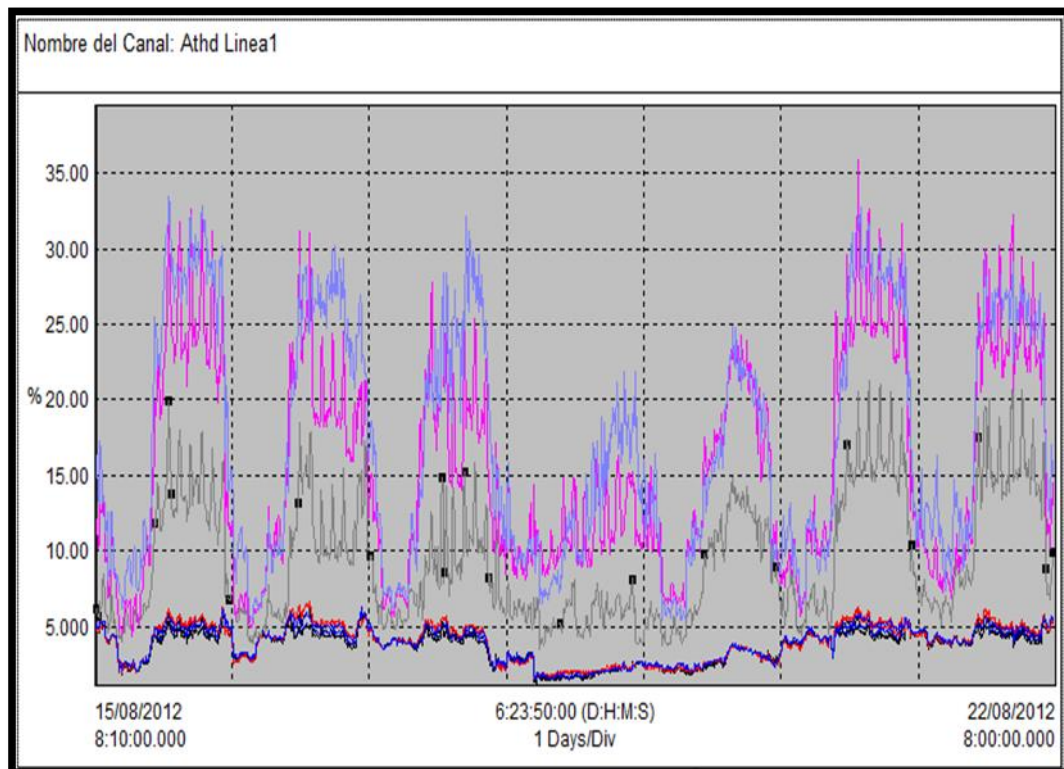
Tabla 3.43. Resultados de armónicos Thd de Urms línea L3, a la salida del transformador de 112Kva.

Clase	Frecuencia	% acumulado
1,4	1	0,10%
1,89	63	6,35%
2,38	93	15,58%
2,87	103	25,79%
3,36	82	33,93%
3,85	78	41,67%
4,34	215	63,00%
4,83	268	89,58%
5,32	85	98,02%
5,81	17	99,70%
6,3	3	100,00%
y mayor...	0	100,00%

Fuente: El investigador

3.9.4.3 MEDICIÓN DE ARMÓNICOS (THD) DE CORRIENTE

Figura 3.39. Tendencia de armónicos Thd de Arms de la línea L1, a la salida del transformador.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

Tabla: 3.44. Resumen de la tendencia de armónicos Thd de corriente Arms.

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Athd Linea1	15/08/2012	8:10:00.000	9.3227	3.5000	21.800	%
Athd Linea2	15/08/2012	8:10:00.000	15.524	4.4000	35.900	%
Athd Linea3	15/08/2012	8:10:00.000	17.307	5.3000	33.400	%

Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

Para obtener la distorsión armónica en corriente es necesario realizar cálculos, para verificar los límites permitidos por la IEEE 519.

Se calcula la I_{cc} , para esto se necesita la impedancia del transformador en estudio que se puede obtener del mismo transformador o también de tablas, el caso para este transformador de 112,5Kva, la impedancia tiene un valor de 4,5% o 0,045p.u., la potencia que se considera es el transformador, el voltaje secundario corresponde al secundario del transformador (215V).

$$I_{cc} = \frac{1}{X_{pu}} = \frac{1}{0,045} = 22,22A$$

$$S = V \cdot IL \cdot \sqrt{3}$$

$$IL = \frac{S}{V \cdot \sqrt{3}} = \frac{112.500}{215 \cdot \sqrt{3}} = 328,95A$$

$$IL_{pu} = \frac{I_{fase}}{IL} = \frac{225,4}{328,95} = 0,685$$

$$\alpha = \frac{I_{cc}}{IL_{pu}} = \frac{22,22}{0,685} = 32,43$$

Tabla 3.45. Corrientes de carga por fase del transformador de 400Kva

I1 máx. (A)	I2 máx. (A)	I3 máx. (A)
225,4	186,50	167,20

Fuente: El investigador

Después de realizados los cálculos pertinentes para cada una de las fases del transformador de 400Kva, se obtiene la siguiente tabla.

Tabla 3.46. Cálculo de α para armónicos en corriente del transformador de 400Kva.

Fases	Xpu	Icc (A)	ILpu	A
I1	0,045	22,22	0,685	32,43
I2	0,045	22,22	0,566	39,25
I3	0,045	22,22	0,508	43,74

Fuente: El investigador

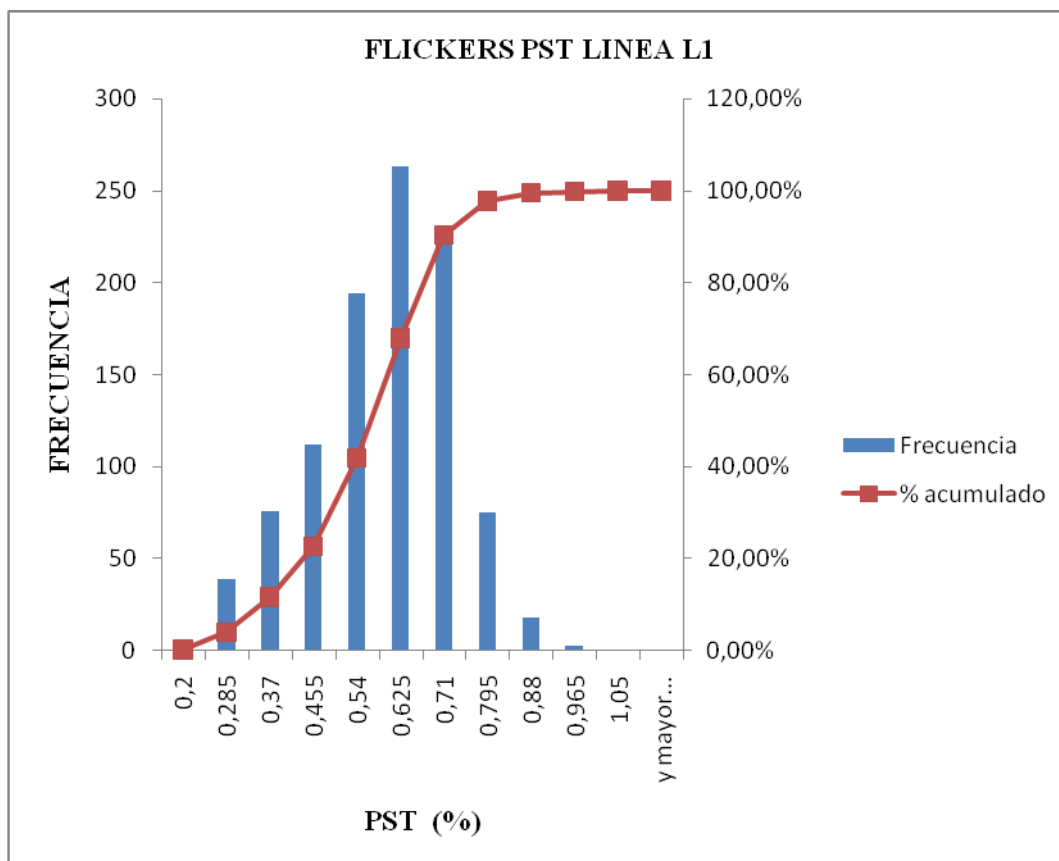
Finalmente se realiza la comparación el valor de α con los valores dados en la tabla 3.3 que la que nos indica el nivel máximo de THD en corriente.

Para los armónicos totales de corriente no existe ningún límite en la REGULACION No. CONELEC – 004/01, por eso realizaremos la comparación de las mediciones realizadas con la norma IEEE-519 y los límites están expuestos en la tabla 3.3. De acuerdo a esta norma el límite de distorsión en corriente (THDA) no debe ser superior al 20%. Según la norma IEEE-519 estos valores deben cumplirse en el 95% de las mediciones tomadas por el analizador de redes.

De acuerdo con las medidas tomadas se concluye que estamos fuera de los estándares de la norma IEEE-519 (1992). Esto quiere decir 16,64 en un porcentaje del 99,90%.

3.9.4 MEDICIÓN DE FLICKERS (PST)

Figura 3.40. Tendencia de flicker Pst de la línea L1, a la salida del transformador de 112Kva.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

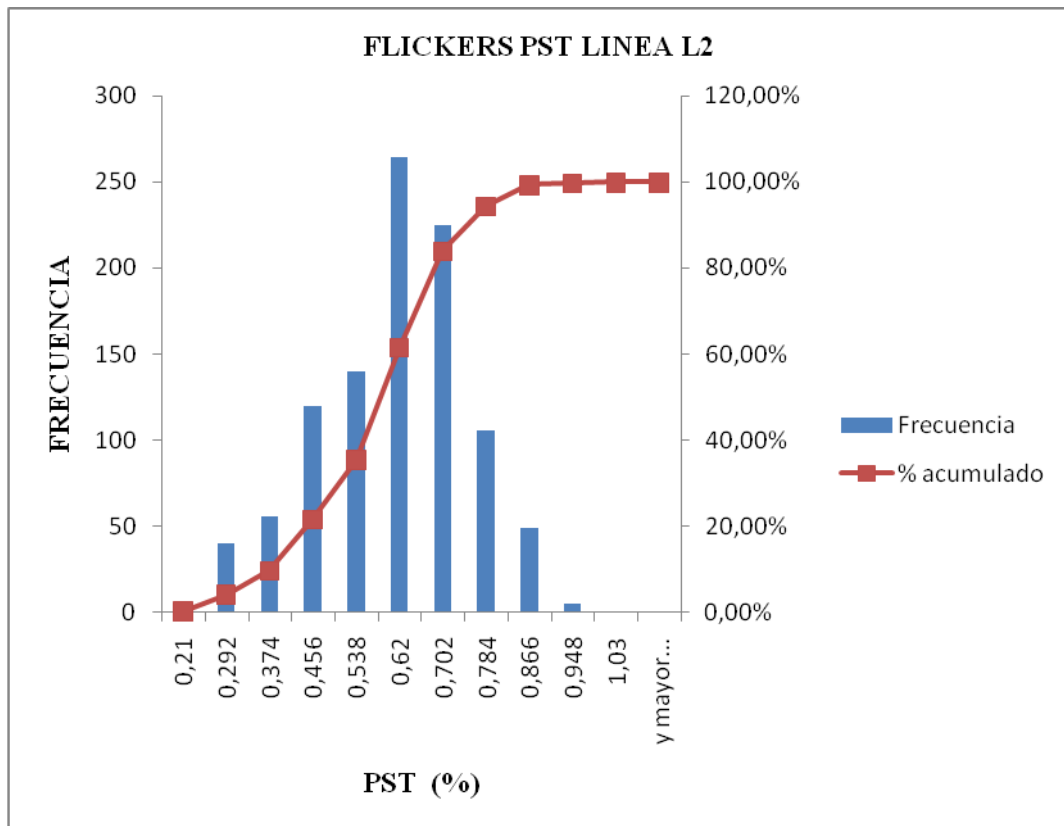
En la figura 3.40. Se representa el flicker de corta duración en la línea L1 del transformador de 112,5Kva expresado en unidades. Se observa que el flicker mayor a la unidad es 1,03 y representa un total de 0,10%. Tomando en cuenta la regulación vigente CONELEC 004/01 la misma que considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de mediciones en el periodo de 7 días continuos cada 10 minutos .

Tabla 3.47. Resultados de flickers Pst de la línea L1, a la salida del transformador de 112Kva.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,2	1	0,10%
0,285	39	3,97%
0,37	76	11,51%
0,455	112	22,62%
0,54	194	41,87%
0,625	263	67,96%
0,71	225	90,28%
0,795	75	97,72%
0,88	18	99,50%
0,965	3	99,80%
1,05	1	99,90%
y mayor...	1	100,00%

Fuente: El investigador

Figura 3.41. Tendencia de flicker Pst de la línea L2, a la salida del transformador de 112Kva.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

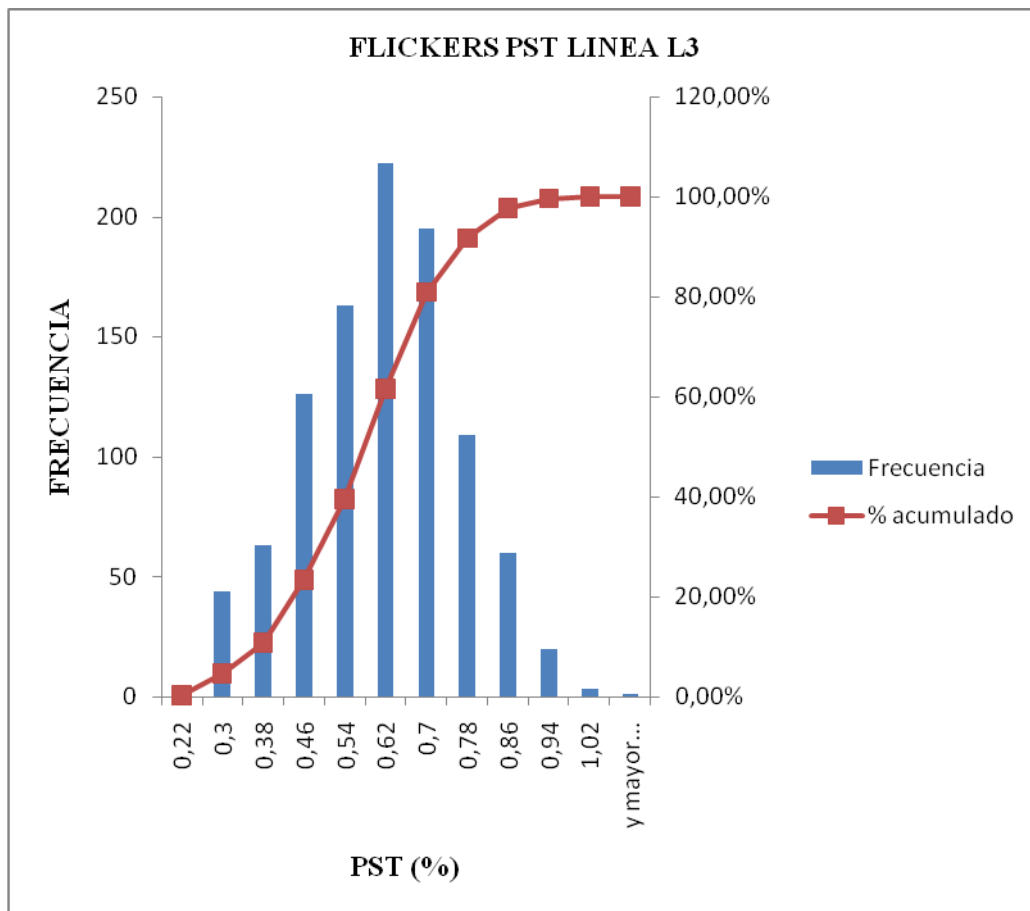
En la figura 3.41. Se representa el flicker de corta duración en la línea L2 del transformador de 112,5Kva expresado en unidades. Se observa que el flicker mayor a la unidad es 1,03 y representa un total de 0,10%. Tomando en cuenta la regulación vigente CONELEC 004/01 la misma que considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de mediciones en el periodo de 7 días continuos cada 10 minutos .

Tabla 3.48.Resultados de flickers Pst de la línea L2, a la salida del transformador de 112Kva.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,21	1	0,10%
0,292	40	4,07%
0,374	56	9,62%
0,456	120	21,53%
0,538	140	35,42%
0,62	264	61,61%
0,702	225	83,93%
0,784	106	94,44%
0,866	49	99,31%
0,948	5	99,80%
1,03	1	99,90%
y mayor...	1	100,00%

Fuente: El investigador

Figura 3.42. Tendencia de flicker Pst de la línea L3, a la salida del transformador de 112Kva.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

En la figura 3.42. Se representa el flicker de corta duración en la línea L3 del transformador de 112,5Kva expresado en unidades. Se observa que el flicker mayor a la unidad es 1,02 y representa un total de 0,10%. Tomando en cuenta la regulación vigente CONELEC 004/01 la misma que considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de mediciones en el periodo de 7 días continuos cada 10 minutos .

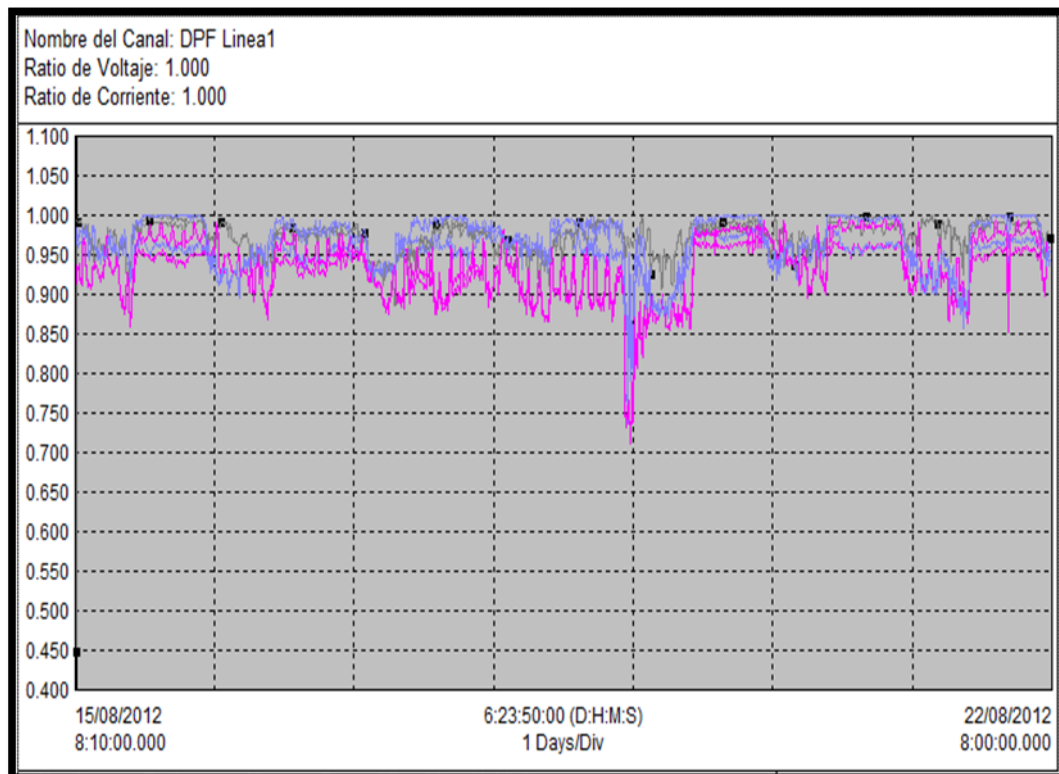
Tabla 3.49. Resultados de flickers Pst de la línea L3, a la salida del transformador de 112Kva.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,22	2	0,20%
0,3	44	4,56%
0,38	63	10,81%
0,46	126	23,31%
0,54	163	39,48%
0,62	222	61,51%
0,7	195	80,85%
0,78	109	91,67%
0,86	60	97,62%
0,94	20	99,60%
1,02	3	99,90%
y mayor...	1	100,00%

Fuente: El investigador

3.9.4.5. MEDICIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA (FP)

Figura 3.43. Tendencia del factor de potencia Fp, en transformador de 112Kva.



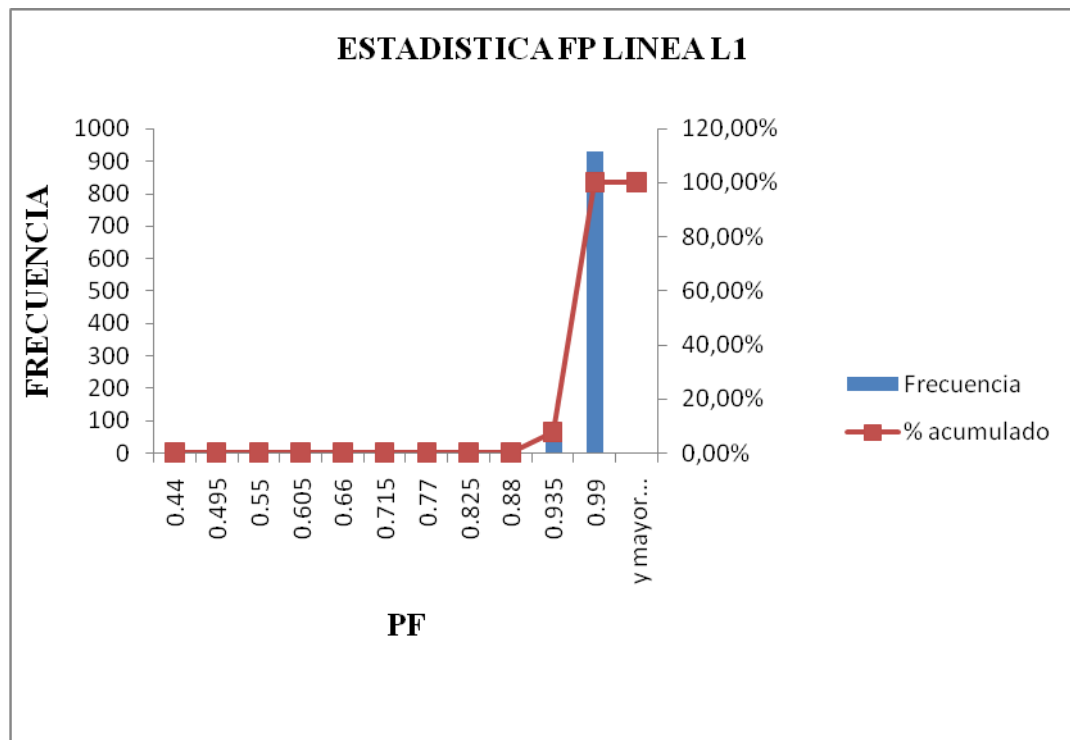
Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

Tabla: 3.50. Resumen de la tendencia del factor de potencia Fp.

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
DPF Linea1	15/08/2012	8:10:00.000	0.974	0.447	0.999	
DPF Linea2	15/08/2012	8:10:00.000	0.937	0.715	0.997	
DPF Linea3	15/08/2012	8:10:00.000	0.969	0.795	0.999	
PF Linea1	15/08/2012	8:10:00.000	0.970	0.444	0.996	
PF Linea2	15/08/2012	8:10:00.000	0.926	0.711	0.991	
PF Linea3	15/08/2012	8:10:00.000	0.949	0.736	0.985	

Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

Figura 3.44. Histograma de tendencia del Fp en la línea L1, a la salida del transformador de 112Kva.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

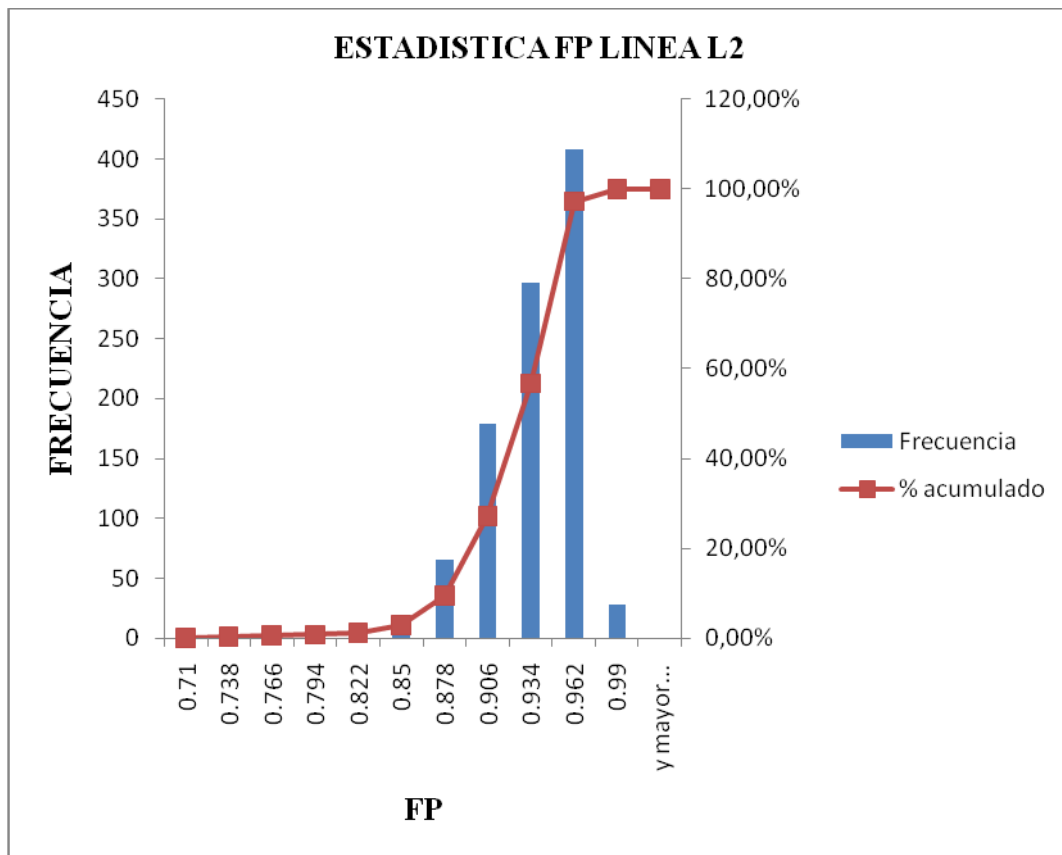
Tomando en cuenta la regulación vigente CONELEC 004/01; referente al F.P. manifiesta. Si en el 5% más del período evaluado el valor del factor de potencia es inferior a 0,92, el consumidor está cumpliendo con el índice de calidad. En este caso existen el 0,30% de las medidas esta fuera del límite permitido; cumple con la regulación.

Tabla 3.51. Datos del histograma y distribución acumulada del Fp de la línea L1, a la salida del transformador de 112Kva.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0.935	75	7.74%
0.99	930	100.00%

Fuente: El investigador

Figura 3.45. Histograma de tendencia del Fp de la línea L2, a la salida del transformador de 112Kva.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

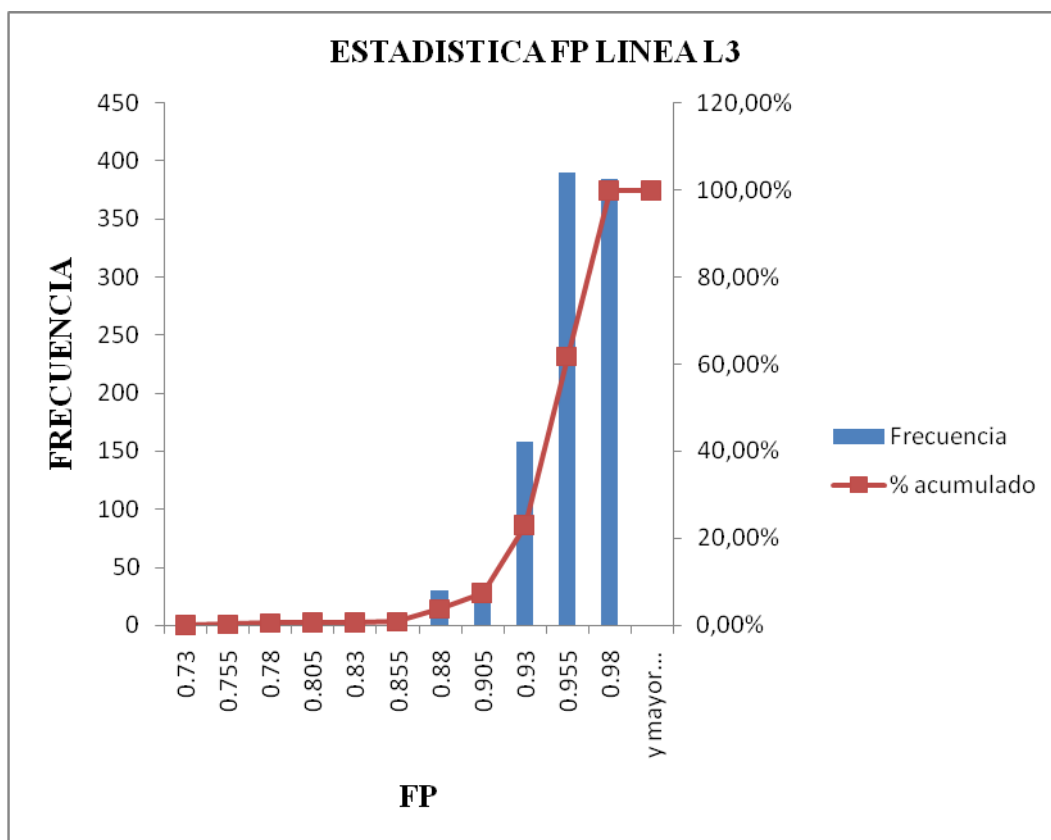
Tomando en cuenta la regulación vigente CONELEC 004/01; referente al F.P. manifiesta. Si en el 5% más del período evaluado el valor del factor de potencia es inferior a 0,92, el consumidor está incumpliendo con el índice de calidad. En este caso existen el 27,28% de las medidas esta fuera del límite permitido; pero 72,72% está dentro de la regulación, entonces esta cumpliendo.

Tabla 3.52. Datos del histograma y distribución acumulada del Fp de la línea L2, a la salida del transformador de 112Kva.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0.878	65	9.52%
0.906	179	27.28%
0.934	297	56.75%
0.962	408	97.22%
0.99	28	100.00%

Fuente: El investigador

Figura 3.46. Histograma de tendencia del Fp en la línea L3, a la salida del transformador de 112KVA.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

Tomando en cuenta la regulación vigente CONELEC 004/01; referente al F.P. manifiesta. Si en el 5% más del período evaluado el valor del factor de potencia es inferior a 0,92, el consumidor está cumpliendo con el índice de calidad. En este caso existen el 7,44% de las medidas esta fuera del límite permitido; cumple con la regulación.

Tabla 3.53. Datos del histograma y distribución acumulada del Fp de la línea L3, a la salida del transformador de 112Kva.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0.88	30	3.87%
0.905	36	7.44%
0.93	158	23.12%
0.955	390	61.81%
0.98	385	100.00%

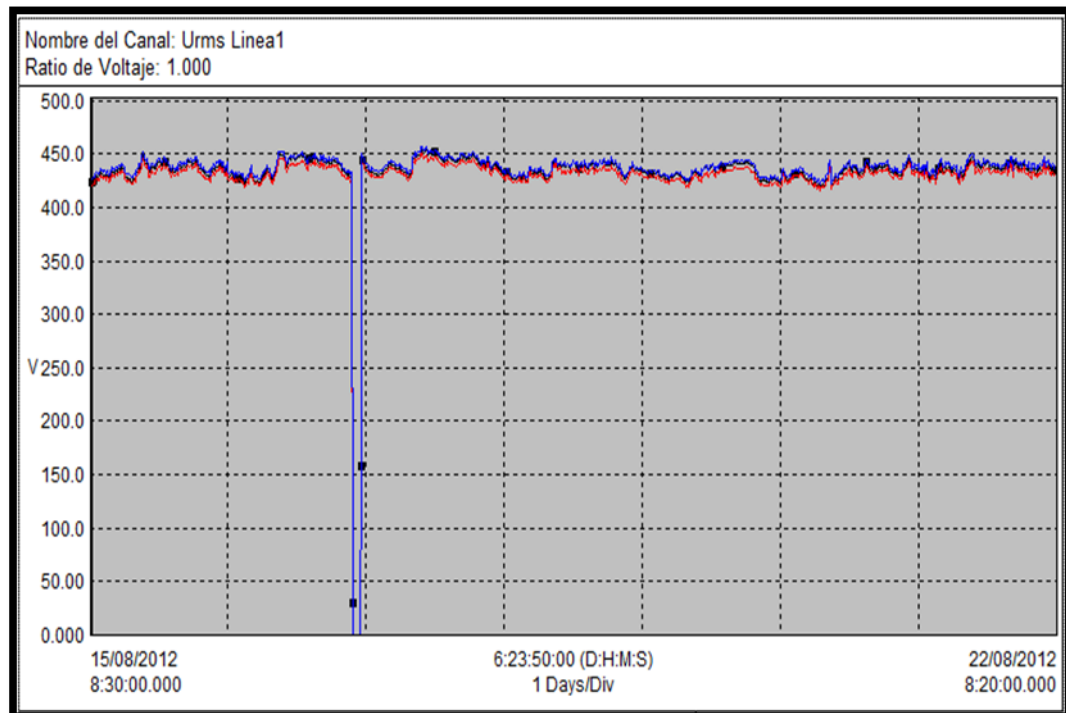
Fuente: El investigador

3.9.5 RESULTADOS DEL ANÁLISIS A LA ENTRADA AL MOTOR DE 100HP COMPRESOR DE AMONIACO MYCOM.

El analizador de energía se instaló a la salida del motor del compresor de amoniaco, este motor de 100HP está ubicado en el área de refrigeración, es el encargado de producir torque para poner en movimiento al compresor Mycom.

3.9.5.1 MEDICIÓN DE VOLTAJES URMS

Figura 3.47. Tendencia de voltajes Urms a la entrada del motor de 100Hp.



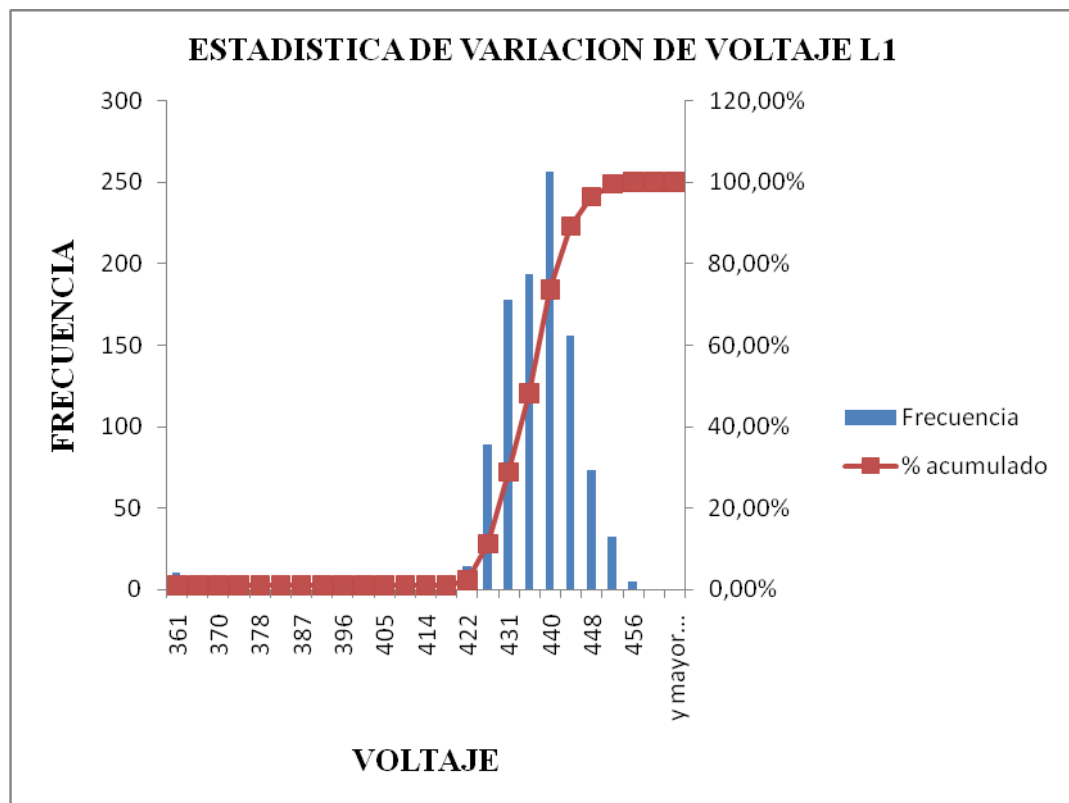
Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

Tabla: 3.54. Resumen de la tendencia de voltajes Urms

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Urms Linea1	15/08/2012	8:30:00.000	431.55	0.0000	454.40	V
Urms Linea2	15/08/2012	8:30:00.000	427.89	0.0000	450.50	V
Urms Linea3	15/08/2012	8:30:00.000	434.16	0.0000	456.90	V

Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

Figura 3.48. Histograma de la variación de voltaje Urms L1 a la entrada del motor 100Hp del compresor de amoníaco Mycom



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

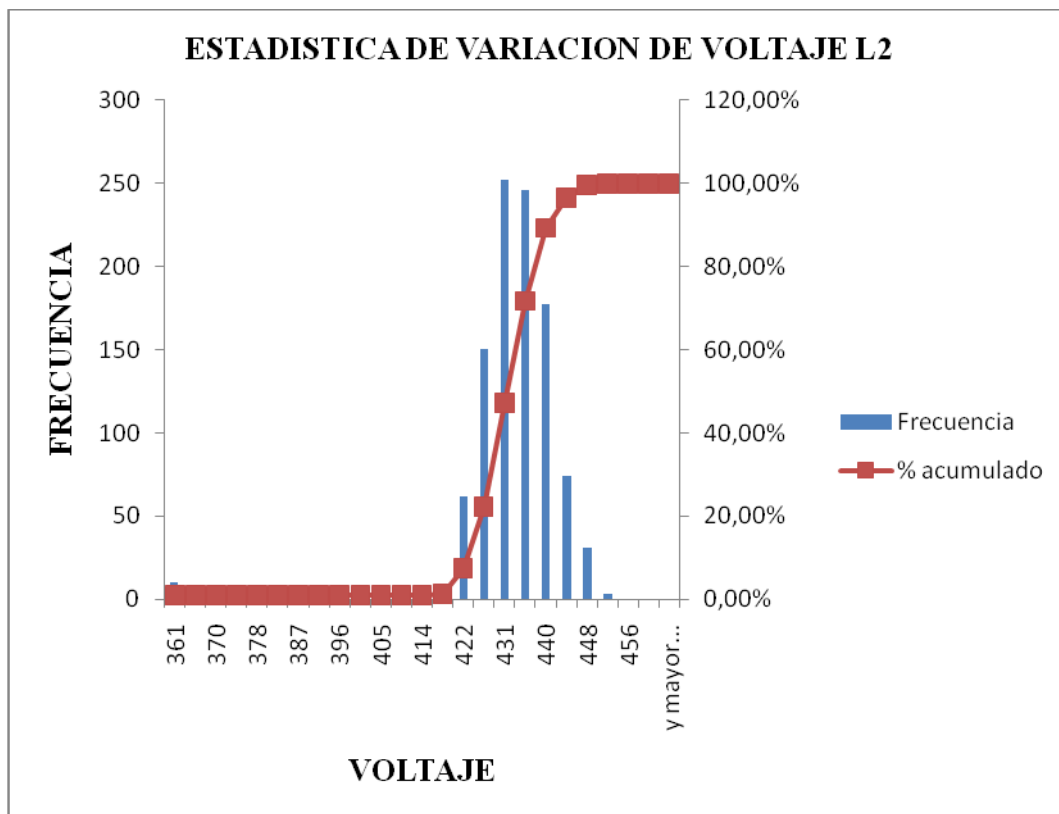
En la figura 3.48. Se representa la variación de voltaje Urms de la línea L2, a la entrada del motor de 100HP del compresor de amoníaco Mycom de la planta procesadora de productos lácteos Alpina s.a. Se observa que varía +4% a -4% por lo tanto las mediciones se encuentran dentro de los límites establecidos por la Regulación CONELEC 004/01 vigente, que establece los límites en $\pm 8,0\%$.

Tabla 3.55. Datos del histograma de la variación de voltaje Urms L1, a la entrada del motor 100Hp del compresor de amoniaco Mycom

Clase	Frecuencia	% acumulado	Porcentaje
427	89	11.21%	-3%
431	178	28.87%	-2%
436	194	48.12%	-1%
440	257	73.61%	0%
444	156	89.09%	1%
448	73	96.33%	2%
452	32	99.50%	3%

Fuente: El investigador

Figura 3.49. Histograma de la variación de voltaje Urms L2, a la entrada del motor 100Hp del compresor de amoniaco Mycom.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

En la figura 3.49. Se representa la variación de voltaje Urms de la línea L2, a la entrada del motor de 100HP del compresor de amoniaco Mycom de la planta procesadora de productos lácteos Alpina s.a. Se observa que varía +3% a -5% por

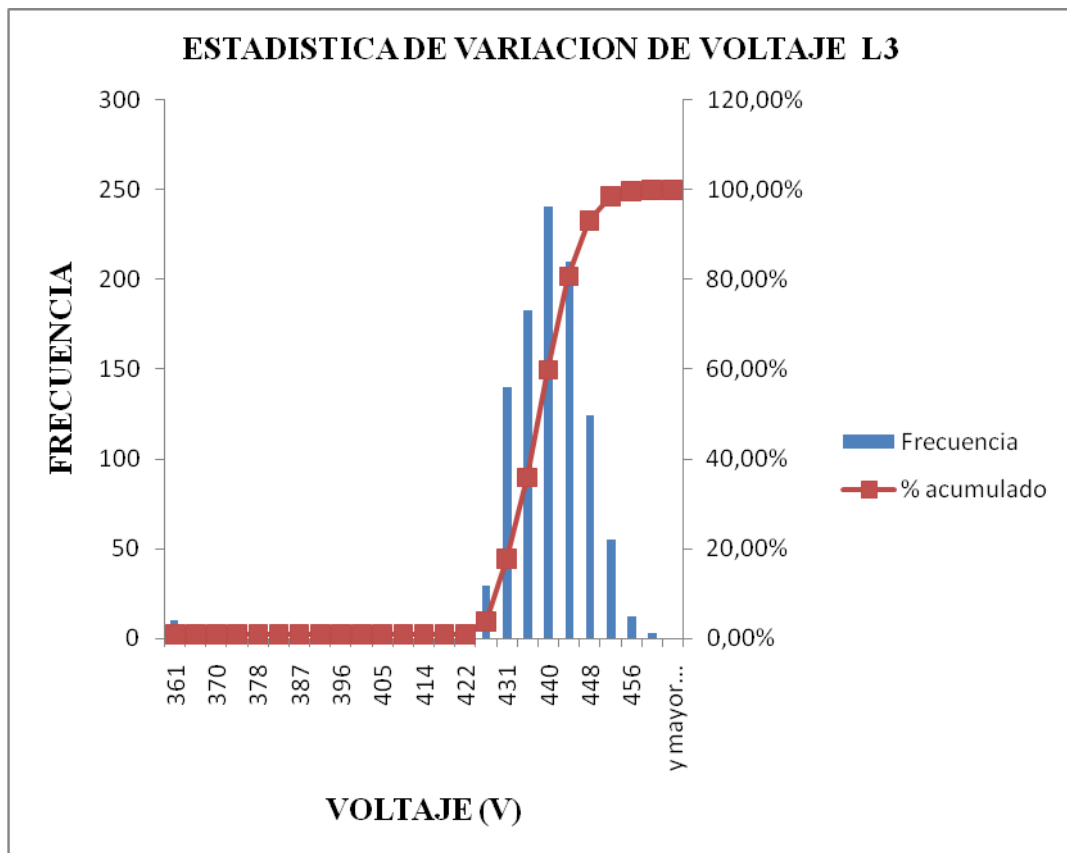
lo tanto las mediciones se encuentran dentro de los límites establecidos por la Regulación CONELEC 004/01 vigente, que establece los límites en $\pm 8,0 \%$.

Tabla 3.56. Datos del histograma de la variación de voltaje Urms L2, a la entrada del motor 100Hp del compresor de amoniaco Mycom.

Clase	Frecuencia	% acumulado	Porcentaje
422	62	7.44%	-4%
427	150	22.32%	-3%
431	252	47.32%	-2%
436	246	71.73%	-1%
440	177	89.29%	0%
444	74	96.63%	1%
448	31	99.70%	2%

Fuente: El investigador

Figura 3.50. Histograma de la variación de voltaje Urms L3, a la entrada del motor 100Hp del compresor de amoniaco Mycom.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

En la figura 3.50. Se representa la variación de voltaje Urms de la línea L3, a la entrada del motor de 100HP del compresor de amoníaco Mycom de la planta procesadora de productos lácteos Alpina s.a. Se observa que varía +5% a -4% por lo tanto las mediciones se encuentran dentro de los límites establecidos por la Regulación CONELEC 004/01 vigente, que establece los límites en $\pm 8,0 \%$.

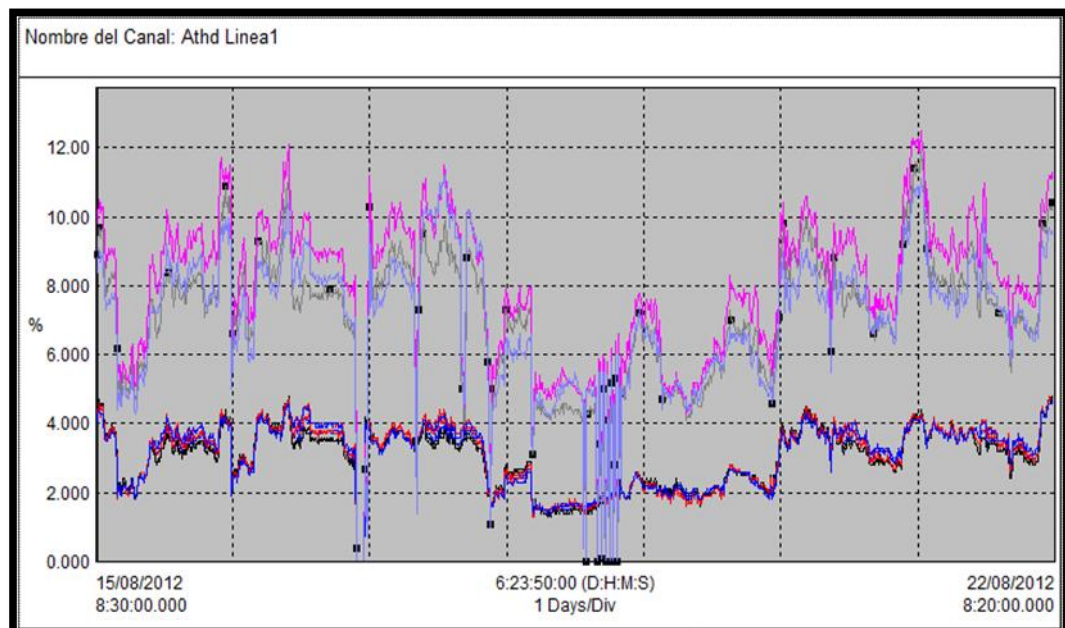
Tabla3.57. Datos del histograma de la variación de voltaje Urms L3, a la entrada del motor 100Hp del compresor de amoníaco Mycom.

Clase	Frecuencia	% acumulado	Porcentaje
427	29	3.97%	-3%
431	140	17.86%	-2%
436	183	36.01%	-1%
440	241	59.92%	0%
444	210	80.75%	1%
448	124	93.06%	2%
452	55	98.51%	3%

Fuente: El investigador

3.9.5.2 MEDICIÓN DE ARMÓNICOS (THD) DE VOLTAJE URMS

Figura 3.51. Tendencia de armónicos Thd de Arms, Urms, Vrms a la entrada del motor de compresor de 100Hp.



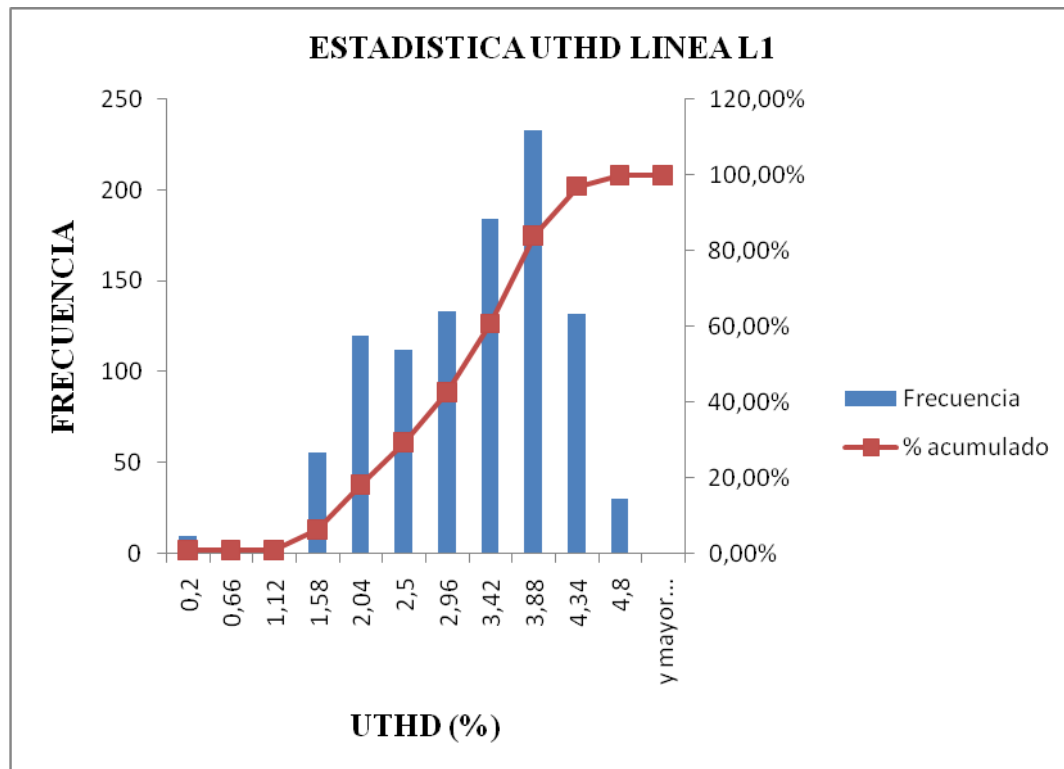
Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

Tabla: 3.58. Resumen de la tendencia de armónicos Thd de Arms, Urms, Vrms.

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Athd Linea1	15/08/2012	8:30:00.000	7.0732	0.0000	11.900	%
Athd Linea2	15/08/2012	8:30:00.000	7.9203	0.0000	12.500	%
Athd Linea3	15/08/2012	8:30:00.000	7.0490	0.0000	11.200	%
Uthd Linea1	15/08/2012	8:30:00.000	3.0182	0.0000	4.8000	%
Uthd Linea2	15/08/2012	8:30:00.000	3.1178	0.0000	4.7000	%
Uthd Linea3	15/08/2012	8:30:00.000	3.0461	0.0000	4.7000	%
Vthd Linea1	15/08/2012	8:30:00.000	2.9840	0.0000	4.8000	%
Vthd Linea2	15/08/2012	8:30:00.000	3.0673	0.0000	4.8000	%
Vthd Linea3	15/08/2012	8:30:00.000	3.0888	0.0000	4.6000	%

Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

Figura 3.52. Tendencia de armónicos Thd de Urms de la línea L1, a la entrada del motor 100Hp del compresor de amoniaco Mycom.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

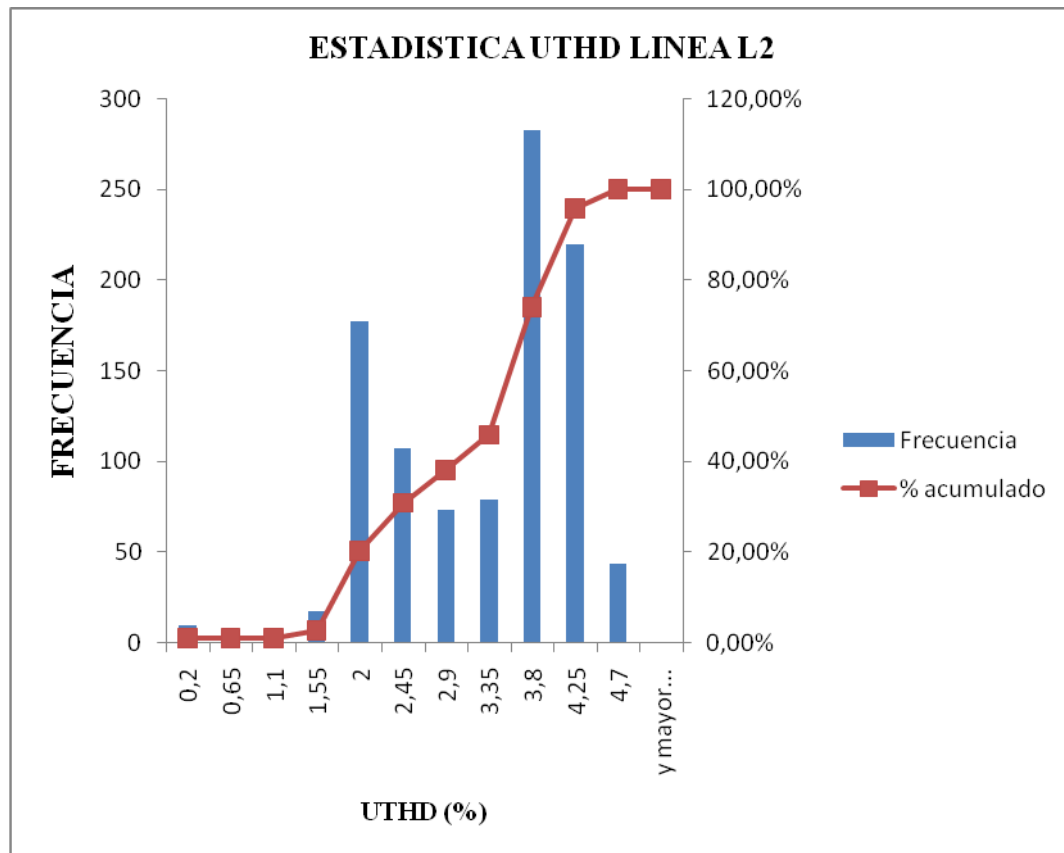
En la figura 3.52. Se representa distorsión armónica de voltaje de la línea L1 en porcentaje (%), a la entrada del motor 100HP del compresor de amoniaco Mycom. Se observa que la máxima es de 4,8%, la misma que se encuentra dentro del margen permitido por la regulación vigente CONELEC 004/01 que admite un máximo de 8% para $V \leq 40 \text{ KV}$; por lo tanto el 100% de valores medidos cumplen con la norma vigente.

Tabla 3.59. Resultados de armónicos Thd de Urms línea L1, a la entrada del motor 100Hp del compresor de amoniaco Mycom.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,2	9	0,89%
0,66	0	0,89%
1,12	0	0,89%
1,58	55	6,35%
2,04	120	18,25%
2,5	112	29,37%
2,96	133	42,56%
3,42	184	60,81%
3,88	233	83,93%
4,34	132	97,02%
4,8	30	100,00%
y mayor...	0	100,00%

Fuente: El investigador

Figura 3.53. Tendencia de armónicos Thd de Urms de la línea L2, a la entrada del motor 100Hp del compresor de amoniaco Mycom.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

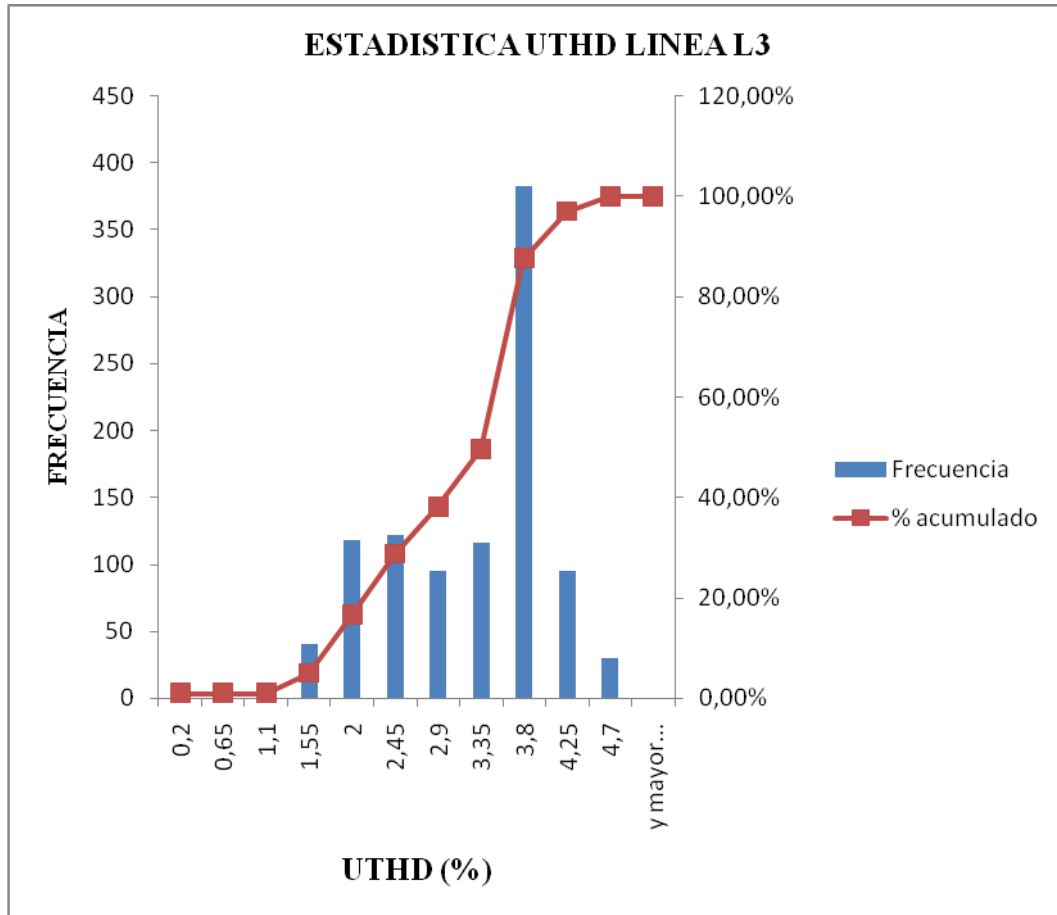
En la figura 3.53. Se representa distorsión armónica de voltaje de la línea L2 en porcentaje (%), a la entrada del motor 100HP del compresor de amoniaco Mycom de la planta procesadora de productos lácteos Alpina s.a. Se observa que la máxima es de 4,7%, la misma que se encuentra dentro del margen permitido por la regulación vigente CONELEC 004/01 que admite un máximo de 8% para $V \leq 40 \text{ KV}$; por lo tanto el 100% de valores medidos cumplen con la norma vigente.

Tabla3.60. Resultados de armónicos Thdde Urms línea L2,a la entrada del motor 100Hp del compresor de amoniaco Mycom.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,2	9	0,89%
0,65	0	0,89%
1,1	0	0,89%
1,55	17	2,58%
32	177	20,14%
2,45	107	30,75%
2,9	73	38,00%
3,35	79	45,83%
3,8	283	73,91%
4,25	220	95,73%
4,7	43	100,00%
y mayor...	0	100,00%

Fuente: El investigador

Figura 3.54. Tendencia de armónicos Thd de Urms de la línea L3, a la entrada del motor 100Hp del compresor de amoniaco Mycom.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

En la figura 3.54. Se representa distorsión armónica de voltaje de la línea L3 en porcentaje (%), a la entrada del motor 100HP del compresor. Se observa que la máxima es de 4,7%, la misma que se encuentra dentro del margen permitido por la regulación vigente CONELEC 004/01 que admite un máximo de 8% para $V \leq 40$ KV; por lo tanto el 100% de valores medidos cumplen con la norma vigente.

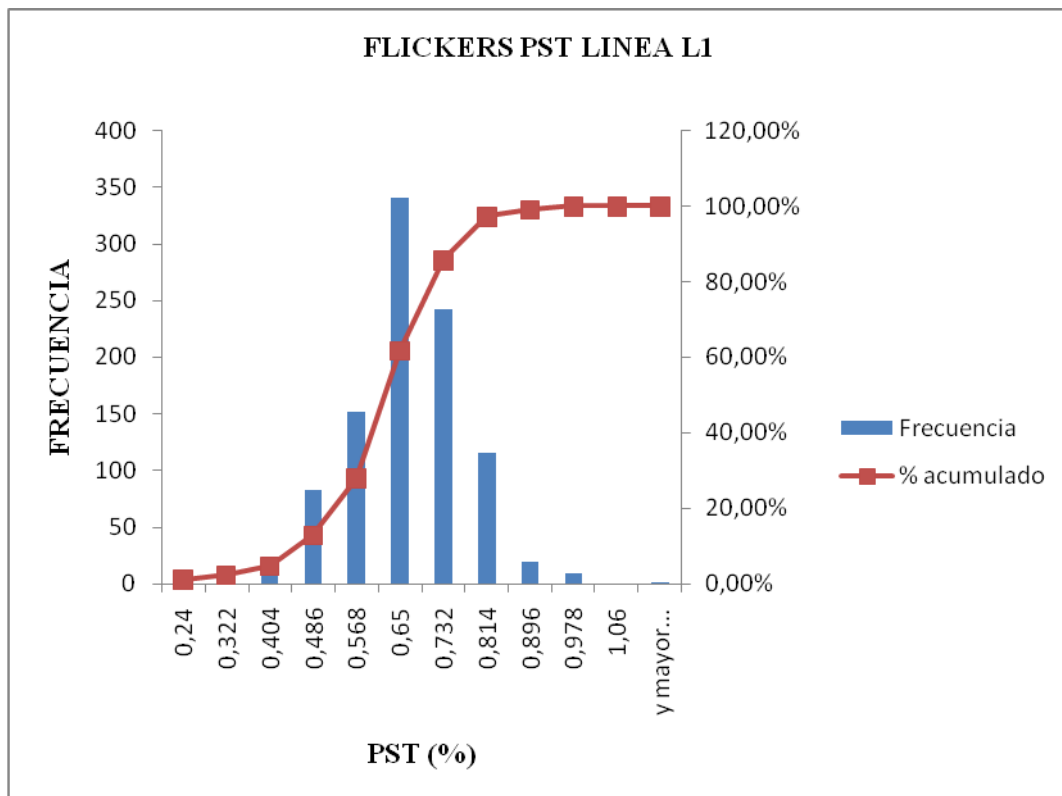
Tabla 3.61. Resultados de armónicos Thdde Urms de la línea L3, a la entrada del motor 100Hp del compresor de amoniaco Mycom.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,2	9	0,89%
0,65	0	0,89%
1,1	0	0,89%
1,55	40	4,86%
2	118	16,57%
2,45	122	28,67%
2,9	95	38,10%
3,35	116	49,60%
3,8	383	87,60%
4,25	95	97,02%
4,7	30	100,00%
y mayor...	0	100,00%

Fuente: El investigador

3.9.5.3 MEDICIÓN DE FLICKERS (PST)

Figura 3.55. Tendencia de flicker Pst de la línea L1, a la entrada del motor 100Hp del compresor de amoniaco Mycom.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

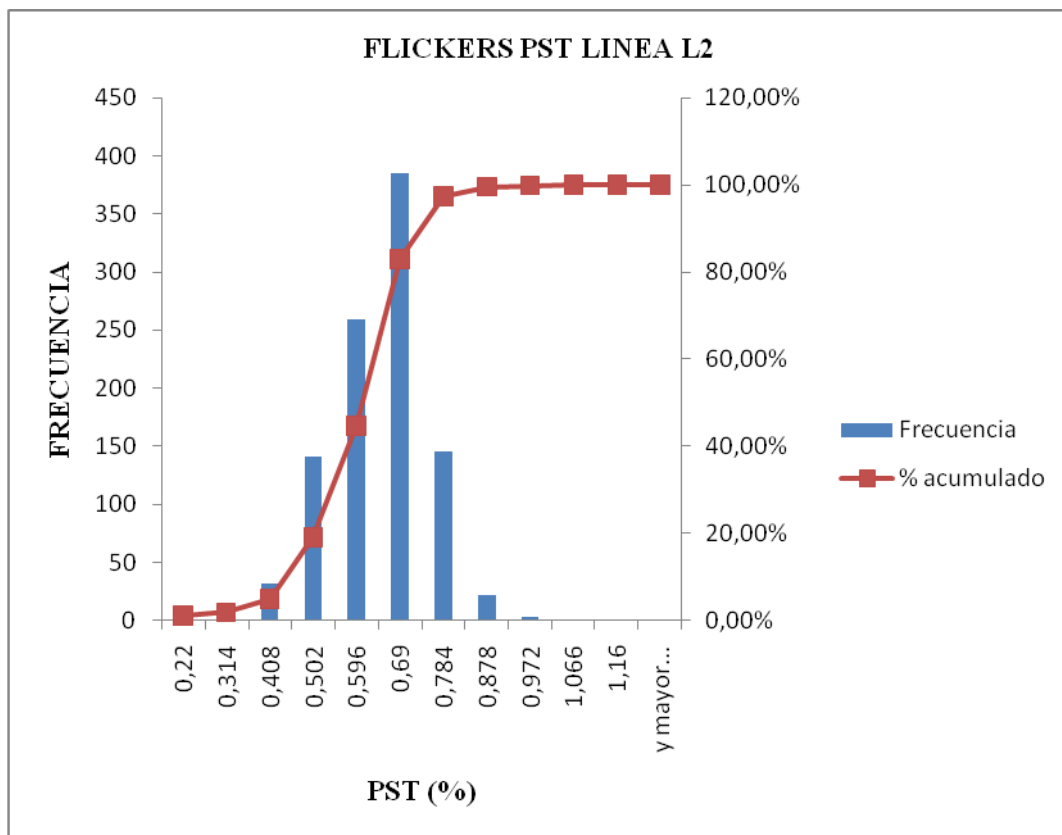
En la gráfica 3.55. Se representa el flicker de corta duración en la línea L1 a la entrada del motor de 100HP expresado en unidades. Se observa que el flicker mayor a la unidad es 1,06 y representa un total de 0,10%. Tomando en cuenta la regulación vigente CONELEC 004/01 la misma que considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de mediciones en el periodo de 7 días continuos cada 10 minutos.

Tabla 3.62. Resultados de flickers Pst de la línea L1, a la entrada del motor 100Hp del compresor de amoníaco Mycom.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,24	10	0,99%
0,322	12	2,18%
0,404	24	4,56%
0,486	83	12,80%
0,568	152	27,88%
0,65	341	61,71%
0,732	242	85,71%
0,814	115	97,12%
0,896	19	99,01%
0,978	9	99,90%
1,06	0	99,90%
1,142	1	100,00%
y mayor...	0	100,00%

Fuente: El investigador

Figura 3.56. Tendencia de flicker Pst de la línea L2, a la entrada del motor 100Hp del compresor de amoniaco Mycom.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

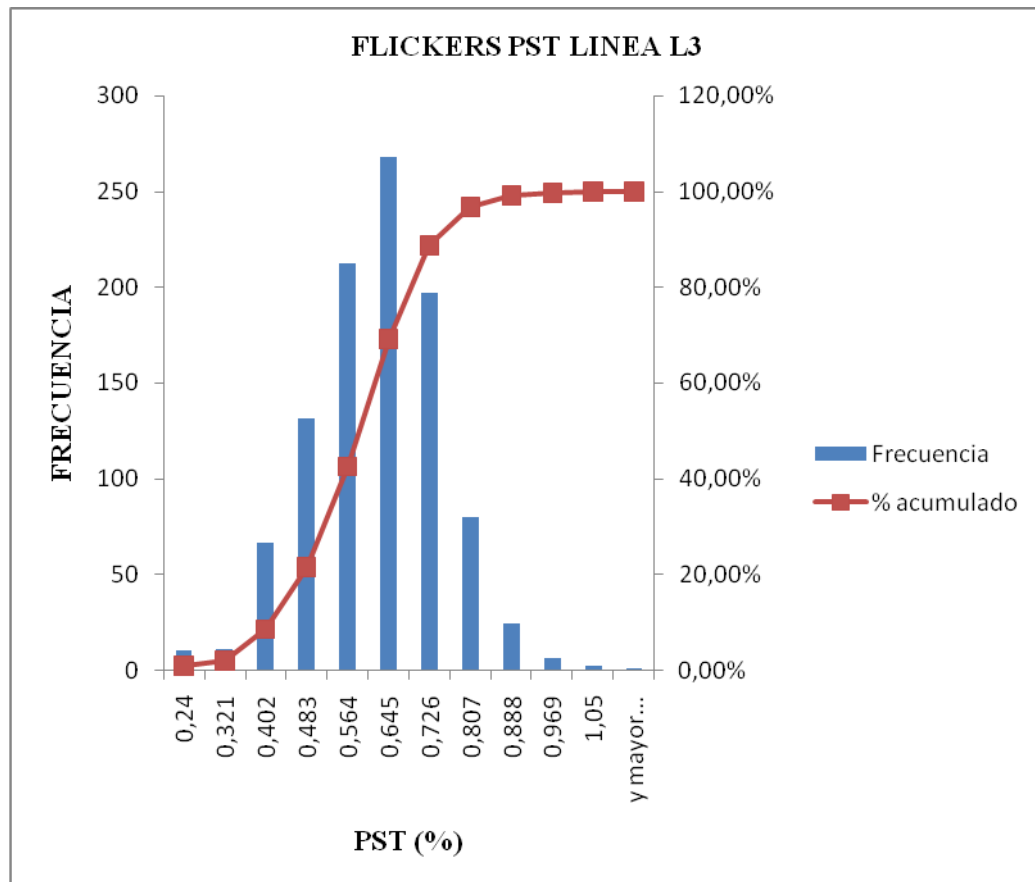
En la gráfica 3.56. Se representa el flicker de corta duración en la línea L2 a la entrada del motor de 100HP expresado en unidades. Se observa que el flicker mayor a la unidad es 1,066 y representa un total de 0,10%. Tomando en cuenta la regulación vigente CONELEC 004/01 la misma que considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de mediciones en el periodo de 7 días continuos cada 10 minutos.

Tabla 3.63. Resultados de flickers Pst de la línea L2, a la entrada del motor 100Hp del compresor de amoníaco Mycom.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,22	10	0,99%
0,314	8	1,79%
0,408	32	4,96%
0,502	141	18,95%
0,596	259	44,64%
0,69	385	82,84%
0,784	146	97,32%
0,878	22	99,50%
0,972	3	99,80%
1,066	1	99,90%
1,16	1	100,00%
y mayor...	0	100,00%

Fuente: El investigador

Figura 3.57. Tendencia de flicker Pst de la línea L3, a la entrada del motor 100Hp del compresor de amoníaco Mycom.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

En la gráfica 3.57. Se representa el flicker de corta duración en la línea L3 a la entrada del motor de 100HP expresado en unidades. Se observa que el flicker mayor a la unidad es 1,05 y representa un total de 0,10%. Tomando en cuenta la regulación vigente CONELEC 004/01 la misma que considera incumplimiento si supera el valor de 1 en un porcentaje superior al 5% de mediciones en el periodo de 7 días continuos cada 10 minutos.

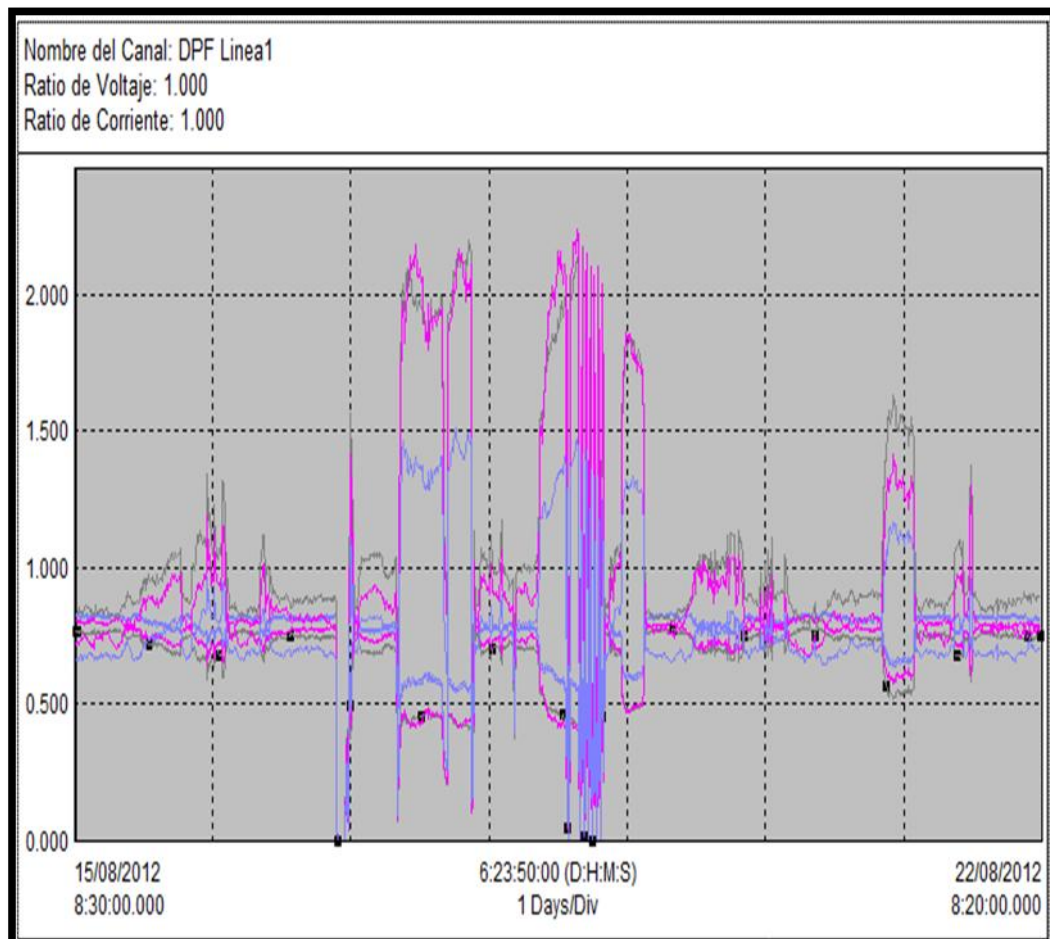
Tabla 3.64. Resultados de flickers Pst de la línea L3, a la entrada del motor 100Hp del compresor de amoniacó Mycom.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,24	10	0,99%
0,321	11	2,08%
0,402	66	8,63%
0,483	131	21,63%
0,564	212	42,66%
0,645	268	69,25%
0,726	197	88,79%
0,807	80	96,73%
0,888	24	99,11%
0,969	6	99,70%
1,05	2	99,90%
y mayor...	1	100,00%

Fuente: El investigador

3.9.5.4 MEDICIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA (FP)

Figura 3.58. Tendencia del factor de potencia Fp a la entrada al motor del compresor de 100Hp.



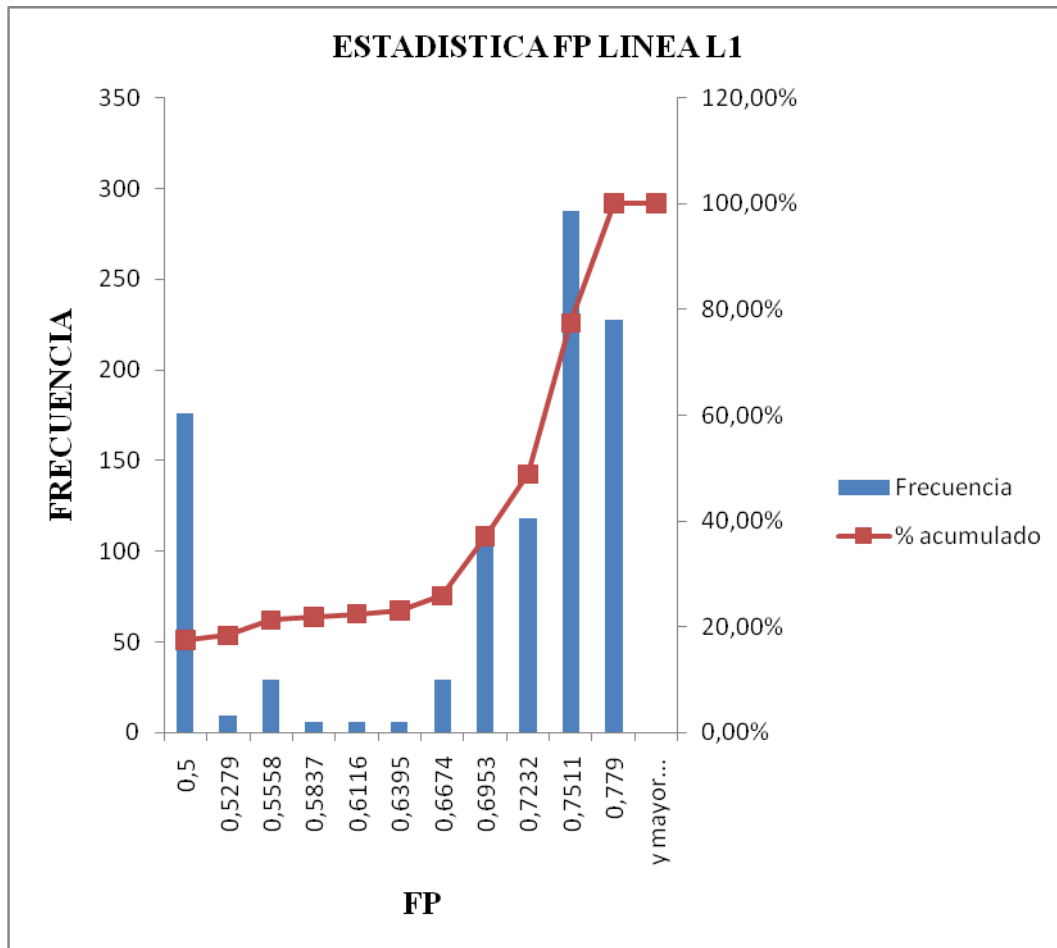
Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

Tabla: 3.65. Resumen de la tendencia del factor de potencia Fp.

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
DPF Linea1	15/08/2012	8:30:00.000	0.662	0.0000	0.782	
DPF Linea2	15/08/2012	8:30:00.000	0.689	0.0000	0.826	
DPF Linea3	15/08/2012	8:30:00.000	0.744	0.0000	0.839	
PF Linea1	15/08/2012	8:30:00.000	0.659	0.0000	0.779	
PF Linea2	15/08/2012	8:30:00.000	0.686	0.0000	0.821	
PF Linea3	15/08/2012	8:30:00.000	0.735	0.0000	0.831	
Tan Linea1	15/08/2012	8:30:00.000	1.0659	0.0000	2.2010	
Tan Linea2	15/08/2012	8:30:00.000	0.992	0.0000	2.2370	
Tan Linea3	15/08/2012	8:30:00.000	0.810	0.0000	1.5090	

Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

Figura 3.59. Histograma de tendencia del Fp de la línea L1, a la entrada del motor de 100Hp del compresor de amoniaco Mycom.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

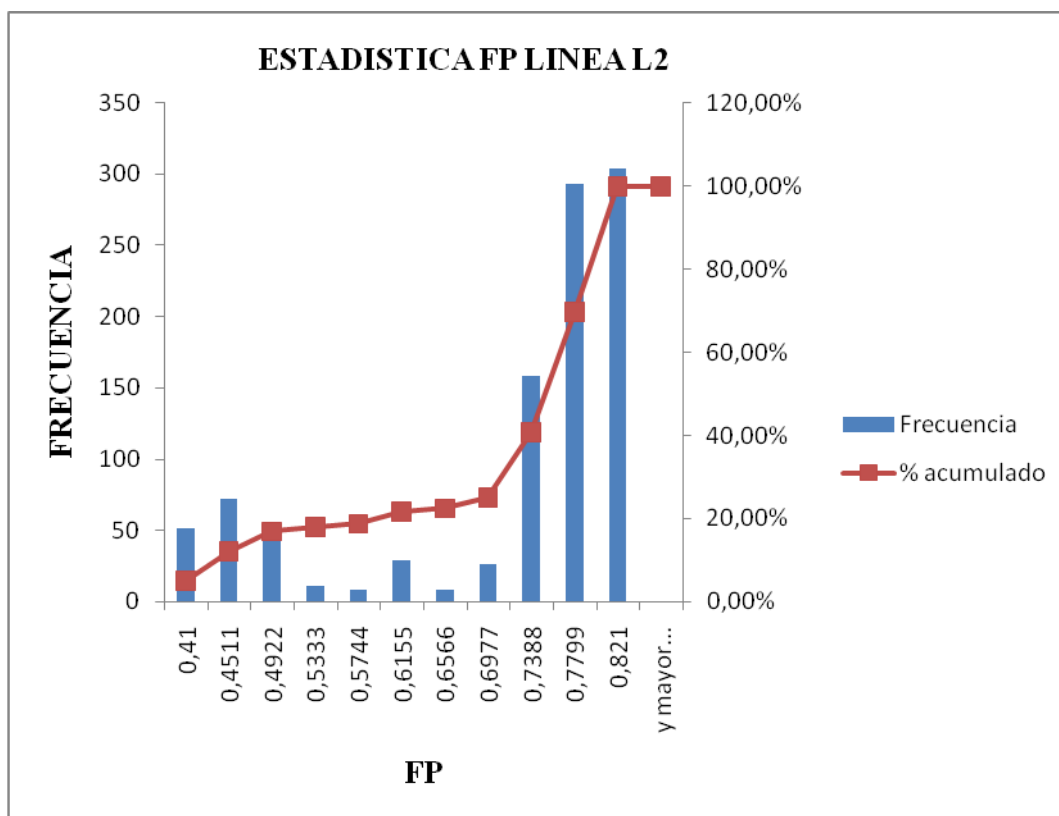
Tomando en cuenta la regulación vigente CONELEC 004/01; referente al F.P. manifiesta. Si en el 5% más del período evaluado el valor del factor de potencia es inferior a 0,92, el consumidor está incumpliendo con el índice de calidad. En este caso existen el 100,00% de las medidas esta fuera del límite permitido; No cumple con la regulación del CONELEC 004/01.

Tabla 3.66. Datos del histograma y distribución acumulada del Fp de la línea L1, a la entrada del motor de 100Hp del compresor de amoniaco Mycom.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,6674	29	25,89%
0,6953	113	37,10%
0,7232	118	48,81%
0,7511	288	77,38%
0,779	228	100,00%

Fuente: El investigador

Figura 3.60. Histograma de tendencia del Fp de la línea L2, a la entrada del motor de 100Hp del compresor de amoniaco Mycom.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

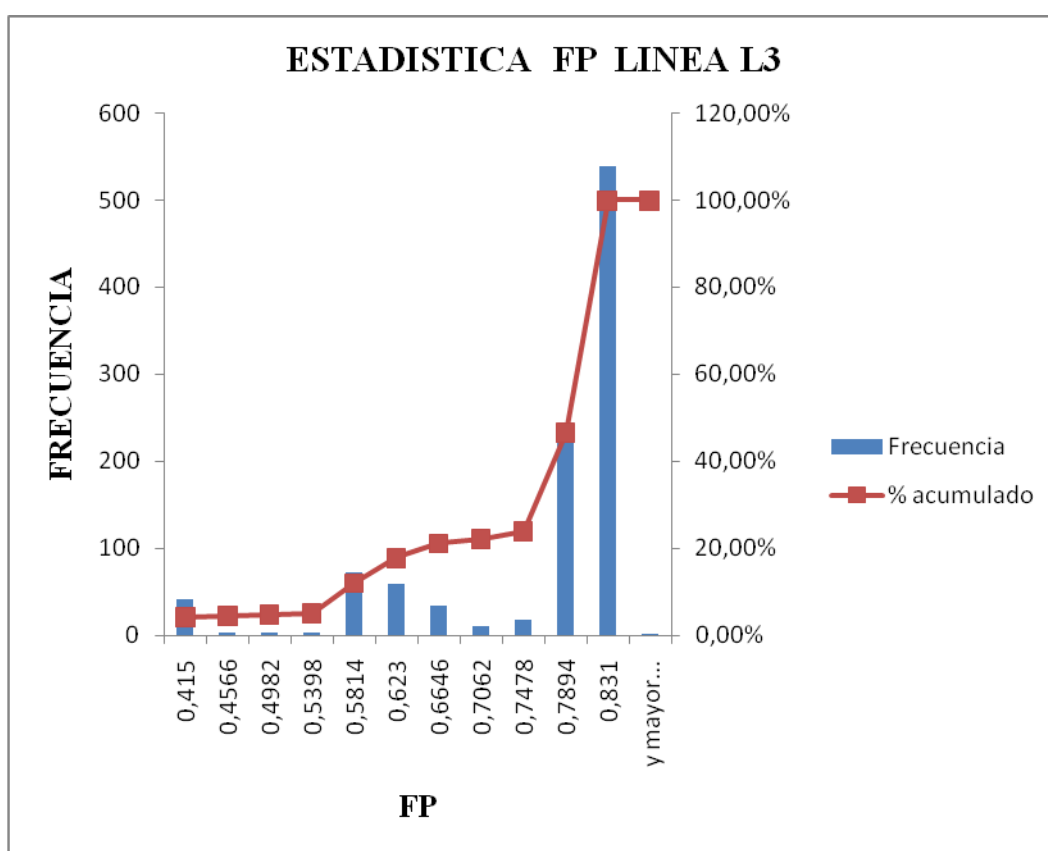
Tomando en cuenta la regulación vigente CONELEC 004/01; referente al F.P. manifiesta. Si en el 5% más del período evaluado el valor del factor de potencia es inferior a 0,92, el consumidor está incumpliendo con el índice de calidad. En este caso existen el 100,00% de las medidas esta fuera del límite permitido; No cumple con la regulación del CONELEC 004/01.

Tabla 3.67. Datos del histograma y distribución acumulada del Fp,a la entrada del motor de 100Hp del compresor de amoniaco Mycom.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,6977	26	25,10%
0,7388	158	40,77%
0,7799	293	69,84%
0,821	304	100,00%

Fuente: El investigador

Figura 3.61. Histograma de tendencia del Fp en la línea L3, a la entrada del motor de 100Hp del compresor de amoniaco Mycom.



Fuente: Analizador de energía POWER PAD 3945-B

Tomando en cuenta la regulación vigente CONELEC 004/01; referente al F.P. manifiesta. Si en el 5% más del período evaluado el valor del factor de potencia es inferior a 0,92, el consumidor está incumpliendo con el índice de calidad. En este caso existen el 100,00% de las medidas esta fuera del límite permitido; No cumple con la regulación del CONELEC 004/01.

Tabla 3.68. Datos del histograma y distribución acumulada del Fp de la línea L3,a la entrada del motor de 100Hp del compresor de amoniaco Mycom.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,7478	17	23,81%
0,7894	229	46,53%
0,831	538	99,90%

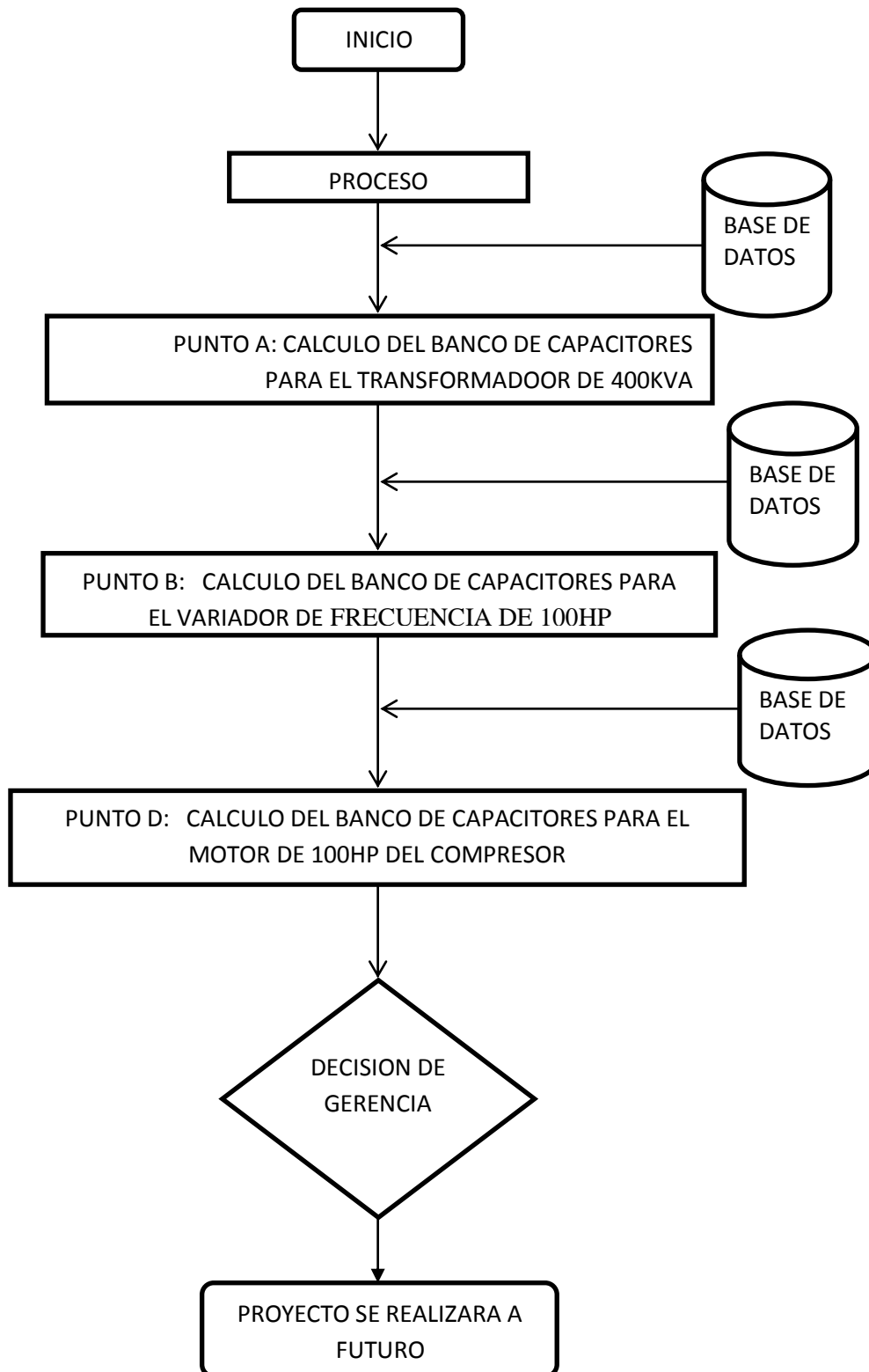
Fuente: El investigador

3.10. PROPUESTA PARA MEJORAR LA CALIDAD DE ENERGÍA EN LA PLANTA PROCESADORA DE PRODUCTOS LÁCTEOS ALPINA S.A.

Realizado el análisis de los datos obtenidos en los puntos de medición que son: transformador de 400KVA (A), el variador de frecuencia de 100HP que está ubicado a la entrada al motor de 100HP (B), transformador de 112KVA (C) y a la entrada de la alimentación del compresor de amoniaco (D); se puede observar claramente un alto contenido de armónicos de voltaje, bajo factor de potencia y desbalance de cargas, en este capítulo se indica las soluciones para la atenuación de armónicos, mejorar el factor de potencia y criterios para balancear cargas.

En un circuito que está alimentado con corriente alterna, el factor de potencia, los armónicos y otras perturbaciones que afectan el normal funcionamiento. En un circuito industrial es prioritario conocer las causas que provocan y las desventajas que producen la presencia de los mismos.

3.10.1. FLUJOGRAMA PARA EL PROCESO CORRECTIVO



3.10.3. SOLUCIONES PARA EL PRIMER PUNTO (A)

Está ubicado en el área de distribución principal, en este punto se realizó mediciones con el analizador POWER-PAD y se realizó el respectivo análisis obteniendo los siguientes resultados, los problemas encontrados son: bajo factor de potencia, distorsión armónica de voltaje.

3.10.3.1. Atenuación de armónicos y mejora del factor de potencia punto (A)

En el punto se encuentra ubicado el transformador de 400KVA, el cual alimenta a toda la planta procesadora de productos lácteos, por lo tanto todos los armónicos generados en ella son producidas por las cargas no lineales que distorsionan la forma de onda sinusoidal.

Realizamos el cálculo con la potencia máxima:

$$P \text{ máx.} = 108,34\text{KW}$$

$$Fp1 = 0,81$$

$$Fp2 = 0,98$$

$$\theta_1 = \cos^{-1} \times Fp1 \quad \theta_2 = \cos^{-1} \times Fp2$$

$$\theta_1 = \cos^{-1} \times (0,81) \quad \theta_2 = \cos^{-1} \times (0,98)$$

$$\theta_1 = 35,90$$

$$\theta_2 = 11,47$$

Calculamos las potencias reactivas con los factores de potencia actual y con el que se requiere.

$$Q1 = P \text{ máx.} \times \text{tg } \theta_1$$

$$Q1 = 108,34 \times \text{tg } (35,90)$$

$$Q1 = 78,42\text{KVAR}$$

$$Q2 = P \text{ máx.} \times \text{tg } \theta_2$$

$$Q2 = 108,34 \times \text{tg } (11,47)$$

$$Q2 = 2,32\text{KVAR}$$

Calculamos la potencia que se necesita compensar:

$$Q_c = Q_1 - Q_2$$

$$Q_c = 78,42 - 2,32$$

$$Q_c = 76,12\text{KVAR}$$

Realizamos el cálculo con la potencia mínima:

$$P_{\text{min.}} = 5,64\text{KW}$$

$$F_{p1} = 0,81$$

$$F_{p2} = 0,98$$

$$\theta_1 = \cos^{-1} \times F_{p1} \quad \theta_2 = \cos^{-1} \times F_{p2}$$

$$\theta_1 = \cos^{-1} \times (0,81) \quad \theta_2 = \cos^{-1} \times (0,98)$$

$$\theta_1 = 35,90$$

$$\theta_2 = 11,47$$

Calculamos las potencias reactivas con los factores de potencia actual y con el que se requiere.

$$Q_1 = P_{\text{min.}} \times \text{tg } \theta_1$$

$$Q_2 = P_{\text{min.}} \times \text{tg } \theta_2$$

$$Q_1 = 5,64 \times \text{tg } (35,90)$$

$$Q_2 = 2,64 \times \text{tg } (11,47)$$

$$Q_1 = 4,08\text{KVAR}$$

$$Q_2 = 1,14\text{KVAR}$$

Calculamos la potencia que se necesita compensar:

$$Q_c = Q_1 - Q_2$$

$$Q_c = 74,08 - 1,14$$

$$Q_c = 2,94\text{KVAR}$$

Tabla 3.69. Resumen del cálculo del banco de capacitores

PUNTOS	BANCO DE CAPACITORES CON POTENCIA MAXIMA	BANCO DE CAPACITORES CON POTENCIA MINIMA
PUNTO A	76,12KVAR	2,94KVAR

Fuente: El investigador

De acuerdo a este cálculo se debe instalar un banco switchable de 2,94KVAR a 76,12KVAR que son calculados con potencia mínima y máxima: cabe indicar en este punto analizado, en la actualidad tenemos instalado un banco de 150KVAR automático pero se encuentra quemado un paso de 16KVAR lo que quiere decir que se tiene 144KVAR actuales, lo que quiere decir que a estos hay que sumar los 76KVAR calculados que nos daría un total de 220KVAR, este valor no se encuentra en el mercado se aproxima a 225KVAR, el cuál realizará la función de compensación global, este banco de capacitores automático debe estar en capacidad de eliminar armónicos y contribuir a mejorar el factor de potencia (Fp).

Es importante hacer notar los parámetros que se necesitan para el dimensionamiento del filtro son: nivel de voltaje en donde se va instalar el equipo y la potencia reactiva que se va a manejar.

3.10.4 SOLUCIONES PARA EL SEGUNDO PUNTO (B)

Este punto se encuentra ubicado el variador de frecuencia de 100HP que controla todo el proceso de fabricación de la línea aséptica UTH de la planta procesadora de productos lácteos de Alpina s.a., realizando el análisis se obtiene los siguientes problemas como son: Bajo factor de potencia Fp, distorsión armónica de voltaje.

3.10.4.1 Atenuación de armónicos y mejora del factor de potencia punto (B)

Realizado el análisis en el segundo punto (B) donde se encuentra instalado el variador de frecuencia de 100HP se obtuvo un valor promedio del factor de potencia $FP= 7,90$.

Y como la norma de la regulación del CONELEC 004/01 nos sugiere que debe estar sobre los 0,92, se desea subir el valor promedio de 0,98.

Realizamos el cálculo con la potencia máxima:

$$P \text{ máx.} = 7,91\text{KW}$$

$$Fp1 = 0,69$$

$$Fp2 = 0,98$$

$$\varnothing1 = \text{Cos}^{-1} \times Fp1 \quad \varnothing2 = \text{Cos}^{-1} \times Fp2$$

$$\varnothing1 = \text{Cos}^{-1} \times (0,69) \quad \varnothing2 = \text{Cos}^{-1} \times (0,98)$$

$$\varnothing1 = 46,36$$

$$\varnothing2 = 11,47$$

Calculamos las potencias reactivas con los factores e potencia actual y con el que se requiere.

$$Q1 = P \text{ máx.} \times \text{tg } \varnothing1$$

$$Q2 = P \text{ máx.} \times \text{tg } \varnothing2$$

$$Q1 = 7,91 \times \text{tg } (46,36)$$

$$Q2 = 7,91 \times \text{tg } (11,47)$$

$$Q1 = 8,29\text{KVAR}$$

$$Q2 = 1,60\text{KVAR}$$

Calculamos la potencia que se necesita compensar:

$$Qc = Q1 - Q2$$

$$Qc = 8,29 - 1,60$$

$$Qc = 6,69\text{KVAR}$$

Realizamos el cálculo con la potencia mínima:

$$P \text{ min.} = 0,16\text{KW}$$

$$Fp1 = 0,69$$

$$Fp2 = 0,98$$

$$\varnothing1 = \text{Cos}^{-1} \times Fp1 \quad \varnothing2 = \text{Cos}^{-1} \times Fp2$$

$$\varnothing1 = \text{Cos}^{-1} \times (0,69) \quad \varnothing2 = \text{Cos}^{-1} \times (0,98)$$

$$\varnothing1 = 46,36 \quad \varnothing2 = 11,47$$

Calculamos las potencias reactivas con los factores de potencia actual y con el que se requiere.

$$Q1 = P \text{ min.} \times \text{tg } \phi 1$$

$$Q2 = P \text{ min.} \times \text{tg } \phi 2$$

$$Q1 = 0,16 \times \text{tg } (46,36)$$

$$Q2 = 0,16 \times \text{tg } (11,47)$$

$$Q1 = 0,16 \text{KVAR}$$

$$Q2 = 0,03 \text{KVAR}$$

Calculamos la potencia que se necesita compensar:

$$Qc = Q1 - Q2$$

$$Qc = 0,16 - 0,03$$

$$Qc = 0,13 \text{KVAR}$$

Tabla 3.70. Resumen del cálculo del banco de capacitores

PUNTOS	BANCO DE CAPACITORES CON POTENCIA MAXIMA	BANCO DE CAPACITORES CON POTENCIA MINIMA
PUNTO B	6,68KVAR	0,13KVAR

Fuente: El investigador

De acuerdo a este cálculo se debe instalar un banco switchable de 0,13KVAR a 6,69KVAR que son calculados con potencia mínima y máxima, este valor no se encuentra en el mercado se aproxima a 7,5KVAR, el cuál realizará la función de compensación global, este banco de capacitores automático debe estar en capacidad de eliminar armónicos y contribuir a mejorar el factor de potencia (Fp).

Switchable quiere decir que es equipo de control automático que entre y salga de acuerdo a la necesidad de potencia reactiva que necesita compensar, el cuál debe ser instalado a la entrada del variador de frecuencia que controla el proceso de fabricación de la línea aséptica.

3.10.5. SOLUCIONES PARA EL TERCER PUNTO (C)

En este tercer punto se encuentra el transformador de 112,5KVA, está ubicado en el área principal de distribución y de acuerdo al análisis realizado se ha detectado los siguientes problemas como son: parpadeos o flickers

3.10.5.1. Atenuación de armónicos y mejora del factor de potencia punto (C)

Realizando el análisis en punto C se encuentra que los parámetros como son:

- Variación de voltaje
- Distorsión armónica de voltaje
- Factor de potencia

Realizamos el cálculo con la potencia máxima:

$$P \text{ máx.} = 23361,45\text{KW}$$

$$Fp1 = 0,94$$

$$Fp2 = 0,98$$

$$\varnothing1 = \text{Cos}^{-1} \times Fp1 \quad \varnothing2 = \text{Cos}^{-1} \times Fp2$$

$$\varnothing1 = \text{Cos}^{-1} \times (0,94) \quad \varnothing2 = \text{Cos}^{-1} \times (0,98)$$

$$\varnothing1 = 19,94$$

$$\varnothing2 = 11,47$$

Calculamos las potencias reactivas con los factores e potencia actual y con el que se requiere.

$$Q1 = P \text{ máx.} \times \text{tg } \varnothing1$$

$$Q2 = P \text{ máx.} \times \text{tg } \varnothing2$$

$$Q1 = 23361,45 \times \text{tg } (19,94)$$

$$Q2 = 23361,45 \times \text{tg } (11,47)$$

$$Q1 = 8,47\text{KVAR}$$

$$Q2 = 4,73\text{KVAR}$$

Calculamos la potencia que se necesita compensar:

$$Q_c = Q_1 - Q_2$$

$$Q_c = 8,47 - 4,73$$

$$Q_c = 3,74\text{KVAR}$$

Realizamos el cálculo con la potencia mínima:

$$P_{\text{min.}} = 4,13\text{KW}$$

$$F_{p1} = 0,94$$

$$F_{p2} = 0,98$$

$$\theta_1 = \text{Cos}^{-1} \times F_{p1} \quad \theta_2 = \text{Cos}^{-1} \times F_{p2}$$

$$\theta_1 = \text{Cos}^{-1} \times (0,94) \quad \theta_2 = \text{Cos}^{-1} \times (0,98)$$

$$\theta_1 = 19,94 \quad \theta_2 = 11,47$$

Calculamos las potencias reactivas con los factores e potencia actual y con el que se requiere.

$$Q_1 = P_{\text{min.}} \times \text{tg } \theta_1$$

$$Q_2 = P_{\text{min.}} \times \text{tg } \theta_2$$

$$Q_1 = 4,13 \times \text{tg } (19,94)$$

$$Q_2 = 4,13 \times \text{tg } (11,47)$$

$$Q_1 = 1,49\text{KVAR}$$

$$Q_2 = 0,83\text{KVAR}$$

Calculamos la potencia que se necesita compensar:

$$Q_c = Q_1 - Q_2$$

$$Q_c = 1,49 - 0,83$$

$$Q_c = 0,66\text{KVAR}$$

Tabla 3.71. Resumen del cálculo del banco de capacitores

PUNTOS	BANCO DE CAPACITORES CON POTENCIA MAXIMA	BANCO DE CAPACITORES CON POTENCIA MINIMA
PUNTO C	3,74KVAR	0,66KVAR

Fuente: El investigador

Realizado el análisis se define que todos los parámetros están dentro de los límites de las normas aplicadas para su análisis como son las normas del CONELEC 004/01 como son: distorsión armónica de voltaje, factor de potencia, flickers.

3.10.6. SOLUCIONES PARA EL CUARTO PUNTO (D)

Realizado el análisis de los datos obtenidos en las mediciones con el analizador de redes a la entrada al motor de 100Hp que acciona al compresor de amoniaco Mycom, se encuentra un solo problema bajo factor de potencia Fp. El cual se dará solución con banco de capacitores para mejorar el factor de potencia.

3.10.6.1 Atenuación de armónicos y mejora del factor de potencia punto (D).

Realizamos el cálculo con la potencia máxima:

$$P \text{ máx.} = 252,12\text{KW}$$

$$Fp1 = 0,75$$

$$Fp2 = 0,98$$

$$\varnothing1 = \text{Cos}^{-1} \times Fp1 \quad \varnothing2 = \text{Cos}^{-1} \times Fp2$$

$$\varnothing1 = \text{Cos}^{-1} \times (0,75) = 41,40$$

$$\varnothing2 = \text{Cos}^{-1} \times (0,98) = 11,47$$

Calculamos las potencias reactivas con los factores e potencia actual y con el que se requiere.

$$Q1 = P \text{ máx.} \times \text{tg } \varnothing1$$

$$Q2 = P \text{ máx.} \times \text{tg } \varnothing2$$

$$Q1 = 252,12 \times \text{tg } (41,40)$$

$$Q2 = 252,12 \times \text{tg } (11,47)$$

$$Q1 = 222,2\text{KVAR}$$

$$Q2 = 51,15\text{KVAR}$$

Calculamos la potencia que se necesita compensar:

$$Qc = Q1 - Q2$$

$$Qc = (222,2 - 51,15)\text{KVAR}$$

$$Q_c = 171,05\text{KVAR}$$

Realizamos el cálculo con la potencia mínima:

$$P_{\text{min.}} = 25\text{KW}$$

$$F_{p1} = 0,75$$

$$F_{p2} = 0,98$$

$$\phi_1 = \cos^{-1} \times F_{p1} \quad \phi_2 = \cos^{-1} \times F_{p2}$$

$$\phi_1 = \cos^{-1} \times (0,75) = 41,40 \quad \phi_2 = \cos^{-1} \times (0,98) = 11,47$$

Calculamos las potencias reactivas con los factores e potencia actual y con el que se requiere.

$$Q_1 = P_{\text{min.}} \times \text{tg } \phi_1$$

$$Q_2 = P_{\text{min.}} \times \text{tg } \phi_2$$

$$Q_1 = 25 \times \text{tg } (41,40) \quad Q_2 = 25 \times \text{tg } (11,47)$$

$$Q_1 = 22,0\text{KVAR}$$

$$Q_2 = 5,07\text{KVAR}$$

Calculamos la potencia que se necesita compensar:

$$Q_c = Q_1 - Q_2$$

$$Q_c = (22 - 5,07)\text{KVAR}$$

$$Q_c = 16,93\text{KVAR}$$

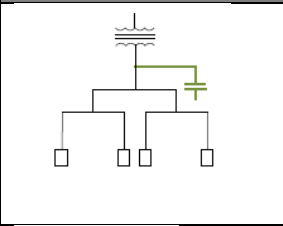
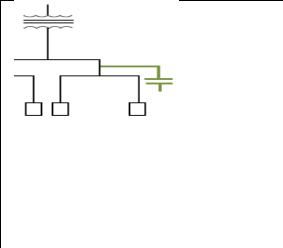
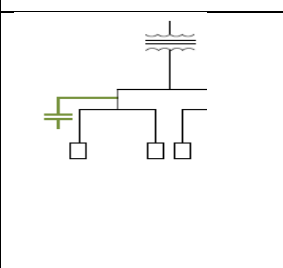
Tabla 3.72. Resumen del cálculo del banco de capacitores

PUNTOS	BANCO DE CAPACITORES CON POTENCIA MAXIMA	BANCO DE CAPACITORES CON POTENCIA MINIMA
PUNTO D	171,05KVAR	16,93KVAR

Fuente: El investigador

De acuerdo a este cálculo se debe instalar un banco switchable de 16,93KVAR a 171,05KVAR que son calculados con potencia mínima y máxima, este valor no se encuentra en el mercado se aproxima a 175KVAR, el cuál realizará la función de compensación global, este banco de capacitores automático debe estar en capacidad de eliminar armónicos y contribuir a mejorar el factor de potencia.

3.10.7. ÁREAS DONDE SE REALIZARÁ CORRECTIVOS

ÁREA	ELEMENTO	COSTO	FIGURA
PUNTO: A Tablero principal de distribución transformador de 400KVA.	-Banco de capacitores automático de 75KVAR	\$ 3.500	
PUNTO: B Tablero de control del Stork, variador de frecuencia 100Hp.	-Banco de capacitores automático de 7,5KVAR	\$ 500	
PUNTO: D Tablero de control del compresor amoniaco Mycom	-Banco de capacitores automático de 175KVAR	\$ 8.800	

3.11. REGULACIÓN DE VOLTAJE

Un sistema de potencia bien diseñado debe ser capaz de entregar un servicio confiable y de calidad. Entre los aspectos que caracterizan una buena calidad de servicio están, la adecuada regulación del voltaje así como de la frecuencia. El Control de Voltaje tiene como objetivo mantener los niveles de voltaje dentro de límite razonables

3.11.1. REGULACIÓN DE VOLTAJE EN EL PUNTO A – B

$$R\% = \frac{V_{fuente} - V_{carga}}{V_{fuente}} \times 100 ; \quad \Delta V = V_{fuente} - V_{carga}$$

Tabla: 3.73.Regulación de voltaje en el punto A-B

N.-	HORA S	VOLTAJE DE LA FUENTE, MEDIDO TRANSFORMADOR 400KVA	VOLTAJE MEDIDO A LA ENTRADA AL VARIADOR DE FRECUENCIA 100HP	ΔV	$\frac{V_{fuente} - V_{carga}}{V_{fuente}} \times 100$
1	6:00	444,7	441	3,7	0,8320
2	7:00	443,9	441,2	2,7	0,6082
3	8:00	443,8	440,7	3,1	0,6985
4	9:00	444,9	442,40	2,5	0,5619
5	10:00	445,7	442,56	3,14	0,7045
6	11:00	443,90	440,23	3,67	0,8268
7	12:00	444,80	441,07	3,73	0,8386
8	13:00	446,90	443,03	3,87	0,8660
9	14:00	445,80	442,78	3,02	0,6774
10	15:00	445,78	443,89	1,89	0,4240
11	16:00	446,54	444,03	2,51	0,5621
12	17:00	445,68	443,98	1,7	0,3814
13	18:00	446,90	442,60	4,3	0,9622
14	19:00	444,70	441,00	3,7	0,8320
15	20:00	444,20	440,90	3,3	0,7429
16	21:00	447,60	445,30	2,3	0,5139
17	22:00	443,90	440,90	3	0,6758
18	23:00	443,20	440,30	2,9	0,6543
19	0:00	444,70	441,60	3,1	0,6971
20	1:00	446,10	442,30	3,8	0,8518
21	2:00	449,10	445,80	3,3	0,7348
22	3:00	448,30	444,40	3,9	0,8700
23	4:00	441,30	438,20	3,1	0,7025
24	5:00	444,60	441,10	3,5	0,7872

Fuente: El investigador

3.11.2. REGULACIÓN DE VOLTAJE EN EL PUNTO A – D

$$R\% = \frac{V_{\text{fuente}} - V_{\text{carga}}}{V_{\text{fuente}}} \times 100 \quad \Delta V = V_{\text{fuente}} - V_{\text{carga}}$$

Tabla: 3.74. Regulación de voltaje en el punto A-D

N.-	HORAS	VOLTAJE DE LA FUENTE, MEDIDO TRANSFORMADOR 400KVA	VOLTAJE MEDIDO A LA ENTRADA AL VARIADOR FRECUENCIA 100HP	ΔV	$\frac{V_{\text{fuente}} - V_{\text{carga}}}{V_{\text{fuente}}} \times 100$
1	6:00	434,80	428,10	6,70	1,54
2	7:00	433,70	428,60	5,10	1,18
3	8:00	430,70	427,80	2,90	0,67
4	9:00	437,00	434,20	2,80	0,64
5	10:00	440,30	437,10	3,20	0,73
6	11:00	435,00	434,90	0,10	0,02
7	12:00	439,60	437,10	2,50	0,57
8	13:00	440,70	436,40	4,30	0,98
9	14:00	440,50	437,20	3,30	0,75
10	15:00	432,40	428,20	4,20	0,97
11	16:00	431,00	426,30	4,70	1,09
12	17:00	442,60	439,10	3,50	0,79
13	18:00	444,90	439,90	5,00	1,12
14	19:00	444,70	437,20	7,50	1,69
15	20:00	444,20	438,10	6,10	1,37
16	21:00	444,60	439,50	5,10	1,15
17	22:00	443,90	438,60	5,30	1,19
18	23:00	443,20	438,50	4,70	1,06
19	0:00:00	444,70	439,60	5,10	1,15
20	1:00	446,10	440,40	5,70	1,28
21	2:00	446,10	441,20	4,90	1,10
22	3:00	448,30	441,80	6,50	1,45
23	4:00	441,30	435,70	5,60	1,27
24	5:00	436,70	434,60	2,10	0,48

Fuente: El investigador

3.12. CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO

Se conoce que la Corriente de Cortocircuito se la puede calcular mediante la expresión:

$I_{cc} = \frac{V_{pu}}{X_{pu}}$, es decir $I_{cc} = \frac{1}{X_{pu}}$ tomando como bases las características de la placa del transformador:

Potencia: 400KVA

Voltaje Primario: 22KV

Reactancia pu. : 0,045

Con ello se calcula la corriente base, así:

$$I_{base} = \frac{400KVA}{\sqrt{3} * 22KV} = 10,51A \quad \text{Entonces:} \quad I_{cc} = \frac{1}{0,045} = 22,22 \text{ pu}$$

Por lo tanto $I_{cc} = 22,22 * 10,51A = 233,6A$, en el lado de medio voltaje.

Razón por la cual, al momento del diseño efectuado hace aproximadamente 10 años, se ha escogido poner un seccionador de operación bajo carga similar al presentado en la siguiente figura pero para 60Hz.

Voltaje nominal: 24KV

Corriente de Cortocircuito: 630 a 1250A, siendo la corriente calculada de 236A.

3.12. CONCLUSIONES

Después de realizado el análisis y estudio energético en la Planta Procesadora de Producto de Lácteos “Alpina S.A.”, se ha llegado a las siguientes conclusiones.

- Luego de realizar las mediciones con el analizador de redes, y al hacer la comparación con la REGULACION No. CONELEC – 004/01 (Calidad del producto) se verificó que existe presencia de armónicos de voltaje, factor de potencia, en algunos de los puntos establecidos para el análisis está por debajo del mínimo valor establecido por la regulación del CONELEC que es (0,92).
- En el estudio realizado para corregir el factor de potencia primeramente se determinó que el factor de potencia esta con un promedio de 0,81 después del análisis técnico se concluyó que el banco de condensadores no está funcionando al 100% está quemado un paso.
- Las cargas no lineales típicas (computadoras, variadores de frecuencia y otros dispositivos electrónicos, etc.) representan el mayor porcentaje de corriente armónica; por su elevada coincidencia en fase elevan la distorsión de voltaje afectando a cargas sensibles como equipos digitales y otros.
- Después de realizar la inspección breve en los tableros de protección, se concluye que las protecciones están mal dimensionadas los circuitos no están protegidos totalmente, para lo cual se necesita realizar otro estudio de coordinación de protecciones (corrida de flujos) para que sean bien dimensionadas las protecciones.
- Básicamente, los equipos que influyen en la calidad de la energía eléctrica, se los puede dividir en dos tipos: los que influyen en el consumo de

reactivos (motores) y los que perturban la forma de onda senoidal (automatizaciones, equipos de computación, iluminación con encendido electrónico).

- Con los banco de capacitores, las instalaciones industriales mejoraran el factor de potencia de la planta procesadora de productos lácteos y así evitar las penalizaciones que están ejecutando la EEQ ya que el factor de potencia bajo los límites permitidos.
- En algunos de los puntos seleccionados se encuentra la presencia de flickers o parpadeos en los circuitos de iluminación, su presencia no se ha detectado a simple vista por las personas, el motivo que las luminarias que se encuentran instaladas en las partes altas de la planta y son de mercurio y sodio.
- Para realizar este tipo de estudio de la calidad de energía eléctrica es necesario conocer la distribución de cargas y para ello se necesita realizar el levantamiento de circuitos existentes como son: acometidas principales, transformadores de distribución, con esto se logra identificar los puntos donde se va a realizar las mediciones (instalación de medidores).
- Las pérdidas de energía por armónicos tanto de volta como de corriente, factor de potencia, etc. han llegado a superar el 15% por lo que es necesario la instalación de bancos de capacitores, filtros que logren disminuir este porcentaje que aunque no es perceptible a simple vista, estas se reflejan cuando llega la planilla de consumo.

3.13. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar los correctivos para eliminar la presencia de armónicos, bajo factor de potencia estas impurezas que afectan a la calidad de la energía eléctrica y con llevan a tener pérdidas económicas a la planta.
- Se recomienda el reemplazo del bloque que está quemado es primordial para evitar la penalización que impone la Empresa Eléctrica Quito, aunque esto implique que no reduzcamos las pérdidas en los circuitos secundarios de alimentación.
- Realizando un seguimiento a las curvas de carga en el analizador que se instaló en la planta procesadora de productos lácteos, se tiene que la demanda máxima ocurre a partir de las nueve de mañana ya que a esta hora arrancan casi todas las maquinas, por lo que se recomendaría organizar un calendario de arranque de maquinas
- Se recomienda realizar el diagrama unifilar completo y realizar corrida de flujos, para realizar la actividad de coordinación de protecciones y tener un sistema confiable y estable.
- Una recomendación, se sugiere realizar una limpieza general tanto de canales de las redes de alimentación hacia los tableros de control, tableros de protección, reajuste de terminales ya que pueden presentar problemas por puntos calientes y por lo tanto disminuir la vida útil.
- Se recomienda al personal de mantenimiento se encargue de desconectar las cargas muertas ya que estas incrementan la carga del transformador y además aportan al incremento de las pérdidas en las redes secundarias.

- Se sugiere cuando la fábrica baya adquirir equipos como son: lámparas, motores, máquinas o transformadores deben poseer características eficientes (ahorradores de energía), ya que estos equipos tienen costos elevados por su característica de eficiencia, su costo de operación es mucho menor que los equipos normales, obteniendo así un ahorro energético.
- Se recomienda la revisión y reparación del banco de condensadores en la fábrica como se indicó anteriormente, ya que al realizar las mediciones se obtuvo un factor de potencia de 0,81. El cual está por debajo del límite de la norma establecido por el CONELEC que es 0.92, con esto se evita la penalización por parte de la Empresa Eléctrica Quito y además es un ahorro en la planilla.
- Se recomienda la instalación de un banco de condensadores a la entrada del variador de frecuencia de 100HP que controla la velocidad del motor del Stork, ya que según lecturas obtenidas del analizador de energía instalado es donde se produce el mayor porcentaje de armónicos.

BIBLIOGRAFÍA:

Citadas

- CABRERA J. Carlos, JARAMILLO J. Jorge: Estadística Gerencial, Universidad Técnica de Loja, Loja-Ecuador.
- NORMA IEE – 519 Armónicas en Sistemas Eléctricos, P519A/D5, 1996.
- CASTILLO BUSTAMANTE, Julio Cesar; MARCAYATA Wilson

- Santiago: Estudio de la Energía Eléctrica a Nivel de Usuario; Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador, 2003.
- CONELEC, Ley del Régimen del Sector Eléctrico, Corporación de Estudios Y Publicaciones, Quito-Ecuador 2002,
<http://www.conelec.gov.ec/>.
 - MERINO, Azcárraga: Manual de eficiencia energética, McGraw-Hill, Segunda edición, 1991.
 - CONELEC, Regulación 004/01, <http://www.conelec.gov.ec/>.
 - Guía técnica de la distribución eléctrica en baja tensión. Compensación de Energía Reactiva, Schneider Electric, 2001
 - ENRIQUEZ, Harper, Distribución de la energía eléctrica, McGraw-Hill, 2004.
 - Manual SPARDmp DISTRIBUTION. Guía de usuario y manual de referencia, 2002.
 - NORMA IEEE – 519 Armónicas en Sistemas Eléctricos, P519A/D5, 1996.
 - MERINO, Azcárraga: Manual de eficiencia energética, McGraw-Hill, Segunda edición, 1991.
 - CHAPMAN David, guía de la calidad de la energía eléctrica.
 - MAYORGA ROMERO Silvia Carolina, “Estudio para la seguridad eléctrica en hospitales/normalización de instalaciones” E.P.N, 2003.
 - ÁVILES Fausto, “Instalaciones Eléctrica” E.P.N.
 - PAE, MINISTERIO DE ENERGIAS Y MINAS, “Uso Racional de energía, Eficiencia Energética y Energías Renovables”, Manual para consultores y expertos.

- PHILIPS, "Manual de iluminación", 1997.

Consultadas

- BALCELLS SENDRA, Joseph, Calidad y Uso Racional de la Energía

Eléctrica, Segunda edición, Barcelona-España, 2001.

- DONALD G. FINK/H. WAYNE BEATY; Manual de Ingeniería Eléctrica.

- FEODOROV, A.A.; RODRIGUEZ, E. "Suministro eléctrico de empresas industriales", Editorial "Pueblo y Educación", La Habana, 1985.

Electrónicas

- <http://www.conelec.gov.ec/>.
- <http://www.La electricidad de caracas. Htm>.
- <http://www.cnc.cl>.
- <http://www.curso.UNSJ>.
- <http://www.cnee.gob.gt/.Flicker>.
- <http://www.Epe.santafe.gob.ar.htm>.
- <http://es.scribd.com/doc/15250699/Mantenimiento-Industrial>
- <http://www.fuzzycontrolsac.com/articulos/articulo1.htm>
- <http://www.cieep.org/serv01.pdf>

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ARMÓNICAS: Son ondas sinusoidales de frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de 60 Hz.

CORRIENTE ELÉCTRICA: Es el movimiento de cargas eléctricas entre dos puntos que no se hallan al mismo potencial, por tener uno de ellos un exceso de electrones respecto a otro. Es un transporte de energía.

CORTOCIRCUITO: Fenómeno eléctrico ocasionado por una unión accidental o intencional de muy baja resistencia entre dos o más puntos de diferente potencial de un mismo circuito.

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN: Constituye el conjunto de elementos de transformación, protección y seccionamiento utilizados para la distribución de energía eléctrica.

COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA (CEM): Aptitud de un aparato o de un sistema para funcionar en su entorno electromagnético, de manera satisfactoria sin producir ni ser perturbado por perturbaciones electromagnéticas intolerables para todo lo que se encuentre en este entorno.

DISTORSIÓN ARMÓNICA: Es la distorsión de la onda senoidal de corriente o de voltaje eléctrica de frecuencia nominal, ocasionada por la presencia de señales eléctricas senoidales de frecuencia diferentes y múltiples de dicha frecuencia (60 HZ).

DURACIÓN DE UNA VARIACIÓN DE VOLTAJE: Intervalo de tiempo durante el cual el valor eficaz del voltaje crece o decrece del valor inicial al valor final.

FRECUENCIA NOMINAL: Es la frecuencia nominal del Sistema Eléctrico Nacional, con un valor de 60 Hz.

FACTOR DE POTENCIA: Es la relación entre la potencia activa y la potencia aparente.

FLUCTUACIONES DE VOLTAJE: Son perturbaciones en las cuales el valor eficaz del-voltaje de suministro cambia con respecto al valor nominal.

FRECUENCIA DE LAS INTERRUPCIONES: Es el número de veces, en un periodo determinado, que se interrumpe el suministro a un Consumidor.

FLUCTUACIÓN DE VOLTAJE: Serie de variaciones de voltaje o variación cíclica de la envolvente de la onda de voltaje.

FLICKER: Es una variación rápida y cíclica de la tensión, que causa una fluctuación correspondiente en la luminosidad de las lámparas a una frecuencia detectable por el ojo humano.

INTERRUPCIÓN: Es el corte parcial o total del suministro de electricidad a los Consumidores del área de concesión del Distribuidor.

ÍNDICE DE SEVERIDAD DEL FLICKER DE CORTA DURACIÓN

(Pst): Índice que evalúa la severidad del flicker en cortos intervalos de tiempo (intervalo de observación base de 10 minutos). Se considera

Pst=1 como el umbral de irritabilidad.

INTERVALO DE MEDICIÓN: Se entenderá al lapso, dentro del Periodo de Medición en el que se promedia el valor eficaz de voltaje a frecuencia fundamental, que será de 10 minutos y se le denominara Intervalo de Medición.

LIMITE DE EMISIÓN (de una fuente perturbadora): Valor máximo admitido del nivel de emisión.

LIMITE DE INMUNIDAD: Valor mínimo requerido del nivel de inmunidad.

MAGNITUD DE UNA VARIACIÓN DE VOLTAJE: Diferencia de los valores eficaces del voltaje que resulta de una variación de tensión.

NIVELES DE VOLTAJE: Se refiere a los niveles de alto voltaje (AV), medio voltaje (MV) y bajo voltaje (BV) definidos en el Reglamento de Suministro del Servicio.

NIVEL DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA: Nivel de perturbación especificado para el cual existe una alta y aceptable probabilidad de compatibilidad electromagnética.

NIVEL DE EMISIÓN (DE UNA FUENTE PERTURBADORA): Nivel de una perturbación electromagnética de forma dada, emitida por un dispositivo, aparato o sistema particular y medida de una manera especificada.

NIVEL DE INMUNIDAD: Nivel máximo de una perturbación electromagnética de forma dada, que actúa sobre un dispositivo, aparato o sistema de una manera especificada, sin generar ninguna degradación del funcionamiento.

PERÍODO: Es un intervalo de tiempo utilizado a los efectos del cálculo de Indicadores.

PERÍODO DE MEDICIÓN: A efectos del control de la Calidad del Producto, se entenderá al lapso en el que se efectuarán las mediciones de Nivel de Voltaje, Perturbaciones y Factor de Potencia, mismo que será de siete (7) días continuos.

PERTURBACIÓN ELECTROMAGNÉTICA: Fenómeno electromagnético susceptible de crear alteraciones de funcionamiento de un dispositivo, de un aparato o de un sistema, o de afectar desfavorablemente la materia viva o inerte.

PERTURBACIÓN RÁPIDA DE VOLTAJE (flicker): Es aquel fenómeno en el cual el voltaje cambia en una amplitud moderada, generalmente menos del 10% voltaje nominal, pero que pueden repetirse varias veces por segundo. Este fenómeno conocido como efecto “Flicker” (parpadeo) causa una fluctuación en la luminosidad de las lámparas a una frecuencia detectable por el ojo humano.

PRODUCTO TÉCNICO SUMINISTRADO: Se refiere al nivel de voltaje en el punto de suministro y las perturbaciones.

SUBESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN: Es el centro de transformación que alimenta a la distribución primaria.

TENSIÓN: La diferencia de potencial eléctrico entre dos conductores, que hacen que fluyan electrones por una resistencia. Tensión es una magnitud, cuya unidad es el voltio; un error frecuente es hablar de “voltaje”.

TENSIÓN ARMÓNICA: Una tensión sinusoidal con una frecuencia igual a un entero múltiplo de la frecuencia fundamental de la tensión de suministro. Las tensiones armónicas se pueden evaluar:

- Globalmente, por ejemplo por la Tasa de Distorsión Total (THD)
- Individualmente, por su amplitud relativa (U_i) relacionada a la tensión fundamental (U_1), donde i es el orden de la armónica.

UMBRAL DE IRRITABILIDAD DEL FLICKER: Fluctuación máxima de luminancia que puede ser soportada sin molestia por una muestra específica de población.

VARIACIÓN DE VOLTAJE: Variación del valor eficaz del voltaje entre dos niveles adyacentes, manteniéndose cada uno de ellos durante un tiempo específico pero no determinado.

VOLTAJE ARMÓNICO: Es un voltaje sinusoidal de frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de 60 Hz del voltaje de suministro.

VOLTAJE NOMINAL (V_n): Es el valor del voltaje utilizado para identificar el voltaje de referencia de una red eléctrica.

VOLTAJE DE SUMINISTRO (V_s): Es el valor del voltaje del servicio que el Distribuidor suministra en el punto de entrega al Consumidor en un instante dado.

ANEXO 1

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

La presente encuesta espera conocer criterios sobre el principal problema que atraviesan todas las empresas, dentro de las cuales se encuentra actualmente la planta procesadora de Lácteos Alpina S.A.; contestar las siguientes preguntas con mucha sinceridad, estoy seguro que al hacerlo me servirá de utilidad para el trabajo de investigación que estoy realizando. Los datos obtenidos serán de exclusivo manejo del investigador. Leer cuidadosamente y señalar las respuestas con una **X**.

ENCUESTA PARA LOS SUPERVISORES DE PRODUCCIÓN

1. ¿Con que frecuencia existe interrupciones de energía eléctrica en la planta?

a) Siempre b) A veces c) Rara vez d) Nunca

2. ¿Cree usted que es importante para la producción tener un servicio de energía eléctrica constante sin interrupciones?

Si No

3. ¿Cree usted que mejorando la calidad de energía eléctrica se obtendrá resultados satisfactorios en el proceso productivo?

Si No

Porque?.....
.....
.....

4. ¿Cree usted que es necesario mejorar la calidad de la energía eléctrica en la planta Alpina S.A.?

Si No

Porque?.....
.....
.....

5. ¿Cree usted que la calidad de energía eléctrica actual suministrada perjudica el proceso productivo?

Si No

6. ¿Está satisfecho con el actual servicio de energía eléctrica en el proceso productivo?

Si No

7. ¿Considera importante optimizar el servicio de energía eléctrica en la planta?

Si No

Gracias por su colaboración.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

La presente encuesta espera conocer criterios sobre el principal problema que atraviesan todas las empresas, dentro de las cuales se encuentra actualmente la planta procesadora de Lácteos Alpina S.A.; contestar las siguientes preguntas con mucha sinceridad, estoy seguro que al hacerlo me servirá de utilidad para el trabajo de investigación que estoy realizando. Los datos obtenidos serán de exclusivo manejo del investigador. Leer cuidadosamente y señalar las respuestas con una **X**.

ENCUESTA PARA LOS ELECTROMECAÑICOS

1. ¿Conoce usted que es calidad de energía eléctrica?
Si No

2. ¿Cree usted que es importante tener niveles de voltaje (V) y corriente (I) constantes en el proceso productivo?
Si No

3. ¿Cree usted que es importante realizar monitoreo periódicos de parámetros como son: voltaje, corriente, factor de potencia, armónicos en niveles de voltaje de 440Vac y 220Vac?
Si No

4. ¿Cree usted que el personal de mantenimiento debe tener conocimiento sobre el tema de calidad de energía eléctrica?
Si No

5. ¿Conoce que efectos produce la mala calidad de energía eléctrica?
Si No

6. ¿Cree usted que en la planta Alpina S.A. se necesita realizar estudios de calidad de energía eléctrica?

Si No

Gracias por su colaboración.

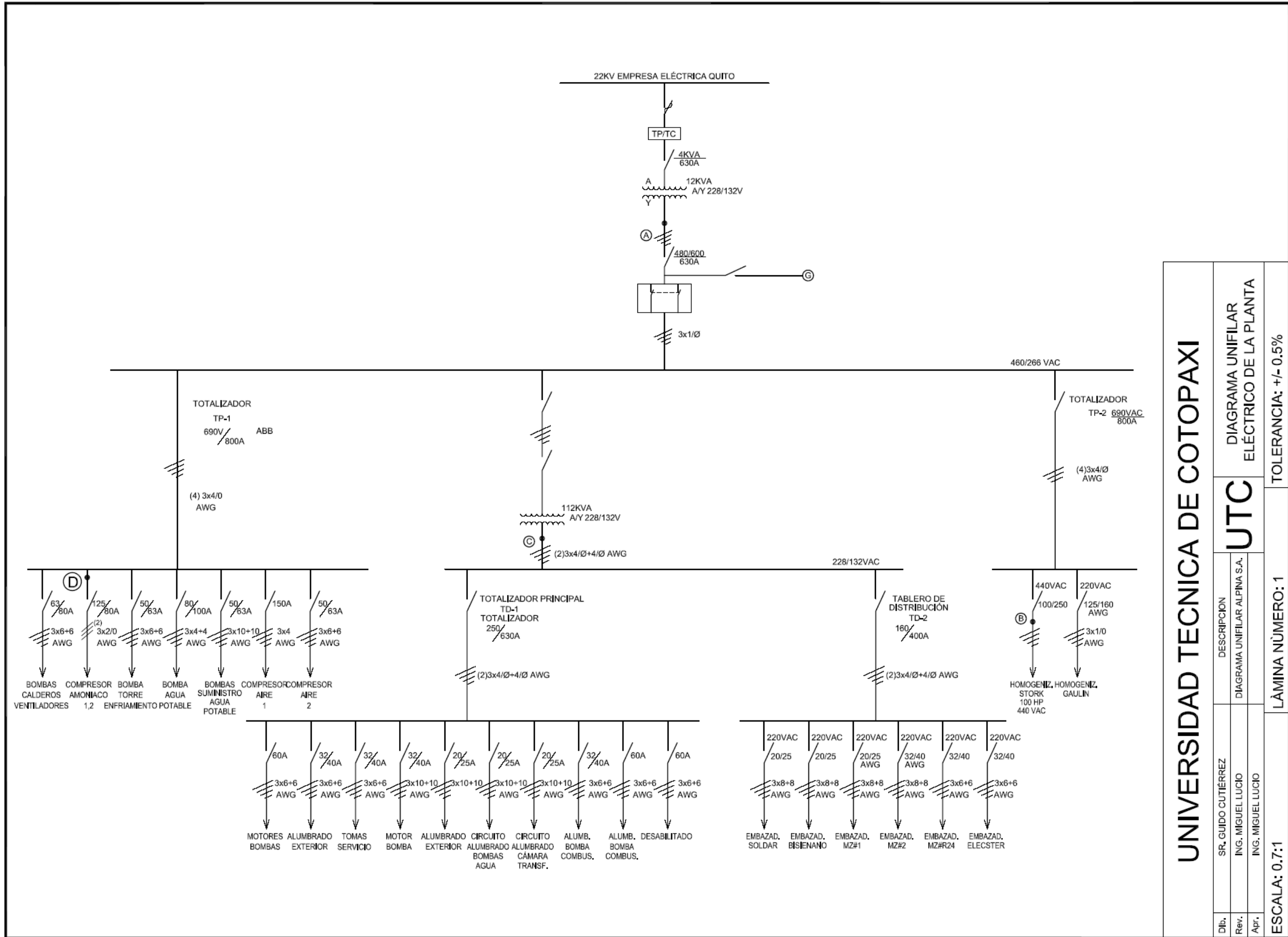
ANEXO 2

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA ENTREVISTA APLICADA AL GERENTE DEL “ALPINA PRODUCTOS ALIMENTICIOS”

Para una mejor verificación de la hipótesis se acude a la cooperación del Gerente de planta al mismo que se le realizó una entrevista ya que él conoce la información sobre la situación de la empresa “Alpina S.A.”.

CUESTIONARIO DE LA ENTREVISTA

1. Realice una breve descripción acerca del proceso productivo?.
2. Considera que la calidad de energía eléctrica que suministra la empresa eléctrica es de buena calidad?.
3. Cuáles son los principales problemas que se le ha presentado dentro del proceso productivo cuando tiene interrupciones de energía eléctrica?.
4. Considera usted que el proceso productivo que actualmente tiene la planta está alimentado por energía eléctrica de buena calidad?.
5. Indique los problemas que ocasionan las interrupciones de energía eléctrica en la planta, que perjudican el proceso de empaque?.
6. Considera usted que las interrupciones de energía eléctrica ocasionan pérdidas económicas a la planta?.
7. Considera usted que hay que realizar un estudio de la calidad de energía eléctrica en la planta?.



UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

DIAGRAMA UNIFILAR ELÉCTRICO DE LA PLANTA

UTC

DESCRIPCION
DIAGRAMA UNIFILAR ALPINA S.A.

Dib. SR. GUIDO CUTTIERREZ
Rev. ING. MIGUEL LUCIO
Apr. ING. MIGUEL LUCIO

TOLERANCIA: +/- 0.5%

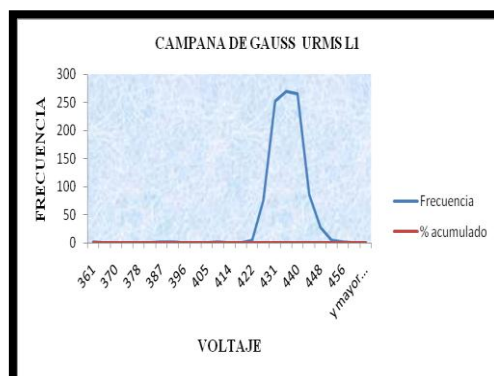
LÁMINA NÚMERO: 1

ESCALA: 0.7:1

ANEXO 4

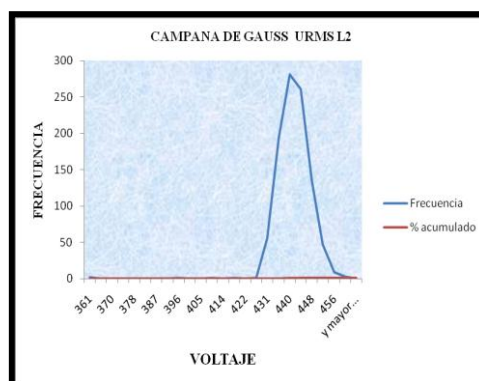
CAMPANA DE GAUSS DE VARIACIÓN DE VOLTAJE URMS L1, A LA SALIDA DEL TRANSFORMADOR DE 400KVA.

Clase	Frecuencia	Clase	Frecuencia
365	0	418	0
370	0	422	4
374	0	427	76
378	0	431	252
383	0	436	270
387	1	440	266
392	1	444	85
396	0	448	28
400	0	452	5
405	0	456	2
409	1	460	0
414	0	y mayor...	0



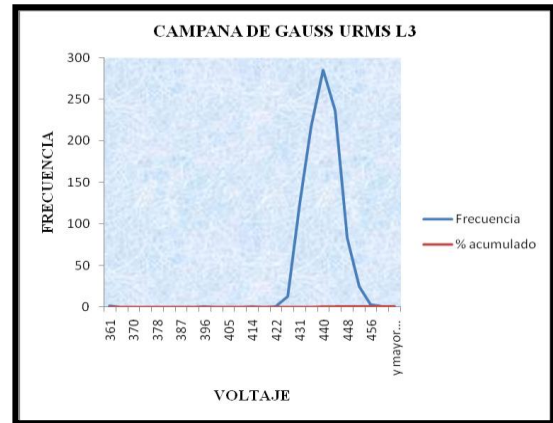
CAMPANA DE GAUSS DE VARIACIÓN DE VOLTAJE URMS L2, A LA SALIDA DEL TRANSFORMADOR DE 400KVA.

Clase	Frecuencia	Clase	Frecuencia
365	0	418	1
370	0	422	0
374	0	427	1
378	0	431	56
383	0	436	194
387	0	440	281
392	0	444	261
396	1	448	136
400	0	452	47
405	0	456	9
409	1	460	3
414	0	y mayor...	0



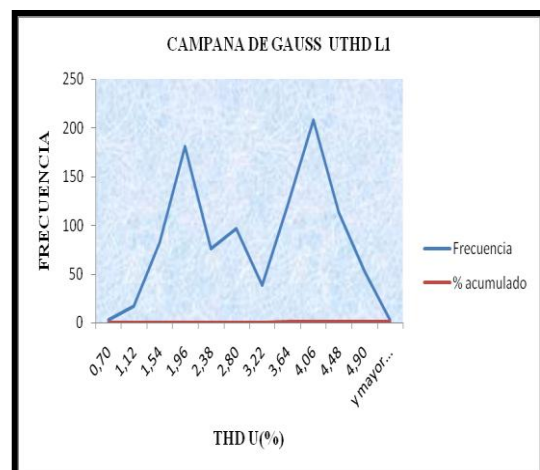
CAMPANA DE GAUSS DE VARIACIÓN DE VOLTAJE URMS L3, A LA SALIDA DEL TRANSFORMADOR DE 400KVA.

Clase	Frecuencia	Clase	Frecuencia
361	2	418	0
370	0	422	1
374	0	427	13
378	0	431	125
383	0	436	217
387	0	440	285
392	0	444	236
396	1	448	83
400	0	452	25
405	0	456	3
409	0	460	1
414	1	y mayor...	0



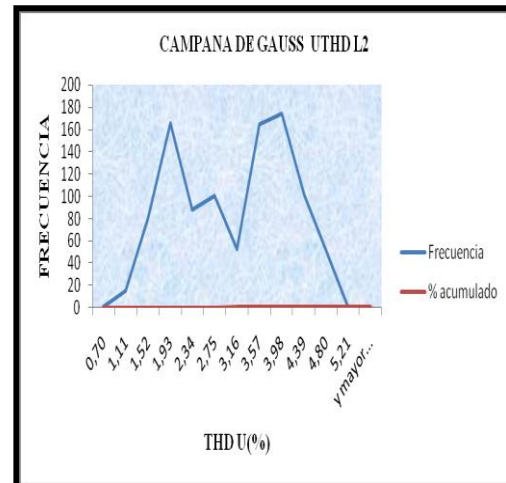
CAMPANA DE GAUSS DE THD DE LA LINEA L1, A LA SALIDA DEL TRANSFORMADOR DE 400KVA.

Thd U	Frecuencia	% acumulado
0,70	3	0,30%
1,12	17	2,01%
1,54	83	10,37%
1,96	181	28,60%
2,38	76	36,25%
2,80	97	46,02%
3,22	39	49,95%
3,64	120	62,03%
4,06	208	82,98%
4,48	113	94,36%
4,90	53	99,70%
5,60	3	100,00%
y mayor...	0	100,00%



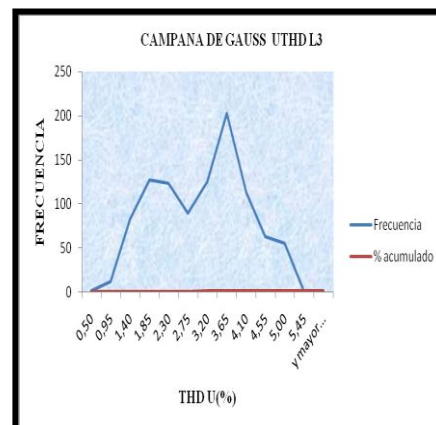
CAMPANA DE GAUSS DE THD DE LA LINEA L2, A LA SLIDA DEL TRANSFORMADOR DE 400KVA.

Thd U	Frecuencia	% acumulado
0,70	1	0,10%
1,11	15	1,61%
1,52	80	9,67%
1,93	165	26,28%
2,34	88	35,15%
2,75	100	45,22%
3,16	53	50,55%
3,57	164	67,07%
3,98	174	84,59%
4,39	101	94,76%
4,80	52	100,00%
5,21	0	100,00%
y mayor...	0	100,00%



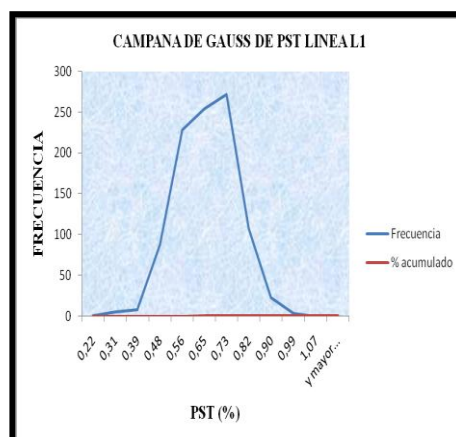
CAMPANA DE GAUSS DE THD DE LA LINEA L2, A LA SLIDA DEL TRANSFORMADOR DE 400KVA.

Thd U	Frecuencia	% acumulado
0,50	1	0,10%
0,95	11	1,21%
1,40	83	9,57%
1,85	127	22,36%
2,30	123	34,74%
2,75	89	43,71%
3,20	125	56,29%
3,65	203	76,74%
4,10	113	88,12%
4,55	63	94,46%
5,00	55	100,00%
5,45	0	100,00%
y mayor...	0	100,00%



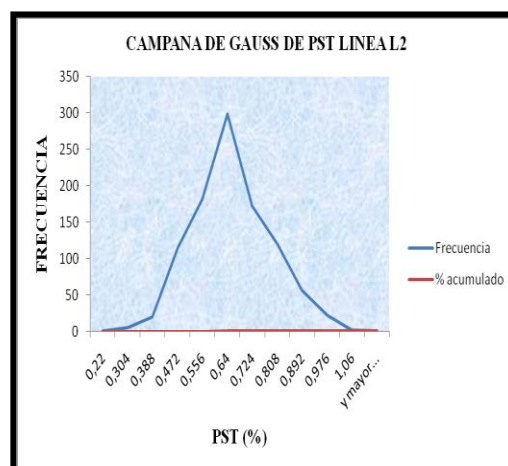
CAMPANA DE GAUSS DE FLICKERS PST DE LA LINEA L1, A LA SALIDA DEL TRANSFORMADOR DE 400KVA.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,22	1	0,10%
0,31	6	0,70%
0,39	8	1,51%
0,48	88	10,37%
0,56	228	33,33%
0,65	254	58,91%
0,73	272	86,30%
0,82	108	97,18%
0,90	23	99,50%
0,99	4	99,90%
1,07	0	99,90%
1,16	1	100,00%
y mayor...	0	100,00%



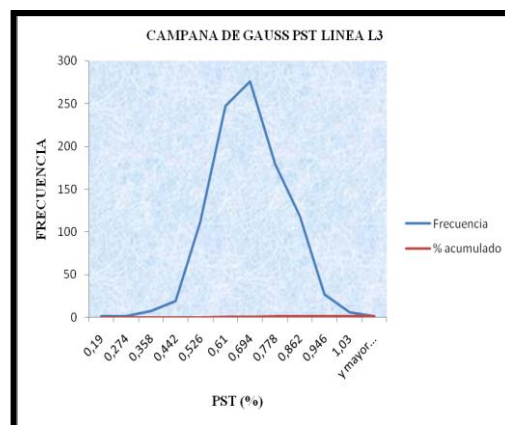
CAMPANA DE GAUSS DE FLICKERS PST DE LA LINEA L2, A LA SALIDA DEL TRANSFORMADOR DE 400KVA.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,22	1	0,10%
0,304	5	0,60%
0,388	20	2,62%
0,472	114	14,10%
0,556	181	32,33%
0,64	298	62,34%
0,724	172	79,66%
0,808	120	91,74%
0,892	57	97,48%
0,976	22	99,70%
1,06	2	99,90%
1,144	1	100,00%
y mayor...	0	100,00%



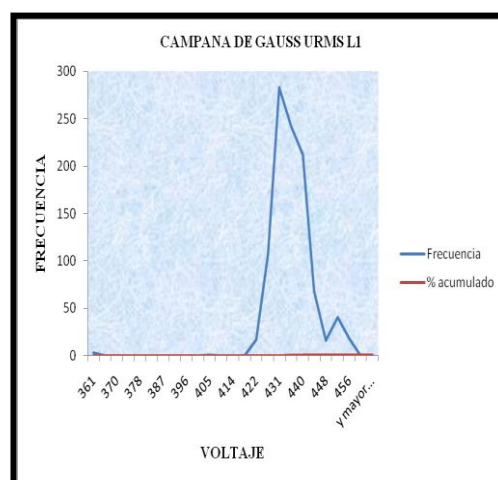
CAMPANA DE GAUSS DE FLICKERS PST DE LA LINEA L3, A LA SALIDA DEL TRANSFORMADOR DE 400KVA.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,19	1	0,10%
0,274	1	0,20%
0,358	7	0,91%
0,442	19	2,82%
0,526	111	14,00%
0,61	247	38,87%
0,694	276	66,67%
0,778	179	84,69%
0,862	118	96,58%
0,946	27	99,30%
1,03	6	99,90%
1,114	1	100,00%
y mayor...	0	100,00%



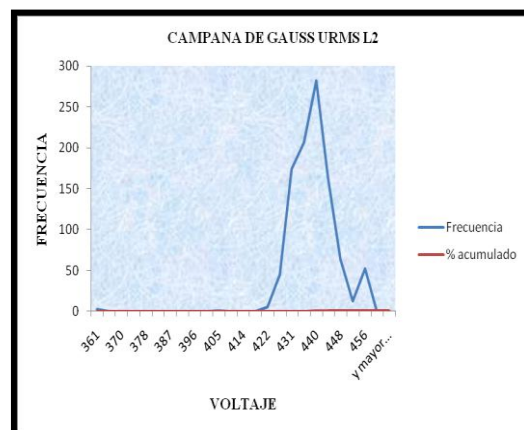
CAMPANA DE GAUSS DE VARIACIÓN DE VOLTAJE URMS LINEA L1, A LA SALIDA DEL VARIADOR DE FRECUENCIA DE 100HP QUE CONTROLA EL STORK.

Clase	Frecuencia	Clase	Frecuencia
361	3	414	0
365	0	418	0
370	0	422	17
374	0	427	107
378	0	431	283
383	0	436	242
387	0	440	212
392	0	444	68
396	0	448	16
400	0	452	41
405	1	456	18
409	0	460	0



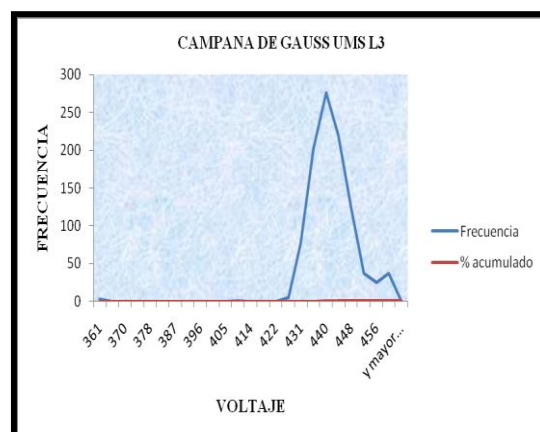
CAMPANA DE GAUSS DE VARIACIÓN DE VOLTAJE URMS LINEA L2, A LA SALIDA DEL VARIADOR DE FRECUENCIA DE 100HP QUE CONTROLA EL STORK.

Clase	Frecuencia	Clase	Frecuencia
361	3	414	0
365	0	418	0
370	0	422	5
374	0	427	45
378	0	431	174
383	0	436	206
387	0	440	282
392	0	444	163
396	0	448	64
400	0	452	13
405	1	456	52
409	0	460	0



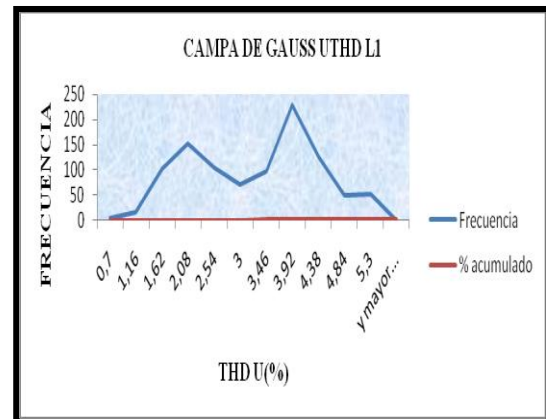
CAMPANA DE GAUSS DE VARIACIÓN DE VOLTAJE URMS LINEA L3, A LA SALIDA DEL VARIADOR DE FRECUENCIA DE 100HP QUE CONTROLA EL STORK.

Clase	Frecuencia	Clase	Frecuencia
361	3	414	0
365	0	418	0
370	0	422	0
374	0	427	6
378	0	431	77
383	0	436	202
387	0	440	276
392	0	444	220
396	0	448	124
400	0	452	37
405	0	456	25
409	1	460	37



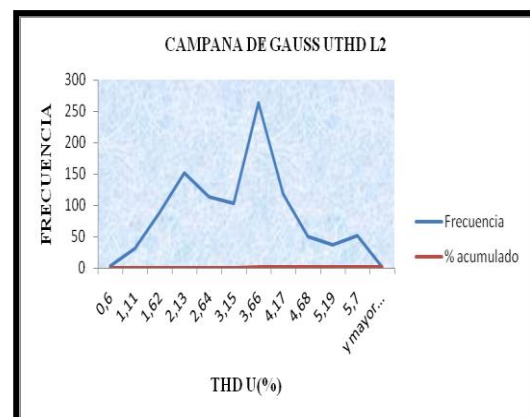
CAMPANA DE GAUSS DE THD DE URMS DE LA LINEA L1, A LA SALIDA DEL VARIADOR DE FRECUENCIA DE 100HP QUE CONTROLA EL STORK.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,7	5	0,50%
1,16	16	2,08%
1,62	103	12,30%
2,08	153	27,48%
2,54	104	37,80%
3	72	44,94%
3,46	97	54,56%
3,92	229	77,28%
4,38	127	89,88%
4,84	49	94,74%
5,3	53	100,00%
y mayor...	0	100,00%



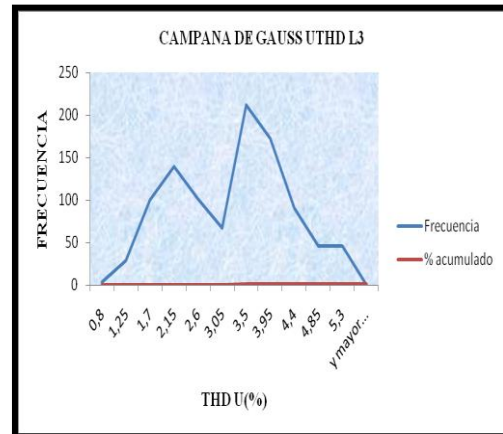
CAMPANA DE GAUSS DE THD DE URMS DE LA LINEA L2, A LA SALIDA DEL VARIADOR DE FRECUENCIA DE 100HP QUE CONTROLA EL STORK.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,6	3	0,30%
1,11	30	3,27%
1,62	88	12,00%
2,13	151	26,98%
2,64	113	38,19%
3,15	103	48,41%
3,66	264	74,60%
4,17	118	86,31%
4,68	50	91,27%
5,19	36	94,84%
5,7	51	99,90%
y mayor...	1	100,00%



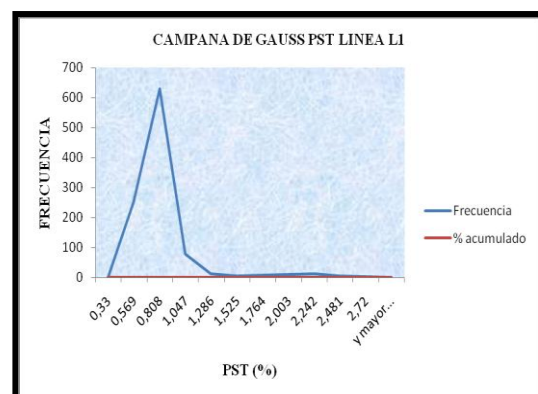
CAMPANA DE GAUSS DE THD DE URMS DE LA LINEA L1, A LA SALIDA DEL VARIADOR DE FRECUENCIA DE 100HP QUE CONTROLA EL STORK.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,50	1	0,10%
0,95	11	1,21%
1,40	83	9,57%
1,85	127	22,36%
2,30	123	34,74%
2,75	89	43,71%
3,20	125	56,29%
3,65	203	76,74%
4,10	113	88,12%
4,55	63	94,46%
5,00	55	100,00%
5,45	0	100,00%
y mayor...	0	100,00%



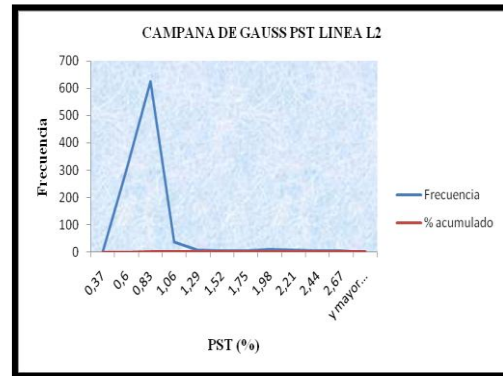
CAMPANA DE GAUSS DE FLICKERS PST DE LA LINEA L1, A LA SALIDA DEL VARIADOR DE FRECUENCIA DE 100HP QUE CONTROLA EL STORK.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,33	1	0,10%
0,569	250	24,90%
0,808	629	87,30%
1,047	77	94,94%
1,286	11	96,03%
1,525	5	96,53%
1,764	8	97,32%
2,003	9	98,21%
2,242	11	99,31%
2,481	4	99,70%
2,72	3	100,00%
y mayor...	0	100,00%



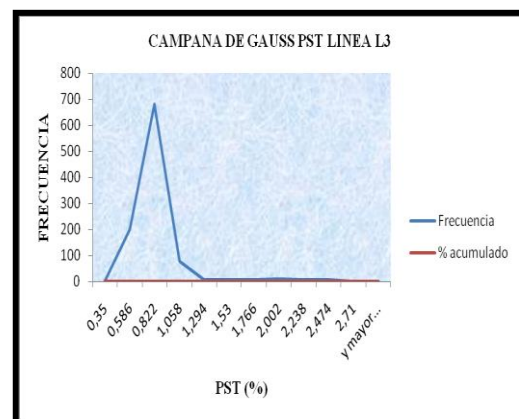
CAMPANA DE GAUSS DE FLICKERS PST DE LA LINEA L2, A LA SALIDA DEL VARIADOR DE FRECUENCIA DE 100HP QUE CONTROLA EL STORK.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,22	1	0,10%
0,304	5	0,60%
0,388	20	2,62%
0,472	114	14,10%
0,556	181	32,33%
0,64	298	62,34%
0,724	172	79,66%
0,808	120	91,74%
0,892	57	97,48%
0,976	22	99,70%
1,06	2	99,90%
y mayor...	1	100,00%



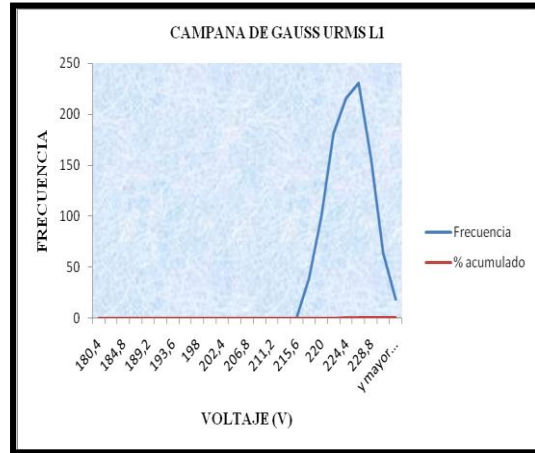
CAMPANA DE GAUSS DE FLICKERS PST DE LA LINEA L3, A LA SALIDA DEL VARIADOR DE FRECUENCIA DE 100HP QUE CONTROLA EL STORK.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,35	1	0,10%
0,586	200	19,94%
0,822	680	87,40%
1,058	79	95,24%
1,294	8	96,03%
1,53	6	96,63%
1,766	6	97,22%
2,002	12	98,41%
2,238	8	99,21%
2,474	6	99,80%
2,71	1	99,90%
y mayor...	1	100,00%



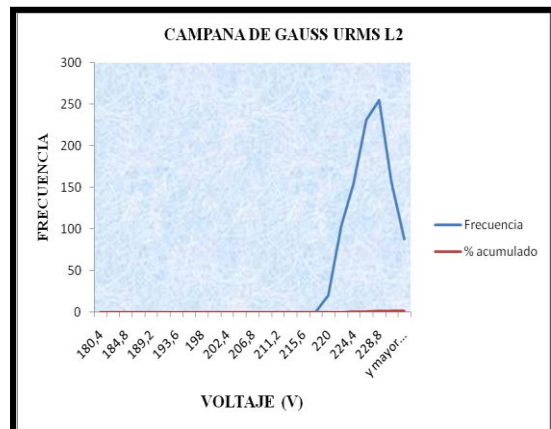
CAMPANA DE GAUSS DE VARIACIÓN DE VOLTAJE URMS L1, A LA SALIDA DEL TRANSFORMADOR DE 112KVA.

Clase	Frecuencia	Clase	Frecuencia
180,4	0	206,8	0
182,6	0	209	0
184,8	0	211,2	0
187	0	213,4	0
189,2	0	215,6	0
191,4	0	217,8	39
193,6	0	220	101
195,8	0	222,2	182
198	0	224,4	216
200,2	0	226,6	231
202,4	0	228,8	156
204,6	0	231	64



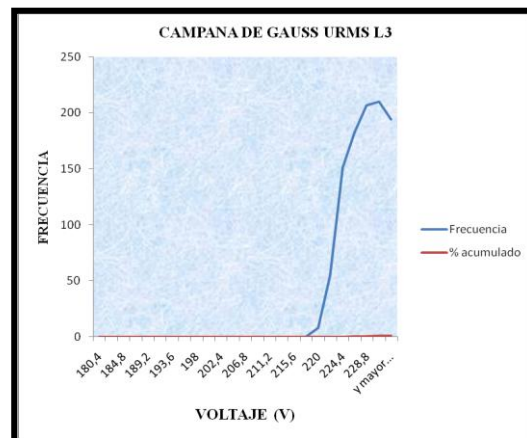
CAMPANA DE GAUSS DE VARIACIÓN DE VOLTAJE URMS L2, A LA SALIDA DEL TRANSFORMADOR DE 112KVA.

Clase	Frecuencia	Clase	Frecuencia
180,4	0	206,8	0
182,6	0	209	0
184,8	0	211,2	0
187	0	213,4	0
189,2	0	215,6	0
191,4	0	217,8	0
193,6	0	220	20
195,8	0	222,2	103
198	0	224,4	154
200,2	0	226,6	231
202,4	0	228,8	255
204,6	0	231	157



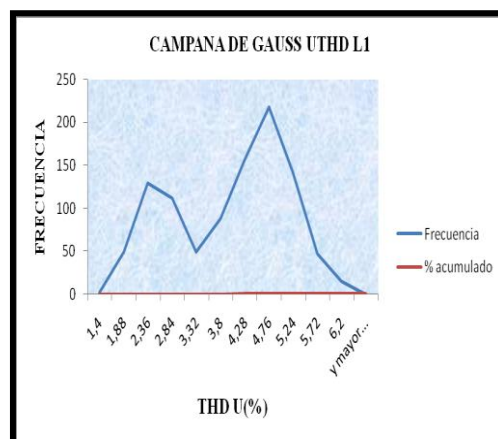
CAMPANA DE GAUSS DE VARIACIÓN DE VOLTAJE URMS L3, A LA SALIDA DEL TRANSFORMADOR DE 112KVA.

Clase	Frecuencia	Clase	Frecuencia
180,4	0	206,8	0
182,6	0	209	0
184,8	0	211,2	0
187	0	213,4	0
189,2	0	215,6	0
191,4	0	217,8	0
193,6	0	220	8
195,8	0	222,2	55
198	0	224,4	151
200,2	0	226,6	183
202,4	0	228,8	207
204,6	0	231	210



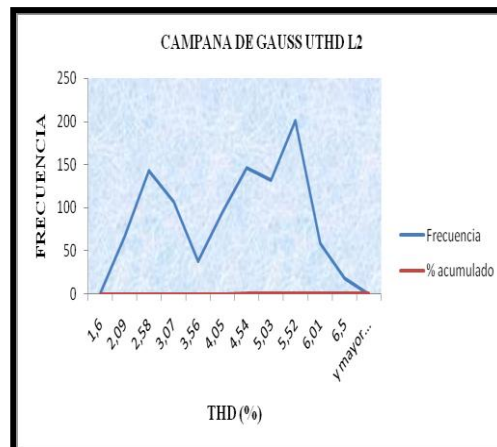
CAMPANA DE GAUSS DE ARMÓNICOS THD URMS DE LA LINEA L1, A LA SALIDA DEL TRANSFORMADOR DE 112KVA.

Clase	Frecuencia	% acumulado
1,4	2	0,20%
1,88	49	5,06%
2,36	130	17,96%
2,84	112	29,07%
3,32	49	33,93%
3,8	88	42,66%
4,28	156	58,13%
4,76	218	79,76%
5,24	142	93,85%
5,72	47	98,51%
6,2	15	100,00%
y mayor...	0	100,00%



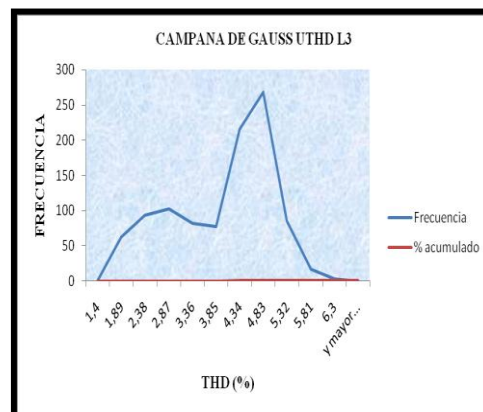
CAMPANA DE GAUSS DE ARMÓNICOS THD URMS DE LA LINEA L2, A LA SALIDA DEL TRANSFORMADOR DE 112KVA.

Clase	Frecuencia	% acumulado
1,6	1	0,10%
2,09	67	6,75%
2,58	143	20,93%
3,07	107	31,55%
3,56	38	35,32%
4,05	95	44,74%
4,54	146	59,23%
5,03	132	72,32%
5,52	201	92,26%
6,01	59	98,12%
6,5	19	100,00%
y mayor...	0	100,00%



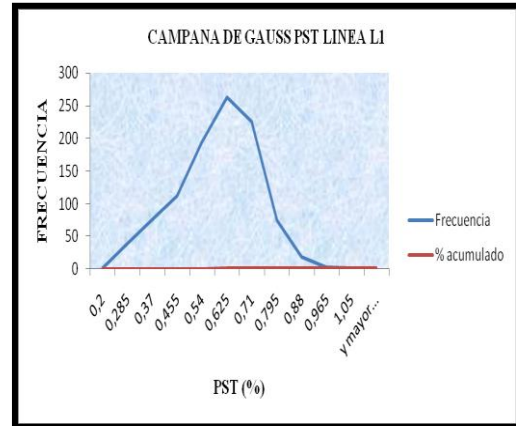
CAMPANA DE GAUSS DE ARMÓNICOS THD URMS DE LA LINEA L3, A LA SALIDA DEL TRANSFORMADOR DE 112KVA.

Clase	Frecuencia	% acumulado
1,6	1	0,10%
2,09	67	6,75%
2,58	143	20,93%
3,07	107	31,55%
3,56	38	35,32%
4,05	95	44,74%
4,54	146	59,23%
5,03	132	72,32%
5,52	201	92,26%
6,01	59	98,12%
6,5	19	100,00%
y mayor...	0	100,00%



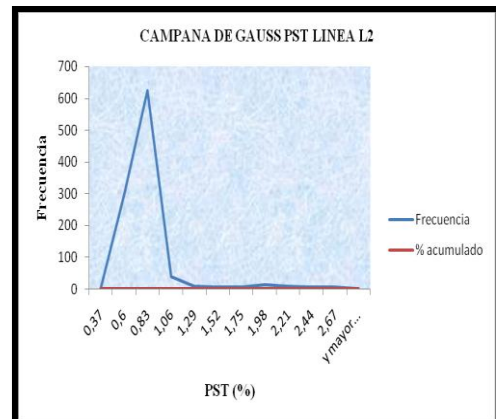
CAMPANA DE GAUSS DE FLICKERS PST DE LA LINEA L1, A LA SALIDA DEL TRANSFORMADOR DE 112KVA.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,2	1	0,10%
0,285	39	3,97%
0,37	76	11,51%
0,455	112	22,62%
0,54	194	41,87%
0,625	263	67,96%
0,71	225	90,28%
0,795	75	97,72%
0,88	18	99,50%
0,965	3	99,80%
1,05	1	99,90%
y mayor...	1	100,00%



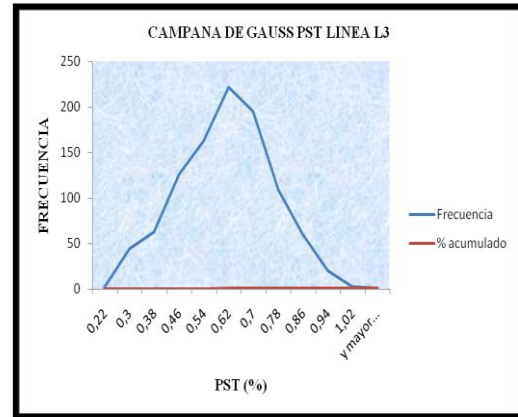
CAMPANA DE GAUSS DE FLICKERS PST DE LA LINEA L2, A LA SALIDA DEL TRANSFORMADOR DE 112KVA.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,21	1	0,10%
0,292	40	4,07%
0,374	56	9,62%
0,456	120	21,53%
0,538	140	35,42%
0,62	264	61,61%
0,702	225	83,93%
0,784	106	94,44%
0,866	49	99,31%
0,948	5	99,80%
1,03	1	99,90%
y mayor...	1	100,00%



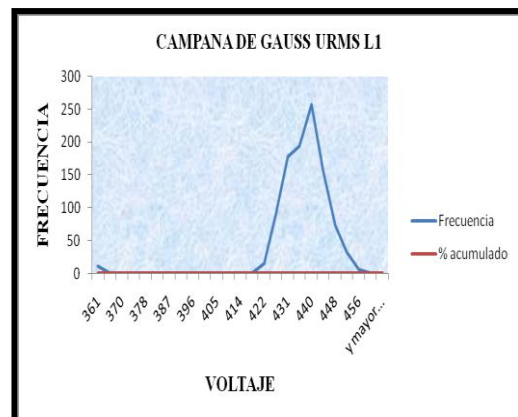
CAMPANA DE GAUSS DE FLICKERS PST DE LA LINEA L3, A LA SALIDA DEL TRANSFORMADOR DE 112KVA.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,22	2	0,20%
0,3	44	4,56%
0,38	63	10,81%
0,46	126	23,31%
0,54	163	39,48%
0,62	222	61,51%
0,7	195	80,85%
0,78	109	91,67%
0,86	60	97,62%
0,94	20	99,60%
1,02	3	99,90%
y mayor...	1	100,00%



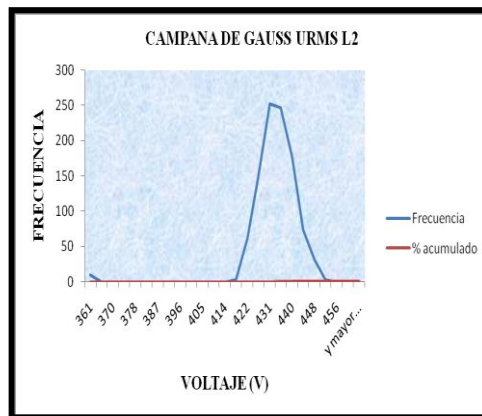
CAMPANA DE GAUSS DE VARIACIÓN DE VOLTAJE URMS L1, A LA ENTRADA DEL MOTOR DE 100HP DEL COMPRESOR DE AMONIACO MYCOM.

Clase	Frecuencia	Clase	Frecuencia
361	10	414	0
365	0	418	0
370	0	422	14
374	0	427	89
378	0	431	178
383	0	436	194
387	0	440	257
392	0	444	156
396	0	448	73
400	0	452	32
405	0	456	5
409	0	460	0



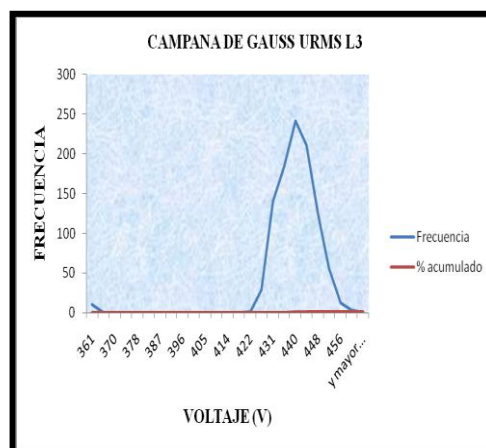
CAMPANA DE GAUSS DE VARIACIÓN DE VOLTAJE URMS L2, A LA ENTRADA DEL MOTOR DE 100HP DEL COMPRESOR DE AMONIACO MYCOM.

Clase	Frecuencia	Clase	Frecuencia
361	10	414	0
365	0	418	3
370	0	422	62
374	0	427	150
378	0	431	252
383	0	436	246
387	0	440	177
392	0	444	74
396	0	448	31
400	0	452	3
405	0	456	0
409	0	460	0



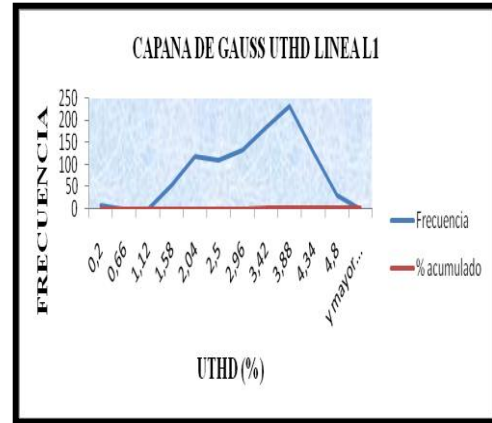
CAMPANA DE GAUSS DE VARIACIÓN DE VOLTAJE URMS L3, A LA ENTRADA DEL MOTOR DE 100HP DEL COMPRESOR DE AMONIACO MYCOM.

Clase	Frecuencia	Clase	Frecuencia
361	10	414	0
365	0	418	0
370	0	422	1
374	0	427	29
378	0	431	140
383	0	436	183
387	0	440	241
392	0	444	210
396	0	448	124
400	0	452	55
405	0	456	12
409	0	460	3



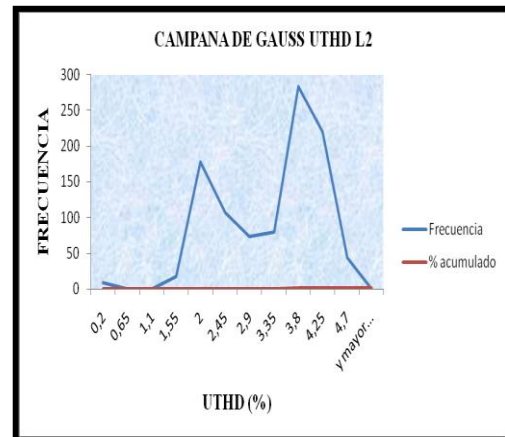
CAMPANA DE GAUSS DE THD DE LA LINEA L1, A LA ENTRADA DEL MOTOR DE 100HP DEL COMPRESOR DE AMONIACO MYCOM.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,2	9	0,89%
0,66	0	0,89%
1,12	0	0,89%
1,58	55	6,35%
2,04	120	18,25%
2,5	112	29,37%
2,96	133	42,56%
3,42	184	60,81%
3,88	233	83,93%
4,34	132	97,02%
4,8	30	100,00%
y mayor...	0	100,00%



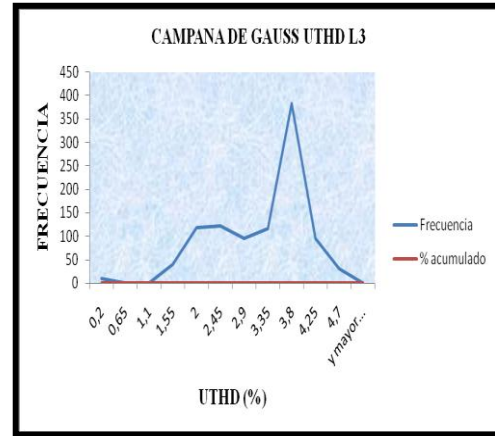
CAMPANA DE GAUSS DE THD DE LA LINEA L2, A LA ENTRADA DEL MOTOR DE 100HP DEL COMPRESOR DE AMONIACO MYCOM.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,2	9	0,89%
0,65	0	0,89%
1,1	0	0,89%
1,55	17	2,58%
2	177	20,14%
2,45	107	30,75%
2,9	73	38,00%
3,35	79	45,83%
3,8	283	73,91%
4,25	220	95,73%
4,7	43	100,00%
y mayor...	0	100,00%



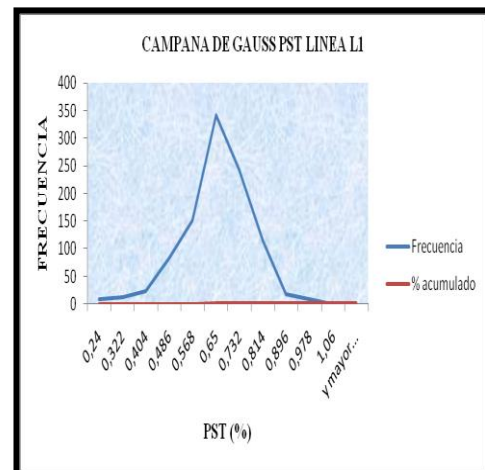
CAMPANA DE GAUSS DE THD DE LA LINEA L3, A LA ENTRADA DEL MOTOR DE 100HP DEL COMPRESOR DE AMONIACO MYCOM.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,2	9	0,89%
0,65	0	0,89%
1,1	0	0,89%
1,55	40	4,86%
2	118	16,57%
2,45	122	28,67%
2,9	95	38,10%
3,35	116	49,60%
3,8	383	87,60%
4,25	95	97,02%
4,7	30	100,00%
y mayor...	0	100,00%



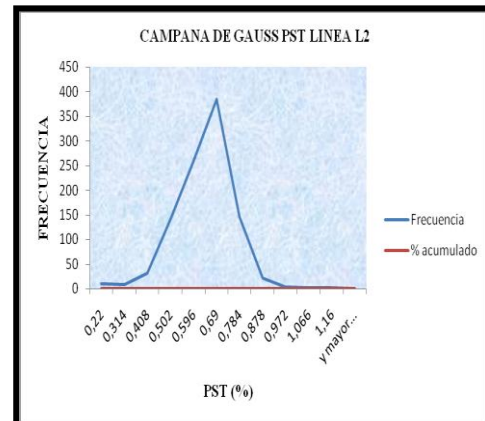
CAMPANA DE GAUSS DEFLICKERS PST DE LA LINEA L1, A LA ENTRADA DEL MOTOR DE 100HP DEL COMPRESOR DE AMONIACO MYCOM.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,24	10	0,99%
0,322	12	2,18%
0,404	24	4,56%
0,486	83	12,80%
0,568	152	27,88%
0,65	341	61,71%
0,732	242	85,71%
0,814	115	97,12%
0,896	19	99,01%
0,978	9	99,90%
1,06	0	99,90%
1,142	1	100,00%
y mayor...	0	100,00%



CAMPANA DE GAUSS DEFLECTORS PST DE LA LINEA L2, A LA ENTRADA DEL MOTOR DE 100HP DEL COMPRESOR DE AMONIACO MYCOM.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,22	10	0,99%
0,314	8	1,79%
0,408	32	4,96%
0,502	141	18,95%
0,596	259	44,64%
0,69	385	82,84%
0,784	146	97,32%
0,878	22	99,50%
0,972	3	99,80%
1,066	1	99,90%
1,16	1	100,00%
y mayor...	0	100,00%



CAMPANA DE GAUSS DEFLECTORS PST DE LA LINEA L3, A LA ENTRADA DEL MOTOR DE 100HP DEL COMPRESOR DE AMONIACO MYCOM.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,24	10	0,99%
0,321	11	2,08%
0,402	66	8,63%
0,483	131	21,63%
0,564	212	42,66%
0,645	268	69,25%
0,726	197	88,79%
0,807	80	96,73%
0,888	24	99,11%
0,969	6	99,70%
1,05	2	99,90%
y mayor...	1	100,00%

