

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD



“ESTUDIO DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE ENERGÍA
ELÉCTRICA DEL EDIFICIO SEDE PDVSA REFINACIÓN
ORIENTE”

**REALIZADO POR:
JAVIER ALEXANDER PERICAGUAN MORENO.**

Trabajo presentado ante la ilustre Universidad de Oriente como requisito parcial para
optar al título de:

INGENIERO ELECTRICISTA

Puerto La Cruz, junio de 2009

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD



“ESTUDIO DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE ENERGÍA
ELÉCTRICA DEL EDIFICIO SEDE PDVSA REFINACIÓN
ORIENTE”

ASESORES

Ing. Verena Mercado
Asesor Académico (UDO)

Ing. Juan Vásquez
Asesor Industrial (PDVSA)

Puerto La Cruz, junio de 2009.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD



“ESTUDIO DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE ENERGÍA
ELÉCTRICA DEL EDIFICIO SEDE PDVSA REFINACIÓN
ORIENTE”

JURADO

Ing. Verena Mercado
Asesor Académico

Ing. Santiago Escalante
Jurado Principal

Ing. Bermúdez Melquiades
Jurado Principal

Puerto La Cruz, junio de 2009.

RESOLUCIÓN

De acuerdo al artículo 44 del reglamento de Trabajos de Grado de la Universidad de Oriente: “Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del consejo de Núcleo respectivo, el cual lo participará al Consejo Universitario”.

DEDICATORIA

Haber llevado a cabo esta meta, no hubiera sido posible sin la ayuda de todas aquellas personas que de alguna u otra manera me brindaron su apoyo en los momentos más críticos de mi carrera universitaria, a ellos mil gracias:

A Dios Todopoderoso por guiarme a lo largo de todo el camino.

A mis padres, Eude y María, por su gran comprensión, confianza y apoyo brindado, ahora les dedico este triunfo, el fruto de sus esfuerzos.

A mis hermanos, Marielis, Ricardo y María Fernanda, por su apoyo y ayuda en los momentos en los que lo necesité.

A mi segunda madre, Ramona Machado, por el cuidado y cariño brindado durante toda mi vida y carrera universitaria.

A mi sobrina Natalia.

A la memoria de mis abuelos maternos, y paternos.

¡Para Ustedes!

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a toda mi familia y en especial a mis padres, Eude y María. Gracias por creer en mi y por apoyarme en todas las metas que me he trazado en la vida.

A la Universidad de Oriente, la casa más alta, y en especial al departamento de Electricidad, por haber sido la base de mi formación profesional. A sus profesores: Santiago Escalante, Melquiadez y Luis Suarez.

A la empresa PDVSA y en especial al Sr. Joaquin Brualla, por haberme brindado la oportunidad de realizar mi pasantía en dicha empresa.

A mis asesores Ing. Juan Carlos Vásquez y la Prof. Verena Mercado, por ser consecuente con mi persona y por ofrecerme en todo momento su apoyo, eternamente agradecido.

Al Sr, Félix Millán, José Muñoz y Lenin Gonzales por su gran colaboración dentro de la empresa.

A Silvana De Armas, por brindarme tanto cariño y ayuda, en los duros momentos.

A mis amigos y compañeros, José Carvajal, José Pineda, Andrés Pineda, Henry España.

¡A Todos Ustedes Muchas Gracias!

CONTENIDO GENERAL

RESOLUCIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
CONTENIDO GENERAL	vii
INDICE DE TABLAS	xiii
INDICE DE FIGURAS	xvi
RESUMEN	xx
INTRODUCCIÓN	xxii
CAPÍTULO I	23
EL PROBLEMA	23
1.1. Reseña histórica de la empresa	23
1.2. Ubicación de la empresa	24
1.3. Sede de PDVSA Refinación Oriente	25
1.4. Planteamiento del Problema	26
1.5. Objetivos planteados para desarrollar el proyecto	28
1.5.1. Objetivo General	28
1.5.2. Objetivos específicos	28
1.6. Alcance	29
1.7. Justificación	29
1.8. limitaciones	30
CAPÍTULO II	31
FUNDAMENTOS TEÓRICOS	31
2.1. Introducción	31
2.2. Referencias bibliográficas	31
2.3. Sistema Eléctrico	32
2.4. La Calidad de la Energía	33

2.5. Parámetros de calidad de energía	36
2.5.1. Parpadeo de Tensión o Flicker	36
2.5.1.1. Causas de las fluctuaciones de Tensión.....	36
2.5.1.2. Efectos de las Fluctuaciones de Tensión	40
2.5.2. Variaciones de Tensión de Corta Duración.....	43
2.5.2.1. Depresiones	43
2.5.2.2. Crestas de Tensión.....	44
2.5.2.3. Interrupciones de Suministro.....	45
2.5.3. Variaciones De Tensión De Larga Duración.....	46
2.5.3.1. Sobretensión (overvoltage).....	47
2.5.3.2. Bajo Voltaje (undervoltage)	48
2.5.3.3. Interrupción Sostenida.....	49
2.5.4. Desequilibrio de fases.....	49
2.5.4.1. Cuantificación del desequilibrio.....	49
2.5.4.2. Causas del Desequilibrio	52
2.5.4.3. Consecuencias del Desequilibrio.....	54
2.5.5. Armónicos	58
2.5.5.1. Tipos de equipos que generan armónicos.....	60
2.5.5.2. Problemas producidos por los armónicos.....	63
2.5.5.3. Medidas para reducir los armónicos.....	64
2.5.6. Transitorios.....	66
2.5.6.1. Transitorio Impulsivo	66
2.5.6.2. Transitorios Oscilatorios.....	67
2.6. Normas que rigen la calidad de la energía.....	69
2.6.1. Referente al Parpadeo o Flicker.....	69
2.6.2. Referente a Variaciones de Voltaje	70
2.6.3. Referente a Desbalance de Voltajes	70
2.6.4. Referente a Armónicos	71
2.6.5. Referente al Factor de Potencia.....	71

2.6.6. Referente a la Frecuencia	71
2.6.7. Tabla resumen de la norma de calidad de energía IEEE 1159-1995.	72
2.7. Cargas Críticas y Sensibles.....	72
CAPÍTULO III	74
DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO	74
3.1. Introducción.....	74
3.2. Sistema Eléctrico del Edificio Sede PDVSA PLC.....	76
3.2.1. Sistema de alimentación eléctrica principal	76
3.2.2. Sub-Estación eléctrica principal	76
3.2.2.1. Tablero Principal de 13.8 kv.....	77
3.2.2.2. Sub-estación Reductora “A” 13.8 / 4.16 Kv.....	85
3.2.2.3. Sub-estación Reductora “B” 13.8 / 0.48 Kv.....	88
3.2.2.4. Sistema de Corriente Directa.....	95
3.2.2.5. Ductos de Barras.....	96
3.2.2.6. Sistema de Ventilación Forzada, Alarma y Disparo de los Transformadores.	97
3.2.3. Sistemas de alimentación eléctrica secundaria.....	98
3.2.4. Alimentación a Sub-Estaciones Secundarias.....	99
3.2.5. Sub-Estaciones Secundarias	100
3.2.6. Centro de Control de Motores	101
3.2.7. Barras de Interconexión.....	101
3.2.8. Distribución Secundaria	101
3.2.8.1. Distribución Secundaria de Uso General.....	101
3.2.8.2. Distribución Secundaria del Sistema Preferencial.....	102
3.2.8.3. Distribución Secundaria en Salas de Electricidad	103
3.2.9. Circuitos de Distribución.....	103
3.2.9.1. Circuitos de Alumbrado.....	103
3.2.9.2. Circuitos de Fuerza y Tomacorrientes.....	103

3.2.10. Sistema de Iluminación	104
3.2.10.1. Iluminación General	104
3.2.10.2. Iluminación de Emergencia	105
3.2.11. Sistema de Aterramiento	106
3.2.12. Sistema de Pararrayos.....	107
3.3. Cargas Críticas y Sensibles Presentes en el Sistema.	107
3.3.1. Sistema Eléctrico y Cargas Críticas.....	108
3.3.2. Sistema Eléctrico y Cargas Sensibles.....	110
3.3.2.1. Computadoras.....	112
3.3.2.2. Variadores de Velocidad (ASD).....	114
3.3.2.3. Controlador Lógico Programable (PLC)	115
CAPÍTULO IV	116
MEDICIONES DE CALIDAD DE ENERGÍA Y RECOLECCIÓN DE DATOS	116
4.1. Introducción.....	116
4.2. Parámetros Medidos	116
4.3. Ubicación del Medidor	117
4.4. Equipo Analizador de Calidad de Energía	120
4.5. Resultados de las mediciones de parámetros de energía y su relación con las normas regulatorias.....	123
4.5.1. Circuito A-380.....	123
4.5.1.1. Mediciones de Frecuencia	124
4.5.1.2. Mediciones de Voltaje	127
4.5.1.3. Mediciones de Distorsión Armónica	131
4.5.1.4. Mediciones de Desbalance	134
4.5.1.5. Mediciones de Flickers.....	137
4.5.1.6. Mediciones de Factor de Potencia	141
4.5.1.7. Resumen de Parámetros circuito A-380.	145
4.5.2. Circuito A-280.....	146

4.5.2.1. Mediciones de Frecuencia	147
4.5.2.2. Mediciones de Voltaje	151
4.5.2.3. Mediciones de Distorsión Armónica	156
4.5.2.4. Mediciones de Desbalance	160
4.5.2.5. Mediciones de Flickers	163
4.5.2.6. Mediciones de Factor de Potencia.	167
4.5.2.7. Resumen de Parámetros circuito A-280.	169
4.5.3. Circuito A-180	169
4.5.3.1. Mediciones de Frecuencia	170
4.5.3.2. Mediciones de Voltaje	173
4.5.3.3. Mediciones de Distorsión Armónica	177
4.5.3.4. Mediciones de Desbalance	181
4.5.3.5. Mediciones de Flickers	184
4.5.3.6. Mediciones de Factor de Potencia.	187
4.5.3.7. Resumen de Parámetros circuito A-180.	192
4.5.4. Circuito E-280	192
4.5.4.1. Mediciones de Frecuencia	194
4.5.4.2. Mediciones de Voltaje	197
4.5.4.3. Mediciones de Distorsión Armónica	201
4.5.4.4. Mediciones de Desbalance	204
4.5.4.5. Mediciones de Flickers	207
4.5.4.6. Mediciones de Factor de Potencia.	211
4.5.4.7. Resumen de Parámetros circuito E-280.	213
4.5.5. Circuito D-304	213
4.5.5.1. Mediciones de Frecuencia	214
4.5.5.2. Mediciones de Voltaje	218
4.5.5.3. Mediciones de Distorsión Armónica	223
4.5.5.4. Mediciones de Desbalance	226
4.5.5.5. Mediciones de Flickers	229

4.5.5.6. Mediciones de Factor de Potencia.....	233
4.5.5.7. Resumen de Parámetros circuito D-304.....	237
CAPÍTULO V.....	229
PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA.....	229
5.1. Introducción.....	229
5.2. Parámetros eléctricos deficientes en calidad.....	230
5.3. PROPUESTA DE MEJORA DEL CIRCUITO A-380.....	231
5.3.1. Mejorador del factor de potencia.....	231
5.3.2. Recomendación para mejorar la regulación de tensión.....	238
5.3.3. Observación sobre el desbalance cargas.....	239
5.4. PROPUESTA DE MEJORA DEL CIRCUITO A-180.....	239
5.4.1. Mejorador del factor de potencia.....	239
5.4.2. Observación sobre el desbalance cargas.....	243
CONCLUSIONES.....	245
RECOMENDACIONES.....	247
BIBLIOGRAFÍA.....	248
ANEXOS.....	¡Error! Marcador no definido.
METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:	250

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Normas ANSI sobre variaciones de larga duración.....	47
Tabla 3.1. Características del Tablero Principal de 13.8 Kv.	77
Tabla 3.2. Características del transformador de 13.8/4.16 KV.	86
Tabla 3.3. Características del tablero de 4.16 Kv.	86
Tabla 3.4. Características de Transformadores 13.8/0.48 V.	89
Tabla 3.5. Características del Centro de Carga 480/277 V.....	90
Tabla 3.5. Distribución de personal en el Edif. Sede PDSVSA Guaraguao....	112
Tabla. 4.1. Cronograma de Medición de Calidad de Energía Edificio Sede PDVSA.	118
Tabla 4.2. Resumen de Resultados de Medición de Frecuencia	124
Tabla 4.3. Muestra por hora de Frecuencia en líneas A-380	125
Tabla 4.4. Resumen de Resultados de Medición de Voltaje	127
Tabla 4.5. Muestra por hora de Voltajes en líneas A-380	129
Tabla 4.6. Resumen de Resultados de Medición de UTHD	131
Tabla 4.7. Muestra por hora de UTHD en líneas A-380	132
Tabla 4.8. Resumen de Resultados de Medición de Desbalance.....	134
Tabla 4.10. Resumen de Resultados de Medición de Flicker.....	137
Tabla 4.11. Muestra por hora de Flicker en líneas A-380	138
Tabla 4.12. Resumen de Resultados de Factor de Potencia	141
Tabla 4.13. Muestra por hora de Factor de Potencia en líneas A-380.....	142
Tabla 4.14. Resumen de Medición A-380.....	145
Tabla. 4.15. Resumen de Resultados de Medición de Frecuencia.....	148
Tabla 4.16. Muestra por hora de Frecuencia en líneas A-280	148
Tabla 4.17. Resumen de Resultados de Medición de Voltaje	151
Tabla 4.18. Muestra por hora de Voltajes en líneas A-280	152

Tabla 4.19. Resumen de Resultados de Medición de UTHD	156
Tabla 4.20. Muestra por hora de UTHD en líneas A-280	156
Tabla 4.21. Resumen de Resultados de Medición de Desbalance.....	160
Tabla 4.22. Muestra por hora de Uunb en líneas A-280.....	160
Tabla 4.23. Resumen de Resultados de Medición de Flicker.....	163
Tabla 4.24. Muestra por hora de Flicker en líneas A-280	163
Tabla 4.25. Resumen de Medición errada de factor de potencia A-280.....	167
Tabla 4.26. Resumen de Medición A-280.....	169
Tabla 4.27. Resumen de Resultados de Medición de Frecuencia.....	171
Tabla 4.28. Muestra por hora de Frecuencia en líneas A-180	171
Tabla 4.29. Resumen de Resultados de Medición de Voltaje	174
Tabla 4.30. Muestra por hora de Voltajes en líneas A-180	174
Tabla 4.31. Resumen de Resultados de Medición de UTHD	177
Tabla 4.32. Muestra por hora de UTHD en líneas A-180	178
Tabla 4.33. Resumen de Resultados de Medición de Desbalance.....	181
Tabla 4.34. Muestra por hora de Uunb en líneas A-180.....	182
Tabla 4.35. Resumen de Resultados de Medición de Flicker.....	184
Tabla 4.36 Muestra por hora de Flicker en líneas A-180	184
Tabla 4.37. Resumen de Resultados de Factor de Potencia	188
Tabla 4.38. Muestra por hora de Factor de Potencia en líneas A-180.....	188
Tabla 4.39. Resumen de Medición A-180.....	192
Tabla 4.40. Resumen de Resultados de Medición de Frecuencia.....	194
Tabla 4.41. Muestra por hora de Frecuencia en líneas E-280	194
Tabla 4.42. Resumen de Resultados de Medición de Voltaje	197
Tabla 4.43. Muestra por hora de Voltajes en líneas E-280.....	197
Tabla 4.44. Resumen de Resultados de Medición de UTHD	201
Tabla 4.45. Muestra por hora de UTHD en líneas E-280.....	202
Tabla 4.46. Resumen de Resultados de Medición de Desbalance.....	204
Tabla 4.47. Muestra por hora de Uunb en líneas E-280	205

Tabla 4.48. Resumen de Resultados de Medición de Flicker.....	207
Tabla 4.49. Muestra por hora de Flicker en líneas E-280.....	208
Tabla 4.50. Resumen de Medición errada de factor de potencia E-280.....	211
Tabla 4.51. Resumen de Medición E-280	213
Tabla 4.52. Resumen de Resultados de Medición de Frecuencia.....	215
Tabla 4.53. Muestra por hora de Frecuencia en líneas D-304.....	215
Tabla 4.54. Resumen de Resultados de Medición de Voltaje	218
Tabla 4.55. Muestra por hora de Voltajes en líneas D-304	218
Tabla 4.56. Resumen de Resultados de Medición de UTHD	223
Tabla 4.57. Muestra por hora de UTHD en líneas D-304	223
Tabla 4.58. Resumen de Resultados de Medición de Desbalance.....	227
Tabla 4.59. Muestra por hora de Uunb en líneas D-304.....	227
Tabla 4.60. Resumen de Resultados de Medición de Flicker.....	229
Tabla 4.61 Muestra por hora de Flicker en líneas D-304	230
Tabla 4.62. Resumen de Resultados de Factor de Potencia	234
Tabla 4.63. Muestra por hora de Factor de Potencia en líneas D-304.....	234
Tabla 4.64. Resumen de Medición D-304.....	237
Tabla 5.1. Parámetros de calidad de energía con valores deficientes.....	230

INDICE DE FIGURAS

Figura.1.1. Ubicación del edificio Sede PDVSA de Puerto La Cruz	26
Figura.2.1. Clasificación de las Variaciones de Tensión.....	37
Figura.2.2. Circuito Equivalente (Unifilar)	38
Figura.2.4. Ejemplo de Fluctuación de Tensión Eficaz.....	40
Figura. 2.5. Efecto de un cambio de tensión sobre el flujo luminoso de una lámpara incandescente.....	42
Figura. 2.6. Hueco o Sag de tensión.....	44
Figura. 2.7. Cresta o Swell de tensión	45
Figura. 2.8. Interrupción de Suministro.....	46
Figura. 2.9. Sobretensión en un sistema.....	48
Figura.2.10. Representación Gráfica de las Componentes Simétricas	50
Figura.2.11. Descomposición gráfica. (las contribuciones respectivas a las tres fases indicadas con U,V,W se añaden como fasores para obtener el sistema desequilibrado real).	51
Figura. 2.12. Características de velocidad de par (deslizamiento) de una máquina de inducción en condiciones de alimentación desequilibrada.	56
Figura. 2.13. Esquema de conexión para la alimentación de un motor de inducción con un componente algo desequilibrado.....	56
Figura. 2.14 Onda fundamental con 3era y 5ta armónica.....	59
Figura. 2.15. Forma de onda de corriente distorsionada	59
Figura. 2.16. Espectro armónico de puente de seis pulsos	62
Figura. 2.17. Filtro pasivo de armónicos en paralelo con la carga	32
Figura. 2.19. Compensador activo de armónicos	32
Figura. 2.20. Transitorio tipo Impulso.....	67
Figura. 2.21. Transitorio tipo oscilatorio de alta frecuencia.....	68
Figura. 2.22. Transitorio tipo oscilatorio de baja frecuencia.....	69

Figura. 3.1. Diagrama esquemático del Sistema Eléctrico de PDVSA Refinación Oriente.....	75
Fig. 3.2. Sistema Preferencial de la S/E PDVSA Guaraguao.....	111
Figura. 3.3. Curva CBMA	113
Figura.3.4. Curva de Tolerancia para ASD.	114
Figura.3.5. Curva de tolerancia de PLC's.	115
Figura. 4.1. Localización del analizador en un sistema de baja tensión típico.	117
Figura. 4.2. Diagrama Unifilar S/E Edif. Sede PDVSA PLC.	119
Figura.4.3. Analizador de Energía PowerPad 3945-B.....	121
Figura.4.4. Sensores de Corriente.....	122
Figura.4.5. Sensores de Tensión.....	122
Figura. 4.6. Circuito A-380.	123
Figura. 4.7. Perfil de Frecuencia Circuito A-380.	126
Figura. 4.8. Perfil de Tensión Circuito A-380.....	129
Figura. 4.8. Perfil de Distorsión Armónica Circuito A-380.....	133
Figura. 4.9. Perfil de Desbalance Circuito A-380.	137
Figura. 4.10. Perfil de ocurrencia de Flicker Circuito A-380.....	140
Figura. 4.11. Perfil de Factor de Potencia Circuito A-380.....	144
Figura. 4.12. Circuito A-280	147
Figura. 4.13. Perfil de Frecuencia Circuito A-280	150
Figura. 4.14. Perfil de Tensión Circuito A-280.....	154
Figura. 4.15. Perfil de Distorsión Armónica Circuito A-280	159
Figura. 4.16. Perfil de Desbalance Circuito A-280.	162
Figura. 4.17. Perfil de ocurrencia de Flicker Circuito A-280.....	165
Figura. 4.18. Perfil de Factor de Potencia Circuito A-280.....	168
Figura. 4.19. Perfil de Factor de Potencia Circuito A-380	168
Figura. 4.20. Circuito A-180	170
Figura. 4.21. Perfil de Frecuencia Circuito A-180	173

Figura. 4.22. Perfil de Tensión Circuito A-180.....	176
Figura. 4.23. Perfil de Distorsión Armónica Circuito A-180	180
Figura. 4.24. Perfil de Desbalance Circuito A-180.	183
Figura. 4.25. Perfil de ocurrencia de Flicker Circuito A-180.....	186
Figura. 4.26. Perfil de Factor de Potencia Circuito A-180.....	190
Figura. 4.27. Circuito E-280.....	193
Figura. 4.28. Perfil de Frecuencia Circuito E-280.....	196
Figura. 4.29. Perfil de Tensión Circuito E-280	200
Figura. 4.30. Perfil de Distorsión Armónica Circuito E-280.....	203
Figura. 4.31. Perfil de Desbalance Circuito E-280.....	207
Figura. 4.32. Perfil de ocurrencia de Flicker Circuito E-280	210
Figura. 4.33. Perfil de Factor de Potencia Circuito E-280	212
Figura. 4.34. Perfil de Factor de Potencia Circuito A-380	213
Figura. 4.35. Circuito D-304.	214
Figura. 4.36. Perfil de Frecuencia Circuito D-304	217
Figura. 4.37. Perfil de Tensión Circuito D-304.....	221
Figura. 4.38. Perfil de Distorsión Armónica Circuito D-304	226
Figura. 4.39. Perfil de Desbalance Circuito D-304.	229
Figura. 4.40. Perfil de ocurrencia de Flicker Circuito D-304.....	232
Figura. 4.41. Perfil de Factor de Potencia Circuito D-304.....	236
Figura.5.1. Triángulo de potencia con ángulo mejorado.....	232
Figura. 5.2. Diagrama Unifilar con bancos de condensadores	237
Figura.5.3. Conexión típica de Banco de Condensadores Automático.	238
Figura. A.1. Conexión del analizador en barras de 480 V. ¡Error! Marcador no definido.	
Figura. A.2. Placa de transformadores 13.8/0.48 KV. (DTR-1,DTR-2,DTR-3) ¡Error! Marcador no definido.	
Figura. A.3. Unidades trifásicas de transformación 13.8/0.48 KV.(DTR-3,DTR-2,DTR-1)..... ¡Error! Marcador no definido.	

Figura. A.4. Conexión de los sensores de corriente MN93. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura. A.5. Centro de carga de 480 V. (Subestación “B”). **¡Error! Marcador no definido.**

Figura. A.6. Centro de carga de 4.160 V. (Subestación “A”). **¡Error! Marcador no definido.**

Figura. A.7. Unidades transformadoras de 13.8/4.16 KV. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura. A.8. Llegada del alimentador de 13.8 KV, CADAFE II. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura. A.9. Banco de baterías de la subestación principal. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura. A.10. Equipo analizador tomando mediciones en 480 voltios. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura. A.11. Subestación eléctrica principal de Sede PDVSA. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura. A.12. Celda de medición del circuito E-280. **¡Error! Marcador no definido.**

RESUMEN

En el siguiente trabajo se efectuó un estudio de los principales parámetros de la calidad de energía, mediante la utilización del analizador de energía Power Pad del fabricante AEMC Instrument, con el que se llevó a cabo el monitoreo de la red eléctrica del edificio sede de PDVSA Guaraguao. Así mismo se realizó una descripción del sistema eléctrico de dicha sede de PDVSA a fin de conocer como está constituido el mismo. En este sentido, se realizaron todas las mediciones necesarias con el propósito de determinar los niveles de perturbación en los puntos claves del sistema, y así establecer el grado de afectación en los circuitos. Cabe destacar que el estudio de calidad de energía realizado comprendió solamente la subestación principal, donde se sometieron a monitoreo cuatro (4) unidades transformadoras trifásicas, entre las cuales, tres (3) son de 13.8/0.48 KV., y el restante de 13.8/4.16 KV con una potencia nominal de 3.5 MVA cada una. Adicionalmente se realizó el monitoreo de la llegada del alimentador en 13.8 Kv., el cual suministra el 100% de la energía para este edificio. De acuerdo a la evaluación realizada a dicho sistema se pudo conocer los niveles de armónicos, factor de potencia, variaciones de voltaje, frecuencia, desbalance de fases, variaciones rápidas de tensión existentes con el

empleo del software Data View, el cual suministra los gráficos y base de datos a partir de las mediciones que se realizaron con el analizador de energía Power Pad.

Los resultados obtenidos del estudio muestran que es necesario aplicar ajustes a las unidades de transformación existentes en el sistema, ya que el incremento de la carga y la utilización cada vez mayor de equipos electrónicos influye de manera considerable en las magnitudes de las perturbaciones.

INTRODUCCIÓN

En los últimos tiempos, las empresas distribuidoras de electricidad reciben cada vez más quejas con respecto a perturbaciones de tensión, los cuales provocan el mal funcionamiento de las instalaciones eléctricas y sus cargas. Esto se debe principalmente a la utilización cada vez mayor de cargas sensibles a perturbaciones de tensión y cargas no lineales. Las perturbaciones siempre estarán presentes en los sistemas eléctricos, pero es fundamental mantenerlas a un nivel lo más reducido posible, sin que influya en el normal funcionamiento del proceso productivo del suscriptor.

Por lo general cuando en una instalación eléctrica existen perturbaciones de tensión, casi siempre, los suscriptores culpan a la empresa distribuidora de electricidad, sin darse cuenta que en ocasiones el problema puede estar dentro de la misma instalación.

Las cargas no lineales cambian la naturaleza de la onda sinusoidal de la corriente de alimentación CA, resultando en un flujo de corrientes armónicas en los sistemas de potencia CA que pueden causar interferencia con los circuitos de comunicación y con otro tipo de equipos. Cuando es usada la compensación de potencia reactiva (en la forma de condensadores para mejorar el factor de potencia) con éstas cargas no lineales, pueden ocurrir condiciones de resonancia que resultan en altos niveles de distorsión de tensión y corriente armónica.

Para el estudio de estas fallas se debe hacer análisis de calidad de energía eléctrica que permita observar de manera detallada los fenómenos electromagnéticos, los cuales pueden presentarse de forma permanente, intermitente o instantánea. La finalidad que se persigue con la realización de dichos estudios es la de identificar la

magnitud de las perturbaciones y por ende determinar las respectivas soluciones al problema.

El edificio sede de PDVSA Refinación Oriente es una parte importante de lo que es la empresa petrolera en Venezuela, cuyo sistema eléctrico debe estar lo más posible libre de perturbaciones de este tipo y fallas asociadas, considerando que una alimentación de baja calidad podría ocasionar el mal funcionamiento de equipos sensibles y críticos conectados al circuito de dicha edificación.

Para los efectos de este trabajo, lo que se busca es realizar un estudio que permita un análisis comparativo entre los parámetros de calidad de energía medidos y las normas respectivas. Tales parámetros como lo son el factor de potencia, desbalance de fases, fluctuaciones de tensión (sags y swell), flickers, armónicos, frecuencia, serán objeto de estudio, partiendo desde la teoría hasta llegar a mediciones reales de calidad de energía.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Reseña histórica de la empresa

El 1° de enero de 1976, exactamente después de las doce de la noche, nació Petróleos de Venezuela S.A. como la empresa encargada de asumir las funciones de planificación, coordinación y supervisión de la industria petrolera nacional al concluir el proceso de reversión de las concesiones de hidrocarburos a las compañías extranjeras que operaban en territorio venezolano. La partida de nacimiento de la principal industria del país quedó plasmada en el decreto presidencial número 1.123 del 30 de agosto de 1975. Su primer presidente fue el general Rafael Alfonzo Ravard.

Durante el primer año de operación, PDVSA inició sus acciones con 14 filiales (finalmente serían tres: Lagoven, Maraven y Corpoven) que absorbieron las actividades de las concesionarias que estaban en Venezuela. Para aquel año, se mantiene la producción de crudo en 2,3 millones de barriles diarios. Las inversiones iniciales se sitúan en un principio en 1.200 millones de bolívares. Ya en 1978, las inversiones de capital se habían cuadruplicado y se ubicaban en 5.000 millones de bolívares. Dentro de esta fase, inicia acciones en 1976, el Instituto Tecnológico Venezolano del Petróleo (Intevep), destinado a efectuar los estudios e investigaciones necesarias para garantizar el alto nivel de los productos y procesos dentro de la industria petrolera.

Igualmente dos años después se crea Petroquímica de Venezuela, S.A (PEQUIVEN), dirigida a organizar el negocio de la química. Luego de cinco años, de

puesta en marcha del decreto que creó a Petróleos de Venezuela, PDVSA y sus filiales logran avanzar en un proceso de consolidación en lo que respecta al manejo del negocio petrolero. Así de esta manera, “se consolidó satisfactoriamente la transición y adaptación de las actividades petroleras privadas de las concesionarias, a la tutela del Estado venezolano” (El Pozo Ilustrado). Lagoven se encarga de las operaciones en el occidente y el sur del país; Corpoven despliega su área de influencia en el centro de la nación, mientras que Maraven se sitúa en la región oriental.

Asimismo, la compañía estatal enfoca parte de sus esfuerzos a la Faja del Orinoco, la cual contiene importantes reservas de crudo pesado y extrapesado. Para su explotación, se divide en cuatro áreas o zonas de influencia: Machete, Hamaca (ambos operados en su momento por Corpoven), Cerro Negro (Lagoven) y Zuata (Maraven). La importancia estratégica de la faja queda plasmada en sus números: las reservas probadas están por el orden de los 60.000 y 200.000 millones de barriles. Para tener una comparación que permita apreciar este dato, es importante destacar que desde 1917 hasta 1994, se han producido en el país 46.421 millones de barriles de crudo de todo tipo.

A mediados de los años 80, la principal empresa del país inicia una expansión tanto a nivel nacional como mundial, con la compra y participación en diversas refinerías ubicadas en Europa, Estados Unidos y el Caribe.

1.2. Ubicación de la empresa

La Refinería Puerto La Cruz (RPLC), proyectada por Gulf Refining Company, está ubicada en la costa nor-oriental del país, al este de la ciudad de Puerto La Cruz, en el estado Anzoátegui; tiene facilidades de acceso desde el Mar Caribe y está conectada por oleoductos con los campos de producción de Oriente. La conforman las

instalaciones de Puerto La Cruz, El Chaure y San Roque (a 40 Km. de Anaco, vecina a la población de Santa Ana, Edo. Anzoátegui).

Por su ubicación estratégica, la Refinería de Puerto La Cruz cumple tres roles principales, como son la de suplir la demanda del mercado interno de la región suroriental del país, colocar los productos excedentes en el mercado de exportación y el manejo y distribución de la producción de crudos del oriente del país hacia los mercados de exportación y a las otras filiales.

1.3. Sede de PDVSA Refinación Oriente

El 15 de septiembre de 1981, en una asamblea extraordinaria de accionistas de PDVSA, se aprobó el traslado de la Sede de S.A. MENEVEN de Caracas hacia la zona Barcelona – Puerto La Cruz. El edificio se decide construir en la zona denominada el “Cerrito” en Puerto La Cruz (ver Figura 1.1) y es hoy en día la Sede de PDVSA Refinación Oriente. Está dividido en cuatro módulos y las áreas departamentales están organizadas tanto vertical como horizontalmente.

El edificio Sede de Petróleos de Venezuela Oriente es un lugar estratégico en cuanto a manejo, planificación y desarrollo de proyectos concernientes a las diferentes refinerías ubicadas en esta región de la nación se refiere, así como también la realización de negocios de gran importancia, ya sean de carácter nacional o internacional. Todo el control a nivel administrativo, de ingeniería u otros trabajos asociados de PDVSA Refinación Oriente es dirigido desde este sitio, lo que le aporta mayor importancia y nivel estratégico.

Quienes laboran en este edificio viven en las comunidades de Barcelona, Puerto La Cruz, Lechería, Guanta o Santa Ana, donde es posible palpar bien de cerca las

necesidades de la población. Esa particularidad ha motivado al trabajador de PDVSA a identificarse con la solución de los problemas de sus comunidades.



Figura.1.1. Ubicación del edificio Sede PDVSA de Puerto La Cruz

1.4. Planteamiento del Problema

Petróleos de Venezuela, S.A. (PDVSA), es una de las corporaciones energéticas de mayor importancia y crecimiento del mundo. Se encarga del desarrollo de la industria petrolera y petroquímica. Ésta empresa lleva a cabo actividades en materia de exploración, explotación y demás fases para la producción petrolera tanto en Venezuela como en el exterior, ocupando así una destacada posición entre los refinadores del mundo.

En el Oriente del territorio nacional Petróleos de Venezuela cuenta con la refinería de Puerto La Cruz con una capacidad de procesamiento de 200 MBD.

La refinería Puerto La Cruz está ubicada en el norte y centro del estado Anzoátegui, Venezuela. Este complejo de PDVSA abarca tres áreas operacionales: Puerto La Cruz, El Chaure y San Roque. Su capacidad total de procesamiento de crudos es de 200 mil barriles por día, de los cuales se obtienen 73 mil barriles de gasolina y nafta, 12 mil barriles de kerosene-jet, 43 mil barriles de gasoil y 73 mil barriles de residual, insumos y requeridos para la mezcla de combustibles.

En las adyacencias de esta refinería se encuentra el edificio Sede de Petróleos de Venezuela Refinación Oriente, en el cual se llevan a cabo funciones de planificación, desarrollo y coordinación de actividades de diferentes índoles que permiten el buen funcionamiento de la empresa. Dentro de sus prioridades está garantizar un correcto funcionamiento en cuanto a rendimiento y seguridad operacional de los equipos y sistemas que funcionan bajo su dominio.

Actualmente los equipos y sistemas que están en funcionamiento dentro del edificio se están viendo afectados por el comportamiento anormal del suministro eléctrico que brinda la empresa de electricidad. Las constantes fallas que se presentan en el sistema eléctrico del edificio sede, tales como, fluctuaciones de tensión, interrupciones del servicio, entre otras, ocasionan el mal funcionamiento de computadores, luminarias, debilitamiento de aislamiento y sobrecalentamiento en transformadores y maquinas eléctricas en general. Todas estas perturbaciones pueden ser minimizadas con la aplicación de un estudio que permita detectar cuales parámetros eléctricos podrían estar fuera del rango de funcionamiento normal, de las normas establecidas para el servicio público de electricidad o bien por la misma PDVSA. Para dicho estudio se plantea la necesidad de realizar mediciones en la sub-estación eléctrica principal del edificio sede de PDVSA Refinación Oriente, con el fin de monitorear de manera constante los diversos parámetros eléctricos que se considera pueden estar deficientes. La medición comprende la lectura de: variaciones de voltaje, potencia reactiva, desbalance de tensión, flickers, factor de potencia y

armónicos presentes. Los resultados del análisis servirán de guía para la propuesta y aplicación de soluciones en favor de optimizar el funcionamiento de la red eléctrica del edificio.

1.5. Objetivos planteados para desarrollar el proyecto

1.5.1. Objetivo General

Analizar los parámetros de calidad de energía del edificio sede de PDVSA Refinación Oriente de Puerto La Cruz.

1.5.2. Objetivos específicos

- 1) Describir el sistema eléctrico del edificio sede PDVSA Refinación Oriente de Puerto La Cruz.
- 2) Identificar las cargas críticas y sensibles presentes en el sistema eléctrico del edificio sede PDVSA Refinación Oriente.
- 3) Realizar la medición y recolección de los datos correspondientes a los parámetros de calidad de energía en la S/E principal mediante el instrumento analizador.
- 4) Comprobar si los parámetros básicos de la Calidad Eléctrica se ajustan a los requisitos de las normas correspondientes.
- 5) Proponer mejoras en el sistema eléctrico que conlleven a la calidad de la energía eléctrica.

1.6. Alcance

El alcance del siguiente proyecto cubre los siguientes aspectos:

- Obtener información acerca de las cargas del sistema, así como del sistema eléctrico en general a fin de constatar la existencia de equipos sensibles o críticos que puedan fallar o disminuir su vida útil ante posibles perturbaciones eléctricas.
- Realizar mediciones mediante un equipo analizador de energía en los diferentes circuitos de la subestación principal.
- Inferir en posibles soluciones a los problemas de calidad eléctrica considerados en este proyecto.

1.7. Justificación

El desconocimiento de los niveles de calidad de la energía trae como consecuencia la falla o desconexión de los equipos sensibles y críticos, disminución de la vida de motores y transformadores, generando pérdidas económicas importantes.

Generalmente los usuarios consideran que dichas fallas son causadas por factores externos, sin tener en cuenta que podrían estar siendo provocadas internamente, ya sea por el tipo de carga conectada al circuito o por la actividad y tipo de funcionamiento que estas tengan.

Mediante la obtención de información acerca de parámetros que contemple la calidad eléctrica será posible determinar cuales son las pautas a seguir para lograr

corregir las posibles perturbaciones existentes, asegurando el eficiente funcionamiento de sistema eléctrico del edificio sede de PDVSA Guaraguao, aumentando así la calidad de suministro de energía, denotado por la reducción de la frecuencia de las interrupciones o fallas en los diferentes circuitos y aumento de vida útil de los equipos.

Todo esto se puede lograr mediante un estudio de la calidad de energía desde el sistema aguas abajo hasta la fuente de suministro (alimentador principal de 13.8 kv.) para definir de manera selectiva el circuito mas afectado por las posibles perturbaciones existentes y plantear de esta forma una solución en cada caso.

1.8. limitaciones

Las limitaciones que se presentaron en la realización de este trabajo giran en torno a la parte de medición de los circuitos energizados, donde al no disponer de los accesorios necesarios, no se pudo observar de manera directa el flujo de corriente en cada una de las salidas de los transformadores de potencia. Esta limitación se refiere específicamente a los sensores de corriente tipo tenaza modelo MN93 del analizador de energía (Power Pad), las cuales no tienen el tamaño suficiente como para ser conectadas directamente a la barra. Vale destacar que el accesorio necesario para realizar la medición de corriente directo a la barra es la pinza tipo argolla flexible denominada “AmpFlex” la cual tiene del diámetro suficiente como para hacer la conexión mencionada.

El problema de no disponer de los sensores necesarios, conllevó a realizar las mediciones en los transformadores de corriente, cuya relación de transformación imposibilitó la captura de señal por parte del analizador de energía, provocando así resultados erróneos. Cabe destacar que estos accesorios no fueron adquiridos para este estudio.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Introducción

Para llevar a cabo este trabajo de grado es de gran importancia definir los fundamentos teóricos más resaltantes mediante los cuales se podrán tener conocimiento generales sobre el contenido a desarrollar y que nos ayudarán a un mejor entendimiento de los temas y conceptos, comenzando por la descripción del sistema eléctrico en estudio y continuando con todos los parámetros que serán objeto de estudio, determinantes en el análisis y propuesta de mejoras para dicho sistema eléctrico.

2.2. Referencias bibliográficas

En la etapa inicial de la revisión bibliográfica de este proyecto se indagó entre trabajos de grado del área de interés, encontrándose como precedente el estudio realizado en el 2005 por García L. Douglas D. [1], donde fueron realizados estudios del efecto de los armónicos producidos por los clientes en la calidad del servicio prestado por la empresa Eleoriente Cumaná Edo. Sucre, donde se concluyó que la presencia de armónicos y otros factores en el sistema originaron una gran variedad de perturbaciones en las cuales se observaron pérdidas en el suministro de energía que presta la empresa a esta zona.

En enero de 2002 se presentó otro trabajo de grado que sirvió de orientación, presentado por Fernández O. Lilian F. [2], donde se evaluó la contaminación de los armónicos presentes en las cargas conectadas en la línea n°2 de la Sub-Estación

Morichal de PDVSA, donde se determinó que la razón fundamental de la presencia de armónicos era la utilización de variadores de frecuencia para controlar la velocidad de los motores utilizados en el bombeo de los pozos, los cuales incorporan al sistema armónicas de 5^{to} y 7^{mo} orden en magnitudes que exceden los límites establecidos por la IEEE.

En abril de 2007 el Br. Tirso Mundarain presentó un trabajo de grado, donde llevó a cabo un estudio del comportamiento de los reactivos para mejorar los perfiles de tensión en el sistema eléctrico de la refinería puerto la cruz utilizando un programa computacional, cuyo resultado demostró la influencia importante que tiene el alto consumo de potencia reactiva en el comportamiento de un sistema eléctrico como el de la Refinería de Puerto La Cruz.

2.3. Sistema Eléctrico

Se entiende por sistema eléctrico a un conjunto de dispositivos cuya función es proveer la energía necesaria para el arranque y correcto funcionamiento de los equipos eléctricos tales como luces, electrodomésticos, motores eléctricos en general y diversos instrumentos. Cuando los expertos diseñan un sistema eléctrico lo hacen pensando en cómo proveer energía aún en las peores condiciones de operación. Un sistema eléctrico puede encontrarse alrededor de nuestra vivienda como también incorporado a ciertos equipos u objetos.

La energía se genera en centrales eléctricas, dicha central eléctrica es una instalación que emplea una fuente de energía para hacer girar una turbina y así producir corriente alterna sinusoidal a voltajes intermedios, entre 6.000 y 23.000 voltios. El sistema eléctrico es el medio que se utiliza para la distribución de la energía generada; para un uso racional de la electricidad es necesario que las líneas de transporte se encuentren interconectadas entre sí con una estructura en forma mallada;

dichas líneas son construidas habitualmente sobre grandes torres metálicas y a tensiones que superan los 66.000 voltios. Las sub-estaciones son plantas transformadoras que se encuentran junto a las centrales generadoras y en los alrededores de zonas de consumo de energía eléctrica; las redes de distribución son las que se establecen en áreas urbanas y rurales, las mismas puede ser aéreas o subterráneas y tienen como función proporcionar electricidad a las viviendas para que éstas alimenten sus instalaciones.

2.4. La Calidad de la Energía

Probablemente, en la actualidad, el tipo de energía más utilizado en las actividades industriales y comerciales del mundo desarrollado es la energía eléctrica. Se trata de un producto muy peculiar, pues debe estar a disposición de los usuarios de una manera permanente y, sin embargo, no es posible su almacenamiento previo en cantidades importantes, por lo que debe generarse según se va necesitando. Por otro lado, no puede controlarse su calidad antes de estar en disposición de ser utilizado [1].

En el caso de la energía eléctrica, la situación es similar: debe garantizarse la continuidad del suministro y deben controlarse las tolerancias o límites de variación de sus características de tal manera que no ocasionen problemas al usuario. Por otro lado se trata de un producto que presenta peculiaridades muy especiales: la electricidad se genera lejos de los lugares de consumo; se mezcla en la red de transporte y distribución con más energía procedente de otros centros de generación y llegan a los puntos de consumo después de pasar a través de varios transformadores y recorrer muchos kilómetros de líneas aéreas y, posiblemente, algunos kilómetros más de redes subterráneas. Controlar la calidad de la energía entregada a los usuarios no es una tarea fácil y no existe un procedimiento que permita retirar del sistema la

energía que no cumpla las especificaciones exigidas o que ésta pueda ser devuelta por el usuario al proveedor.

Las deficiencias más evidentes en el suministro de energía eléctrica son su corte o interrupción (cuya duración puede estar comprendida desde pocos segundos a varias horas) y las oscilaciones o bajadas de tensión, también denominados huecos de tensión, en las que ésta desciende, en algunos momentos, a valores inferiores a los considerados normales. Evidentemente, las interrupciones de suministro durante cortos o largos periodos de tiempo son un problema para todos los usuarios, sobre todo para aquellos clientes que cuentan con equipos sensibles dentro de sus instalaciones.

Algunos ejemplos de estas aplicaciones son:

- Actividades que se desarrollan mediante procesos continuos, en las que breves interrupciones pueden alterar los ritmos de las cadenas de producción, acumulando grandes cantidades de productos semi-elaborados desechables. Un ejemplo podría ser la industria del papel en la que las operaciones de limpieza de las máquinas son largas y costosas.
- Los procesos de producción por etapas, en las que un corte o interrupción de los mismos puede inutilizar el resultado de las operaciones anteriores. Un ejemplo de este tipo es la fabricación de semiconductores, en la que la producción de una oblea requiere docenas de etapas que duran varios días y en las que una interrupción en una fase intermedia resulta catastrófica.
- El proceso de datos, donde el valor de la transacción a efectuar es alto, pero su coste es reducido, como es el caso de las operaciones en los mercados de valores o en el cambio de divisas. La interrupción de la posibilidad de operar en un momento

determinado puede provocar pérdidas cuyo valor puede exceder muchas veces el coste del proceso. En un caso reciente se exigió una compensación de quince millones de euros por una interrupción de veinte minutos en el suministro de energía eléctrica.

La Calidad de la Energía Eléctrica se refiere entonces a una fuente de suministro de energía perfecta que estuviese siempre disponible, dentro de las tolerancias de tensión y frecuencia exigibles, y presentase un perfil de onda perfectamente senoidal libre de perturbaciones [2].

Los defectos de la calidad de la energía, pueden clasificarse en cinco tipos:

- Distorsión armónica.
- Cortes en el suministro.
- Oscilaciones de la tensión.
- Caídas y picos de tensión.
- Fenómenos transitorios.

Cada uno de estos problemas de calidad de la energía tiene causas diferentes. Unos corresponden al resultado de infraestructuras comunes a varios usuarios. Por ejemplo, un fallo en la red puede ocasionar una caída de tensión que afectará a varios usuarios y cuanto mayor sea el nivel de la avería mayor será el número de clientes afectados, o un problema en la instalación de un abonado puede provocar un fenómeno transitorio que afecte a otros usuarios del mismo subsistema. Otros problemas, como los armónicos, se generan en la propia instalación del usuario y pueden propagarse, o no, a la red de distribución y afectar a otros clientes. Los problemas de distorsión armónica se pueden resolver mediante una combinación de adecuados procedimientos de diseño y el empleo de equipos de eliminación o reducción de armónicos de eficacia probada.

2.5. Parámetros de calidad de energía

La definición y caracterización de los distintos tipos de perturbaciones eléctricas ha ido variando con el tiempo, así como la importancia relativa entre unos tipos y otros. Una de las primeras perturbaciones tratadas fueron los armónicos debido a que eran producidos por los generadores de corriente alterna, además de la introducción de la electrónica a gran escala. La evolución de la consideración de las perturbaciones ha tenido como gestor importante el punto de vista del consumidor, ya que muchos de estos consideran los cortes como una deficiencia inherente del suministro eléctrico. Algunas de las perturbaciones más importantes son los Flickers, Bajadas de Tensión, Desbalance de Fases y Armónicos presentes en la red [3].

2.5.1. Parpadeo de Tensión o Flicker

El parpadeo es la impresión de inestabilidad de la sensación visual inducida por un estímulo luminoso, cuya luminancia o distribución espectral fluctúa con el tiempo. Generalmente se aplica a la variación cíclica de la intensidad de la luz de las lámparas producida por la fluctuación de la tensión de alimentación [4].

El parpadeo es un síntoma de la fluctuación de la tensión, que puede ser motivada por perturbaciones introducidas durante la generación, la transmisión o la distribución de la energía, pero que generalmente son provocadas por el uso de grandes cargas fluctuantes, es decir, cargas con una demanda de potencia activa y reactiva que fluctúa rápidamente.

2.5.1.1. Causas de las fluctuaciones de Tensión

La clasificación de las variaciones de la tensión eficaz se contempla en la Figura 2.1 por medio de una gráfica de la tensión relacionada con la duración de la

perturbación. Las zonas rayadas corresponden a las variaciones de tensión a las que se refiere este estudio.

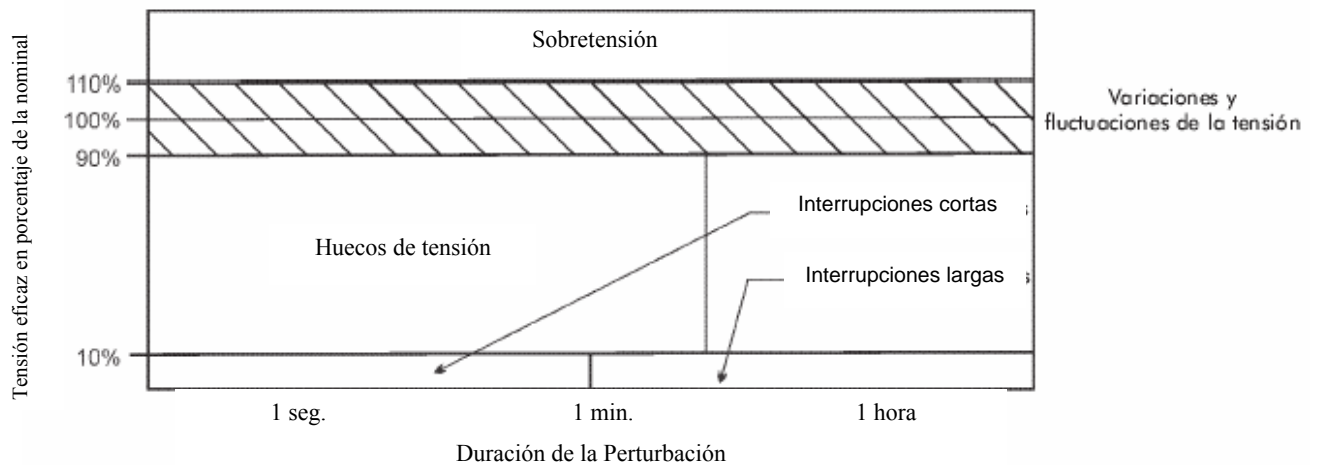


Figura.2.1. Clasificación de las Variaciones de Tensión.

En cualquier línea de suministro, la tensión en el extremo de la carga es diferente de la que existe en el origen. Esto se demuestra en el circuito equivalente por fase de la figura 2.2.

La relación de la ecuación 2.1 muestra como el valor de la diferencia de tensión (ΔU) en la figura 2.3, puede obtenerse a partir del diagrama fasorial y de las reglas geométricas sencillas.

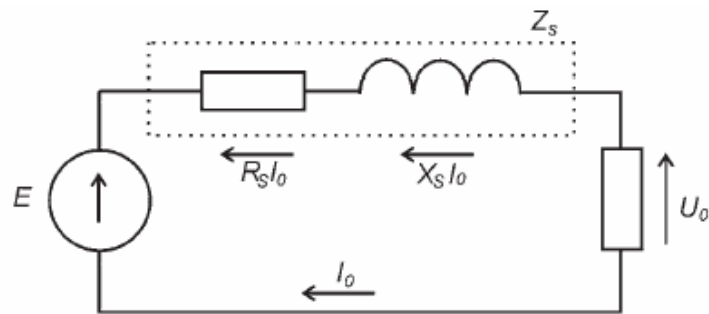


Figura.2.2. Circuito Equivalente (Unifilar)

$$\frac{E - U_0}{U_0} \approx \frac{\Delta U}{U_0} = R_S \frac{P}{U_0^2} + X_S \frac{Q}{U_0^2} \cong R_S \frac{P}{U_0^2} + \frac{Q}{S_{zw}} \quad (2.1)$$

Donde:

E : tensión de la fuente

U_0 : tensión en los terminales de la carga.

I_0 : corriente.

Z_S , X_S , R_S : respectivamente impedancia, reactancia y resistencia de la línea.

P , Q : potencia activa y reactiva.

S_{zw} : potencia de corto circuito en el punto de conexión de la carga.

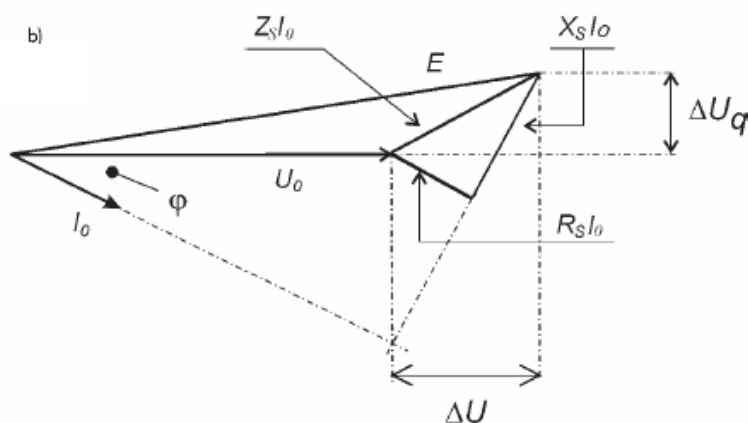


Figura.2.3. Diagrama Fasorial

Suponiendo que la resistencia equivalente de la línea es despreciablemente pequeña comparada con su reactancia ($X_s \gg 10R_s$), lo cual efectivamente es así en sistemas de alimentación de media y de alta tensión, la ecuación 2.2., define el valor relativo de la variación de tensión en el extremo de la línea donde se encuentra la carga:

$$\frac{\Delta U}{U_0} \cong \frac{Q}{S_{ZW}} \quad (2.2)$$

Dependiendo de su causa, la variación de tensión ΔU puede tomar la forma de una caída de tensión que tiene un valor constante a lo largo de un intervalo de tiempo prolongado, de una variación de tensión lenta o rápida, o de una fluctuación de la tensión.

La fluctuación de tensión se define como una serie de cambios de la tensión eficaz o una variación cíclica de la envolvente de la forma de onda de tensión como se muestra en la figura 2.4.

Las características que definen las fluctuaciones de tensión son:

- La amplitud de la variación de la tensión (diferencia entre los valores de la tensión eficaz máxima y mínima o de pico que se produce durante la perturbación).
- El número de cambios de tensión a lo largo de una determinada unidad de tiempo, y.
- Los efectos (como el parpadeo) que se producen a consecuencia de las variaciones de tensión asociadas con las perturbaciones.

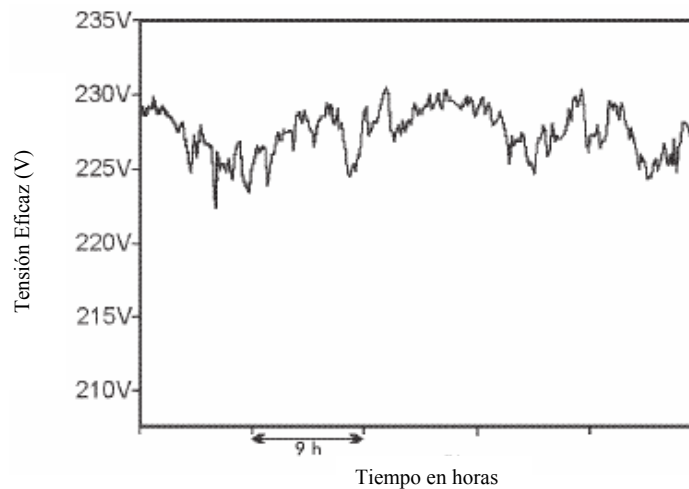


Figura.2.4. Ejemplo de Fluctuación de Tensión Eficaz

2.5.1.2. Efectos de las Fluctuaciones de Tensión

Las fluctuaciones de tensión producen en los sistemas eléctricos diversos efectos técnicos perjudiciales que pueden interrumpir procesos de producción, originando costes importantes. Sin embargo, el efecto fisiológico del parpadeo es el más importante porque afecta a la ergonomía del entorno de producción, provocando la reducción de los niveles de concentración y fatiga a los trabajadores. El funcionamiento irregular de los interruptores automáticos y de los relés también puede producir graves interrupciones en los procesos de producción.

2.5.1.2.1. Efectos de las fluctuaciones sobre las Máquinas Eléctricas

Las fluctuaciones de tensión en los terminales de un motor de inducción producen cambios en su par motor y deslizamiento y, en consecuencia, pueden afectar al proceso de producción. En el peor caso pueden llegar a provocar vibraciones excesivas, reduciendo la fuerza mecánica y acortando la vida útil del motor.

Las fluctuaciones de tensión en los terminales de los generadores y motores síncronos provocan un funcionamiento irregular y el desgaste prematuro de los rotores. También producen variaciones del par motor y de la potencia, además de un aumento de las pérdidas.

2.5.1.2.2. Efectos de las fluctuaciones sobre los Rectificadores Estáticos

El efecto normal de la fluctuación de tensión en los rectificadores de control de fase con control del parámetro en la parte de C.C. es una disminución del factor de potencia y la generación de armónicos de tercer orden característico, los cuales son ondas que son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental de alimentación. En el caso de frenado de motores en modo inversor, puede provocar un fallo de conmutación con los consiguientes daños para los componentes del sistema.

2.5.1.2.3. Efectos de las fluctuaciones sobre Cubas Electrolíticas

Tanto la vida útil como la eficacia operativa de los equipos de electrólisis pueden verse reducida en presencia de fluctuaciones de tensión. Además, los elementos de la red de alimentación de elevada intensidad de corriente pueden llegar a sufrir un importante deterioro, lo que aumentaría los costes de mantenimiento y/o de reparación.

2.5.1.2.4. Efectos de las fluctuaciones sobre Fuentes de luz

Cualquier variación de la magnitud de la tensión de suministro provoca una alteración del flujo luminoso de una fuente de luz. Este efecto se conoce como parpadeo. Las fuentes de luz incandescentes son especialmente sensibles a las variaciones de la tensión de alimentación, ya que el flujo luminoso (ϕ) es

proporcional a la tensión aplicada según la relación $\phi \sim U^y$, donde el exponente “y” varía habitualmente entre los valores 3.1 y 3.7. (En el caso de lámparas fluorescentes el exponente es generalmente menor [en torno a 1.8]).

La Figura 2.5 muestra la variación de flujo luminoso, causada por una fluctuación de la tensión de alimentación en una lámpara incandescente de 60 W y 230 V. El parpadeo que se produce dificulta de manera notable la visión y provoca incomodidad general y fatiga.

La fisiología de este fenómeno es compleja. En términos generales puede asumirse que el parpadeo afecta al proceso de la visión y a la reacción del cerebro humano. Las fuentes de luz que parpadean pueden producir molestias y el deterioro de la calidad del trabajo en algunas situaciones puede llegar a provocar accidentes laborales.

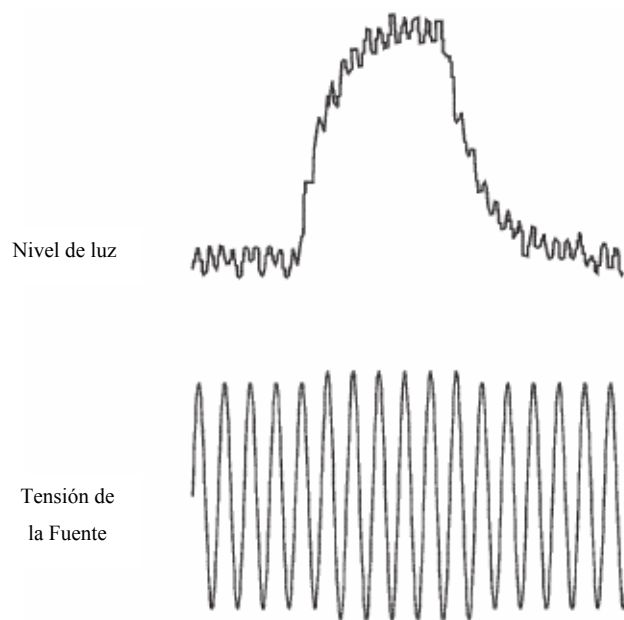


Figura. 2.5. Efecto de un cambio de tensión sobre el flujo luminoso de una lámpara incandescente.

2.5.2. Variaciones de Tensión de Corta Duración

2.5.2.1. Depresiones

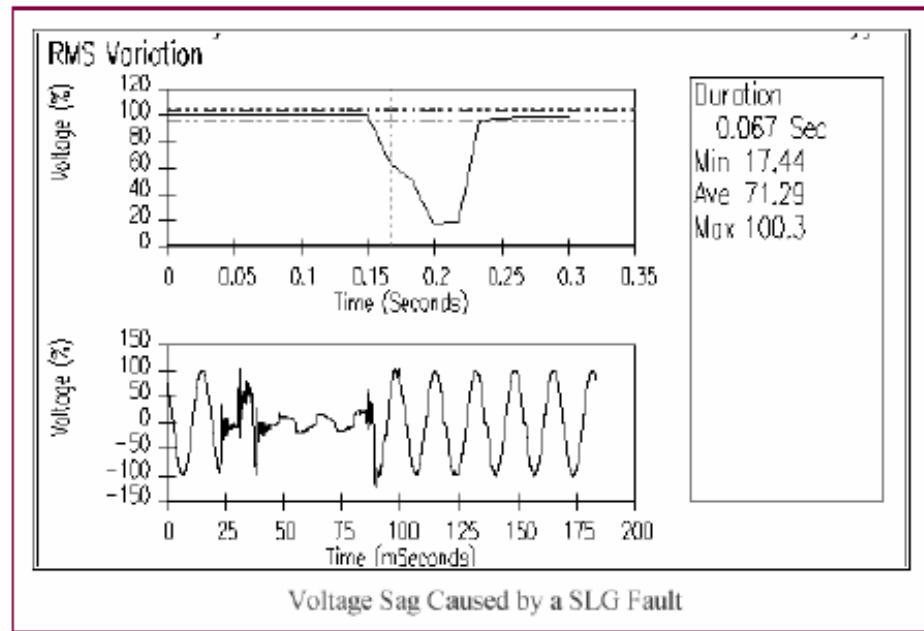
Las depresiones (Sag o Dip), también conocidas como valles o huecos consisten en una reducción entre 0,1 y 0,9 p.u., en el valor R.M.S. de la tensión o corriente con una duración de 0,5 ciclo a un minuto [5].

Las depresiones de tensión son normalmente asociadas a fallas del sistema, a la energización de grandes cargas, al arranque de motores de elevada potencia y a la energización de transformadores de potencia.

Los efectos nocivos de las depresiones de tensión dependen de su duración y de su profundidad, estando relacionados con la desconexión de equipos de cómputo, PLC y contactores entre otros dispositivos. También presenta efectos sobre la velocidad de los motores.

Diferentes posibilidades existen para mitigar los efectos de los sags. Una de ellas consiste en estabilizar la señal de tensión a través de acondicionadores de red, los cuales existen con diferentes principios y tecnologías.

En la figura 2.6., se muestra un ejemplo claro de lo que representa un Sag, hueco o valle de tensión como se le ha denominado a este fenómeno en la actualidad.



Tomado de la Norma IEEE Estándar 1159 de 1995

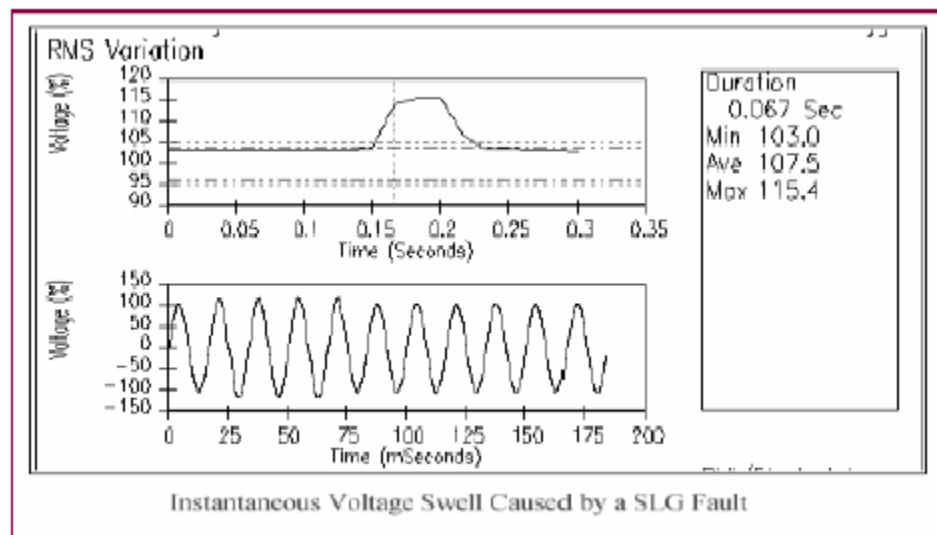
Figura. 2.6. Huevo o Sag de tensión.

2.5.2.2. Crestas de Tensión.

Una cresta (Swell) se define como un incremento del valor R.M.S. de la tensión o la corriente entre 1,1 y 1,8 p.u. con una duración desde 0,5 ciclo a un minuto.

Como en el caso de las depresiones, las crestas son asociadas a fallas en el sistema aunque no son tan comunes como las depresiones. Un caso típico es la elevación temporal de la tensión en las fases no falladas durante una falla línea a tierra. También pueden ser causadas por la desconexión de grandes cargas o la energización de grandes bancos de capacitores.

En la figura 2.7., se muestra un ejemplo clásico de una Cresta o Swell de tensión.



Tomado de la Norma IEEE Estándar 1159 de 1995

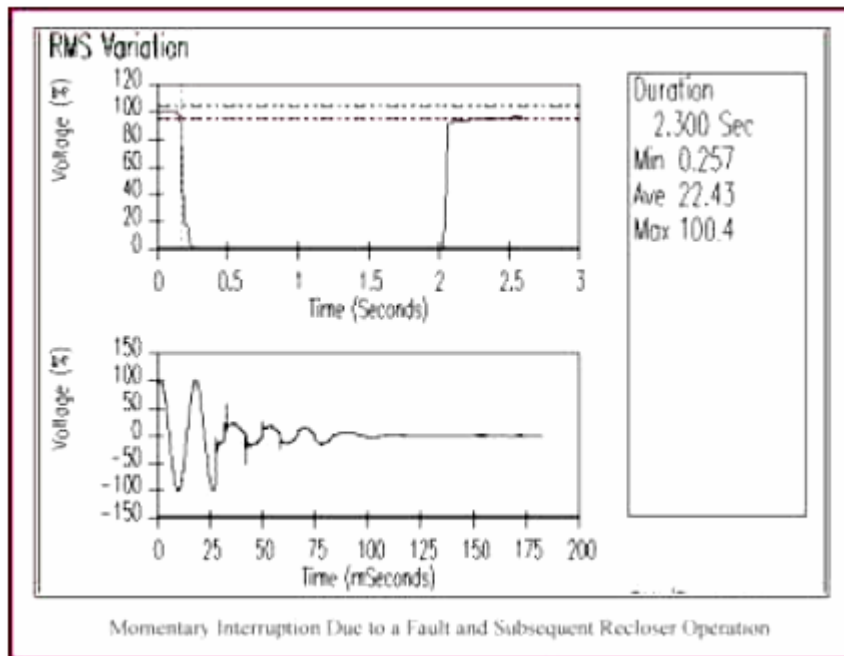
Figura. 2.7. Cresta o Swell de tensión

2.5.2.3. Interrupciones de Suministro.

Una interrupción ocurre cuando la tensión o la corriente de la carga disminuyen a menos de 0,1 p.u. por un período de tiempo que no excede un minuto.

Las interrupciones pueden ser el resultado de fallas en el sistema, equipos averiados o debidas al mal funcionamiento de los sistemas de control. Las interrupciones se caracterizan por su duración ya que la magnitud de la tensión es siempre inferior al 10% de su valor nominal.

El recierre instantáneo generalmente limita la interrupción causada por una falla no permanente a menos de 30 ciclos. La duración de una interrupción motivada por el funcionamiento indebido de equipos o pérdidas de conexión, es irregular.



Tomado de la Norma IEEE Estándar 1159 de 1995

Figura. 2.8. Interrupción de Suministro.

2.5.3. Variaciones De Tensión De Larga Duración

Son aquellas desviaciones del valor R.M.S. de la tensión que ocurren con una duración superior a un minuto.

La norma ANSI C84.1 especifica las tolerancias en la tensión de estado estable en un sistema de potencia. Una variación de voltaje se considera de larga duración cuando excede el límite de la ANSI por más de un minuto. Debe prestarse atención a los valores fuera de estos rangos, ilustrados en la tabla 2.1.

Tabla 2.1. Normas ANSI sobre variaciones de larga duración

VALOR NOMINAL	RANGO DESEABLE	RANGO ACEPTABLE
120	126 - 114	127 - 110
208	218 - 197	220 - 191
240	252 - 228	254 - 220
277	291 - 263	293 - 254
480	504 - 456	508 - 440
2.400	2.525 - 2.340	2.540 - 2.280
4.160	4.370 - 4.050	4.400 - 3.950
4.800	5.040 - 4.680	5.080 - 4.560
13.800	14.490 - 13.460	14.520 - 13.110
34.500	36.230 - 33.640	36.510 - 32.780

Fuente: Norma ANSI C84.1.

Las variaciones de tensión se encuentran clasificadas normalmente de la siguiente manera:

2.5.3.1. Sobretensión (overvoltage)

Una sobretensión es el incremento de la tensión a un nivel superior al 110% del valor nominal por una duración mayor de un minuto. En la figura 2.9., se muestra un ejemplo de sobretensión para un circuito de 220.

Las sobretensiones son usualmente el resultado de la desconexión de grandes cargas o debido a la conexión de bancos de capacitores. Generalmente se observa cuando el sistema es muy débil para mantener la regulación de la tensión o cuando el control de la tensión es inadecuado [10].

La incorrecta selección del TAP en los transformadores ocasiona sobretensión en el sistema.

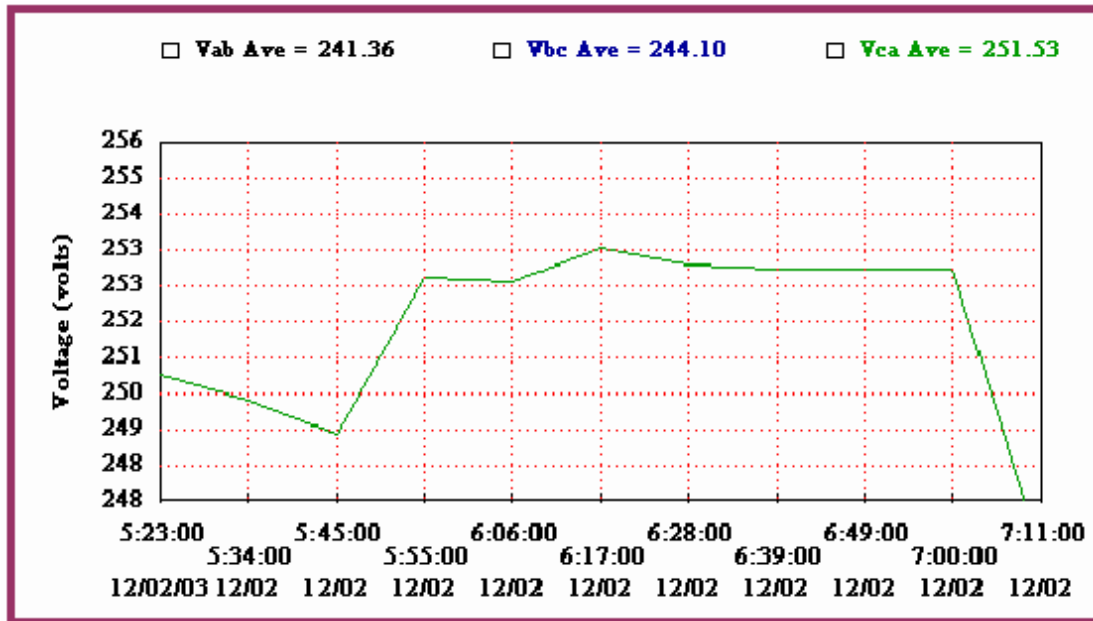


Figura. 2.9. Sobretensión en un sistema.

2.5.3.2. Bajo Voltaje (undervoltage)

Se entiende por baja tensión, la reducción en el valor R.M.S. de la tensión a menos del 90% del valor nominal por una duración mayor de un minuto. La conexión de una carga o la desconexión de un banco de capacitores pueden causar una baja tensión hasta que los equipos de regulación actúen correctamente para restablecerlo. Los circuitos sobrecargados pueden producir baja tensión en los terminales de la carga.

La sobretensión y la baja tensión generalmente no se deben a fallas en el sistema. Estas son causadas comúnmente por variaciones de la carga u operaciones de

conexión y desconexión. Estas variaciones se registran cuando se monitorea el valor R.M.S. de la tensión contra el tiempo.

2.5.3.3. Interrupción Sostenida

Se considera una interrupción sostenida cuando la ausencia de tensión se manifiesta por un período superior a un minuto. Este tipo de interrupciones frecuentemente son permanentes y requieren la intervención del hombre para restablecer el sistema.

2.5.4. Desequilibrio de fases

Se dice que un sistema de energía trifásico está equilibrado o es simétrico si las tensiones y corrientes trifásicas tienen la misma amplitud y presentan un desplazamiento de fase de 120° entre ellas. Si no se cumple una o ninguna de estas condiciones, el sistema se denomina desequilibrado o asimétrico.

2.5.4.1. Cuantificación del desequilibrio

Para cuantificar un desequilibrio de tensión o corriente de un sistema trifásico se utilizan los llamados componentes de Fortescue o componentes simétricos. El sistema trifásico se descompone en un sistema llamado de secuencia directa o positiva, secuencia inversa o negativa y secuencia homopolar o cero, identificados por los subíndices d, i, h (en algunos textos se utilizan los subíndices 1,2,0).

Se calculan utilizando transformaciones matriciales de las tensiones trifásicas o fasores de corriente. Los subíndices u, v, w indican las diferentes fases. (A veces se utilizan los subíndices a, b, c). Las expresiones se formulan aquí para la tensión U , pero esta variable puede sustituirse por la corriente I sin ningún problema:

$$\begin{bmatrix} U_h \\ U_d \\ U_i \end{bmatrix} = \frac{1}{3} * \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} U_u \\ U_v \\ U_w \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

Donde el operador de rotación “ a ” viene dado por:

$$a = e^{j \cdot 120^\circ} \quad (2.4)$$

Estas transformaciones son invariantes respecto a la energía, de que la cantidad de energía calculada con los valores originales o transformados tendrá el mismo valor.

La transformación inversa es:

$$\begin{bmatrix} U_u \\ U_v \\ U_w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} U_h \\ U_d \\ U_i \end{bmatrix} \quad (2.5)$$

El sistema directo está asociado a un campo rotatorio en sentido positivo, mientras que el sistema inverso produce un campo que rota negativamente (figura 2.10.), en el caso de máquinas eléctricas de corriente alterna, ésta es una interpretación físicamente correcta para el campo magnético rotatorio.

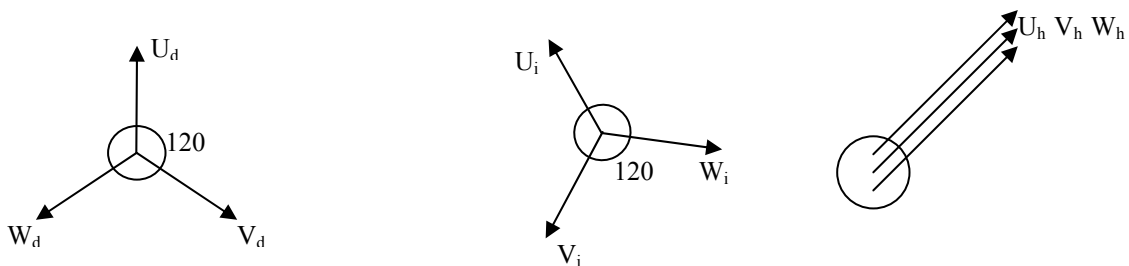


Figura.2.10. Representación Gráfica de las Componentes Simétricas

La figura 2.11. ilustra la descomposición de un sistema desequilibrado en sus componentes.

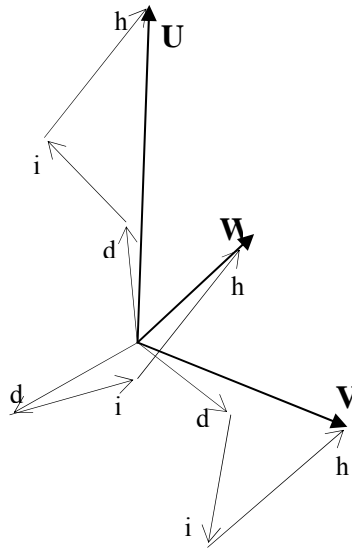


Figura.2.11. Descomposición gráfica. (las contribuciones respectivas a las tres fases indicadas con U,V,W se añaden como fasores para obtener el sistema desequilibrado real).

La medición de estos componentes en la práctica no es directa, especialmente para los componentes de secuencia positiva y negativa. Un equipo de medida digital, que efectuará la operación matemática antes citada en las tensiones y corrientes ensayadas, cinduciría a una ejecución más sencilla de lo que sería posible con equipos analógicos clásicos.

Las relaciones U_U (tensión) y U_i (corriente) entre las magnitudes de las componentes de secuencia negativa y positiva, de tensión y corriente, respectivamente, son una medida del desequilibrio (en %):

$$U_u = \frac{U_i}{U_d} * 100\% \quad (2.6)$$

Estas relaciones se utilizan por ejemplo en normas que tratan de calidad de la energía como la IEC 1000-3-x.

A veces se define una relación similar, para la relación entre la magnitud homopolar y la directa, según convenga.

$$U_U \approx \frac{S_L}{S_{SC}} * 100\% \quad (2.7)$$

Esta relación sólo utiliza la potencia aparente de la carga S_L y la potencia de cortocircuito S_{SC} del circuito de alimentación.

2.5.4.2. Causas del Desequilibrio

El operador de un sistema intenta conseguir un sistema de tensión equilibrado en el PCC entre la red de distribución y la red interna del usuario. En condiciones normales estas tensiones vienen determinados por:

- Las tensiones terminales de los generadores.
- La impedancia del sistema eléctrico.
- Las corrientes inducidas por las cargas en la red de transporte y distribución.

Las tensiones del sistema en un centro generador son por regla general altamente simétricas, debido a la estructura y al funcionamiento de los generadores sincrónicos utilizados en las grandes centrales de energía. Por esta razón la central de generación no contribuye normalmente al desequilibrio. Incluso con generadores de inducción (asíncronos), como lo que, por ejemplo, se utilizan en algunos tipos de turbinas eólicas, se obtiene una serie trifásica equilibrada de tensiones.

Sin embargo, donde la generación a pequeña escala, bien sea para distribución o para uso interno, instalada en la planta del usuario, se ha hecho más popular y ha absorbido una proporción importante de la producción de electricidad, la situación es diferente. Muchas de estas unidades relativamente pequeñas, como las instalaciones fotovoltaicas, están conectadas a la red de baja tensión por medio de unidades inversores monofásicos de potencia electrónicos. El punto de unión tiene una impedancia relativamente elevada (con lo que la potencia de cortocircuito es proporcionalmente baja), lo que conduce a un desequilibrio potencialmente mayor de la tensión de lo que sería el caso para enlaces con un nivel de tensión mayor.

La impedancia de los componentes de un sistema eléctrico no es exactamente la misma para cada fase. Por ejemplo, la configuración geométrica de las líneas aéreas, asimétricas con respecto a tierra, produce una diferencia en los parámetros eléctricos de la línea. En general estas diferencias son muy pequeñas y su efecto puede despreciarse cuando se adoptan suficientes precauciones, como es la transposición de líneas. En la práctica, es la asimetría de las cargas la causa principal de los desequilibrios.

En los niveles de tensiones alta y media, normalmente las cargas son trifásicas y equilibradas, si bien a veces se conectan grandes cargas a unos o dos fases, como en la tracción ferroviaria de corriente alterna u hornos de inducción (grandes sistemas de fundición de metales que emplean arcos potentes y altamente irregulares para generar calor).

Las cargas de baja tensión son generalmente monofásicas, por ejemplo, computadoras personales o sistemas de iluminación, y por tanto el equilibrio entre fases es difícil de garantizar. En el diseño de un sistema cableado eléctrico que alimenta estas cargas, los circuitos están distribuidos entre las tres fases, por ejemplo una fase para cada piso de un edificio de apartamentos u oficinas, o bien conexiones

alternativas en filas de casa de una urbanización. Aún así, el equilibrio de la carga correspondiente en el transformador central fluctúa a causa de la variación estadística de los ciclos de trabajo de las diferentes cargas individuales.

Condiciones anormales del sistema también provocan desequilibrios en las fases. Ejemplos típicos de esto son los defectos entre fase y tierra, fase y fase o la rotura de un conductor. Estos defectos provocan caídas de tensión en una o más de las fases implicadas e, indirectamente, pueden provocar sobretensiones en las otra fases. En estos casos, el comportamiento del sistema es desequilibrado por definición, pero estos fenómenos se clasifican normalmente como perturbaciones de la tensión, que se estudian en las guías de aplicación correspondientes, ya que el sistema de protección de la res de electricidad debería eliminar esta falla.

2.5.4.3. Consecuencias del Desequilibrio

La sensibilidad de los equipos eléctricos frente a los desequilibrios difiere de unos dispositivos a otros. A continuación se ofrece un breve resumen de los problemas más habituales:

2.5.4.3.1. Máquinas de inducción

Se trata de máquinas asíncronas de corriente alterna con campos magnéticos rotatorios internos inducidos. La magnitud es proporcional a la amplitud de los componentes directos y/o inversos. El sentido de rotación del campo del componente inverso se opone al del campo del componente directo. Por ese motivo, en el caso de una alimentación desequilibrada, el campo magnético rotatorio total se vuelve “elíptico” en lugar de circular.

Las máquinas eléctricas se enfrentan a tres tipos de problemas a causa del desequilibrio. En primer lugar, la máquina no puede generar todo su par ya que el campo magnético que rota en sentido inverso del sistema de secuencia negativa provoca un par de frenado negativo, que debe sustraerse del par básico ligado al campo magnético de rotación normal.

En la Figura 2.12., se muestran las diferentes características de velocidad de par de una máquina de inducción con una fuente de alimentación desequilibrada. La curva real del estado estacionario es la suma ponderada de estas curvas con las relaciones de desequilibrio al cuadrado como pesos conforme el par aumenta con el cuadrado de la carga. Puede verse que en la zona de funcionamiento normal, donde es casi recta la parte de la línea Td (la parte que comienza en la parte superior de la curva, que cruza eventualmente el eje horizontal a velocidad sincrónica), Ti y Th son ambas negativas. Estas características pueden medirse con el motor conectado según se muestra en la Figura 2.13.

En segundo lugar, los cojinetes pueden sufrir daños mecánicos a causa de los componentes del par inducido a frecuencia doble de la del sistema.

Por último el estator y, especialmente, el rotor se calientan excesivamente, lo que conducirá posiblemente a un envejecimiento térmico acelerado. Este calor está causado por la inducción de importantes corrientes a causa del campo magnético inverso en rápida rotación (en el sentido relativo), según se mira desde el rotor.

Para poder hacer frente a este calentamiento adicional, es necesario reducir el régimen del motor, lo que puede requerir la instalación de una máquina de mayor potencia nominal.

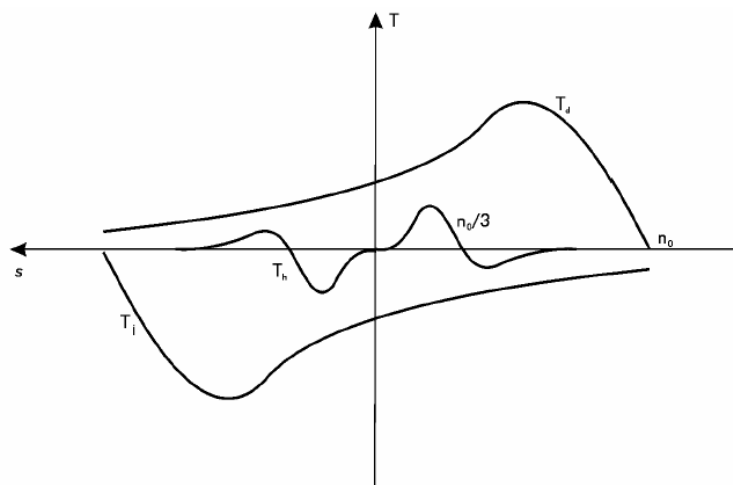


Figura. 2.12. Características de velocidad de par (deslizamiento) de una máquina de inducción en condiciones de alimentación desequilibrada.

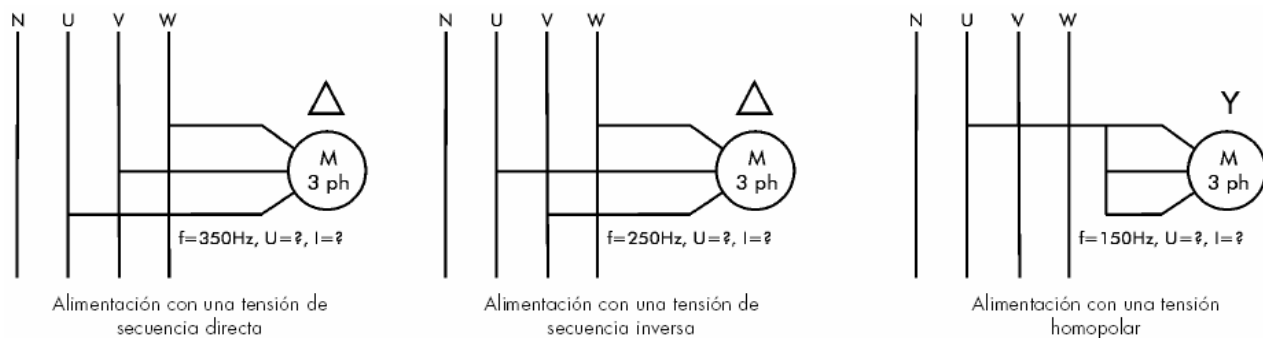


Figura. 2.13. Esquema de conexión para la alimentación de un motor de inducción con un componente algo desequilibrado.

2.5.4.3.2. Generadores sincrónicos

Los generadores sincrónicos son también máquinas de corriente alterna, que se usan por ejemplo en generación local, tales como unidades CHP. Presentan unos fenómenos similares a los descritos para las máquinas de inducción, pero principalmente sufren un excesivo calentamiento. Debería prestarse una especial atención al diseño de devanados amortiguadores de estabilización en el rotor, en los que las corrientes son inducidas por los componentes indirectos y homopolares.

2.5.4.3.3. Capacidad de transformadores, cables y líneas

La capacidad de carga de los transformadores, cables y líneas se reduce a causa de los componentes de secuencia negativa. El límite operativo viene determinado por el verdadero valor eficaz de la corriente total que, parcialmente, está constituido también por corrientes secuenciales indirectas “no operativas”. Esto debe tenerse en cuenta a la hora de ajustar los puntos de actuación de los dispositivos de protección, que actúan sobre la corriente total. La capacidad máxima puede expresarse mediante un factor reductor, que deberá facilitar el fabricante y que puede usarse para seleccionar un sistema mayor, capaz de soportar la carga.

2.5.4.3.4. Transformadores

Los transformadores sometidos a tensiones de secuencia negativa las transforman de la misma forma que las tensiones de secuencia positiva. El comportamiento con relación a las tensiones homopolares depende de las conexiones del primario y secundario y, más específicamente, de la presencia de un conductor neutro. Si, por ejemplo, un lado tiene una conexión trifásica de cuatro hilos, podrán circular las corrientes por el neutro. Si en el otro lado el devanado está conectado en delta, la corriente homopolar se transforma en una corriente circulante, que genera

calor, en el triángulo. El flujo magnético homopolar asociado pasa a través de las piezas estructurales del transformador, provocando pérdidas parásitas en piezas tales como el depósito, lo que a veces requerirá una reducción adicional de la carga.

2.5.4.3.5. Convertidores electrónicos de potencia

Están presentes en muchos dispositivos tales como: accionadores de velocidad variable, fuentes de alimentación para PC's, iluminación eficiente, etc. Pueden enfrentarse a armónicos adicionales, no característicos, si bien en general la distorsión armónica total sigue siendo más o menos constante.

El diseño de las bancadas de filtros pasivos que tratan estos armónicos debe tener en cuenta este fenómeno.

Los dispositivos antes tratados son obviamente cargas trifásicas. Como es natural las cargas monofásicas también pueden verse afectadas por variaciones de tensión en la alimentación, a causa de efectos del desequilibrio.

2.5.5. Armónicos

Las frecuencias armónicas son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental de alimentación, es decir, para una frecuencia fundamental de 60 Hz, el tercer armónico tendría 180 Hz y el quinto armónico 300 Hz.

La figura 2.14., muestra una onda senoidal fundamental con su tercer y quinto armónicos.

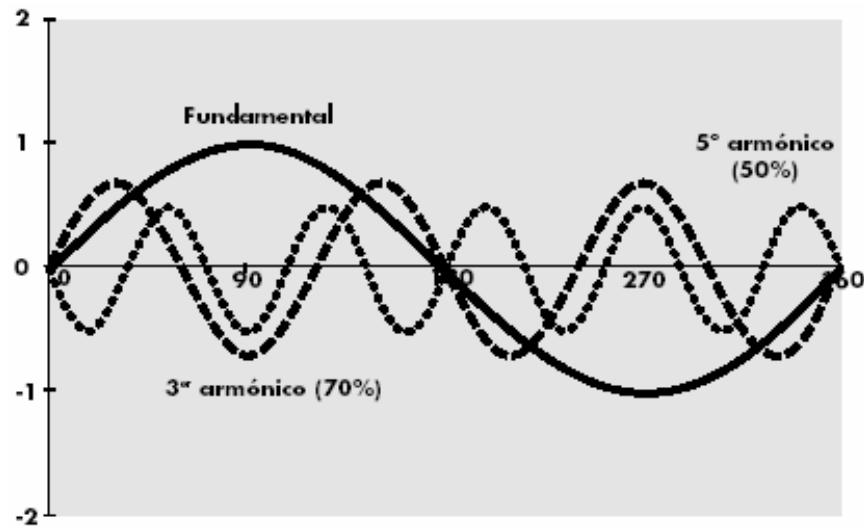


Figura. 2.14 Onda fundamental con 3era y 5ta armónica

La figura 2.15 representa una frecuencia fundamental a la cual se le ha sumado el tercer armónico con una amplitud del 70% y el quinto armónico con una amplitud del 50%.

Debe tenerse en cuenta que la mayoría de las formas de onda de las corrientes distorsionadas serán mucho más complejas que la de este ejemplo, ya que contendrán muchos más armónicos con una relación de fase también más compleja.

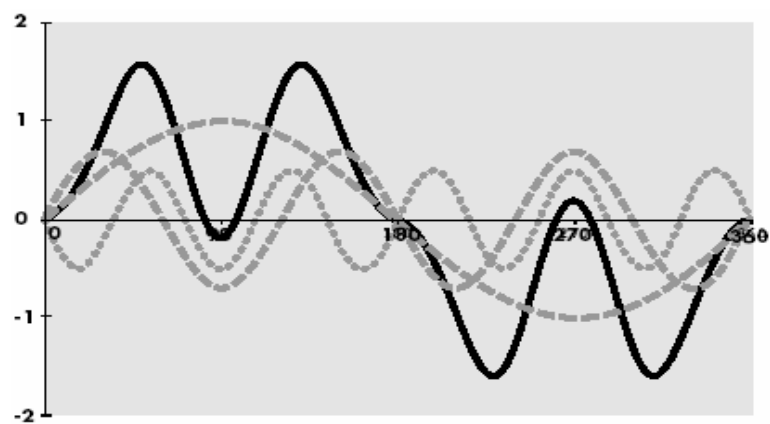


Figura. 2.15. Forma de onda de corriente distorsionada

Es evidente que esta forma de onda no es senoidal, lo que supone que los equipos de medidas normales, tales como los voltímetros previstos para dar lecturas de valor promedio, darán lecturas inexactas. Obsérvese también que, en cada ciclo, hay seis puntos de paso por cero en lugar de dos, de modo que cualquier equipo que utilizara como referencia el punto de paso por cero no funcionaría correctamente. Esta forma de onda contiene frecuencias no fundamentales y debe ser tratada en consecuencia [6].

Cuando se habla de los armónicos en las instalaciones de energía, son los armónicos de corriente los más preocupantes, puesto que los armónicos se originan como corrientes y la mayoría de sus efectos negativos se deben a estas corrientes. No se pueden sacar conclusiones útiles sin conocer el espectro de las corrientes armónicas presentes, a pesar de lo cual, es corriente trabajar únicamente con valores de las cifras correspondientes a la distorsión armónica total (THD). Cuando los armónicos se propagan por un sistema de distribución, es decir, a partes del circuito que no transportan corrientes armónicas, lo hacen en forma de tensión. Es muy importante que se midan los valores tanto de la tensión como de la corriente y que dichos valores estén indicados claramente como valores de tensión y de corriente. Normalmente, las medidas de distorsión de la corriente se identifican mediante el sufijo "I", por ejemplo, 35% THDI, y las de distorsión de tensión con el sufijo "V", por ejemplo, 4% THDV [7].

2.5.5.1. Tipos de equipos que generan armónicos

Las corrientes de carga armónicas las generan las denominadas cargas no lineales. Entre ellas se incluyen:

Cargas monofásicas, por ejemplo:

- Fuentes de alimentación de funcionamiento conmutado (SMPS).
- Estabilizadores electrónicos de dispositivos de iluminación fluorescente.
- Pequeñas unidades de Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAI o UPS).

Cargas trifásicas, por ejemplo:

- Motores de velocidad variable.
- Grandes unidades de UPS.

➤ **Fuentes de alimentación de funcionamiento conmutado (SMPS):**

La mayoría de los modernos equipos electrónicos utilizan fuentes de alimentación de funcionamiento conmutado (SMPS). Se diferencian de los antiguos en que, el transformador reductor y el rectificador tradicionales, han sido reemplazados por una unidad de rectificación de control directo de la fuente de alimentación, para cargar un condensador de almacenamiento desde el cual se deriva la corriente continua hacia la carga mediante un método adecuado a la tensión y corriente de salida requeridas. La ventaja, para el fabricante del equipo, es que el tamaño, coste y peso se han reducido de una manera notable y que la unidad de potencia puede adaptarse a casi cualquier factor de forma que se requiera.

El inconveniente, para todos, es que, en lugar de obtener una corriente continua de la fuente de alimentación, el suministro de potencia genera pulsos de corriente que contienen gran cantidad de terceros armónicos y armónicos superiores, y unos importantes componentes de alta frecuencia (véase figura 2.15.). A la entrada de la fuente de alimentación se coloca un filtro sencillo para derivar a tierra los componentes de alta frecuencia de la línea y el neutro, pero que no tiene efecto alguno sobre las corrientes armónicas que llegan de vuelta a la fuente de alimentación.

Las unidades de UPS monofásicas presentan unas características muy parecidas a las de las fuentes de alimentación de funcionamiento conmutado.

Los controladores de velocidad variable, las unidades de UPS y, en general, los convertidores de corriente continua normalmente se basan en la utilización del puente trifásico, también conocido como puente de seis pulsos porque presenta seis pulsos por ciclo (uno por cada medio ciclo de cada fase) en la salida de corriente continua.

El puente trifásico produce armónicos a $6n \pm 1$, es decir, a uno más o a uno menos de cada múltiplo de seis. En teoría, la amplitud de cada armónico es la inversa de número del armónico, así habría un quinto armónico con una amplitud del 20% y un 11º armónico con una amplitud del 9%, etc. En la figura 2.16., se muestra un ejemplo del espectro típico.

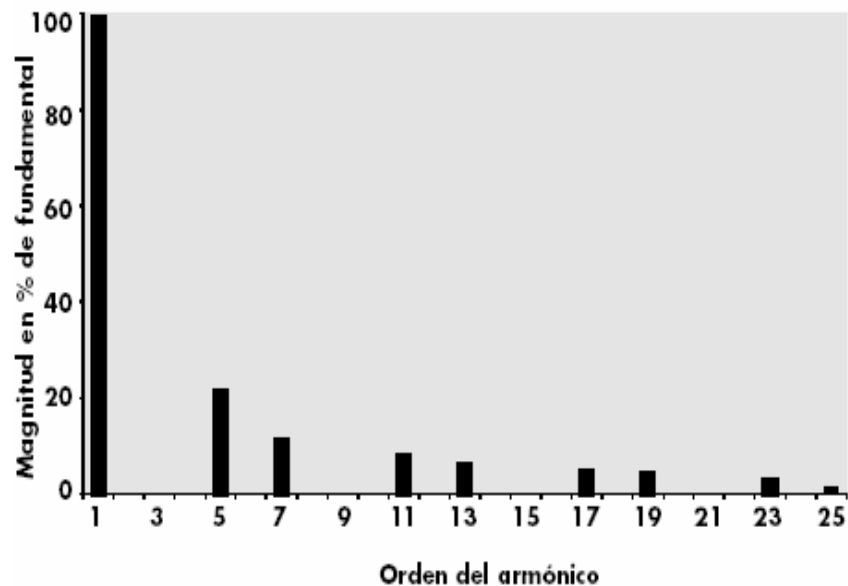


Figura. 2.16. Espectro armónico de puente de seis pulsos

2.5.5.2. Problemas producidos por los armónicos

Las corrientes armónicas ocasionan problemas tanto en el sistema de suministro de energía como dentro de la instalación.

Los efectos y las soluciones a estos problemas son muy distintos en cada caso y deben abordarse por separado; es posible que medidas adecuadas para controlar los efectos de los armónicos dentro de la instalación no reduzcan necesariamente la distorsión producida en el suministro y viceversa.

Existen varias áreas comunes en los problemas producidos por la distorsión armónica:

Problemas causados por las corrientes armónicas:

- Sobrecarga de los conductores neutros.
- Sobrecalentamiento de los transformadores.
- Disparos intempestivos de los interruptores automáticos.
- Sobrecarga de los condensadores de corrección del factor de potencia.
- Efecto superficial.

Problemas causados por las tensiones armónicas:

- Distorsión de la tensión.
- Sobrecalentamiento de motores de inducción.
- Ruido de paso por cero.

2.5.5.3. Medidas para reducir los armónicos

Los métodos para reducir los armónicos, de una manera genérica, se pueden clasificar en tres apartados: filtros pasivos; transformadores de aislamiento y de reducción de armónicos; y soluciones activas. Cada una de estas soluciones tiene ventajas e inconvenientes, por lo que no hay una solución que por si sola pueda considerarse la mejor. Es muy fácil gastar una gran cantidad de dinero en una solución inadecuada e ineficaz, por lo que lo más prudente es llevar a cabo un estudio completo del problema.

2.5.5.3.1. Filtros pasivos

Se emplean filtros pasivos para establecer un camino de baja impedancia para las corrientes armónicas de forma que circulen por el filtro y no por la fuente de alimentación (figura 2.17.). El filtro puede estar diseñado para un armónico determinado o para una banda ancha de armónicos, dependiendo de las exigencias del sistema. A veces es preciso desarrollar un filtro más complejo para aumentar la impedancia en serie a las frecuencias armónicas y así disminuir la parte de corriente que fluye hacia la fuente de alimentación. A veces se propone el empleo de filtros eliminadores de banda en serie, bien sobre la fase o en el neutro. Se coloca un filtro en serie para impedir el paso de las corrientes armónicas en lugar de establecer un camino controlado para ellas, con lo que se produce una gran caída de la tensión armónica a través de ellos. Esta tensión armónica aparece a través de la fuente de alimentación en el lado de la carga. Como la tensión de alimentación está muy distorsionada, ya no está dentro de los límites para los cuales está diseñado y garantizado el equipo. Algunos equipos son relativamente insensibles a esta distorsión, pero algunos son muy sensibles. Los filtros en serie pueden ser muy útiles en ciertas circunstancias, pero deben utilizarse con cuidado, por lo que no pueden recomendarse como solución de aplicación general.

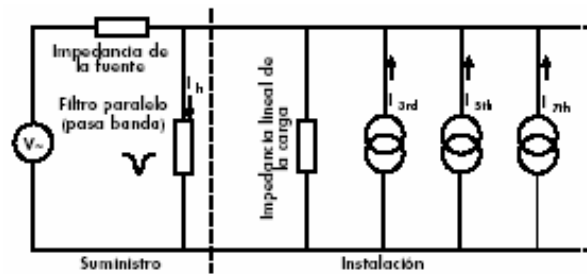


Fig. 2.17. Filtro pasivo de armónicos en paralelo con la carga

2.5.5.3.2. Transformadores de separación

Como es ya conocido, por los bobinados en triángulo de los transformadores circulan corrientes armónicas triple-N. Aunque esto es un problema para los fabricantes y diseñadores de transformadores, que deben tener en cuenta la carga adicional, es beneficioso para los proyectistas de las redes de suministro porque separan los armónicos triple-N de la fuente de alimentación. Puede conseguirse el mismo efecto utilizando transformadores con bobinado en "zig-zag". De hecho estos transformadores "zig-zag" son autotransformadores con configuración en estrella con una relación particular de fase entre sus bobinados que están conectados en paralelo con la fuente de alimentación.

2.5.5.3.3. Filtros activos

Las soluciones mencionadas hasta ahora son adecuadas solamente para determinados armónicos, el transformador de separación sólo es útil para confinar los armónicos triple-N y los filtros pasivos sólo son adecuados para las frecuencias armónicas para las que han sido diseñados. En algunas instalaciones el contenido de armónicos es impredecible.

En muchas instalaciones informáticas, por ejemplo, la combinación de equipos y su situación está cambiando constantemente, de forma que los armónicos también

están en constante cambio. Una solución adecuada en estos casos es el filtro activo o compensador activo de armónicos. Como se muestra en la figura 2.19, el filtro activo es un dispositivo conectado en paralelo.

Un transformador de intensidad mide el contenido de armónicos de la corriente de carga y controla un generador de corriente que produce una réplica exacta de los mismos de signo opuesto, que es enviada a la fuente de alimentación en el ciclo siguiente. Como la corriente armónica es compensada por el filtro activo, sólo la corriente fundamental procede de la fuente de alimentación.

En la práctica, la magnitud de las corrientes armónicas se reducen en un 90% y, debido a que la impedancia de la fuente a las frecuencias armónicas es reducida, la distorsión de tensión también se reduce.

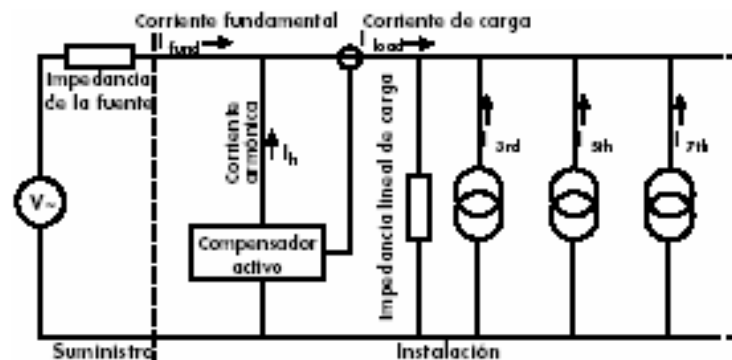


Fig. 2.19. Compensador activo de armónicos

2.5.6. Transitorios

2.5.6.1. Transitorio Impulsivo

Es un cambio súbito y unidireccional (positivo o negativo) en la condición de estado estable de la tensión, la corriente o ambos y de frecuencia diferente a la

frecuencia del sistema de potencia. Son de moderada y elevada magnitud pero de corta duración medida en microsegundos.

Normalmente están caracterizados por sus tiempos de ascenso (1 a 10 μsec) y descenso (20 a 150 μsec) y por su contenido espectral. En la figura 2.20., se muestra un transitorio tipo impulso [7].

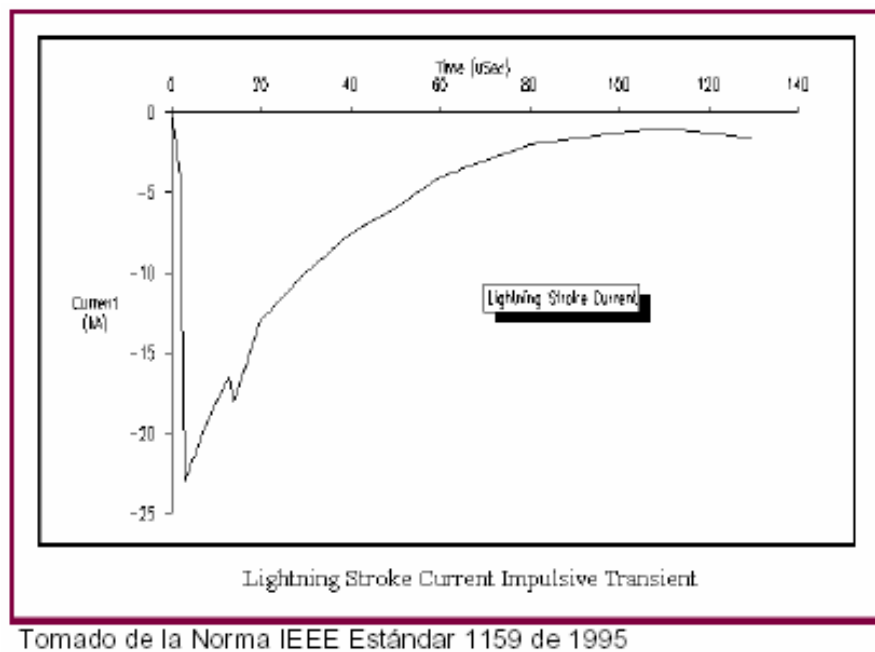


Figura. 2.20. Transitorio tipo Impulso

2.5.6.2. Transitorios Oscilatorios

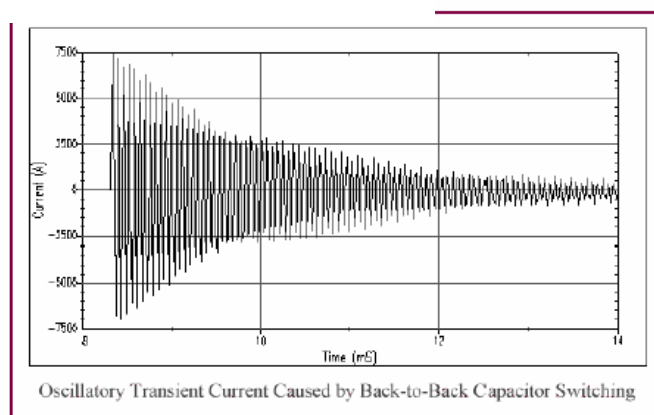
Son un cambio súbito en la condición de estado estable de la tensión, la corriente o ambos, con polaridades positivas y negativas y de frecuencia diferente a la frecuencia de operación del sistema. Este tipo de transitorio se describe por su contenido espectral, duración y magnitud. Por su frecuencia se clasifican en: transitorios de alta, media y baja frecuencia.

Los transitorios oscilatorios con una frecuencia mayor de 500 kHz y una duración típica medida en microsegundos (o varios ciclos de la frecuencia fundamental) son considerados transitorios oscilatorios de **alta frecuencia** (Figura.2.21).

Cuando la frecuencia se encuentra entre 5 y 500 kHz se considera un transitorio de **frecuencia media**.

Un transitorio con una frecuencia inferior a 5 kHz, y una duración de 0,3 ms a 50 ms, se considera un transitorio de **baja frecuencia** (Figura.2.22). Sucede en los niveles de subtransmisión y distribución y en los sistemas industriales y es causado por diversos tipos de eventos.

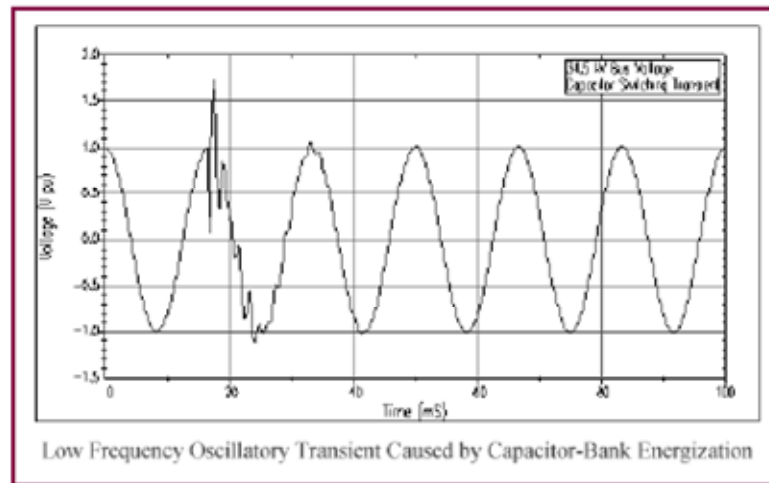
El más frecuente es la energización de bancos de capacitores que hacen oscilar la tensión con una frecuencia primaria entre 300 y 900 Hz. La magnitud pico observada normalmente es de 1,3 -1,5 p.u. con una duración entre 0,5 y 3 ciclos dependiendo del amortiguamiento del sistema.



Tomado de la Norma IEEE Estándar 1159 de 1995

Figura. 2.21. Transitorio tipo oscilatorio de alta frecuencia

Figura 3. Transitorios de Baja Frecuencia.



Tomado de la Norma IEEE Estándar 1159 de 1995

Figura. 2.22. Transitorio tipo oscilatorio de baja frecuencia

2.6. Normas que rigen la calidad de la energía.

2.6.1. Referente al Parpadeo o Flicker

La norma IEC 61000-4-15 (2003-02), define el parámetro de Pst (Perception Short Time) como: El valor del Pst (Perception short time) se expresa en unidades de perceptibilidad (p.u.), de modo que, para valores de Pst superiores a 1, se considera que el ‘Flicker es perceptible y afecta por lo tanto a la visión. El periodo de 10 minutos en el cual se basa la evaluación de severidad del ‘Flicker’ a corto plazo es aceptable para valorar el nivel de molestia causado por fuentes de ‘Flicker’ individuales con un ciclo de trabajo corto. La norma **IEEE 1543** establece emplear los siguientes límites de los niveles de compatibilidad en los sistemas de media, alta y extra alta tensión:

Para PST: 1.0.

Para PLT (Perception Long Time): 0.8.

2.6.2. Referente a Variaciones de Voltaje

La norma *IEEE 1159* establece que las variaciones cortas de voltaje se caracterizan por tener una duración que va desde 0.5 ciclos a frecuencia fundamental 60 Hz hasta 1 minuto. Estas variaciones son clasificadas de acuerdo a su duración de la siguiente manera:

- Variación Instantánea: desde 0.5 ciclo hasta 30 ciclos.
- Variación Momentánea: desde 30 ciclos hasta 3 seg.
- Variación Temporal: desde 3 seg. hasta 1 min.

La norma recomienda que dichas variaciones no sean mayores del 10 % del voltaje nominal, es decir, que el voltaje no sea menor que 90 %, ni mayor del 110 % del voltaje nominal.

Además de las normas internacionales, la norma **PDVSA N-252** establece que las variaciones del perfil de tensión en condiciones de estado estable no deben ser mayores del 5 %, a diferencia de la norma **IEEE 1159** que acepta hasta un 10 % de variación.

2.6.3. Referente a Desbalance de Voltajes

La norma *IEC61000-2-2* al igual que la norma *IEEE 1159*, recomiendan que el índice de desbalance de un suministro eléctrico no debe superar el 2 %.

La IEEE considera que un motor de inducción podría sufrir un aumento en la temperatura de operación de aproximadamente un 25 % cuando el desbalance de fases alcanza valores de 3.5 %, influyendo esto en la disminución del tiempo de vida del aislamiento de dicho motor.

2.6.4. Referente a Armónicos

La distorsión armónica de corriente y de voltaje debe ser según lo indicado en la norma **IEEE STD 519**. Los límites de distorsión armónica de tensión, en porcentaje son los siguientes:

Máximo Para	< 69 KV	69 – 161 KV	> 161 KV
Armónico Individual	3.0	1.5	1.0
Armónico Total	5.0	2.5	1.5

2.6.5. Referente al Factor de Potencia

Según la norma **PDVSA N-252** el factor de potencia de la carga de todo sistema no debe ser menor a 0.90 en atraso.

Otra consideración que refleja la norma **PDVSA N-252** es que el factor de potencia de la subestación principal conectada a la red de potencia no debe ser menor a un promedio de 0.90 durante 15 minutos.

2.6.6. Referente a la Frecuencia

La norma **PDVSA N-201** recomienda que la frecuencia fundamental se mantenga dentro de un rango de variación no mayor al 2 % respecto a 60 Hz.

2.6.7. Tabla resumen de la norma de calidad de energía IEEE 1159-1995.

Categoría	Contenido Típico Espectral	Duración Típica	Magnitud Típica del Voltaje
1.0 Transitorios			
1.1 Impulsos			
1.1.1 Nanosegundos	5 ns de elevación	<50 ns	
1.1.2 Microsegundos	1 μ s de elevación	50 ns - 1 ms	
1.1.3 Milisegundos	0.1 ms de elevación	> 1 ms	
1.2 Oscilatorios			
1.2.1 Baja Frecuencia	< 5kHz	0.3 - 50 ms	0 - 4 pu
1.2.2 Frecuencia Media	5 - 500 kHz	20 μ s	0 - 8 pu
1.2.3 Alta Frecuencia	0.5 - 5MHz	5 μ s	0 - 4 pu
2.0 Variaciones de Corta duración			
2.1 Instantáneas			
2.1.1 Sag		0.5 - 30 ciclos	0.1 -0.9 pu
2.1.2 Swell		0.5 - 30 ciclos	1.1 - 1.8 pu
2.2 Momentáneas			
2.2.1 Interrupción		0.5 ciclos - 3 seg	< 0.1 pu
2.2.2 Sag		30 ciclos - 3 seg	0.1 -0.9 pu
2.2.3 Swell		30 ciclos - 3 seg	1.1 - 1.4 pu
2.3 Temporal			
2.3.1 Interrupción		3 seg - 1 min	< 0.1 pu
2.3.2 Sag		3 seg - 1 min	0.1 -0.9 pu
2.3.3 Swell		3 seg - 1 min	1.1 - 1.2 pu
3.0 Variaciones de larga duración			
3.1 Interrupción sostenida		> 1 min	0.0 pu
3.2 Bajo voltaje		> 1 min	0.8 -0.9 pu
3.3 Sobrevoltaje		> 1 min	1.1 - 1.2 pu
4.0 Desbalance en voltaje		Estado Estable	0.5 - 2%
5.0 Distorsión de Forma de Onda			
5.1 Componente de directa		Estado Estable	0 - 0.1%
5.2 Contenido armónico	0 -100th H	Estado Estable	0 - 20%
5.3 Interarmónicas	0 - 6 kHz	Estado Estable	0 - 2%
5.4 Muecas en el voltaje		Estado Estable	
5.5 Ruido	Banda amplia	Estado Estable	0 - 1%
6.0 Fluctuaciones de Voltaje	< 25 Hz	Intermitente	0.1 - 7%
7.0 Variaciones en la Frecuencia		<10 seg	

2.7. Cargas Críticas y Sensibles

Es bien conocido que con el afán de hacer un uso eficiente de la energía eléctrica han proliferado las cargas electrónicas en las grandes empresas. Por ejemplo, para controlar procesos se tienen cada vez más PLCs y computadoras. En procesos que requieren de velocidad variable se tienen cada vez más controles de frecuencia

variable o controladores electrónicos de motores DC. Esto hace a los procesos de fabricación más eficientes y que el producto sea de mayor calidad, pero por lo general los controles electrónicos son más sensibles a problemas en el suministro eléctrico que otros dispositivos. Por ejemplo, un control electrónico de motores DC (“DC drive”) es más eficiente que un control que emplee un motor de CA, pero el “DC drive” es más sensible a disturbios en el suministro eléctrico.

Una Carga Crítica es aquella que al dejar de funcionar o al funcionar inapropiadamente pone en peligro la seguridad del personal y ocasiona grandes perjuicios económicos. Por ejemplo, un paro no programado en un sistema de bombeo de un proceso de refinación es muy perjudicial, mientras que la pérdida de un centro de información y sala de cómputos o el mal funcionamiento de los sistemas de diagnóstico en un hospital pueden ser catastróficas.

Una Carga Sensible se trata de Aquella que requiere de un suministro de alta calidad, esto es, libre de disturbios. El equipo electrónico es más susceptible a los disturbios que el equipo electromecánico tradicional.

El mal funcionamiento de equipos de cómputo puede ocasionar que el mismo se detenga, se pisme. Este alto en el funcionamiento se puede manifestar como un error de paridad, un teclado bloqueado, un error de lectura / escritura o pérdida de archivos. Por otro lado, si los impulsos son de magnitud considerable, los daños pueden llegar a ser incluso hasta físicos. Frecuentemente este tipo de problemas se atribuye a problemas del software o del hardware sin tomar en cuenta que el ruido y los impulsos de voltaje son aleatorios y pueden pasar inadvertidos.

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO

3.1. Introducción.

El sistema eléctrico del Edificio Sede de PDVSA Refinación Oriente esta conformado por cuatro alimentadores principales de 13.8 kv, una Subestación Principal Tipo Interior, cuatro (4) subestaciones secundarias.

El sistema de alimentación principal del edificio esta conformado por dos (2) alimentadores de 13.800 voltios provenientes de la refinería de Puerto La Cruz y dos adicionales provenientes de la Subestación Eléctrica de Guaraguao.

La subestación principal esta conformada por tres (3) transformadores trifásicos tipo seco de 3.5 MVA, 13.800/480 Voltios para la alimentación del edificio en general y por dos (2) transformadores trifásicos tipo seco de 3.5 MVA, 13.8/4.16 Kv para la alimentación del sistema de aire acondicionado del edificio.

Las subestaciones secundarias son las encargadas de transformar el voltaje de 480 voltios a 208/120 voltios, para alimentar todo el sistema de tomacorrientes del edificio. Estas cuentan con transformadores trifásicos tipo seco de 750 KVA, 480/208/120 voltios cada uno. Desde estas subestaciones se toma la alimentación en 277 voltios para todo el sistema de iluminación.

En la figura 3.1., se muestra un esquema general del sistema eléctrico del Edificio Sede PDVSA Refinación Oriente, el cual refleja la mayoría de los dispositivos mencionados en la descripción que sigue a continuación.

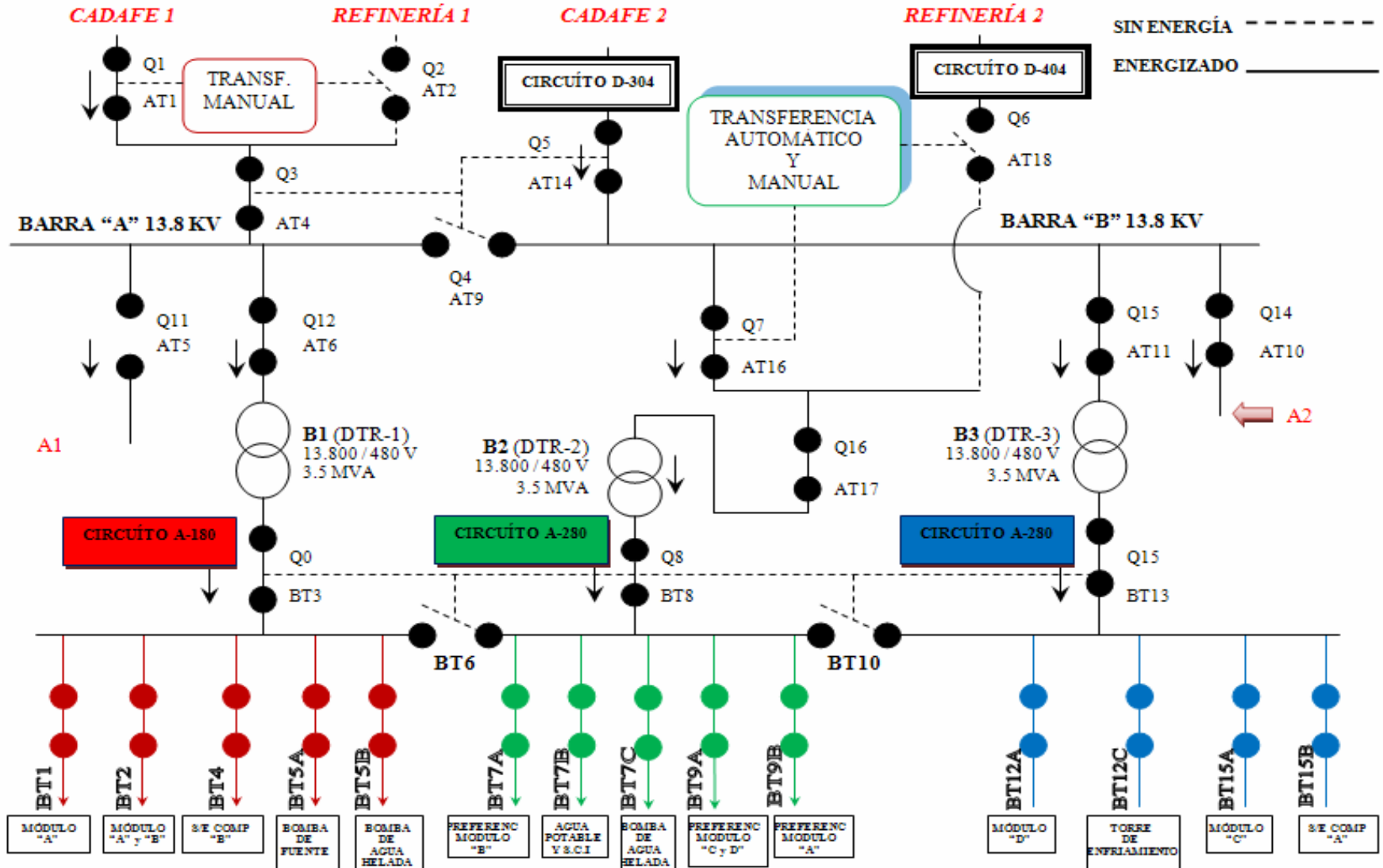


Figura. 3.1. Diagrama esquemático del Sistema Eléctrico de PDVSA Refinación Oriente.

3.2. Sistema Eléctrico del Edificio Sede PDVSA PLC.

3.2.1. Sistema de alimentación eléctrica principal

El sistema de alimentación eléctrica principal está formado por:

- a) Cuatro (4) alimentadores trifásicos aéreos de 13.800 voltios de los cuales:
 - Dos (2) líneas provienen de la sub-estación eléctrica Guaraguao de 115/13.8 kv (CADAFE), las cuales constituyen la alimentación normal del edificio. Se denominan CADAFE 1 y CADAFE 2. (Ver anexo A.8)
 - Dos (2) líneas provenientes del sistema de generación de las Refinería PLC las cuales serán utilizadas en caso de falla de las líneas de CADAFE. Se denominan CORPOVEN 1 y CORPOVEN 2 (figura 3.1).
- b) Un Patio de Interrupción en el cual pasan las líneas de alimentación, de tipo aérea a subterránea a través de seccionadores tripolares y copas terminales conectadas a los conductores de potencia.
- c) Bancadas subterráneas, hasta la sub-estación principal del edificio.

3.2.2. Sub-Estación eléctrica principal

La sub-estación eléctrica principal está ubicada en la sala de máquinas, planta baja del edificio y está formada por:

- Tablero Principal de 13.8 Kv.
- Sub-estación Reductora "A" de 13.8/4.16 Kv.

- Sub-estación Reductora “B” de 13.8/0.48 Kv.
- Sistema de Corriente Directa.
- Ductos de Barras.
- Sistema de Ventilación Forzada, Alarma y Disparo de los Transformadores.

3.2.2.1. Tablero Principal de 13.8 kv.

Este tablero está distribuido en dieciocho (18) celdas de 15 kv. El tablero 13.8 kv tiene las características mostradas en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Características del Tablero Principal de 13.8 Kv.

Tensión nominal entre fases:	13.8 Kv.
Tensión máxima de diseño:	15 Kv.
Frecuencia nominal:	60 Hz.
Nivel básico de aislamiento al impulso que soporta:	95 Kv.
Tensión aplicada durante 1 minuto a 60 Hz:	36 Kv. RMS
Corriente nominal continua:	600 A.
Capacidad interruptiva:	600 A.
Capacidad de cierre contra falla:	20 kA.

Las partes metálicas del tablero, así como los equipos contenidos en ellos, tienen la suficiente capacidad para soportar los esfuerzos térmicos y electromagnéticos impuestos bajo un corto circuito simétrico de 500 MVA aplicado durante 1 segundo. Todos los dispositivos y elementos de control y alarma son para operación 120 V en corriente continua. Cualquier dispositivo auxiliar de potencia es para operación con corriente trifásica de 208/120 V, 60 Hz.

Este tablero a 13.8 Kv., está compuesto por:

- La Barra “A” a 13.8 Kv.

- La Barra "B" a 13.8 Kv.

3.2.2.1.1. Barra "A" (13.8 KV)

Esta barra perteneciente al tablero principal a 13.8 Kv., se encuentra distribuida en siete (7) celdas y está constituida de la forma siguiente:

1) Interruptor De Transferencia Manual En 13.8 Kv:

El interruptor de transferencia manual tiene la función de conmutar los alimentadores en caso de falla de uno de ellos. A este interruptor llegarán los alimentadores CADAFE 1 y CORPOVEN 1.

Este interruptor de transferencia manual está compuesto por:

- a. Un (1) Cubículo de Acometida CADAFE 1 (Celda AT1 en figura 3.1.) el cual contiene:
 - Un (1) interruptor-seccionador, operación bajo carga, 630 Amp, 15kv, identificado en planos como Q1, tipo 3CF8621 de Siemens, accionado por motor.
 - Tres (3) transformadores de corriente 600/5.
 - Tres (3) transformadores de tensión 13800/120 V.
 - Un (1) voltímetro con selector de fases escala 0-15 kv.
 - Un (1) amperímetro con selector de fases 0-600 Amp.
 - Tres (3) pararrayos de 12 kv.
 - Un (1) contador de KWH.
 - Un (1) relé de mínima tensión para detectar descensos en la misma, tipo UAJZ de Arieche.

- Cuatro (4) relés auxiliares.
 - Un (1) relé sensible a la secuencia de fases.
 - Tres (3) limitadores de tensión.
 - Dos (2) interruptores automáticos.
 - Un (1) pulsador rojo.
 - Un (1) pulsador verde.
 - Una (1) lámpara de señalización roja.
 - Una (1) lámpara de señalización verde.
- b. Un (1) Cubículo de Acometida CORPOVEN 1 (Celda AT2 en figura 3.1.).
Contiene:
- Un (1) interruptor seccionador, operación bajo carga, 630 Amp, 15 kv, identificado en planos como Q2, tipo 3CF8621 de Siemens accionado por motor.
 - Tres (3) pararrayos 12 kv.
 - Tres (3) transformadores de tensión 13800/120 V.
 - Un (1) voltímetro con selector de fases escala 0.15 kv.
 - Un (1) relé de mínima tensión UAJZ de Arieche.
 - Un (1) relé de secuencia de fases 7RG35 de Siemens.
 - Tres (3) limitadores de tensión.
 - Dos (2) interruptores automáticos.
 - Un (1) pulsador rojo y uno (1) verde.
 - Una (1) lámpara de señalización roja y una (1) verde.
- c. El Control de Transferencia Manual (Celdas AT1 y AT2 en figura 3.1.). Esta formado por las siguientes partes de las dos (2) celdas:
- Sensor de voltaje trifásico en ambos sistemas de suministro de energía.

- Ajustador de pico y caída de voltaje (mínima tensión) en ambos sistemas.
- Ajustador de tiempo de acción de los seccionadores de ambos sistemas (temporizador).
- Bloqueador electrónico para evitar que se cierren los seccionadores de 15 kv al mismo tiempo.
- Conmutador de operación manual.

Todos los dispositivos relevadores de tiempo, voltaje y otros dispositivos de control operan en 120 VDC.

d. Protección Alta Tensión (Fusibles) celda AT3. Contiene:

- Portafusibles Driescher.
- Seis (6) fusibles 315 Amp, 15 kv Driescher.

e. Seccionador Principal en 15 Kv. Barra 1 (Celda AT4). Contiene:

- Un (1) interruptor seccionador tripolar de operación bajo carga, accionamiento manual, 630 Amp, 15 kv, identificado en los planos como Q3, tipo 3CF8620 de Siemens.
- Tres (3) transformadores de corriente 600/5 A.
- Un (1) amperímetro con selector de fases 0-600 A.
- Tres (3) transformadores de tensión 13800/120 V.
- Un (1) voltímetro con selector de fases 0-15 kv.
- Un (1) relé de mínima tensión UAJZ de Arieche.
- Un (1) relé de tiempo.
- Un (1) interruptor automático.
- Una (1) cerradura para enclavamiento.
- Tres (3) pararrayos de 12 kv.

f. Alimentadores A1 y B1 (Celdas AT5 y AT6 respectivamente).

Como se muestra en la figura 3.1., el alimentador A1 está conectado al transformador de 3500 KVA, 13800/4160 V (Sub-estación reductora A). El alimentador B1 esta conectado al transformador de 3500 KVA, 13800/480 V (Sub-estación reductora B).

Cada celda contiene lo siguiente:

- Un (1) interruptor seccionador tripolar operación bajo carga, accionamiento manual, 630 Amp, 15 kv, identificado en los planos como Q11 y Q12 respectivamente, tipo 3CF8420 de Siemens.
- Tres (3) fusibles 200 Amp Driescher.
- Un (1) interruptor automático.

La celda AT7 contiene el mismo equipo anterior y es de reserva.

3.2.2.1.2. Barra “B” (13.8 KV)

Está distribuida en nueve (9) celdas que van desde la AT9 hasta la AT18. Esta barra esta constituida de la forma siguiente:

1) Acometida CADAFE II (Celdas AT14 y AT15).

En la celda AT15 entra la alimentación de CADAFE II y se conecta a la barra a través de sus copas terminales.

En la celda AT15 se encuentran los siguientes equipos:

- Tres (3) transformadores de corriente 600/5 A.
- Tres (3) transformadores de tensión 13800/120 V.
- Tres (3) fusibles de AT 15 kv.
- Tres (3) limitadores de tensión.

En la celda AT14 se encuentran los siguientes equipos:

- Un (1) interruptor seccionador, operación bajo carga, 630 Amp, 15 kv, identificado en planos como Q5, tipo 3CF8620 de Siemens con bobina de disparo 125V.
- Un contador de KWH.
- Un (1) amperímetro con selector de fases 0-600 A.
- Un (1) voltímetro con selector de fases 0-15 kv.
- Un (1) relé de tiempo.
- Un (1) relé auxiliar.
- Un (1) interruptor automático.
- Una (1) lámpara de señalización roja y una (1) verde.

2) Interruptor de Transferencia Automática y Manual en 13.8 kv.

Tiene la función de conmutar los alimentadores en caso de falla de uno de ellos. En este caso conmuta el alimentador B-2 del sistema preferencial conectado a CADAFE II por el alimentador CORPOVEN II. No conmuta alimentación a la barra II. Está compuesto por:

- a. Un (1) cubículo de seccionamiento de la Barra II al alimentador B2 (AT16).
Contiene:

- Un (1) interruptor seccionador operación bajo carga, 630 Amp, 15 kv, identificado en planos como Q7, tipo 3CF8621 de Siemens accionado por motor.
- Tres (3) transformadores de tensión 13800/120 V.
- Tres (3) fusibles de AT 15 KV.
- Un (1) relé de mínima tensión.
- Un (1) relé de secuencia de fases.
- Un (1) voltímetro con selector de fases 0-15 kv.
- Dos (2) interruptores automáticos 6 A.
- Un (1) pulsador rojo y uno (1) verde.
- Una (1) lámpara de señalización roja y una (1) verde.
- Tres (3) relés auxiliares.

b. Un (1) cubículo de acometida CORPOVEN II (Celda AT18). Contiene:

- Un (1) interruptor seccionador operación bajo carga, 630 Amp, 15 kv, identificado en planos como Q6, tipo 3CF8621 de Siemens accionado por motor.
- Tres (3) pararrayos de 12 kv.
- Tres (3) transformadores de tensión.
- Tres (3) fusibles de AT 15 KV.
- Un (1) relé de mínima tensión.
- Un (1) relé de secuencia de fases.
- Un (1) voltímetro con selector de fases.
- Tres (3) limitadores de tensión de 12 kv.
- Un (1) interruptores automáticos 16 A.
- Dos (2) interruptores automáticos 6 A.
- Un (1) pulsador rojo y uno (1) verde.
- Una (1) lámpara de señalización roja y una (1) verde.

- Siete (7) relés auxiliares.
 - Un (1) selector manual-off automático.
- c. El control de transferencia automática estará formado por las siguientes partes de las dos celdas anteriores (AT16 y AT18):
- Sensor de voltaje trifásico en ambos sistemas de suministro de energía.
- d. Alimentador B2 (Celda AT17).

El alimentador B2 alimenta el transformador de 3500 KVA, 13800/480V, correspondiente al sistema preferencial de la sub-estación reductora B. Está compuesto por los siguientes equipos:

- Un (1) interruptor seccionador operación tripolar, bajo carga, 630 Amp, accionamiento manual, 15 kv, con portafusible de 15 kv, identificado en planos como Q16, tipo 3CF8620.
 - Tres (3) fusibles 200 Amp, 15 kv Driescher.
 - Tres (3) transformadores de corriente 600/5 Amp.
 - Un (1) amperímetro con selector de fases 0-600 Amp.
- e. Protección de Alta Tensión (Fusibles) celda AT13, contiene:
- Portafusibles Driescher.
 - Seis (6) fusibles de 315 Amps. 15 kv Driescher.
- f. Alimentadores A2 y B3 (Celdas AT10 y AT11 respectivamente).

Como se muestra en la figura 3.1., el alimentador A2 alimenta el otro transformador de 3500 KVA, 13800/4160 V. (Sub-estación Reductora “A”). El alimentador B3 alimenta el transformador de 3500 KVA, 13800/480 V. (Sub-estación Reductora “B”).

Cada celda contiene:

- Un (1) interruptor seccionador tripolar operación bajo carga, accionamiento manual, 630 Amps. 15 kv., identificados en los planos como Q14 y Q15 respectivamente, tipo 3CF8420.
- Tres (3) fusibles de 200 Amps. 15 kv. Driescher.
- Un (1) interruptor automático de 6 A.

g. La celda AT12 contiene una reserva no equipada.

h. Seccionador de barra (celda BT9). Contiene:

- Un (1) seccionador, operación bajo carga, en aire, 630 Amps. 15 kv., identificado en plano como Q4, tipo 3CF8620 de Siemens. Accionamiento manual.

3.2.2.2. Sub-estación Reductora “A” 13.8 / 4.16 Kv.

La Sub-estación Reductora “A”, transforma de 13800 V a 4160 V., distribuye y alimenta a los Chillers del Aire Acondicionado en este último voltaje. Se encuentra ubicada en la sub-estación eléctrica principal del edificio. Su configuración es la siguiente:

- a) Dos (2) transformadores 2500 / 3500 KVA., 80° C / 150° C, 13.8/4.16 KV., 3F / 4C / 60 Hz, $z = 5.75 \%$. (Ver anexo A.7).

Tabla 3.2. Características del transformador de 13.8/4.16 KV.

Capacidad nominal:	2500 KVA (AN).
Capacidad máxima:	3500 KVA (AP).
Voltaje Nominal Primario:	13.8 KV.
Voltaje Nominal Secundario:	4.16/2.4 KV.
Número de fases:	3
Clase de aislamiento:	- BT. Clase F (155 °C). - AT. Clase B (130 °C).
Grupo de Conexión:	Dyn 5.
Impedancia:	5.75%.
Nivel Básico de Impulso:	- Devanado de 13.8 KV: 95 KV. - Devanado de 4.16 KV: 25 KV
Tomas:	(TAPS)± 2 x 2.5 %.

- b) Un (1) tablero para tensión de distribución 4.16 kv., 3 fases, 4 hilos, 600 A y 250 MVA C.C, de las siguientes características nominales:

Tabla 3.3. Características del tablero de 4.16 Kv.

Tensión nominal entre fases:	4.16 Kv.
Tensión máxima de diseño:	5 Kv.
Frecuencia nominal:	60 Hz.
Nivel básico de aislamiento al impulso que soporta:	60 Kv.
Tensión aplicada durante 1 minuto a 60 Hz:	19 Kv.
Corriente nominal:	600 A.
Capacidad interruptiva:	600 A.
Capacidad de cierre contra falla trifásica:	250 MVA.
Valor nominal de corriente de corto tiempo:	- 60 KA momentáneo - 37 KA. 4 seg

Las capacidades nominales para los fusibles limitadores de corriente se encuentran indicadas en los planos. Las partes metálicas del tablero, así como los equipos contenidos en ellos, tienen la suficiente capacidad para los esfuerzos térmicos y electromagnéticos impuestos bajo un cortocircuito simétrico de 250 MVA. Aplicado durante un (1) segundo.

c) Dos (2) celdas de acometida principal 4.16 Kv. (MT3 y MT7). (Ver anexo A.7).

Vienen de cada uno de los transformadores A1 y A2, 2500 KVA, 13800/4160V.

Cada celda contiene los siguientes elementos:

- Un (1) interruptor seccionador en vacío, extraíbles, trifásico, para operación bajo carga 1250 Amps, 15 Kv., tipo 3AF1762 de Siemens. Accionado por motor y en forma manual (identificados en planos como Q1 y Q2).
- Tres (3) transformadores de corriente 600/5 Amps.
- Un (1) contador de KWH.
- Un (1) amperímetro con selector de fases 0-600 Amps.
- Un (1) voltímetro con selector de fases 0-6 Kv. (los transformadores de voltaje se encuentran en la celda MT4).
- Tres (3) pulsadores: negro, verde y rojo.
- Una (1) lámpara de señalización verde y una (1) roja.
- Un (1) relé auxiliar.

d) Celda de seccionamiento de barras (AT5). Contiene lo siguiente:

- Un (1) interruptor seccionador en vacío, extraíble, trifásico, para operación bajo carga 1250 Amps, 5 Kv., tipo 3AF1762 de Siemens. Accionado por motor y en forma manual (identificados en planos como Q3).

- Tres (3) interruptores automáticos.
 - Dos (2) pulsadores: verde y rojo.
 - Una (1) lámpara de señalización verde y una (1) roja.
- e) Dos (2) celdas de medición en barras. Contienen lo siguiente:
- Tres (3) transformadores de tensión 4160/110 V.
 - Tres (3) fusibles de alta tensión 6.3 Amps. 7.2 Kv.
 - Protección de 1 transformador.
 - Protección de falla a tierra.
- f) Salidas a los Chillers 1, 2, 3 y 4 (celdas MT1, MT2, MT8 y MT9). Contienen lo siguiente:
- Un (1) seccionador, operación bajo carga 630 Amps, 5 Kv., tipo 3AF1620 de Siemens. Accionamiento manual, con portafusibles.
 - Tres (3) fusibles de alta tensión 160 Amps.

3.2.2.3. Sub-estación Reductora “B” 13.8 / 0.48 Kv.

La sub-estación Reductora “B” transforma de 13800 voltios a 480 voltios, distribuye y alimenta el resto de la carga en baja tensión del edificio. Cabe destacar que esta sub-estación representa la mayor parte de la sub-estación eléctrica principal del edificio. Está constituida por:

- Tres (3) transformadores (B1, B2 y B3) de 2500 / 3500 KVA, 13800 / 480-277 V, 80 °C / 150 °C, Z = 5.75% de Inelgen. (Ver anexo A.3).
- Centro de carga en 480 / 277 V.

3.2.2.3.1. Transformadores de Potencia.

Los transformadores de potencia son los encargados de disminuir el nivel de tensión de 13.800 voltios a 480 voltios, voltaje con el cual se alimenta en centro de carga en 480 V ubicado también en la Subestación Reductora “B”.

La cantidad de cinco (5) transformadores secos en resina colada “Geafol” conforman la sub-estación reductora “B”, cuyas características son mostradas en la tabla 3.4. (Ver anexo A.2).

Tabla 3.4. Características de Transformadores 13.8/0.48 V.

Capacidad nominal:	2500 KVA (AN).
Capacidad máxima:	3500 KVA (AP).
Voltaje Nominal Primario:	13.8 KV.
Voltaje Nominal Secundario:	480/277 V.
Número de fases:	3
Clase de aislamiento:	- BT. Clase F (155 °C). - AT. Clase B (130 °C).
Grupo de Conexión:	Dyn 5.
Impedancia:	5.75%.
Nivel Básico de Impulso:	- Devanado de 13.8 KV: 95 KV. - Devanado de 480 KV: 10 KV
Tomas:	(TAPS)± 2 x 2.5 %.

3.2.2.3.1. Centro de Carga en 480/277 voltios.

Las características técnicas nominales del centro de carga son las siguientes:

Tabla 3.5. Características del Centro de Carga 480/277 V.

Capacidad nominal:	4000 Amp.
Voltaje Máximo de Diseño:	600 V.
Voltaje Nominal:	480 V.
Fases:	3
Frecuencia Nominal:	60 Hz.

Las partes metálicas del centro de carga, así como los equipos contenidos en él, están en capacidad de soportar los esfuerzos térmicos y electromagnéticos impuestos bajo un cortocircuito simétrico de 65 KA, aplicado durante un segundo. El centro de carga esta dividido en tres (3) barras con capacidad de 4000 Amps., conectadas entre sí con interruptores de 4000 A. que seccionan las mismas. Cada barra alimenta un sector del edificio, como se explica a continuación (Ver anexo A.5):

3.2.2.3.1.1. Barra B1.

Alimenta los módulos A y B del edificio y la sala de computación. Esta barra contiene los siguientes equipos:

- a) Acometida Principal B1 (BT3) que contiene lo siguiente:
- Un (1) interruptor principal 3WN1871 de Siemens, trifásico, 480 V, 4000 Amps, extraíble. Incluye: relé de sobrecorriente de estado sólido incorporado, tipo 3WX3183 de Siemens y un (1) relé de protección de tierra (sobrecorriente de tiempo inverso) 7SK88, también de Siemens.
 - Tres (3) transformadores de corriente 600 / 5 Amps.
 - Dos (2) transformadores de medición 480 / 110 V.
 - Un (1) transformador de mando 480 / 120 V.

- Un (1) voltímetro con selector de fases 0-600 V.
- Un (1) amperímetro con selector de fases 0-400 Amps.
- Un (1) contador de KWH.
- Un (1) selector con llave para enclavamiento con el interruptor de enlace de barras.

b) Alimentador Módulo A (BT1)

Esta salida alimenta la sub-estación secundaria del módulo A. Está constituida por:

- Un (1) interruptor extraíble, trifásico de 480 V, 2000 Amps, 3WN1571 de Siemens, incluye: un (1) relé de sobrecorriente de estado sólido incorporado, tipo 3WX3183 de Siemens.

c) Alimentador Módulo B (BT2)

Esta salida alimenta la sub-estación secundaria del módulo B. También alimenta la S/E secundaria de computación en el sótano 1, Módulo A. Tiene un interruptor de las mismas características de la celda BT1.

d) Alimentación Auxiliar Módulo A, B y Computación (celda BT4)

Esta salida es una alternativa de alimentación de los módulos A, B y la sub-estación de computación, para el caso de que falle alguno de los alimentadores de BT1 y del BT2. También puede utilizarse como alimentación de las sub-estación de computación en forma independiente. El equipo contiene las mismas características que el BT1.

e) Alimentación de las Bombas (BT5)

Esta celda tiene tres (3) salidas:

- Alimenta las Bombas de las Fuentes de áreas verdes (BT5A). Contiene: un (1) interruptor trifásico, extraíble, 200 Amps, 480 V, tipo 3VS8200 de Siemens. Accionamiento para maniobra.
- Reserva (BT5B). Contiene: un (1) interruptor trifásico, extraíble, 200 Amps, 480 V, tipo 3VS8200 de Siemens. Accionamiento para maniobra.
- Alimenta el Centro de Control de Motores de las Bombas auxiliares de los Chillers. Contiene: un (1) interruptor trifásico, extraíble, 400 Amps, 480 V, tipo 3VS8300 de Siemens. Accionamiento para maniobra.

3.2.2.3.1.2. Enlace de Barras N° 1 (BT6).

Conecta la Barra 1 con la Barra 2. Se encuentran normalmente abierto y está enclavado con llave con los interruptores principales B1 y B2. La celda contiene el siguiente equipo:

- Un (1) interruptor principal, extraíble, trifásico 480 V, 4000 Amps, 3WN1875 de Siemens. Incluye: relé de sobrecorriente de estado sólido incorporado. Tipo 3WX3183 de Siemens.
- Un (1) conmutador de tensión.
- Un (1) selector con llave para conexión de enclavamiento.

3.2.2.3.1.3. Barra B2.

Alimenta el Sistema Preferencial de Edificio. Incluye los siguientes equipos:

- a) Acometida Principal B2 (Celda BT8). Contiene los mismos equipos que la acometida B1 en la celda BT3.
- b) Alimentación de Barras Preferenciales y Bombas (Celdas BT7)

Esta celda contiene tres (3) salidas:

- Barra preferencial trifásico, extraíble, 300 Amps, 480 V, tipo 3VS8300 de Siemens. Accionamiento para maniobra.
- Centro de Control de Motores para Bombas Contra Incendios y Agua Potable (BT7B). Contiene: un (1) interruptor trifásico extraíble, 300 Amps, 480 V, tipo 3VS8300 de Siemens. Accionamiento manual.

- c) Alimentación de Barras Preferenciales Módulo A, C y D (Celda BT9)

Esta celda contiene dos (2) salidas:

- Barra Preferencial Módulos C y D (BT9A). Contiene: un (1) interruptor trifásico, extraíble, 630 Amps, 480 V, tipo 3WN1371 de Siemens. Incluye un relé de sobrecorriente de estado sólido, incorporado, tipo 3WX3183 de Siemens.
- Barra Preferencial Módulo A (BT9A). Contiene: un (1) interruptor trifásico, extraíble, 630 Amps, 480 V, tipo 3WN1371 de Siemens. Incluye un relé de sobrecorriente de estado sólido, incorporado, tipo 3WX3183 de Siemens.

3.2.2.3.1.4. Enlace de Barras N° 2 (BT10).

Conecta la Barra 2 con la Barra 3. Se encuentra normalmente abierto y está enclavado con llave con los Interruptores Principales B2 y B3.

Contiene el mismo equipo que el enlace de Barras N° 1 en la celda BT6.

3.2.2.3.1.5. Barras B3.

Alimenta los Módulos C y D del Edificio y la Torre de Enfriamiento del Sistema de Aire Acondicionado. En esta barra se incluyen los siguientes equipos:

- a) Acometida Principal B3 (Celda BT13). Contiene los mismos equipos ya descritos en la acometida B1 en la celda BT3.

- b) Alimentación Módulo C (Celda BT11)

Esta celda tiene dos salidas, una (1) para alimentar el Módulo C y otra de reserva:

- Alimentador Módulo C (BT11A). Esta salida alimenta la sub-estación secundaria Módulo C. Contiene: un (1) interruptor trifásico, extraíble, 1600 Amps, 480 V, tipo 3WN1471 de Siemens. Incluye un relé de sobrecorriente de estado sólido, incorporado, tipo 3WX3183 de Siemens.
- Espacio Libre de Reserva (BT11B). Ver figura 3.1.

- c) Alimentación Torre de Enfriamiento y Módulo E (Celda BT12)

Esta celda tiene tres salidas, dos (2) para alimentar la Torre de Enfriamiento y una para alimentar al futuro Módulo E. Sin embargo, se está utilizando la salida del Módulo E para alimentar el Módulo D:

- Alimentador Centro de Control de Motores de la Torre de Enfriamiento (BT12A). Esta salida alimenta al CCM de la torre de enfriamiento. Contiene:

un (1) interruptor trifásico, extraíble, 1000 Amps, 480 V, tipo 3WN1371 de Siemens. Incluye un relé de sobrecorriente de estado sólido, incorporado, tipo 3WX3183 de Siemens.

- Alternativa de Alimentación al Centro de Control de Motores de la Torre de Enfriamiento (BT12B). Contiene el mismo equipo especificado en BT12A.
- Alimentador al futuro Módulo E (BT12C). Actualmente se está utilizando como alimentador directo al Módulo D. Contiene: un (1) interruptor trifásico, extraíble, 630 Amps, 480 V, tipo 3WN1371 de Siemens. Incluye un relé de sobrecorriente de estado sólido, incorporado, tipo 3WX3183 de Siemens.

d) Alimentador Módulo D (Celda BT14)

Esta celda tiene dos (2) salidas, una (1) alimenta el Módulo D y la otra de reserva. Contiene el mismo equipo especificado en el alimentador del Módulo C (BT11A).

e) Alimentador Módulo C ó D (Celda BT15)

Esta celda tiene dos (2) salidas, una (1) alimenta la sub-estación del Módulo C y la sub-estación del Módulo D. Actualmente se está utilizando como alimentador a la S/E Módulo C. La otra salida está prevista como reserva (BT15B).

La configuración del equipo es la misma del alimentador Módulo C (Celda BT11).

3.2.2.4. Sistema de Corriente Directa.

El sistema de corriente directa es utilizado para el accionamiento de interruptores principales e interruptores-seccionadores, que se encuentran en la sub-

estación eléctrica principal. El objetivo principal de este sistema es lograr la apertura o cierre de los interruptores de forma automática e independiente con la alimentación directa de un banco de baterías en 120 Vcd.

El Sistema de Corriente Directa, consiste de:

- Banco de batería.
- Cargador de batería.
- Panel de distribución con interruptores de caja moldeada.

El banco de batería es de níquel-cadmio, 120 Vcd, y de una capacidad adecuada para el sistema de interruptores seccionadores de 13.8 Kv, 4.16 Kv., y el sistema de interruptores principales de los centros de carga de 480 V, trifásico. El cargador se alimenta de un sistema de 120 Vca, 1 fase y 1 neutro. (Ver anexo A.9)

El número de circuitos en el panel de distribución de corriente directa depende del requerimiento de cada tablero.

3.2.2.5. Ductos de Barras.

Los ductos de barras consisten en conductores de cobre sólido, completamente cubiertos y con capacidad de montaje en cualquier posición sin necesidad de disminuir sus capacidades nominales.

El sistema de barras es de clase 600 V. de 3 fases, neutro y tierra, 60 Hz, de los valores nominales de corriente indicados en los planos respectivos.

La cubierta es de tipo ventilado y construida en placa de acero de calibre igual o mayor de 14. Las barras son fabricadas en cobre con 98 % de conductividad y con

plateado adecuado en todas las superficies de contacto eléctrico. Las barras están aisladas a lo largo de toda su longitud, excepto en la uniones y superficies de contacto.

Los ductos de barras están diseñados de tal manera que ninguna de sus partes exceda una elevación de temperatura de 55 °C, sobre ambientes de 40 °C.

Los ductos de barras poseen perforaciones de acceso a las uniones para su adecuada inspección. Con estos ductos de barras se conectan los transformadores de la Sub-estación “B” con el Centro de Carga 480 V.

3.2.2.6. Sistema de Ventilación Forzada, Alarma y Disparo de los Transformadores.

Cada unidad está provista de dos (2) elementos de ventilación operados por un sistema de control de temperatura, de tal manera que a una temperatura establecida, entre en operación las unidades de ventilación.

Para proteger al transformador contra un calentamiento inadmisibles cuando existe una temperatura del ambiente elevada o sobre carga, la unidad de control de temperatura lleva incorporados contactos para alarma y desenganche.

Para la alimentación del sistema de ventilación y el gabinete de control de la unidad transformadores, es necesario disponer de una fuente externa independiente trifásica con tensión 208 Voltios entre fases.

El gabinete de control de cada unidad tiene una demanda de 750 VA con los ventiladores en funcionamiento.

La alimentación del sistema de ventilación y el gabinete de control de cada transformador funciona desde el tablero B-2 del Centro de Carga 480 V. a través de un transformador de 5 KV., trifásico, tipo seco, 480/208-120 V.

Está instalado además, un tablero de distribución trifásico, 208/120 V., para tomar circuitos individuales hacia cada transformador.

3.2.3. Sistemas de alimentación eléctrica secundaria

a) Alimentación de las Unidades Centrífugas de Enfriamiento de Agua (UCEA)

El sistema de alimentación de cada Unidad Centrífuga de Enfriamiento de Agua (4 en total) para una tensión de 4.16 kv, es tomado desde las celdas de 4.16 kv de la sub-estación "A". Cada UCEA tiene incorporado un arrancador a plena tensión. Esta alimentación esta hecha a través de conductores con aislamiento para 5 Kv y conduits de hierro galvanizado.

b) Alimentación de la torre de enfriamiento

- Para la alimentación eléctrica de los ventiladores y bombas de la torre de enfriamiento existen dos (2) alimentadores trifásicos tomados del centro de carga de 480/277 V de la sub-estación "B". En condiciones normales cada uno utiliza la mitad de la carga. En condiciones de falla o mantenimiento de uno de ellos, el otro podrá suplir toda la carga.

- En la caseta de tableros de la torre, está instalado un centro de carga formado por: arrancadores para las bombas e interruptores para los demás servicios. Desde este centro de carga se lleva la alimentación a cada equipo.

c) Alimentación de las bombas de agua potable, de las fuentes y anti-incendio

- Las bombas de agua potable y anti-incendio se alimentan desde las celdas de servicios preferenciales, en 480 V; para la acometida cada bomba tiene instalado un centro de control de motores (C.C.M.).
 - Las bombas de agua de las fuentes se alimentan en 480 V desde las celdas de los servicios generales a través del centro de control de motores (CCM-TBF).
- d) Alimentación de las bombas auxiliares de las Unidades Centrífugas de Enfriamiento de Agua.
- Para la alimentación eléctrica de las bombas auxiliares están instalados dos (2) alimentadores trifásicos en 480 V tomados de las celdas de servicios generales de la sub-estación “B”. En condiciones normales tomará cada uno la mitad de la carga. En condiciones de falla o mantenimiento de uno de ellos, el otro podrá suplir toda la carga.
 - Se cuenta con un C.C.M. ubicado cerca de las bombas, desde donde se toma la acometida para cada equipo.

3.2.4. Alimentación a Sub-Estaciones Secundarias.

El centro de carga de 480 V de la Sub-estación principal de le edificio alimenta a las sub-estaciones secundarias de los módulos A, B, C y Computación, Telecomunicaciones a través de barras colectoras trifásicas de aluminio de las capacidades indicadas en los planos correspondientes.

El módulo D se alimenta por conductores 350 MCM THW proveniente del centro de carga en 480 V.

3.2.5. Sub-Estaciones Secundarias

Para obtener tensiones de 208/120 V. y alimentar los circuitos de fuerza y tomacorrientes se dispuso de sub-estaciones secundarias en la planta baja de cada módulo del edificio y una exclusivamente para alimentar los equipos de la central telefónica y de Computación, ubicada en sótano 1 del módulo A.

Cada sub-estación está compuesta por tableros de distribución en 480/277 V., transformadores reductores 480/208-120 V., y tableros de distribución general para 208/120 V.

Los módulos A, B y C cuentan con un (1) transformador trifásico tipo seco para 500 KVA. 480/208-120 V., cada uno.

El centro de computación y telecomunicaciones tiene un conjunto de dos (2) transformadores trifásicos tipo seco para 750 KVA. 480/208-120 V. El módulo D dispone de un tablero de distribución en 480/277 V., y un tablero de distribución en 208/120 V.

A los tableros principales en 480/277 V., de cada sub-estación se conecta las acometidas provenientes del Centro de Carga de la Sub-Estación Principal.

A estos tableros se conectan las barras de alimentación secundarias (hacia los diferentes niveles del edificio), el transformador de la sub-estación y los tableros de uso general en planta baja (alumbrado, equipos de Aire Acondicionado, Ventilación Forzada y Equipos pesados).

El tablero principal del módulo D alimenta además los tableros de Nivel Plaza y 1^{er} piso. Los transformadores alimentan al tablero de distribución general en 208/120

V., el cual energiza las barras secundarias (hacia los diferentes niveles del edificio), la barra de interconexión entre sub-estaciones y el tablero de fuerza y tomacorrientes para el nivel planta baja. En el caso de la sub-estación Módulo D, el tablero de distribución general en 208/120 V energiza los tableros de fuerza de Planta Baja, Nivel Plaza y 1^{er} Piso y se alimenta por la barra de interconexión con el Módulo C.

3.2.6. Centro de Control de Motores

Con el fin de ubicar los arrancadores de las bombas del sistema de Aire Acondicionado, Agua Potable, Contra Incendio y de las fuentes se dispone de Centros de Control de Motores, los cuales están ubicadas en áreas cercanas a los equipos que alimentan.

3.2.7. Barras de Interconexión

Entre los tableros de distribución 208/120 V de las sub-estaciones A y B existe una (1) barra trifásica con el fin de interconectarlas, para que se cumpla la función de respaldo entre los transformadores de cada una de ellas. Entre las sub-estaciones C y D se encuentran también, una (1) barra trifásica para alimentar en 208/120 V al Módulo D.

3.2.8. Distribución Secundaria

3.2.8.1. Distribución Secundaria de Uso General

El sistema de distribución eléctrica secundaria se distribuye a través de barras ubicadas en los ductos de servicio, partiendo de las sub-estaciones secundarias hasta el último piso de cada Módulo.

A estas barras, dos (2) en 480/277 V y dos (2) en 208/120 V se conectan los tableros de transferencia manual en cada piso.

Los equipos de la Central Telefónica se alimentan desde un Tablero Principal, ubicado en el área de Telecomunicaciones, conectado a la barra de uso exclusivo que viene de la sub-estación correspondiente. De la misma forma se alimentan los equipos de Computación.

A los tableros de transferencia manual se conectan los tableros de uso general de cada piso.

3.2.8.2. Distribución Secundaria del Sistema Preferencial

El sistema de distribución preferencial parte desde la sub-estación de cada módulo, donde existe un Tablero Principal Preferencial en 480/277 V, el cual tiene incorporado un sistema de transferencia manual que conecta a las barras preferenciales provenientes del Centro de Carga de la sub-estación principal y la carga normal de la S/E secundaria. A este tablero principal se conecta el Tablero Preferencial de Planta Baja y el Transformador Preferencial.

Del Tablero Preferencial de Planta Baja se alimentan los tablero preferenciales de cada piso en 480/277 V, los cuales servirán para alimentar los sistemas presurizados de escaleras y ascensores, un ascensor por cada módulo y el alumbrado de áreas de circulación.

Del transformador preferencial se alimenta un tablero preferencial en planta baja en 208/120 V que servirá para los circuitos de alumbrado incandescente de las áreas de circulación y tomacorrientes de servicios preferenciales.

3.2.8.3. Distribución Secundaria en Salas de Electricidad

En cada piso por módulo del edificio se han dispuesto salas de electricidad con el fin de ubicar los tableros de uso general y preferencial en 480/277 V y 208/120 V.

3.2.9. Circuitos de Distribución

3.2.9.1. Circuitos de Alumbrado

Para los circuitos de alumbrado se tienen previstos dos (2) tipos de instalación:

- En áreas de oficinas con tabiquería las luminarias se alimentan de rieles en 277 V.
- Para el resto, el sistema es a través de cableado por tuberías.

Para el control de encendido del alumbrado del edificio se han dispuesto de contactores ubicados en las salas de electricidad o incorporados a tableros eléctricos, los cuales se controlan desde el Centro de Control Supervisorio.

3.2.9.2. Circuitos de Fuerza y Tomacorrientes

Para los circuitos de fuerza y tomacorrientes se tiene previsto:

- Tomacorrientes en áreas de oficinas con tabiquería alimentados desde rieles en 120 V.
- Sistemas convencionales para el resto del edificio.

- Tableros en las Salas de Aire Acondicionado para alimentar los equipos.
- Tableros de fuerza y tomacorrientes para uso exclusivo de áreas especiales como Reproducción, Sala de Radio, Servicio Médico, entre otros.

3.2.10. Sistema de Iluminación

Los niveles de iluminación de este sistema corresponden a los valores de tablas realizadas por la I.E.S. (Illuminating Engineering Society). El sistema comprende la iluminación general del edificio y áreas exteriores, y adicionalmente, se cuenta con un sistema de iluminación de emergencia.

3.2.10.1. Iluminación General

La iluminación del edificio se realiza con los siguientes tipos de luminarias:

- Luminarias fluorescentes en áreas de sótanos, pasillos principales y áreas de servicios.
- Luminarias fluorescentes ventilantes en las áreas de oficinas y pasillos secundarios.
- Luminarias de halógeno en baja tensión y reflectores metal halide en escaleras.
- Luminarias de halógeno en baja tensión en oficinas, sala de reuniones y pasillos del área corporativa (módulo A) y en hall de ascensores.

- Reflectores de metal halide y luminarias de halógeno en baja tensión para destacar ciertas áreas del edificio como la plaza interna y la sala de exposición.
- Luminarias de metal halide, de mercurio, sodio alta presión, incandescente y halógeno en terrazas y jardines exteriores.
- Reflectores de sodio alta presión y metal halide para la iluminación de fachadas.
- Luminarias de mercurio y metal halide en vialidad y estacionamientos exteriores.

3.2.10.2. Iluminación de Emergencia

La iluminación de emergencia del edificio está formada por:

- Circuitos independientes, por cada piso, que alimentan luminarias fluorescentes e incandescentes. Estos circuitos serán tomados de tableros que dependen del sistema preferencial del edificio.
- Balastos de emergencia, incorporados a luminarias fluorescentes en pasillos, que en caso de falla del circuito que las alimenta, las mantiene encendidas.
- Se tienen dispositivos de iluminación de emergencia por batería en las escaleras de escape que actuarán en caso de falla de los circuitos de alumbrado de estas áreas.

3.2.11. Sistema de Aterramiento

El sistema de aterramiento está formado por:

- La malla de aterramiento de la sub-estación principal ubicada en Sala de Máquinas.
- Las mallas de aterramiento de las sub-estaciones secundarias, ubicadas en sótano 2 para los módulos A, B, C y en sótano 3 para el módulo D.
- Las mallas de aterramiento de los pararrayos ubicadas en sótano 2 del módulo A y sótano 3 del módulo D.
- La malla de aterramiento de la Central Telefónica ubicada en el sótano de acceso de la acometida telefónica.

Cada malla de aterramiento está formada por electrodos interconectados por cables de cobre desnudo. El sistema está de acuerdo con el estándar 250 del Código Eléctrico Nacional 1981. Los siguientes equipos e instalaciones están conectados a tierra:

- El secundario de los transformadores de potencia.
- La carcasa y/o marcos de arrancadores, motores, cortacorrientes, seccionadores, interruptores de seguridad, tableros, celdas, transformadores y demás partes metálicas expuestas de estos equipos.
- Las partes metálicas no conductoras de las luminarias y reflectores.

- Los tomacorrientes de uso general y especial.

3.2.12. Sistema de Pararrayos

El sistema de pararrayos del edificio está formado por:

- Pararrayos monopolares tipo sub-estación en tableros de alta tensión para la protección de los equipos del centro de Carga Principal.
- Pararrayos atmosféricos de punta radiactiva para la protección general del edificio.

Los pararrayos atmosféricos tienen un sistema de tierra independiente de los sistemas de tierra de las sub-estaciones.

3.3. Cargas Críticas y Sensibles Presentes en el Sistema.

Las cargas críticas son aquellas que al dejar de funcionar o al hacerlo inapropiadamente pone en peligro la seguridad, afecta cualquier proceso de producción u ocasiona grandes perjuicios económicos; mientras que las cargas sensibles son aquellas que requieren de un suministro de energía de alta calidad, es decir libre de cualquier tipo de perturbación.

Idealmente todo sistema eléctrico debería gozar de un alto nivel de calidad de suministro, de acuerdo a las normas establecidas por los entes internacionales encargados de dicho asunto, sin embargo es difícil mantener los niveles de calidad

dentro de los límites recomendados, ya que no existe cooperación entre los usuarios y la empresa de suministro.

El monitoreo de los parámetros de calidad de energía es una herramienta muy útil cuando se trata de mejorar un sistema eléctrico, ya que permite determinar que tipo de perturbación esta presente y por ende determinar el tipo de solución a aplicar.

Si se considerara de idea de realizar dicho monitoreo a lo largo de todos los circuito pertenecientes a una red de distribución en su totalidad, se estaría cometiendo un error ya que las soluciones aplicables a cada problema de calidad de energía debe aplicarse de forma puntual y selectiva de acuerdo a las recomendaciones dadas por la IEEE.

Además de esta consideración se debe tomar en cuenta que para realizar este estudio es necesario determinar si de verdad existe algún tipo de carga que pueda ser afectada (sensible o crítica), con el fin de conocer el carácter de urgencia y necesidad de llevar a cabo un proyecto de esta índole.

3.3.1. Sistema Eléctrico y Cargas Críticas

Las cargas críticas del circuito del edificio sede de PDVSA Refinación Oriente, pueden determinarse con gran facilidad debido a que dicho sistema cuenta con una alimentación de respaldo denominada “REFINERÍA 2” que solo suministrará energía a una parte de la subestación, específicamente al circuito “A-280”, también conocido como “SISTEMA PREFERENCIAL”, todo esto en caso de falla de la alimentación “Normal”.

Cabe destacar que originalmente la alimentación “Normal” del sistema en consideración estaba constituida por dos (2) alimentadores pertenecientes a la

empresa CADAPE, denominados “CADAPE 1” y “CADAPE 2”, y dos (2) alimentadores pertenecientes a la Refinería de Puerto La Cruz, denominados “REFINERÍA 1” y “REFINERÍA 2”, de los cuales los dos últimos actúan como respaldo en caso de fallar el servicio de CADAPE.

Actualmente solo están activos dos (2) alimentadores de los cuatro (4) mencionados, siendo la alimentación “NORMAL” el alimentador “CADAPE 2”, de manera que cuando este falla un relé de mínima tensión detecta la inexistencia de tensión provocando la transferencia automática hacia el alimentador “REFINERÍA 2”, donde el interruptor “Q5” se abre al momento de que el interruptor “Q6” se cierra, y de manera simultánea se abre el interruptor “Q7” producto del enclavamiento que existe entre estos dos últimos, manteniendo energizadas de esta manera las cargas que se encuentran en el sistema preferencial. En la figura 3.2 se señala el sistema preferencial. Entre las cargas críticas encontradas están:

- ✓ Alumbrado de pasillos y escaleras (277 V).
- ✓ Ascensores.
- ✓ Bombas de Agua Potable.
- ✓ Bombas Contra Incendio.
- ✓ Central Telefónica y Radio.
- ✓ Centro de Control Supervisorio y Sistemas de Alarma y Seguridad.
- ✓ Centro de Cómputo (conectado al circuito A-180).

Para alimentar el resto de las áreas que quedarían fuera de servicio, sería necesario consultar a Planta Eléctrica en Refinería, si están en capacidad de suministrar el servicio. En caso positivo se procede a energizar escalonadamente el resto del circuito.

3.3.2. Sistema Eléctrico y Cargas Sensibles

Los dispositivos electrónicos digitales, en particular aquellos que utilizan unan memoria, son extremadamente sensibles a perturbaciones de corta duración. Estas alteraciones pueden interrumpir el funcionamiento de los circuitos y causar pérdida de memoria, mal funcionamiento del sistema, o fallo de un componente.

Según la norma IEEE Std 1250-1995 algunos de los dispositivos sensibles más comunes son:

- Computadoras.
- Control de procesos (PLC's).
- Iluminación de arco eléctrico.
- Variadores de velocidad (ASD).

En las instalaciones del edificio sede de PDVSA Refinación Oriente está presente cada uno de los tipos de cargas mencionadas, a excepción de la iluminación de tipo arco eléctrico. Estos dispositivos se encuentran distribuidos en las instalaciones como se explica a continuación.

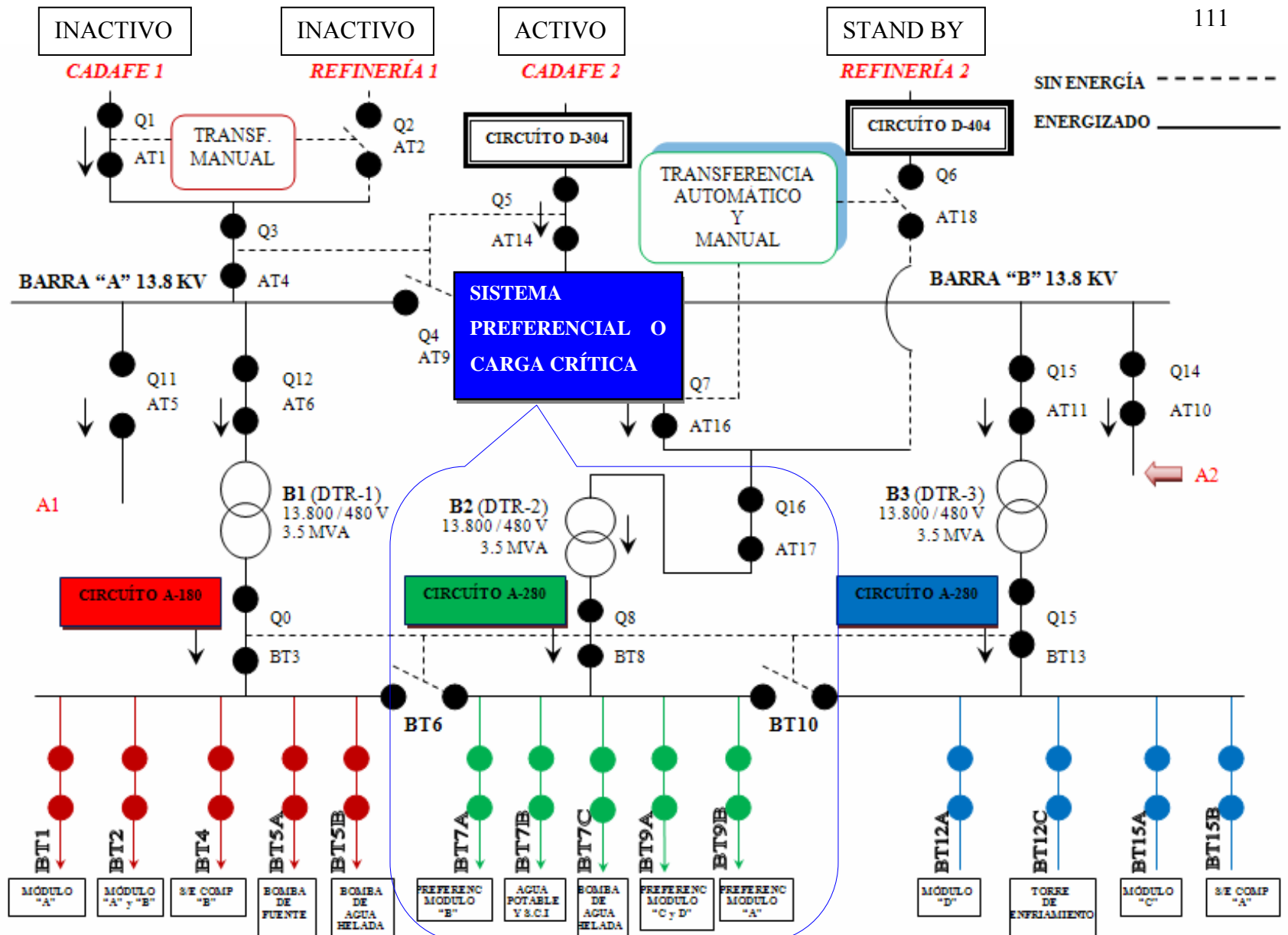


Fig. 3.2. Sistema Preferencial de la S/E PDVSA Guaraguao

3.3.2.1. Computadoras

La tabla 3.5, nos muestra la cantidad de computadoras existentes. Tomando en cuenta que cada oficina dispone de al menos dos (2) equipos tipo desktop o de escritorio se estima que existen entonces 2050 computadoras aproximadamente, incluyendo los puestos secretariales y las salas de trabajo.

Tabla 3.5. Distribución de personal en el Edif. Sede PDSVSA Guaraguao.

MODULOS	GERENCIA	OFICINAS	SALAS DE TRABAJO	PUESTO SECRETARIAL	PERSONAL
MODULO "A"	Exploracion	150	16	4	326
	Produccion	9	1	1	16
	Refinacion	166	8	9	358
	Otros	11	2	1	24
MODULO "B"	Exploración	35	2	1	79
	Producción	27	6	3	148
	Refinación	146	7	6	196
	Otros	35	9	3	129
MODULO "C"	Exploración				
	Producción	29		2	29
	Refinación	220	15	11	379
	Otros	33	5	1	42
MODULO "D"	Exploración				
	Refinación	35	2		112
	Otros	25	9	2	105
TOTAL		921	82	44	1943

Además de la cantidad de computadoras mencionadas en el párrafo anterior se encuentra también el Centro de Cómputo como carga sensible, aparte de ser de cierta manera una carga crítica, debido a que este centro alberga el 90% de los servicios informáticos que requiere la industria petrolera en el Oriente del país, presta una gran gama de servicios a todas las gerencias que conviven en Refinación Oriente, dentro de los que se incluyen: correo electrónico, Internet, Intranet, taladros, servicios satelitales y demás aplicaciones especializadas que requiere cada negocio.

Los niveles de tolerancia de estos equipos esta determinada con la denominada curva CBMA (Figura. 3.3), la cual establece los límites para los cuales los equipos de cómputo dejan de funcionar correctamente.

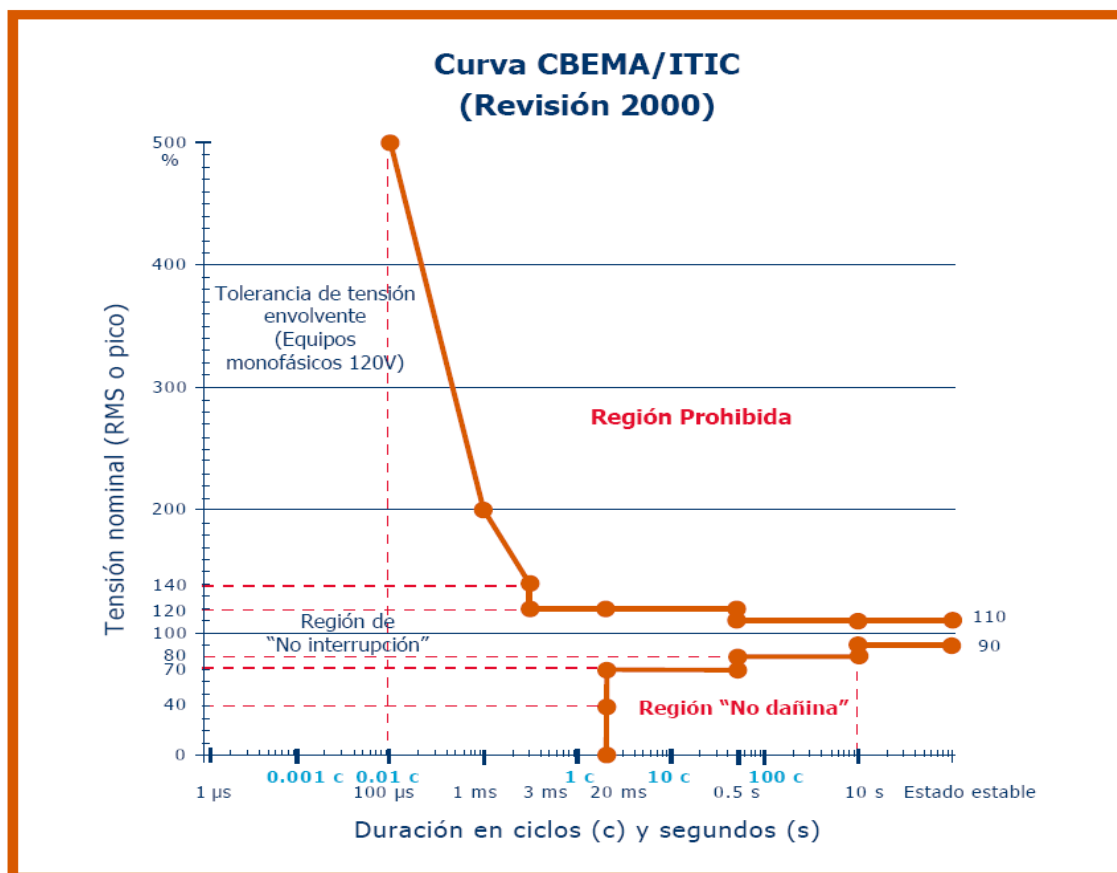


Figura. 3.3. Curva CBMA

La curva nos muestra claramente dos regiones no deseadas o regiones que significan una interrupción en el servicio. El área denominada Región Prohibida quiere decir que un evento que cae en dicha zona causará un daño serio al equipo conectado.

La Región "No dañina" quiere decir que un evento que se localice en esta área de la curva causará una interrupción del servicio, pero no un daño a la fuente de poder del equipo. Sin embargo, las dos zonas son indeseables, ya que a pesar de que la Región "No dañina" no causa un daño físico al equipo, sí puede tener consecuencias fatales y costosas, como la pérdida de información, un disco duro "aterrizado" y daños serios al sistema operativo.

3.3.2.2. Variadores de Velocidad (ASD)

Los variadores de velocidad están presentes en:

- Sistemas de ascensores: 10 Motores de 15 HP cada uno.
- Bombas de Agua de Condensación (torre de enfriamiento): 4 Bombas de 100 HP cada una.

Para los Variadores de velocidad existe una curva de tolerancia al igual que para los equipos de computación, establecida por la norma IEEE Std 1346-1998, la cual se muestra en la Figura.3.4.

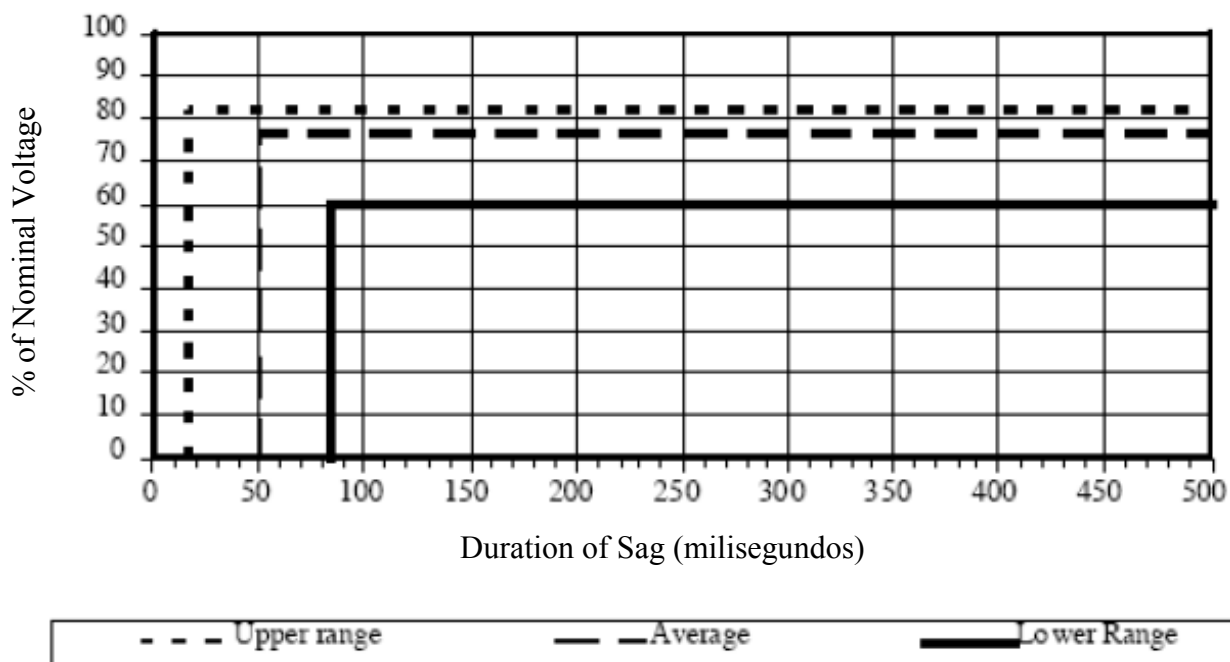


Figura.3.4. Curva de Tolerancia para ASD.

3.3.2.3. Controlador Lógico Programable (PLC)

Los PLC están presentes en:

- Sistema de transferencia automática entre alimentadores “CADAFE 2” y “REFINERÍA 2”.
- Sistema de transferencia automática entre la alimentación “NORMAL” (proveniente de la Subestación “B”) del Centro de Cómputo y las dos (2) plantas de emergencia destinadas a alimentar este centro en caso de falla del primero.
- Futura instalación de sistema de automatizado de UMA’s (Unidades de Manejo de Aire) de UCEA’s (Unidad Centrífuga de Enfriamiento de Agua).

Estos dispositivos tienen niveles de tolerancias establecidos por la norma IEEE Std 1346-1998 como se indica en la figura 3.5.

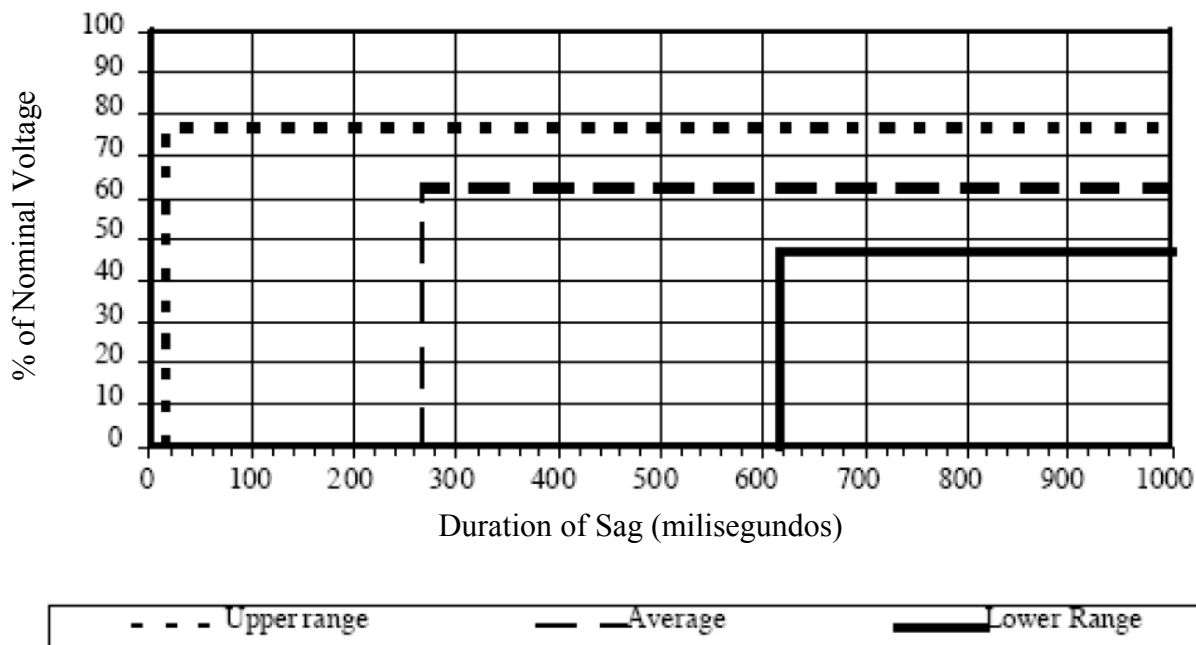


Figura.3.5. Curva de tolerancia de PLC's.

CAPÍTULO IV

MEDICIONES DE CALIDAD DE ENERGÍA Y RECOLECCIÓN DE DATOS

4.1. Introducción

La variedad de disturbios que se generan en los sistemas eléctricos y que causan desviaciones de las condiciones adecuadas de tensión, corriente o frecuencia, pueden dar como resultado fallas de los sistemas u operaciones erradas de los equipos. Con el fin de identificar y plantear alternativas de solución a estos tipos de inconvenientes, es necesario realizar una serie de estudios, destinados a evaluar la calidad del suministro. Los beneficios de estos tipos de estudios, radican entre otros aspectos en que proporcionan información acerca de las operaciones de los sistemas en condiciones normales y anormales, ayudando por ejemplo, a evitar fallas por corto circuito, ilustrar los efectos de armónicos e identificar las áreas con problemas potenciales.

4.2. Parámetros Medidos

Los parámetros tomados en consideración para la realización de este trabajo son los siguientes:

- Frecuencia.
- Variaciones de Voltaje (Sag, Swell, Subtensiones, Sobretensiones).
- Distorsión Armónica Total.
- Flicker o Parpadeo.
- Desbalance de Tensión.
- Factor de Potencia.

4.3. Ubicación del Medidor

Cuando el objetivo de un monitoreo es investigar la calidad global de una instalación, la norma IEEE Std 1159-1995 en su apartado 7.1, recomienda realizar la conexión del equipo de medición en el secundario del transformador en servicio. De esta manera el monitor registrará la calidad de la energía suministrada a la instalación, así como el efecto de las grandes cargas dentro de las instalaciones.

El monitor puede ser entonces desplazado aguas abajo para determinar la calidad de potencia en las ramificaciones del circuito o aguas arriba para determinar la calidad del servicio en general. La figura 4.1 nos muestra un esquema de conexión del analizador recomendada por la norma IEEE 1159-1995 (Ver anexo A.1)

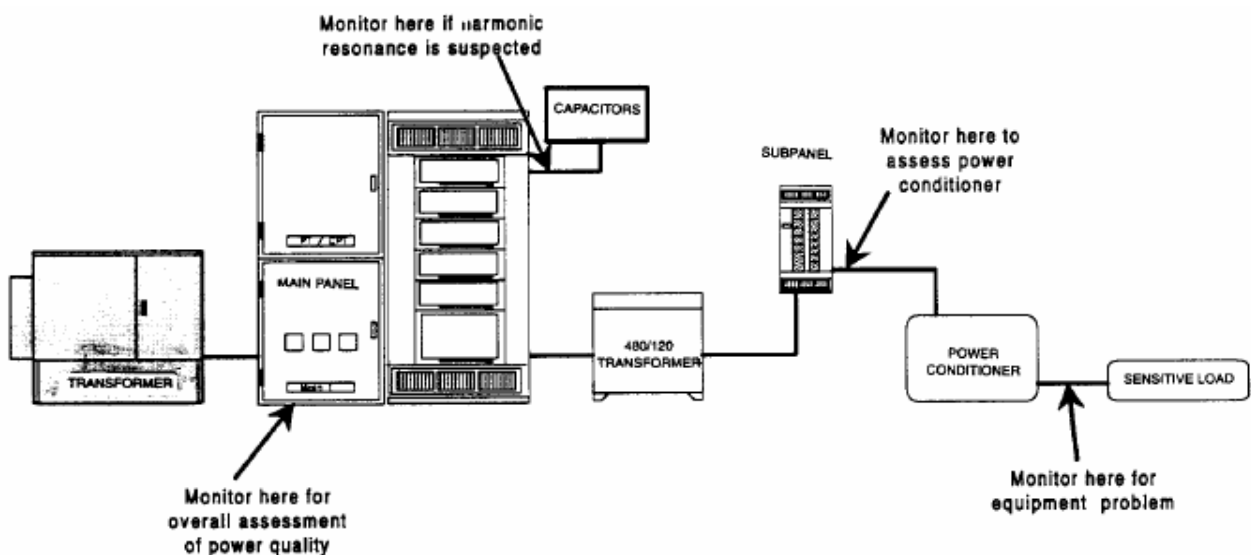


Figura. 4.1. Localización del analizador en un sistema de baja tensión típico.

Previo a la instalación se realizó un cronograma de actividades mostrado en la tabla. 4.1., donde se especifica el circuito a medido, la hora de conexión y desconexión, la fecha, y la actividad a realizar.

Tabla. 4.1. Cronograma de Medición de Calidad de Energía Edificio Sede PDVSA.

MEDICIONES DE CALIDAD DE ENERGÍA-EDIFICIO SEDE PDSA PLC.						
CRONOGRAMA DE MEDICIÓN.PRIMERA ETAPA (480 Voltios)						
	MEDICIÓN B3		MEDICIÓN B2		MEDICIÓN B1	
Fecha	lunes 09 Marz.	Martes 10 Marz.	Martes 10 Marz.	Jueves 12 Marz.	Jueves 12 Marz.	Martes 14 Marz.
Hora	07:00 a.m.	04:30 p.m.	05:00:00 p.m.	07:00 a.m.	07:30:00 a.m.	04:30 p.m.
Actividad	Conectar equipo	Desconectar eq.	Conectar equipo	Desconectar eq.	Conectar equipo	Desconectar eq.
Celda	BT13 (A-380)	BT13 (A-380)	BT8 (A-280)	BT8 (A-280)	BT3 (A-180)	BT3 (A-180)
Nivel de Tensión	480 V.	480 V.	480 V.	480 V.	480 V.	480 V.
Voltaje Utilizado	480 V.	480 V.	480 V.	480 V.	480 V.	480 V.
CRONOGRAMA DE MEDICIÓN.SEGUNDA ETAPA (4.160 y 13.800Voltios)						
	MEDICIÓN A1.CHILLERS		MEDICIÓN A2.CHILLERS		MEDICIÓN AT1 Ó AT14	
Fecha	Miercoles 18 Marz.	Jueves 19 Marz.	Miercoles 16 Marz.	Jueves 17 Marz.	Jueves 17 Marz.	Jueves 19 Marz.
Hora	07:00 a.m.	04:30 p.m.	07:00 a.m.	04:30 p.m.	05:00:00 p.m.	04:30 p.m.
Actividad	Conectar equipo	Desconectar eq.	Conectar equipo	Desconectar eq.	Conectar equipo	Desconectar eq.
Celda	MT3	MT3	MT7 (E-280)	MT7 (E-280)	AT14 (D-304)	AT14 (D-304)
Nivel de Tensión	4,16 KV.	4,16 KV.	4,16 KV.	4,16 KV.	13,8 KV	13,8 KV
Voltaje Utilizado			TM a 120 V.	TM a 120 V.	TM a 120 V.	TM a 120 V.

El área de la tabla sombreada con gris significaba la posibilidad de medir en ese circuito, ya que en un principio no se consideró hacerlo por razones de tiempo, y que de hecho así ocurrió. Vale la pena destacar que este circuito (E-180), alimenta a dos (2) de las cuatro (4) unidades centrífugas de enfriamiento de agua del sistema de aire acondicionado, mientras que las dos (2) restantes son alimentadas con el circuito E-280, el cual si fue medido. Ambos circuitos (E-180 y E-280) alimentan el mismo tipo de carga. La instalación del medidor de calidad de energía en los circuitos de la subestación principal del edificio sede PDVSA Guaraguao, se llevó a cabo de acuerdo a las recomendaciones aportadas por la norma IEEE Std 1159-1995 (IEEE Recommended For Practice Monitoring Electric Power Quality), donde se tomo como punto de partida los circuitos aguas abajo para luego llegar a la fuente o alimentación principal de dicha subestación eléctrica.

En la figura 4.2., se muestra un diagrama unifilar de la Subestación Principal del Edificio Sede de PDVSA Guaraguao donde señalan los circuitos donde fue instalado el equipo analizador de energía eléctrica.

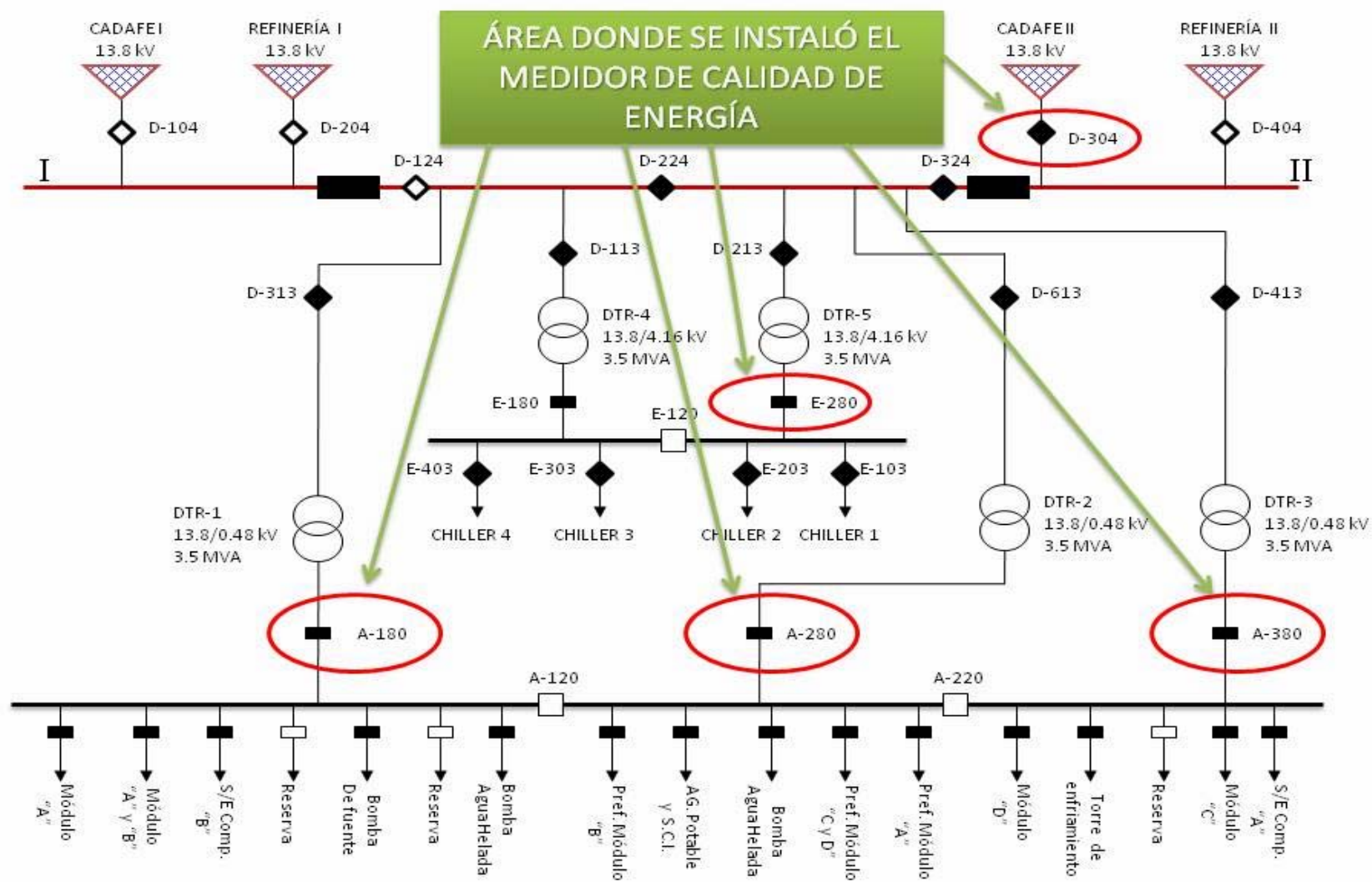


Figura. 4.2. Diagrama Unifilar S/E Edif. Sede PDVSA PLC.

4.4. Equipo Analizador de Calidad de Energía

El equipo empleado para las mediciones de calidad de energía es el Analizador de Calidad de Energía Eléctrica Trifásica PowerPad® Modelo 3945-B (Figura. 4.3), el cual posee las siguientes características funcionales:

- ✓ Mediciones de RMS verdadero mono-, di- y trifásicas a 256 muestras/ciclo, más CC.
- ✓ Formas de onda en color en tiempo real.
- ✓ Ajustes en pantalla fácil de usar.
- ✓ Reconocimiento del sensor de corriente y ajuste de escala automáticos.
- ✓ Mediciones RMS verdaderas de voltaje y corriente.
- ✓ Mide volts, amps y potencia CC.
- ✓ Presenta y captura armónicos de voltaje, corriente y potencia hasta el orden 50st, incluyendo dirección, en tiempo real.
- ✓ Captura transientes hasta 1/256th de ciclo.
- ✓ Presentación de diagrama de fasores.
- ✓ Voltaje y corriente de pico.
- ✓ Frecuencia nominal de 40 a 70Hz.
- ✓ VA, VAR y W por fase y totales.
- ✓ kVAh, VARh y kWh por fase y totales.
- ✓ Presentación de corriente neutra para trifásicas.
- ✓ Factores de cresta para corriente y voltaje.
- ✓ Presentación de factor K de transformador.
- ✓ Presentación de Factor de Potencia, FP de desplazamiento.
- ✓ Captura hasta 50 transientes.
- ✓ Presentación de fluctuaciones de corta duración.
- ✓ Desbalance de fases (corriente y voltaje).
- ✓ Distorsión Armónica (total e individual) de 1st a 50st.

- ✓ Alarmas, golpes y caídas de voltaje.
- ✓ Registra fecha y características de las perturbaciones.
- ✓ Impresión inmediata directa a la impresora.
- ✓ Función foto instantánea de la pantalla captura formas de onda u otra información en pantalla.
- ✓ Puerta de comunicación RS-232 ópticamente aislada.
- ✓ Incluye software DataView® para el almacenaje de datos, muestra en tiempo real, el análisis y la generación de informe.
- ✓ Cumple la categoría de seguridad 600V Cat. IV.

Los sensores utilizados para la toma de la señal en los respectivos puntos se muestran en las figuras 4.4 y 4.5.



Figura.4.3. Analizador de Energía PowerPad 3945-B

MN93

Tamaño máximo de conductor: 0.78" (20mm)
Rango de medición: 2 a 240A



Figura.4.4. Sensores de Corriente



Figura.4.5. Sensores de Tensión

4.5. Resultados de las mediciones de parámetros de energía y su relación con las normas regulatorias.

4.5.1. Circuito A-380

Como se muestra en la Figura. 4.6., el circuito A-380 esta conformado por las siguientes cargas:

- Alimentador "A" de la Subestación de Computación (S/E Comp. "A").
- Alimentador al Módulo "C" (Módulo "C").
- Alimentador de Reserva (Reserva).
- Alimentador de Torre de Enfriamiento (Torre de enfriamiento).
- Alimentador al Módulo "D" (Módulo "D").

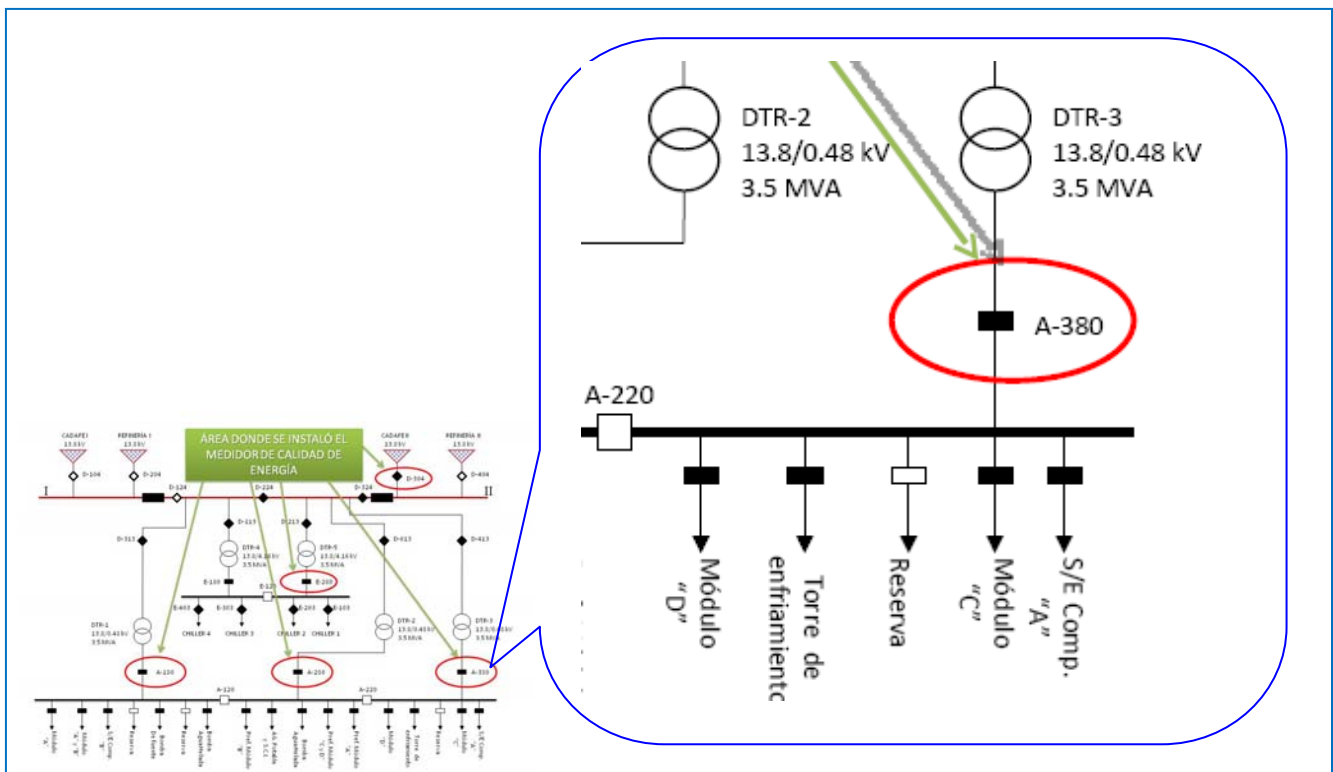


Figura. 4.6. Circuito A-380.

En el circuito A-380 se realizaron mediciones de los siguientes parámetros:

- ✓ Frecuencia
- ✓ Voltaje
- ✓ Distorsión armónica
- ✓ Desbalance de fases
- ✓ Flickers
- ✓ Factor de potencia

4.5.1.1. Mediciones de Frecuencia

Las mediciones de frecuencia en el circuito A-380 se llevaron a cabo a lo largo de 30 horas aproximadamente.

4.5.1.1.1. Resultados Obtenidos

En la tabla 4.2, se muestran los resultados obtenidos de las mediciones de frecuencia realizados en el circuito A-380, los días martes y miércoles de fecha 09 y 10 del mes de marzo del presente año

Tabla 4.2. Resumen de Resultados de Medición de Frecuencia

Nombre	Fecha	Hora	Duración	Units	Prom	Min	Max	Muestras	Unidad
HZ	3/9/2009	10:15:00 am	1:06:45:00	(D:H:M:S)	59,993	59,810	60,120	22.140	HZ

En la tabla 4.3 se muestran los valores de frecuencia tomados con diferencia de una hora entre cada toma de datos en el circuito A-380.

Tabla 4.3. Muestra por hora de Frecuencia en líneas A-380

Fecha de la Medida	Hora de la Medida	Hz	Unidades de las Medidas
3/9/2009	10:15:00 AM + .000500	59.99	Hz
3/9/2009	11:15:00 AM + .000500	59.97	Hz
3/9/2009	12:15:00 PM + .000500	60	Hz
3/9/2009	1:15:00 PM + .000500	59.95	Hz
3/9/2009	2:15:00 PM + .000500	59.98	Hz
3/9/2009	3:15:00 PM + .000500	60.02	Hz
3/9/2009	4:15:00 PM + .000500	59.97	Hz
3/9/2009	5:15:00 PM + .000500	60.01	Hz
3/9/2009	6:15:00 PM + .000500	59.98	Hz
3/9/2009	7:15:00 PM + .000500	59.95	Hz
3/9/2009	8:15:00 PM + .000500	59.98	Hz
3/9/2009	9:15:00 PM + .000500	59.98	Hz
3/9/2009	10:15:00 PM + .000500	59.98	Hz
3/9/2009	11:15:00 PM + .000500	60	Hz
3/10/2009	12:15:00 AM + .000500	60.02	Hz
3/10/2009	1:15:00 AM + .000500	60	Hz
3/10/2009	2:15:00 AM + .000500	60.02	Hz
3/10/2009	3:15:00 AM + .000500	59.99	Hz
3/10/2009	4:15:00 AM + .000500	59.97	Hz
3/10/2009	5:15:00 AM + .000500	59.94	Hz
3/10/2009	6:15:00 AM + .000500	59.98	Hz
3/10/2009	7:15:00 AM + .000500	59.95	Hz
3/10/2009	8:15:00 AM + .000500	59.99	Hz
3/10/2009	9:15:00 AM + .000500	60.01	Hz
3/10/2009	10:15:00 AM + .000500	59.97	Hz
3/10/2009	11:15:00 AM + .000500	60.02	Hz
3/10/2009	12:15:00 PM + .000500	59.96	Hz
3/10/2009	1:15:00 PM + .000500	59.99	Hz
3/10/2009	2:15:00 PM + .000500	59.98	Hz
3/10/2009	3:15:00 PM + .000500	59.98	Hz
3/10/2009	4:15:00 PM + .000500	60.01	Hz
3/10/2009	4:59:55 PM + .000500	60	Hz

En la figura 4.7, se muestra el perfil de frecuencia obtenido durante el período completo de medición, en el cual se pueden observar los detalles de las variaciones registradas.

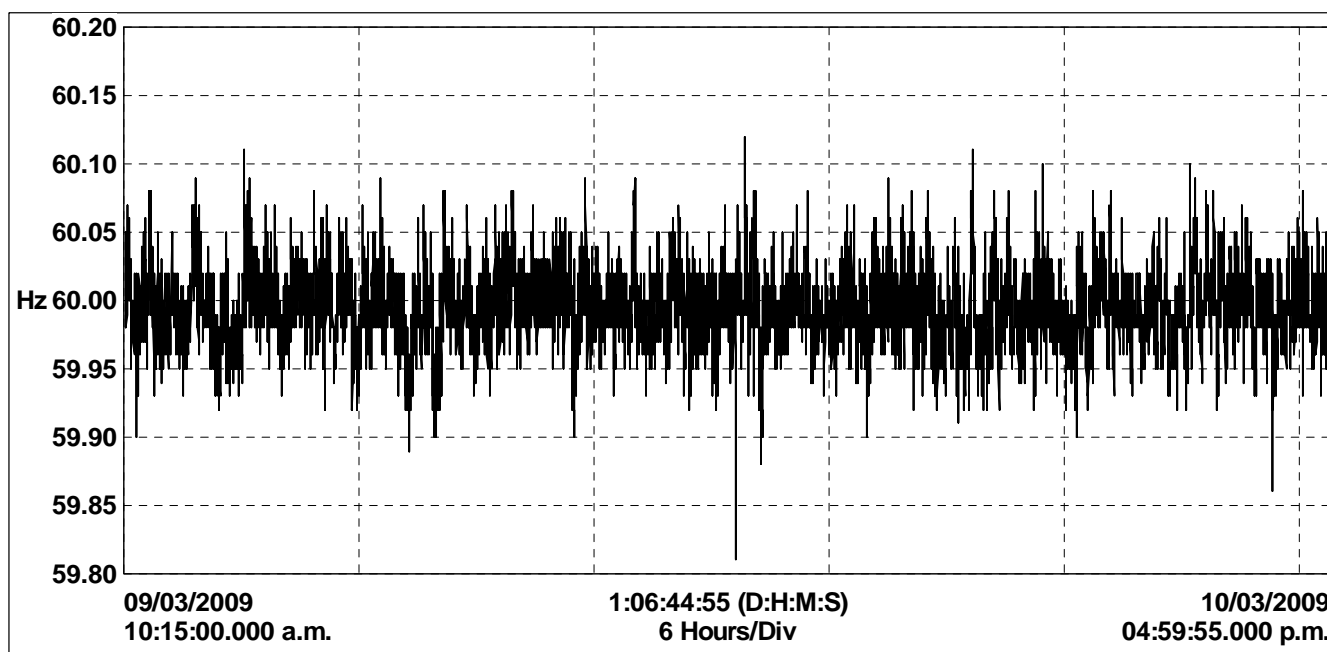


Figura. 4.7. Perfil de Frecuencia Circuito A-380.

4.5.1.1.2. Observaciones

La norma PDVSA N-201, establece que la máxima variación de la frecuencia fundamental permitida es de 2 %. Claramente se puede observar que los niveles de variación de frecuencia del circuito A-380 no alcanzan los límites impuestos por la norma N-201 de PDVSA. La figura 4.7 muestra el perfil de la frecuencia fundamental obtenido luego de medir este parámetro a lo largo de 31 horas aproximadamente.

Los resultados de esta medición revelan que el valor promedio de frecuencia (Prom) fue de 59,993 Hz, lo cual indica una variación respecto a la frecuencia

fundamental 60 Hz, de (-) 0,012 %. El valor mínimo alcanzado durante el período de medición fue 59,810 Hz, lo que representa una variación de (-) 0,317 %. El valor máximo alcanzado fue de 60,120 Hz, es decir una variación de (+) 0,2 %. La tabla 4.2., nos muestra estos valores de frecuencia obtenidos.

4.5.1.2. Mediciones de Voltaje

Las mediciones de voltajes se llevaron a cabo mediante la utilización del equipo analizador, el cual fue conectado de manera directa a la barra de 480 Voltios ubicada en el centro de carga de 480 Voltios de la subestación “B”.

4.5.1.2.1. Resultados Obtenidos

En la tabla 4.4, se muestran los resultados obtenidos de las mediciones de voltaje realizados en el circuito A-380, los días martes y miércoles de fecha 09 y 10 del mes de marzo del presente año.

Tabla 4.4. Resumen de Resultados de Medición de Voltaje

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Muestras	Unidad
Urms Linea1	09/03/2009	10:15:00 a.m.	485,686	461,400	504,700	22141	Voltios
Urms Linea2	09/03/2009	10:15:00 a.m.	489,267	465,300	507,800	22141	Voltios
Urms Linea3	09/03/2009	10:15:00 a.m.	479,000	455,000	499,300	22141	Voltios

En la tabla 4.5 se muestran los valores de variación de voltaje tomados con diferencia de una hora entre cada toma de datos en el circuito A-380.

Fecha de la Medida	Hora de la Medida	Urms Linea1	Und.	Urms Linea2	Und.	Urms Linea3	Und.
3/9/2009	10:15:10 AM + .000500	494.9	V	498.3	V	489.6	V
3/9/2009	11:15:00 AM + .000500	489.4	V	493.1	V	484.1	V
3/9/2009	12:15:00 PM + .000500	485.2	V	488.9	V	479.1	V
3/9/2009	1:15:00 PM + .000500	475.6	V	479.6	V	469.5	V
3/9/2009	2:15:00 PM + .000500	471.9	V	476	V	465.6	V
3/9/2009	3:15:00 PM + .000500	473.1	V	477.2	V	466.7	V
3/9/2009	4:15:00 PM + .000500	483.5	V	487.7	V	477.6	V
3/9/2009	5:15:00 PM + .000500	487.5	V	491.4	V	481.3	V
3/9/2009	6:15:00 PM + .000500	483.4	V	487.3	V	475.2	V
3/9/2009	7:15:00 PM + .000500	488.1	V	491.7	V	479.6	V
3/9/2009	8:15:00 PM + .000500	491.3	V	495.2	V	482.8	V
3/9/2009	9:15:00 PM + .000500	491.5	V	495.2	V	483	V
3/9/2009	10:15:00 PM + .000500	496.4	V	499.9	V	488.1	V
3/9/2009	11:15:00 PM + .000500	495.8	V	499.4	V	488	V
3/10/2009	12:15:00 AM + .000500	499.9	V	503.3	V	492.4	V
3/10/2009	1:15:00 AM + .000500	500.2	V	503.5	V	493.1	V
3/10/2009	2:15:00 AM + .000500	496.5	V	500	V	489.7	V
3/10/2009	3:15:00 AM + .000500	498.9	V	502.3	V	492.3	V
3/10/2009	4:15:00 AM + .000500	500.5	V	503.8	V	494	V
3/10/2009	5:15:00 AM + .000500	500.7	V	503.7	V	494.4	V
3/10/2009	6:15:00 AM + .000500	503.7	V	506.8	V	498	V
3/10/2009	7:15:00 AM + .000500	499.1	V	501.7	V	493.4	V
3/10/2009	8:15:00 AM + .000500	491.4	V	494.2	V	485.4	V
3/10/2009	9:15:00 AM + .000500	480.4	V	483.6	V	474.5	V
3/10/2009	10:15:00 AM + .000500	478.6	V	481.7	V	472.6	V
3/10/2009	11:15:00 AM + .000500	473.3	V	476.6	V	467.1	V
3/10/2009	12:15:00 PM + .000500	471.8	V	475.3	V	464.8	V
3/10/2009	1:15:00 PM + .000500	466.7	V	470.5	V	460	V
3/10/2009	2:15:00 PM + .000500	461.8	V	465.6	V	455.3	V
3/10/2009	3:15:00 PM + .000500	465.1	V	469	V	459.1	V
3/10/2009	4:15:00 PM + .000500	468.4	V	472.3	V	462.4	V
3/10/2009	4:59:55 PM + .000500	471.5	V	475.4	V	465.6	V

Tabla 4.5. Muestra por hora de Voltajes en líneas A-380

En la figura 4.8, se muestra el perfil de voltaje obtenido durante el período completo de medición, en el cual se pueden observar los detalles de las variaciones registradas.

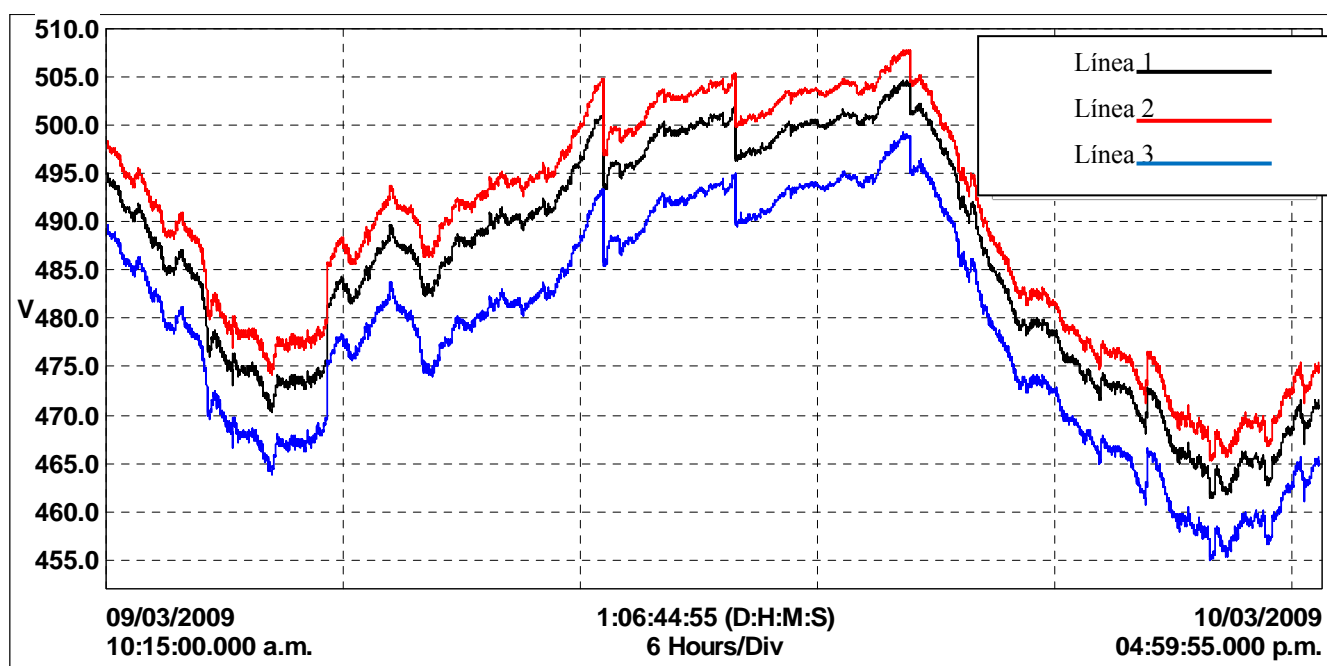


Figura. 4.8. Perfil de Tensión Circuito A-380.

4.5.1.1.2. Observaciones

Los resultados de esta medición nos muestran que los valores máximos y mínimos obtenidos durante las 31 horas aproximadamente que estuvo conectado el equipo, no sobrepasan el $\pm 10\%$ del voltaje nominal (480 V), por lo tanto se considera que no existe variación significativa del voltaje para determinar algún “Sag o swell” de tensión.

Esta condición la establece la norma IEEE 1159-1195, la cual indica que existirá un “Sag” o “Swell” de tensión cuando el voltaje RMS medido durante un intervalo que va desde 0.5 ciclos (8 milisegundos aprox.) hasta 1 minuto, esté por debajo del 90 % para los Sag y por encima del 110 % para los Swell del voltaje nominal.

Las desviaciones para cada una de las líneas son las siguientes:

- **Línea 1:** el voltaje RMS máximo medido fue de 504,70 V, siendo esto el 5,145 % sobre el voltaje nominal de 480 V, para descartar así presencia de “Swell”. El valor mínimo medido en “Línea 1” fue de 461,40 V representando el 3,875 % por debajo del voltaje nominal de 480 V, para descartar de esta manera presencia de “Sag”. El valor promedio fue de 485,69 V. Estos niveles indican Sobre-voltaje debido al excedente de 0,145% respecto al máximo permitido (5%).

Este evento tuvo una duración de 18 minutos aproximadamente. El bajo voltaje en la línea no se presenta, ya que no se excede el -5 % del voltaje nominal en la línea.

- **Línea 2:** el voltaje RMS máximo medido fue de 507,80 V, siendo esto el 5,792 % sobre el voltaje nominal de 480 V, para descartar así presencia de “Swell”. El valor mínimo medido en “Línea 2” fue de 465,30 V representando el 3,063 % por debajo del voltaje nominal de 480 V, para descartar de esta manera presencia de “Sag”. El valor promedio fue de 489,27 V.

El máximo voltaje permitido es +5 %, por lo que se considera que no se puede descartar el sobre voltaje. El bajo voltaje no existe, ya que no se excede el - 5 % del voltaje nominal de la misma.

- **Línea 3:** el voltaje RMS máximo medido fue de 499,30 V, siendo esto el 4,021 % sobre el voltaje nominal de 480 V, para descartar así presencia de “Swell”. El valor mínimo medido en “Línea 3” fue de 455,00 V representando el 5,208 % por debajo del voltaje nominal de 480 V, para descartar de esta manera presencia de “Sag”. El valor promedio fue de 479,00 V.

Estos niveles descartan sobre voltaje ya que no se excede el +5 % permitido. El bajo voltaje en la línea no se puede descartar, ya que se registró un 5,208 % menos del voltaje nominal, éste se presentó por un período de 7 minutos aproximadamente, entre las 2:13 pm y 2:18 pm.

4.5.1.3. Mediciones de Distorsión Armónica

Las mediciones de distorsión armónica se llevaron a cabo a lo largo de 31 horas igualmente, lo que permite tener una visión del comportamiento de la distorsión.

4.5.1.3.1. Resultados Obtenidos

En la tabla 4.6, se muestran los valores máximos, mínimos y promedio obtenidos de las mediciones de distorsión armónica realizados en el circuito A-380, los días martes y miércoles de fecha 09 y 10 del mes de marzo del presente año.

Tabla 4.6. Resumen de Resultados de Medición de UTHD

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Muestras	Unidad
Uthd Linea1	09/03/2009	10:15:00 a.m.	0,952	0,500	1,900	22141	%
Uthd Linea2	09/03/2009	10:15:00 a.m.	1,038	0,500	2,200	22141	%
Uthd Linea3	09/03/2009	10:15:00 a.m.	0,839	0,400	1,800	22141	%

En la tabla 4.7 se muestran los valores de distorsión armónica tomados con diferencia de una hora entre cada toma de datos en el circuito A-380.

Tabla 4.7. Muestra por hora de UTHD en líneas A-380

Fecha de la Medida	Hora de la Medida	Uthd Linea1	Unid.	Uthd Linea2	Unid.	Uthd Linea3	Unid.
09/03/2009	10:15:00 AM	1	%	1,2	%	0,9	%
09/03/2009	11:15:00 AM	0,9	%	0,9	%	0,7	%
09/03/2009	12:15:00 PM	0,8	%	0,8	%	0,7	%
09/03/2009	1:15:00 PM	0,6	%	0,7	%	0,6	%
09/03/2009	2:15:00 PM	0,6	%	0,6	%	0,6	%
09/03/2009	3:15:00 PM	0,6	%	0,6	%	0,6	%
09/03/2009	4:15:00 PM	0,7	%	0,8	%	0,6	%
09/03/2009	5:15:00 PM	0,8	%	0,9	%	0,7	%
09/03/2009	6:15:00 PM	0,7	%	0,7	%	0,6	%
09/03/2009	7:15:00 PM	0,9	%	1	%	0,7	%
09/03/2009	8:15:00 PM	1	%	1	%	0,8	%
09/03/2009	9:15:00 PM	1	%	1	%	0,8	%
09/03/2009	10:15:00 PM	1,2	%	1,3	%	1,1	%
09/03/2009	11:15:00 PM	1,2	%	1,3	%	1	%
10/03/2009	12:15:00 AM	1,4	%	1,6	%	1,2	%
10/03/2009	1:15:00 AM	1,4	%	1,6	%	1,3	%
10/03/2009	2:15:00 AM	1,3	%	1,4	%	1,1	%
10/03/2009	3:15:00 AM	1,5	%	1,6	%	1,3	%
10/03/2009	4:15:00 AM	1,6	%	1,8	%	1,5	%
10/03/2009	5:15:00 AM	1,6	%	1,8	%	1,5	%
10/03/2009	6:15:00 AM	1,8	%	1,9	%	1,6	%
10/03/2009	7:15:00 AM	1,5	%	1,7	%	1,3	%
10/03/2009	8:15:00 AM	0,9	%	1,1	%	0,8	%
10/03/2009	9:15:00 AM	0,7	%	0,7	%	0,5	%
10/03/2009	10:15:00 AM	0,6	%	0,7	%	0,5	%
10/03/2009	11:15:00 AM	0,6	%	0,6	%	0,5	%
10/03/2009	12:15:00 PM	0,6	%	0,7	%	0,5	%
10/03/2009	1:15:00 PM	0,6	%	0,6	%	0,5	%
10/03/2009	2:15:00 PM	0,6	%	0,6	%	0,5	%
10/03/2009	3:15:00 PM	0,6	%	0,6	%	0,5	%
10/03/2009	4:15:00 PM	0,6	%	0,7	%	0,6	%
10/03/2009	4:59:55 PM	0,6	%	0,6	%	0,5	%

En la figura 4.8, se muestra el perfil de distorsión armónica obtenido durante el período completo de medición, en el cual se pueden observar los detalles de las variaciones registradas.

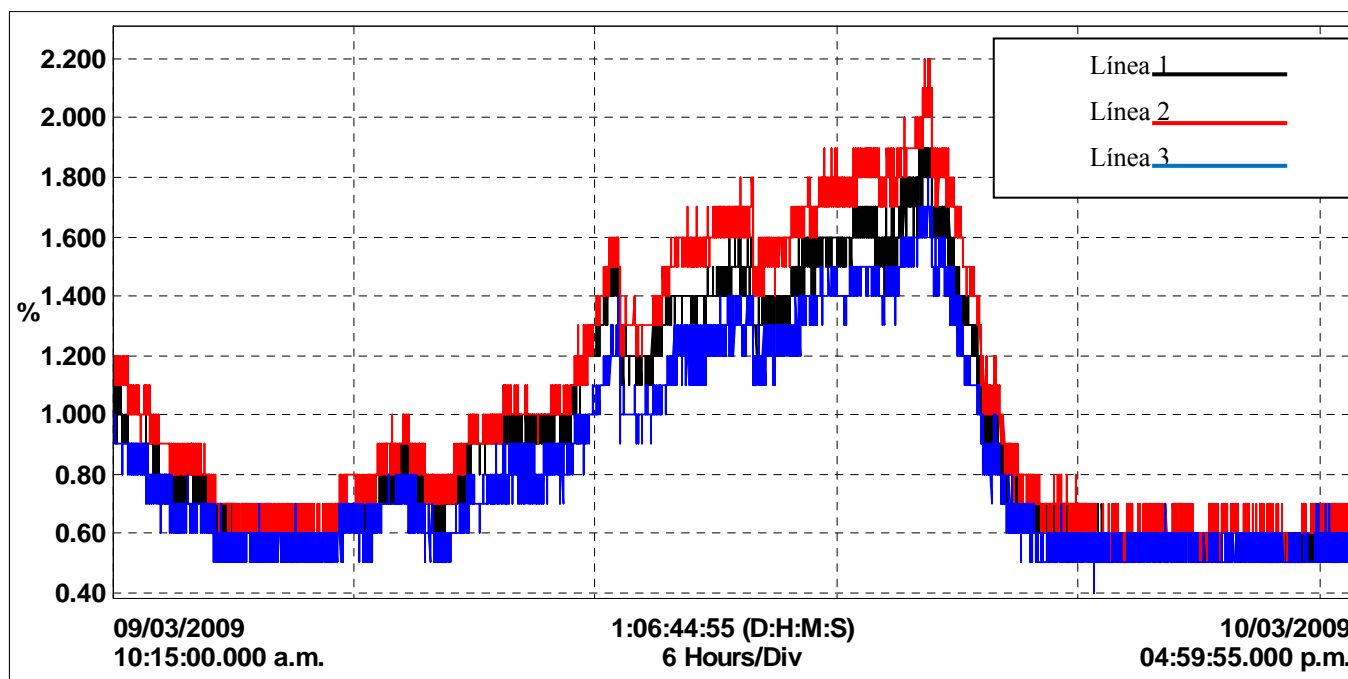


Figura. 4.8. Perfil de Distorsión Armónica Circuito A-380

4.5.1.3.2. Observaciones

Los resultados de esta medición nos muestra que los valores máximos obtenidos durante las 31 horas aproximadamente que estuvo conectado el equipo, no sobrepasan el límite recomendado por la norma IEEE 519, la cual establece un máximo de 5 % de distorsión armónica total de voltaje para sistemas de hasta 69 KV. En la tabla 4.6., se puede observar los valores mínimo, máximo y promedio tomados de la línea durante toda la medición de calidad de energía.

- **Línea 1:** el valor promedio obtenido de distorsión armónica total de voltaje (Uthd) fue de 0,952 %. El valor máximo registrado fue de 1,9 %, mientras que el mínimo fue de 0,5 %. Con estos resultados se descarta la violación de la norma IEE 519, la cual permite máximo 5% de Uthd.

- **Línea 2:** el valor promedio obtenido de distorsión armónica total de voltaje (Uthd) fue de 1,0382 %. El valor máximo registrado fue de 2,2 %, mientras que el mínimo fue de 0,5 %. Con estos resultados se descarta la violación de la norma IEE 519, la cual permite máximo 5% de Uthd.

- **Línea 3:** el valor promedio obtenido de distorsión armónica total de voltaje (Uthd) fue de 0.839 %. El valor máximo registrado fue de 1.8 %, mientras que el mínimo fue de 0.4 %.

Con estos resultados se descarta la violación de la norma IEE 519, la cual permite máximo 5% de Uthd.

4.5.1.4. Mediciones de Desbalance

4.5.1.4.1. Resultados Obtenidos

En la tabla 4.8 se muestran los valores mínimos, máximos y promedio de desbalance del circuito A-380.

Tabla 4.8. Resumen de Resultados de Medición de Desbalance.

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Muestras	Unidad
Uunb(IEEE)	09/03/2009	10:15:00 a.m.	1,166	0,900	1,500	22141	%

En la tabla 4.9, se muestran los valores por hora de los datos de desbalance obtenidos durante el período de medición.

Tabla 4.9. Muestra por hora de Uunb en líneas A-380

Fecha de la Medida	Hora de la Medida	Uunb(IEEE)	Unid.
09/03/2009	10:15:00 AM + .000500	0,9	%
09/03/2009	11:15:00 AM + .000500	1	%
09/03/2009	12:15:00 PM + .000500	1,1	%
09/03/2009	1:15:00 PM + .000500	1,1	%
09/03/2009	2:15:00 PM + .000500	1,2	%
09/03/2009	3:15:00 PM + .000500	1,2	%
09/03/2009	4:15:00 PM + .000500	1,1	%
09/03/2009	5:15:00 PM + .000500	1,1	%
09/03/2009	6:15:00 PM + .000500	1,4	%
09/03/2009	7:15:00 PM + .000500	1,4	%
09/03/2009	8:15:00 PM + .000500	1,4	%
09/03/2009	9:15:00 PM + .000500	1,4	%
09/03/2009	10:15:00 PM + .000500	1,4	%
09/03/2009	11:15:00 PM + .000500	1,3	%
10/03/2009	12:15:00 AM + .000500	1,2	%
10/03/2009	1:15:00 AM + .000500	1,2	%
10/03/2009	2:15:00 AM + .000500	1,2	%

10/03/2009	3:15:00 AM + .000500	1,1	%
10/03/2009	4:15:00 AM + .000500	1,1	%
10/03/2009	5:15:00 AM + .000500	1	%
10/03/2009	6:15:00 AM + .000500	1	%
10/03/2009	7:15:00 AM + .000500	0,9	%
10/03/2009	8:15:00 AM + .000500	1	%
10/03/2009	9:15:00 AM + .000500	1	%
10/03/2009	10:15:00 AM + .000500	1,1	%
10/03/2009	11:15:00 AM + .000500	1,1	%
10/03/2009	12:15:00 PM + .000500	1,2	%
10/03/2009	1:15:00 PM + .000500	1,2	%
10/03/2009	2:15:00 PM + .000500	1,2	%
10/03/2009	3:15:00 PM + .000500	1,1	%
10/03/2009	4:15:00 PM + .000500	1,1	%
10/03/2009	4:59:55 PM + .000500	1,1	%

En la figura 4.9, se muestra el perfil de desbalance del sistema obtenido durante el período completo de medición, en el cual se pueden observar los detalles de las variaciones registradas.

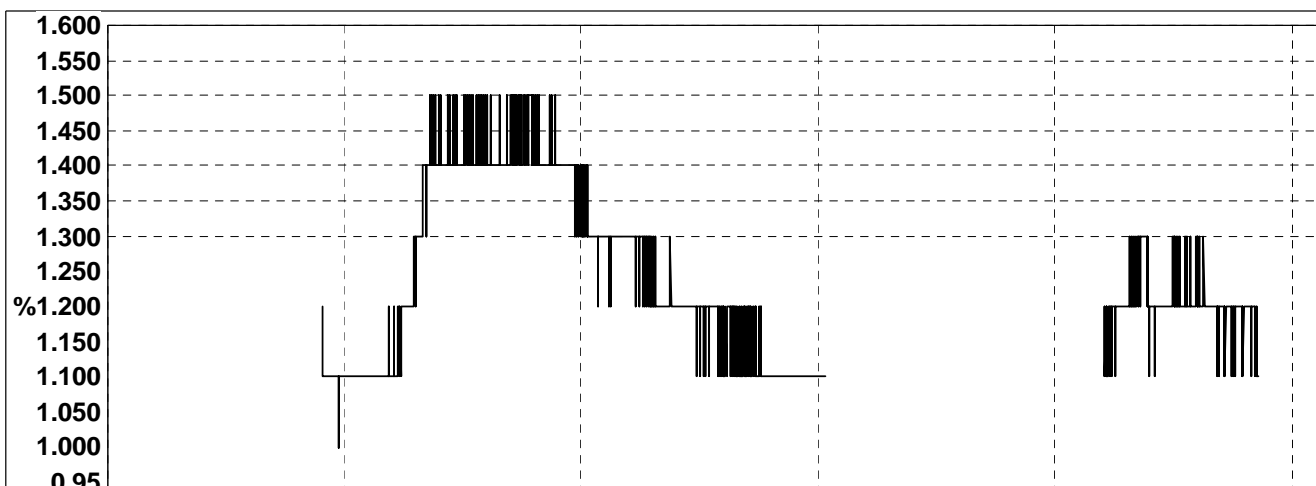


Figura. 4.9. Perfil de Desbalance Circuito A-380.

4.5.1.4.2. Observaciones

Los resultados de esta medición nos muestran que los valores máximos obtenidos durante las 31 horas aproximadamente que estuvo conectado el equipo, no sobrepasan el límite recomendado por la norma *IEEE 1159*, la cual establece un máximo de 2 % desbalance de fases.

Los niveles promedio, mínimo y máximo como: 1,166; 0,900; 1,500 respectivamente, ubicándose dentro de los niveles máximos permitidos por la norma IEEE.

4.5.1.5. Mediciones de Flickers

4.5.1.5.1. Resultados Obtenidos

En la tabla 4.10 se muestran los valores máximos, mínimos y promedio obtenidos durante el período de medición.

Tabla 4.10. Resumen de Resultados de Medición de Flicker

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Muestras	Unidad
Vflk Linea1	09/03/2009	10:15:00.00 a.m.	0.230076	0.180000	0.700000	22141	Adim.
Vflk Linea2	09/03/2009	10:15:00.00 a.m.	0.214738	0.140000	0.600000	22141	Adim.
Vflk Linea3	09/03/2009	10:15:00.00 a.m.	0.192232	0.150000	1.310000	22141	Adim.

En la tabla 4.11 se presentan valores tomados en cada hora durante el período de medición del circuito A-380.

Tabla 4.11. Muestra por hora de Flicker en líneas A-380

Fecha de la Medida	Hora de la Medida	Vflk Linea1	Unid.	Vflk Linea2	Unid.	Vflk Linea3
09/03/2009	10:15:00 AM + .000500	0,26		0,25		0,18
09/03/2009	11:15:00 AM + .000500	0,28		0,27		0,18
09/03/2009	12:15:00 PM + .000500	0,22		0,2		0,2
09/03/2009	1:15:00 PM + .000500	0,27		0,21		0,19
09/03/2009	2:15:00 PM + .000500	0,25		0,21		0,18
09/03/2009	3:15:00 PM + .000500	0,23		0,18		0,23
09/03/2009	4:15:00 PM + .000500	0,23		0,23		0,2
09/03/2009	5:15:00 PM + .000500	0,23		0,24		0,22
09/03/2009	6:15:00 PM + .000500	0,24		0,36		0,19
09/03/2009	7:15:00 PM + .000500	0,21		0,2		0,2
09/03/2009	8:15:00 PM + .000500	0,25		0,24		0,19
09/03/2009	9:15:00 PM + .000500	0,22		0,2		0,18
09/03/2009	10:15:00 PM + .000500	0,23		0,19		0,17
09/03/2009	11:15:00 PM + .000500	0,2		0,22		0,19

10/03/2009	12:15:00 AM + .000500	0,19		0,21		0,17
10/03/2009	1:15:00 AM + .000500	0,24		0,19		0,18
10/03/2009	2:15:00 AM + .000500	0,23		0,19		0,18
10/03/2009	3:15:00 AM + .000500	0,23		0,21		0,17
10/03/2009	4:15:00 AM + .000500	0,19		0,19		0,18
10/03/2009	5:15:00 AM + .000500	0,21		0,21		0,23
10/03/2009	6:15:00 AM + .000500	0,27		0,28		0,23
10/03/2009	7:15:00 AM + .000500	0,25		0,19		0,17
10/03/2009	8:15:00 AM + .000500	0,25		0,21		0,19
10/03/2009	9:15:00 AM + .000500	0,23		0,19		0,18
10/03/2009	10:15:00 AM + .000500	0,25		0,21		0,21
10/03/2009	11:15:00 AM + .000500	0,2		0,2		0,17
10/03/2009	12:15:00 PM + .000500	0,25		0,21		0,17
10/03/2009	1:15:00 PM + .000500	0,21		0,2		0,19
10/03/2009	2:15:00 PM + .000500	0,34		0,33		0,19
10/03/2009	3:15:00 PM + .000500	0,23		0,2		0,18
10/03/2009	4:15:00 PM + .000500	0,24		0,2		0,19
10/03/2009	4:59:55 PM + .000500	0,21		0,22		0,19

En la figura 4.10, se muestra el perfil de flicker del sistema obtenido durante el período completo de medición, en el cual se pueden observar los detalles de las variaciones registradas, las cuales se muestran muy poco concurrentes.

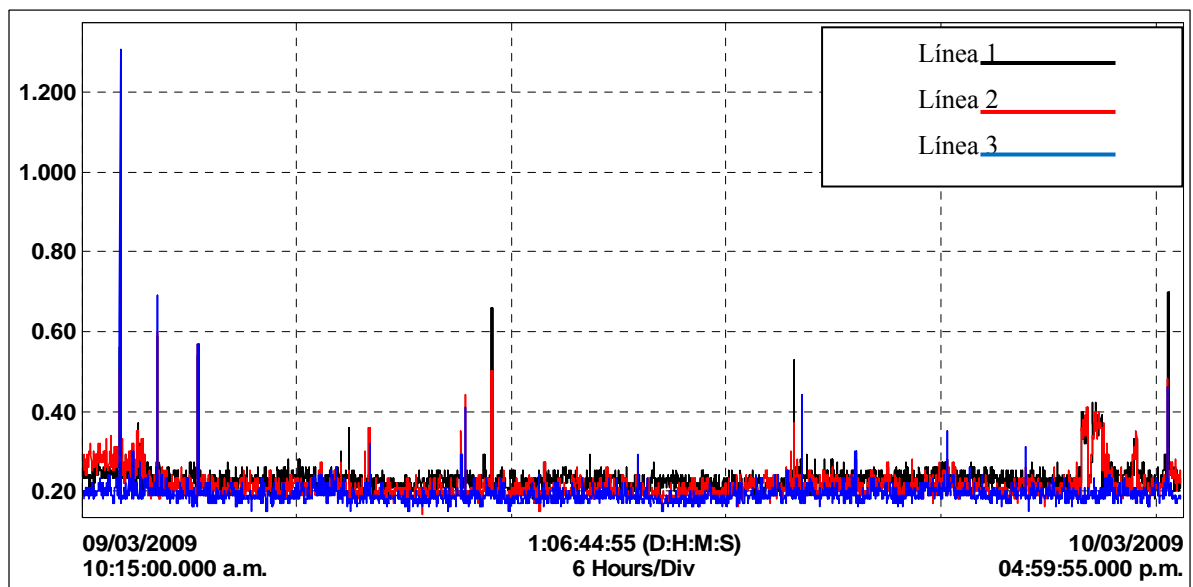


Figura. 4.10. Perfil de ocurrencia de Flicker Circuito A-380.

4.5.4.5.2. Observaciones

Los resultados de esta medición nos muestra que los valores promedio obtenidos durante las 31 horas aproximadamente que estuvo conectado el equipo, no alcanza el valor de $PST=1$, a excepción de un instante en el que se pudo obtener un valor por encima de 1 (uno) como valor máximo medido como se puede ver en la tabla 4.10. A pesar de esta observación se considera que no existe afectación significativa del flicker para la instalación de este circuito y sus usuarios. Esta condición la establece la norma *IEC 61000-4-15 (2003-02)*, la cual indica que existirá

perturbación en la visión de las personas en el área de trabajo cuando el valor medido de PST sea igual o mayor a 1 (uno) durante un tiempo de observación de 10 (diez) minutos. Las Variaciones para cada una de las líneas son las siguientes:

- **Línea 1:** el nivel de PST máximo medido fue de 0.7000, mientras que el promedio de todo el período de medición fue de 0.230076, para descartar así presencia de afectación severa para el personal del área alimentada por este circuito.
- **Línea 2:** el nivel de PST máximo medido fue de 0.6000, mientras que el promedio de todo el período de medición fue de 0.214738, para descartar así presencia de afectación severa para el personal del área alimentada por este circuito.
- **Línea 3:** el nivel de PST máximo medido fue de 1.310000, mientras que el promedio de todo el período de medición fue de 0.192232, para descartar así presencia de afectación severa para el personal a pesar del pico obtenido de 1.3.

4.5.1.6. Mediciones de Factor de Potencia

4.5.1.6.1. Resultados Obtenidos

En la tabla 4.10 se muestran los valores máximos, mínimos y promedio obtenidos durante el período de medición, además de mostrar la cantidad de muestras tomadas.

Tabla 4.12. Resumen de Resultados de Factor de Potencia

PF Línea3	09/03/2009	10:15:00.00 a.m.	0.775758	0.732000	0.826000	22141	Adim.
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Muestras	Unidad
PF Línea1	09/03/2009	10:15:00.00 a.m.	0.816321	0.767000	0.875000	22141	Adim.
PF Línea2	09/03/2009	10:15:00.00 a.m.	0.854235	0.795000	0.935000	22141	Adim.

En la tabla 4.11 se presentan valores tomados en cada hora durante el período de medición del circuito A-380, los cuales se corresponden claramente con la gráfica 4.11.

Tabla 4.13. Muestra por hora de Factor de Potencia en líneas A-380

Fecha de la Medida	Hora de la Medida	PF Linea1	Unid.	PF Linea2	Unid.	PF Linea3	Unid.
09/03/2009	10:15:00 AM + .000500	0,833		0,86		0,780	
09/03/2009	11:15:00 AM + .000500	0,823		0,858		0,772	
09/03/2009	12:15:00 PM + .000500	0,803		0,841		0,751	
09/03/2009	1:15:00 PM + .000500	0,806		0,833		0,745	
09/03/2009	2:15:00 PM + .000500	0,780		0,834		0,744	
09/03/2009	3:15:00 PM + .000500	0,789		0,844		0,749	
09/03/2009	4:15:00 PM + .000500	0,799		0,849		0,762	
09/03/2009	5:15:00 PM + .000500	0,791		0,841		0,759	
09/03/2009	6:15:00 PM + .000500	0,836		0,878		0,777	
09/03/2009	7:15:00 PM + .000500	0,783		0,850		0,753	
09/03/2009	8:15:00 PM + .000500	0,826		0,871		0,765	
09/03/2009	9:15:00 PM + .000500	0,832		0,875		0,766	
09/03/2009	10:15:00 PM + .000500	0,835		0,879		0,764	
09/03/2009	11:15:00 PM + .000500	0,837		0,881		0,779	
10/03/2009	12:15:00 AM + .000500	0,839		0,889		0,780	
10/03/2009	1:15:00 AM + .000500	0,821		0,879		0,785	

10/03/2009	2:15:00 AM + .000500	0,833		0,885		0,770	
10/03/2009	3:15:00 AM + .000500	0,832		0,890		0,775	
10/03/2009	4:15:00 AM + .000500	0,825		0,870		0,784	
10/03/2009	5:15:00 AM + .000500	0,841		0,875		0,781	
10/03/2009	6:15:00 AM + .000500	0,844		0,880		0,789	
10/03/2009	7:15:00 AM + .000500	0,843		0,881		0,791	
10/03/2009	8:15:00 AM + .000500	0,844		0,892		0,798	
10/03/2009	9:15:00 AM + .000500	0,854		0,920		0,823	
10/03/2009	10:15:00 AM + .000500	0,851		0,879		0,780	
10/03/2009	11:15:00 AM + .000500	0,825		0,875		0,773	
10/03/2009	12:15:00 PM + .000500	0,801		0,850		0,768	
10/03/2009	1:15:00 PM + .000500	0,785		0,835		0,753	
10/03/2009	2:15:00 PM + .000500	0,771		0,834		0,751	
10/03/2009	3:15:00 PM + .000500	0,784		0,831		0,748	
10/03/2009	4:15:00 PM + .000500	0,775		0,798		0,746	
10/03/2009	4:59:55 PM + .000500	0,780		0,841		0,749	

En la figura 4.11, se muestra el perfil del factor de potencia obtenido durante la medición del circuito A-380.

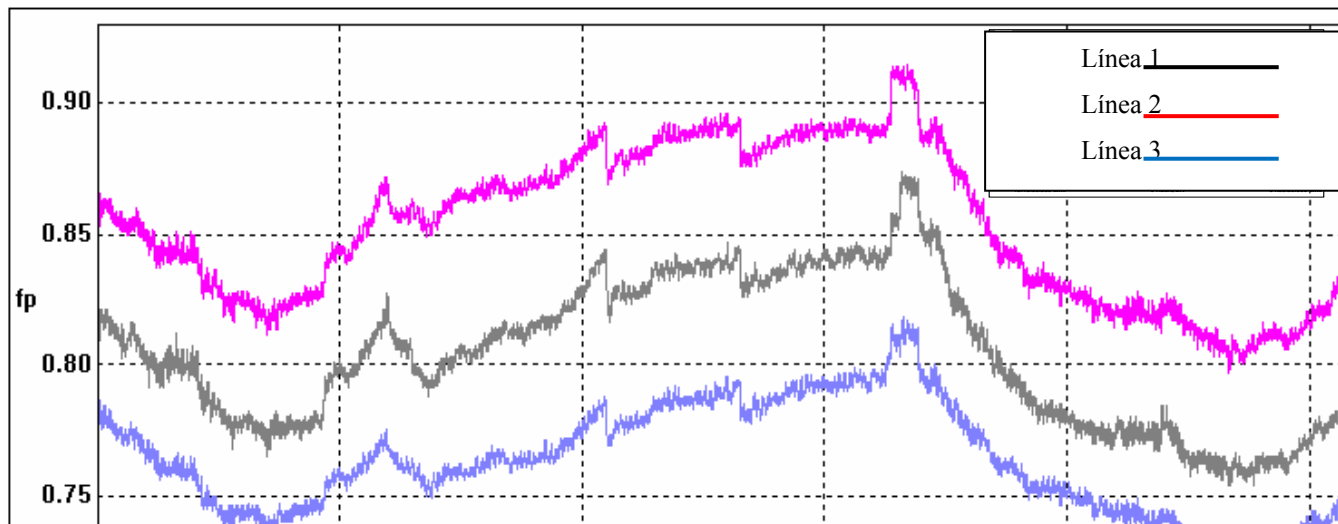


Figura. 4.11. Perfil de Factor de Potencia Circuito A-380.

4.5.1.6.2. Observaciones

Las mediciones del factor de potencia del circuito A-380 hechas durante 31 horas aproximadamente muestra que los valores promedio de cada una de las líneas se encuentran por debajo de lo mínimo establecido por la norma PDVSA N-252. Esta norma establece que el factor de potencia de la carga de todo sistema no debe ser menor a 0.90 en atraso.

Otra consideración que refleja la norma **PDVSA N-252** es que el factor de potencia de la subestación principal conectada a la red de potencia no debe ser menor a un promedio de 0.90 durante 15 minutos. En este caso esta consideración no aplica debido a que el A-380 es un circuito ramal. Solo se tomará en cuenta esta consideración para la medición realizada en la llegada del alimentador de la subestación correspondiente al circuito D-304.

Las Variaciones para cada una de las líneas son las siguientes:

- **Línea 1:** El Factor de Potencia máximo medido fue de 0.8750, el valor mínimo fue de 0.76700, mientras que el promedio de todo el período de medición fue de

0.816321, lo que significa una violación de la norma PDVSA N-252. En la figura 4.11. se puede observar que el factor de potencia de esta línea (color gris) se mantuvo en el intermedio respecto a las otras dos líneas.

- **Línea 2:** El Factor de Potencia máximo medido fue de 0.9350, el valor mínimo fue de 0.7950, mientras que el promedio de todo el período de medición fue de 0.854235 lo que significa una violación de la norma PDVSA N-252. En la figura 4.11. se puede observar que el factor de potencia de esta línea (color rojo) se mantuvo siempre por encima respecto a las otras dos líneas.

- **Línea 3:** El Factor de Potencia máximo medido fue de 0.8260, el valor mínimo fue de 0.7320, mientras que el promedio de todo el período de medición fue de 0.775758, lo que significa una violación de la norma PDVSA N-252. En la figura 4.11. se puede observar que el factor de potencia de esta línea (color azul) se mantuvo siempre por debajo respecto a las otras dos líneas.

4.5.1.7. Resumen de Parámetros circuito A-380.

A continuación se muestra una tabla resumen de los resultados de todos los parámetros de calidad de energía considerados en la medición para este circuito.

Tabla 4.14. Resumen de Medición A-380

Parámetro	# Muestras	Prom.	Prom.	Prom.	Límite	Norma PQ	Recomendación
-----------	------------	-------	-------	-------	--------	----------	---------------

		Línea 1	Línea 2	Línea 3			
Frecuencia	22.140	59,993Hz	59,993 Hz	59,993 Hz	58.8-61.2 Hz	PDVSA N-201	Ninguna
Voltaje	22.140	485,686 V	489,267 V	479,00 V	456-504 V	PDVSA N-252	Corregir: Sobre Voltaje Bajo Voltaje
THD	22.140	0,952%	1,038%	0,839%	5%	IEEE STD 519	Ninguna
Uunb	22.140	1,166%	1,166%	1,166%	2%	IEEE STD 1159	Ninguna
Flicker	22.140	0.230076	0.214738	0.192232	1	IEEE 1543	Ninguna
F.P	22.140	0.816321	0.854235	0.775758	>0.90	PDVSA N-252	Corregir factor

4.5.2. Circuito A-280

Como es mostrado en la Figura. 4.12., el circuito A-280 esta conformado por las siguientes cargas:

- Alimentador Sistema Preferencial de Módulo “A”.
- Alimentador Sistema Preferencial de Módulo “C y D”.
- Alimentador Sistema de Bombas de Agua Helada.
- Alimentador Sistema de Agua Potable y Sistema Contra Incendios.
- Alimentador Sistema Preferencial de Módulo “B”.

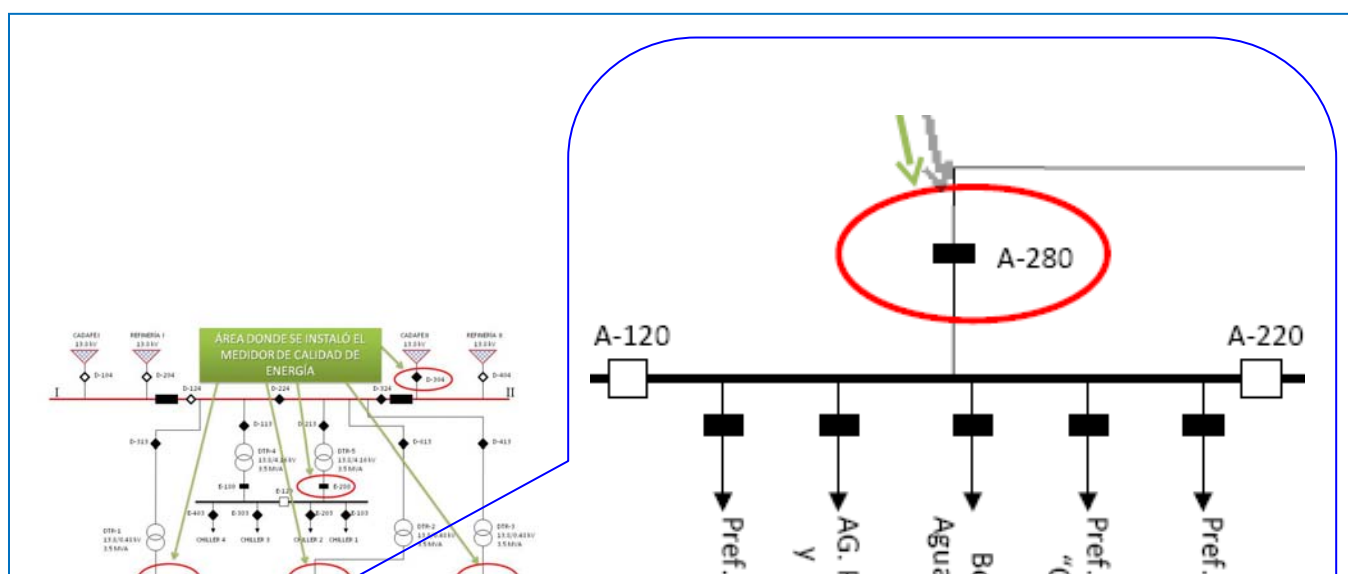


Figura. 4.12. Circuito A-280

De igual manera en el circuito A-380 se realizaron mediciones de los siguientes parámetros:

- ✓ Frecuencia
- ✓ Voltaje
- ✓ Distorsión armónica
- ✓ Desbalance de fases
- ✓ Flickers
- ✓ Factor de potencia

4.5.2.1. Mediciones de Frecuencia

Las mediciones de frecuencia en el circuito A-280 se llevaron a cabo a lo largo de 36 horas aproximadamente

4.5.2.1.1. Resultados Obtenidos

En la tabla 4.15, se muestran los resultados obtenidos de las mediciones de frecuencia realizados en el circuito A-280, los días miércoles y jueves de fecha 10 y 11 del mes de marzo del presente año

Tabla. 4.15. Resumen de Resultados de Medición de Frecuencia

Nombre	Fecha	Hora	Duración	Unidades.	Prom	Min	Max	Muestras	Unidad
HZ	10/03/2009	05:42:50 pm	1:13:18:45	(D:H:M:S)	59,9916	59,825	60,130	26865	HZ

En la tabla 4.16, se muestran los valores de frecuencia tomados con diferencia de una hora entre cada toma de datos en el circuito A-280.

Tabla 4.16. Muestra por hora de Frecuencia en líneas A-280

Fecha de la Medida	Hora de la Medida	Hz	Unidades de las Medidas
10/03/2009	5:35:00 PM + .000500	59,99	Hz
10/03/2009	6:35:00 PM + .000500	60,01	Hz
10/03/2009	7:35:00 PM + .000500	59,95	Hz
10/03/2009	8:35:00 PM + .000500	60	Hz
10/03/2009	9:35:00 PM + .000500	59,98	Hz
10/03/2009	10:35:00 PM + .000500	60,02	Hz
10/03/2009	11:35:00 PM + .000500	59,98	Hz
11/03/2009	12:35:00 AM + .000500	59,98	Hz
11/03/2009	1:35:00 AM + .000500	60	Hz
11/03/2009	2:35:00 AM + .000500	60,02	Hz
11/03/2009	3:35:00 AM + .000500	59,97	Hz

11/03/2009	4:35:00 AM + .000500	60	Hz
11/03/2009	5:35:00 AM + .000500	59,98	Hz
11/03/2009	6:35:00 AM + .000500	59,98	Hz
11/03/2009	7:35:00 AM + .000500	59,96	Hz
11/03/2009	8:35:00 AM + .000500	59,96	Hz
11/03/2009	9:35:00 AM + .000500	59,97	Hz
11/03/2009	10:35:00 AM + .000500	60,03	Hz
11/03/2009	11:35:00 AM + .000500	59,96	Hz
11/03/2009	12:35:00 PM + .000500	59,99	Hz
11/03/2009	1:35:00 PM + .000500	60,02	Hz
11/03/2009	2:35:00 PM + .000500	59,98	Hz
11/03/2009	3:35:00 PM + .000500	60,03	Hz
11/03/2009	4:35:00 PM + .000500	60,02	Hz
11/03/2009	5:35:00 PM + .000500	59,98	Hz
11/03/2009	6:35:00 PM + .000500	60,03	Hz
11/03/2009	7:35:00 PM + .000500	60,02	Hz
11/03/2009	8:35:00 PM + .000500	59,99	Hz
11/03/2009	9:35:00 PM + .000500	60,01	Hz
11/03/2009	10:35:00 PM + .000500	59,98	Hz
11/03/2009	11:35:00 PM + .000500	59,98	Hz
12/03/2009	12:35:00 AM + .000500	59,99	Hz
12/03/2009	1:35:00 AM + .000500	59,98	Hz
12/03/2009	2:35:00 AM + .000500	60	Hz
12/03/2009	3:35:00 AM +	59,99	Hz

	.000500		
12/03/2009	4:35:00 AM + .000500	59,99	Hz
12/03/2009	5:35:00 AM + .000500	59,99	Hz
12/03/2009	6:35:00 AM + .000500	60	Hz
12/03/2009	7:01:30 AM + .000500	59,98	Hz

En la figura 4.13, se muestra el perfil de frecuencia obtenido durante el período completo de medición, en el cual se pueden observar los detalles de las variaciones registradas

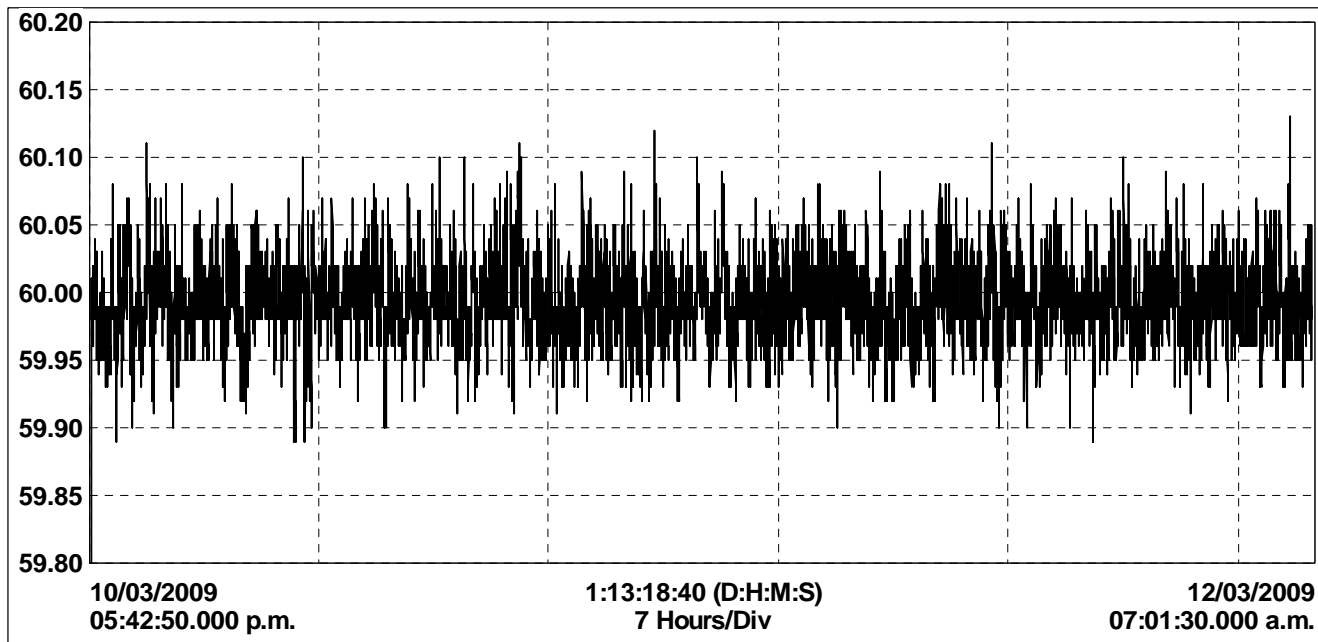


Figura. 4.13. Perfil de Frecuencia Circuito A-280

4.5.2.1.2. Observaciones

Los resultados de esta medición revelan que el valor promedio de frecuencia (Prom) fue de 59,992 Hz, lo cual indica una variación respecto a la fundamental de 0,013 %. El valor mínimo alcanzado durante el período de medición fue 59,825 Hz, lo que representa una variación de 0,292 %. El valor máximo alcanzado fue de 60,113 Hz, es decir una variación de 0,188 %. La tabla 4.15., nos muestra estos valores de frecuencia obtenidos.

La norma PDVSA N-201, establece que la máxima variación de la frecuencia fundamental permitida es de 2 %. Claramente se puede observar que los niveles de variación de frecuencia del circuito A-280 no alcanzan los límites impuestos por la norma N-201 de PDVSA.

4.5.2.2. Mediciones de Voltaje

Las mediciones de voltajes se llevaron a cabo mediante la utilización del equipo analizador, el cual fue conectado de manera directa a la barra de 480 Voltios ubicada en el centro de carga de 480 Voltios de la subestación “B”.

4.5.2.2.1. Resultados Obtenidos

En la tabla 4.17, se muestran los resultados obtenidos de las mediciones de voltaje realizados en el circuito A-280, los días martes y miércoles de fecha 10 y 11 del mes de marzo del presente año.

Tabla 4.17. Resumen de Resultados de Medición de Voltaje

Urms Linea3	10/03/2009	05:42:50 p.m.	479.8412	456,400	509,400	26865	Voltios
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Muestras	Unidad
Urms Linea1	10/03/2009	05:42:50 p.m.	487.6446	464,800	514.900	26865	Voltios
Urms Linea2	10/03/2009	05:42:50 p.m.	491.9850	468,800	519,100	26865	Voltios

En la tabla 4.18 se muestran los valores de variación de voltaje tomados con diferencia de una hora entre cada toma de datos en el circuito A-280.

Tabla 4.18. Muestra por hora de Voltajes en líneas A-280

Fecha de la Medida	Hora de la Medida	Urms Linea1	Unid.	Urms Linea2	Unid.	Urms Linea3	Unid.
10/03/2009	5:35:00 PM + .000500	479,8	V	484,7	V	473,2	V
10/03/2009	6:35:00 PM + .000500	468,3	V	473,7	V	459,4	V
10/03/2009	7:35:00 PM + .000500	476,5	V	480,9	V	467,2	V
10/03/2009	8:35:00 PM + .000500	478,2	V	482,6	V	468,6	V
10/03/2009	9:35:00 PM + .000500	483,2	V	487,7	V	473,7	V
10/03/2009	10:35:00 PM + .000500	485,5	V	490,1	V	476,6	V
10/03/2009	11:35:00 PM + .000500	493,2	V	497,7	V	485	V
11/03/2009	12:15:00 AM + .000500	496,1	V	500,7	V	488,2	V
11/03/2009	1:35:00 AM + .000500	498,4	V	502,6	V	490,8	V
11/03/2009	2:35:00 AM + .000500	501,6	V	505,9	V	494,3	V
11/03/2009	3:35:00 AM + .000500	503,1	V	507,1	V	496,1	V
11/03/2009	4:35:00 AM + .000500	505,2	V	509,2	V	498,2	V
11/03/2009	5:35:00 AM + .000500	506,5	V	510,4	V	499,5	V
11/03/2009	6:35:00 AM + .000500	513,5	V	517,7	V	507,7	V
11/03/2009	7:35:00 AM + .000500	505,1	V	508,1	V	499,1	V
11/03/2009	8:35:00 AM + .000500	493,8	V	498,1	V	487,8	V
11/03/2009	9:35:00 AM + .000500	491,2	V	495,3	V	485,6	V
11/03/2009	10:35:00 AM +	483,6	V	488,1	V	477,2	V

	.000500						
11/03/2009	11:35:00 AM + .000500	477,1	V	481,7	V	470,1	V
11/03/2009	12:35:00 PM + .000500	472,9	V	476,9	V	465,3	V
11/03/2009	1:35:00 PM + .000500	470,5	V	474,9	V	463,6	V
11/03/2009	2:35:00 PM + .000500	469	V	473,8	V	462,4	V
11/03/2009	3:35:00 PM + .000500	472,6	V	477,3	V	466,2	V
11/03/2009	4:35:00 PM + .000500	472,1	V	476,7	V	465,1	V
11/03/2009	5:35:00 PM + .000500	478	V	483	V	471	V
11/03/2009	6:35:00 PM + .000500	470,3	V	475,1	V	460,7	V
11/03/2009	7:35:00 PM + .000500	470,8	V	475,6	V	460,8	V
11/03/2009	8:35:00 PM + .000500	473,9	V	478,4	V	463,8	V
11/03/2009	9:35:00 PM + .000500	475,6	V	480,1	V	465,6	V
11/03/2009	10:35:00 PM + .000500	482,7	V	487	V	473,4	V
11/03/2009	11:35:00 PM + .000500	490,5	V	494,6	V	481,8	V
12/03/2009	12:35:00 AM + .000500	495,1	V	499,6	V	486,8	V
12/03/2009	1:35:00 AM + .000500	497,3	V	501,7	V	489,3	V
12/03/2009	2:35:00 AM + .000500	498,2	V	502,5	V	490,2	V
12/03/2009	3:35:00 AM + .000500	499,6	V	503,9	V	491,8	V
12/03/2009	4:35:00 AM + .000500	502,1	V	506,3	V	494,3	V
12/03/2009	5:35:00 AM + .000500	502,5	V	506,5	V	495,1	V
12/03/2009	6:35:00 AM + .000500	503,3	V	507,1	V	496,3	V
12/03/2009	7:01:30 AM + .000500	502,5	V	506,6	V	495,7	V

En la figura 4.14, se muestra el perfil de voltaje obtenido durante el período completo de medición, en el cual se pueden observar los detalles de las variaciones registradas.

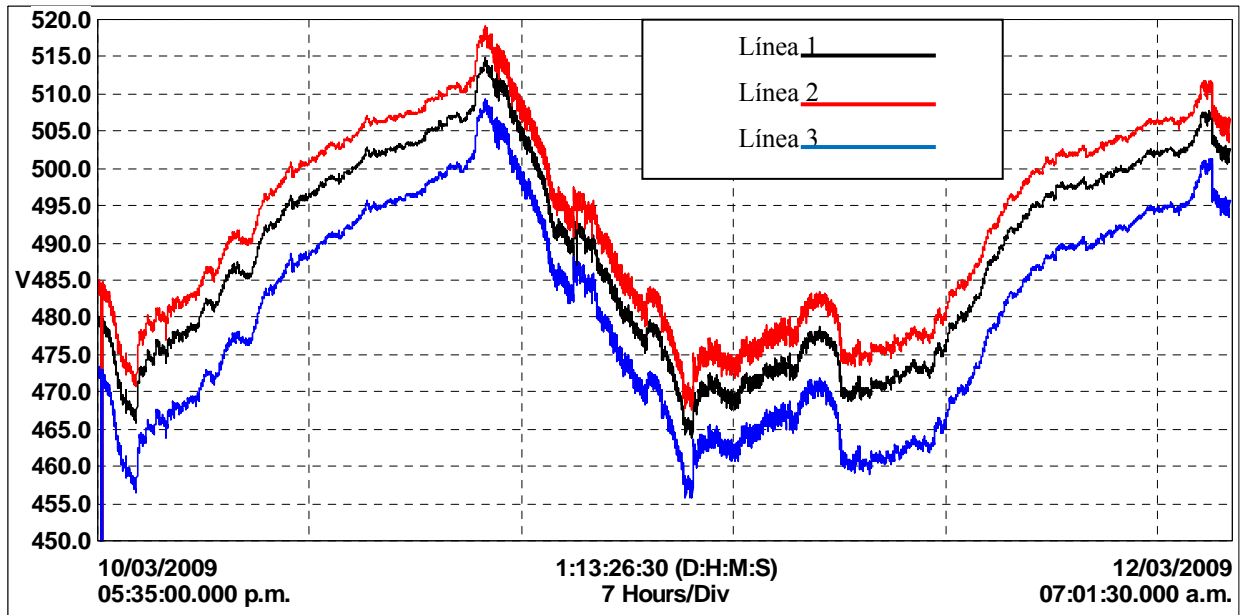


Figura. 4.14. Perfil de Tensión Circuito A-280

4.5.2.2.2. Observaciones

Los resultados de esta medición nos muestra que los valores máximos y mínimos obtenidos durante las 38 horas aproximadamente que estuvo conectado el equipo, no sobrepasan el $\pm 10\%$ del voltaje nominal (480 V), por lo tanto se considera que no existe variación significativa del voltaje para determinar algún “Sag o swell” de tensión. Esta condición la establece la norma IEEE 1159-1195, la cual indica que existirá un “Sag” o “Swell” de tensión cuando el voltaje RMS medido durante un intervalo que va desde 0.5 ciclos (8 milisegundos aprox.) hasta 1 minuto, esté por debajo del 90 % para los Sag y por encima del 110 % para los Swell del voltaje nominal.

Las desviaciones para cada una de las líneas son las siguientes:

- **Línea 1:** el voltaje RMS máximo medido fue de 514,90 V, siendo esto el 7,271 % sobre el voltaje nominal de 480 V, para descartar así presencia de “Swell”. El valor mínimo medido en “Línea 1” fue de 464,80 V representando el 3,167 % por debajo del voltaje nominal de 480 V, para descartar de esta manera presencia de “Sag”. El valor promedio fue de 487,64 V. Estos niveles indican sobre voltaje en la línea, superando el 5% permitido. El bajo voltaje no se presentó, ya que no se excede el -5% del voltaje nominal de la misma.

- **Línea 2:** el voltaje RMS máximo medido fue de 519,10 V, siendo esto el 8,146 % sobre el voltaje nominal de 480 V, para descartar así presencia de “Swell”. El valor mínimo medido en “Línea 2” fue de 468,80 V representando el 2,33 % por debajo del voltaje nominal de 480 V, para descartar de esta manera presencia de “Sag”. El valor promedio fue de 491,99 V. Estos niveles indican un claro sobre voltaje en la línea, superando de manera significativa el 5% máximo permitido por PDVSA. El bajo voltaje no se presentó, ya que no se excede el -5% del voltaje nominal de la misma.

- **Línea 3:** el voltaje RMS máximo medido fue de 509,40 V, siendo esto el 6,125 % sobre el voltaje nominal de 480 V, para descartar así presencia de “Swell”. El valor mínimo medido en “Línea 3” fue de 456,40 V representando el 4,917 % por debajo del voltaje nominal de 480 V, para descartar de esta manera presencia de “Sag”. El valor promedio fue de 479,84 V. Estos niveles indican un leve sobre voltaje en la línea. El bajo voltaje estuvo cerca del límite con un 4,92% menos del voltaje nominal.

4.5.2.3. Mediciones de Distorsión Armónica

4.5.2.3.1. Resultados Obtenidos

En la tabla 4.19, se muestran los valores máximos, mínimos y promedio obtenidos de las mediciones de distorsión armónica realizados en el circuito A-280, los días miércoles y jueves de fecha 10 y 11 del mes de marzo del presente año.

Tabla 4.19. Resumen de Resultados de Medición de UTHD

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Muestras	Unidad
Uthd Linea1	10/03/2009	05:42:50 p.m.	1,378	0,800	3,200	26865	%
Uthd Linea2	10/03/2009	05:42:50 p.m.	1,372	0,700	3,40	26865	%
Uthd Linea3	10/03/2009	05:42:50 p.m.	1,182	0,700	1,800	26865	%

En la tabla 4.20 se muestran los valores de distorsión armónica tomados con diferencia de una hora entre cada toma de datos en el circuito A-280.

Tabla 4.20. Muestra por hora de UTHD en líneas A-280

Fecha de la Medida	Hora de la Medida	Uthd Linea1	Unid.	Uthd Linea2	Unid.	Uthd Linea3	Unid.
10/03/2009	5:35:00 PM + .000500	1	%	1	%	0,9	%
10/03/2009	6:35:00 PM + .000500	0,8	%	0,7	%	0,7	%
10/03/2009	7:35:00 PM + .000500	0,9	%	0,8	%	0,8	%
10/03/2009	8:35:00 PM + .000500	1	%	0,9	%	0,8	%
10/03/2009	9:35:00 PM + .000500	1,1	%	1	%	0,9	%
10/03/2009	10:35:00 PM +	1,1	%	1	%	0,9	%

	.00050						
10/03/2009	11:35:00 PM + .00050	1,4	%	1,3	%	1,1	%
11/03/2009	12:35:00 AM + .00050	1,5	%	1,5	%	1,2	%
11/03/2009	1:35:00 AM + .000500	1,7	%	1,7	%	1,4	%
11/03/2009	2:35:00 AM + .000500	1,8	%	1,9	%	1,6	%
11/03/2009	3:35:00 AM + .000500	2	%	2,2	%	1,7	%
11/03/2009	4:35:00 AM + .000500	2,2	%	2,3	%	1,9	%
11/03/2009	5:35:00 AM + .000500	2,2	%	2,4	%	1,9	%
11/03/2009	6:35:00 AM + .000500	3	%	3,2	%	2,8	%
11/03/2009	7:35:00 AM + .000500	2,3	%	2,4	%	2	%
11/03/2009	8:35:00 AM + .000500	1,3	%	1,3	%	1,2	%
11/03/2009	9:35:00 AM + .000500	1,2	%	1,2	%	1,2	%
11/03/2009	10:35:00 AM + .00050	1,2	%	1,1	%	0,9	%
11/03/2009	11:35:00 AM + .00050	0,9	%	0,9	%	0,8	%
11/03/2009	12:35:00 PM + .00050	0,9	%	0,9	%	0,8	%
11/03/2009	1:35:00 PM + .000500	1	%	1,1	%	0,8	%
11/03/2009	2:35:00 PM + .000500	0,9	%	0,8	%	0,8	%
11/03/2009	3:35:00 PM + .000500	0,9	%	0,8	%	0,9	%
11/03/2009	4:35:00 PM + .000500	0,9	%	0,9	%	0,9	%
11/03/2009	5:35:00 PM + .000500	1	%	0,9	%	0,8	%
11/03/2009	6:35:00 PM + .000500	0,7	%	0,7	%	0,7	%
11/03/2009	7:35:00 PM + .000500	0,8	%	0,7	%	0,8	%
11/03/2009	8:35:00 PM + .000500	0,9	%	0,8	%	0,8	%
11/03/2009	9:35:00 PM + .000500	0,9	%	0,8	%	0,8	%

11/03/2009	10:35:00 PM + .00050	1	%	0,9	%	0,8	%
11/03/2009	11:35:00 PM + .00050	1,3	%	1,2	%	1	%
12/03/2009	12:35:00 AM + .00050	1,4	%	1,4	%	1,1	%
12/03/2009	1:35:00 AM + .000500	1,6	%	1,6	%	1,2	%
12/03/2009	2:35:00 AM + .000500	1,6	%	1,7	%	1,3	%
12/03/2009	3:35:00 AM + .000500	1,7	%	1,7	%	1,4	%
12/03/2009	4:35:00 AM + .000500	1,8	%	1,9	%	1,6	%
12/03/2009	5:35:00 AM + .000500	1,9	%	2	%	1,6	%
12/03/2009	6:35:00 AM + .000500	2	%	2,1	%	1,7	%
12/03/2009	7:01:30 AM + .000500	2	%	2,1	%	1,8	%

En la figura 4.15, se muestra el perfil de distorsión armónica obtenido durante el período completo de medición, en el cual se pueden observar los detalles de las variaciones registradas.

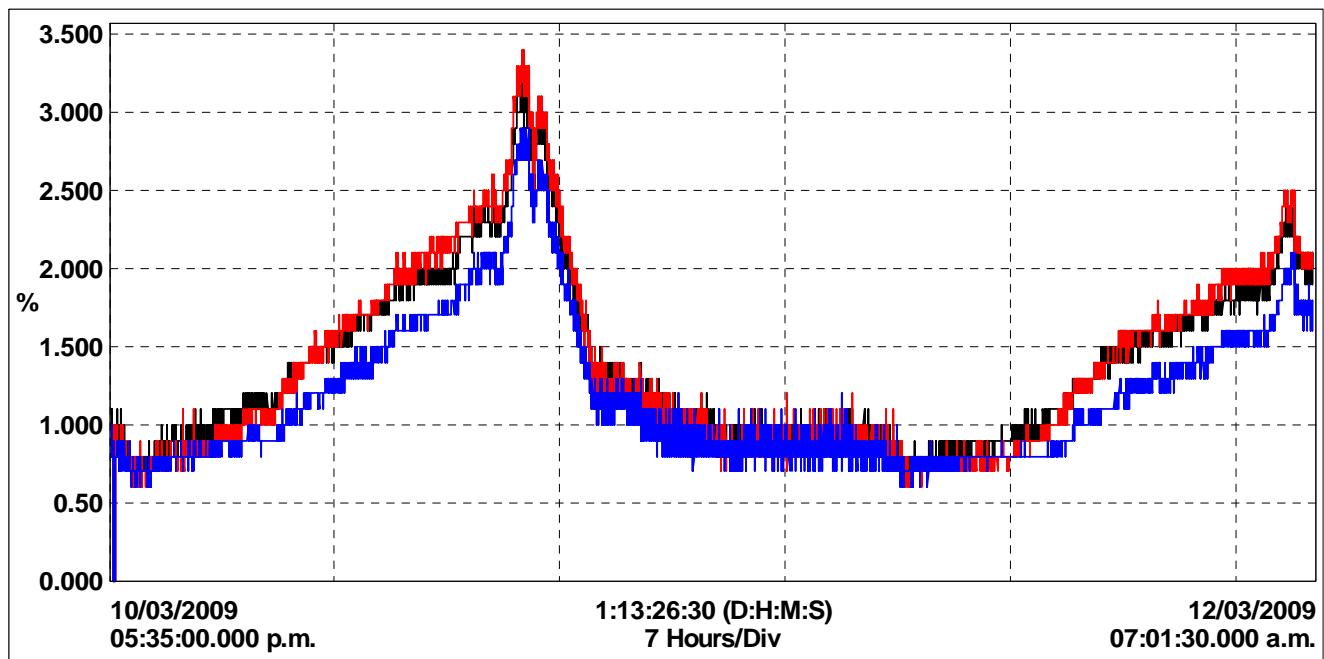


Figura. 4.15. Perfil de Distorsión Armónica Circuito A-280

4.5.2.3.2. Observaciones

Los resultados de esta medición nos muestran que los valores máximos obtenidos durante las 38 horas aproximadamente que estuvo conectado el equipo, no sobrepasan el límite recomendado por la norma IEEE 519, la cual establece un máximo de 5 % de distorsión armónica total de voltaje para sistemas de hasta 69 KV.

- **Línea 1:** el valor promedio obtenido de distorsión armónica total de voltaje (Uthd) fue de 1,378 %. El valor máximo registrado fue de 3,20 %, mientras que el mínimo fue de 0,80 %. Con estos resultados se descarta la violación de la norma IEE 519, la cual permite máximo 5% de Uthd.

- **Línea 2:** el valor promedio obtenido de distorsión armónica total de voltaje (Uthd) fue de 1,182 %. El valor máximo registrado fue de 3,40 %, mientras que el mínimo fue de 0,70 %. Con estos resultados se descarta la violación de la norma IEE 519, la cual permite máximo 5% de Uthd.

- **Línea 3:** el valor promedio obtenido de distorsión armónica total de voltaje (Uthd) fue de 0.839 %. El valor máximo registrado fue de 1,80 %, mientras que el mínimo fue de 0,70 %. Con estos resultados se descarta la violación de la norma IEE 519, la cual permite máximo 5% de Uthd.

4.5.2.4. Mediciones de Desbalance

4.5.2.4.1. Resultados Obtenidos

En la tabla 4.21, se muestran los valores mínimos, máximos y promedio de desbalance del circuito A-280

Tabla 4.21. Resumen de Resultados de Medición de Desbalance.

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Muestras	Unidad
Uunb(IEEE)	10/03/2009	05:42:50 p.m	1,375	0,90	1,80	26865	%

En la tabla 4.22, se muestran los valores por hora de los datos de desbalance obtenidos durante el período de medición.

Tabla 4.22. Muestra por hora de Uunb en líneas A-280

Fecha de la Medida	Hora de la Medida	Uunb(IEEE)	Unid.
10/03/2009	5:35:00 PM + .000500	1,3	%
10/03/2009	6:35:00 PM + .000500	1,7	%
10/03/2009	7:35:00 PM + .000500	1,6	%
10/03/2009	8:35:00 PM + .000500	1,7	%
10/03/2009	9:35:00 PM + .000500	1,6	%
10/03/2009	10:35:00 PM + .000500	1,5	%
10/03/2009	11:35:00 PM + .000500	1,4	%
11/03/2009	12:35:00 AM + .000500	1,4	%
11/03/2009	1:35:00 AM + .000500	1,3	%

11/03/2009	2:35:00 AM + .000500	1,3	%
11/03/2009	3:35:00 AM + .000500	1,2	%
11/03/2009	4:35:00 AM + .000500	1,2	%
11/03/2009	5:35:00 AM + .000500	1,2	%
11/03/2009	6:35:00 AM + .000500	1	%
11/03/2009	7:35:00 AM + .000500	0,9	%
11/03/2009	8:35:00 AM + .000500	1,1	%
11/03/2009	9:35:00 AM + .000500	1	%
11/03/2009	10:35:00 AM + .000500	1,2	%
11/03/2009	11:35:00 AM + .000500	1,3	%
11/03/2009	12:35:00 PM + .000500	1,4	%
11/03/2009	1:35:00 PM + .000500	1,3	%
11/03/2009	2:35:00 PM + .000500	1,3	%
11/03/2009	3:35:00 PM + .000500	1,2	%
11/03/2009	4:35:00 PM + .000500	1,3	%
11/03/2009	5:35:00 PM + .000500	1,3	%
11/03/2009	6:35:00 PM + .000500	1,7	%
11/03/2009	7:35:00 PM + .000500	1,8	%
11/03/2009	8:35:00 PM + .000500	1,7	%
11/03/2009	9:35:00 PM + .000500	1,7	%
11/03/2009	10:35:00 PM + .000500	1,6	%
11/03/2009	11:35:00 PM + .000500	1,5	%
12/03/2009	12:35:00 AM + .000500	1,4	%
12/03/2009	1:35:00 AM +	1,4	%

	.000500		
12/03/2009	2:35:00 AM + .000500	1,4	%
12/03/2009	3:35:00 AM + .000500	1,3	%
12/03/2009	4:35:00 AM + .000500	1,3	%
12/03/2009	5:35:00 AM + .000500	1,2	%
12/03/2009	6:35:00 AM + .000500	1,2	%

En la figura 4.16, se muestra el perfil de desbalance del sistema obtenido durante el período completo de medición, en el cual se pueden observar los detalles de las variaciones registradas.

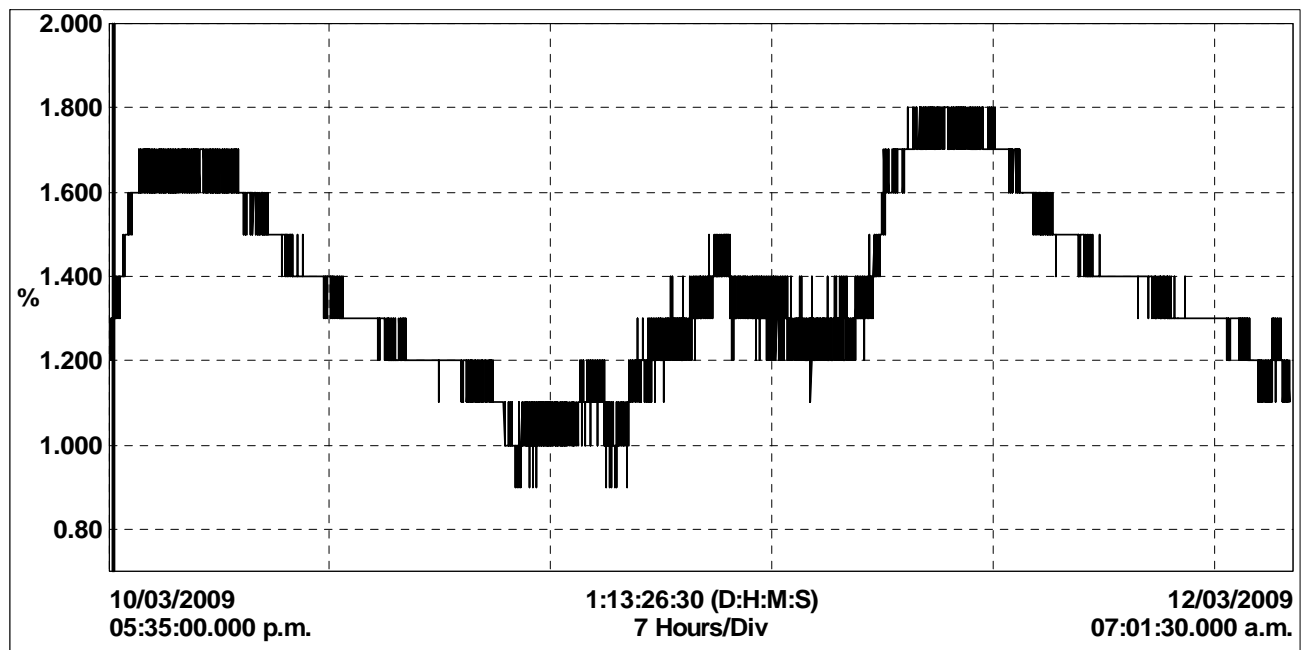


Figura. 4.16. Perfil de Desbalance Circuito A-280.

4.5.2.4.2. Observaciones

Los resultados de esta medición nos muestran que los valores máximos obtenidos durante las 38 horas aproximadamente que estuvo conectado el equipo, no sobrepasan el límite recomendado por la norma *IEEE 1159*, la cual establece un máximo de 2 % desbalance de fases. La figura 4.16., nos muestra un perfil del comportamiento de los niveles de desbalance observados.

La tabla 4.21 señala los niveles promedio, mínimo y máximo como: 1,375; 0,900; 1,800 respectivamente, ubicándose dentro de los niveles máximos permitidos por la norma IEEE.

4.5.2.5. Mediciones de Flickers

4.5.2.5.1. Resultados Obtenidos

En la tabla 4.23 se muestran los valores máximos, mínimos y promedio obtenidos durante el período de medición.

Tabla 4.23. Resumen de Resultados de Medición de Flicker

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Muestras	Unidad
Vflk Linea1	10/03/2009	05:42:50 p.m	0.230840	0.190000	1.030000	26865	Adim.
Vflk Linea2	10/03/2009	05:42:50 p.m	0.212430	0.170000	2.080000	26865	Adim.
Vflk Linea3	10/03/2009	05:42:50 p.m	0.214384	0.150000	1.480000	26865	Adim.

En la tabla 4.24 se presentan valores tomados en cada hora durante el período de medición del circuito A-280.

Tabla 4.24. Muestra por hora de Flicker en líneas A-280

Fecha de la Medida	Hora de la Medida	Vflk Linea1	Unid.	Vflk Linea2	Unid.	Vflk Linea3
10/03/2009	5:35:00 PM + .000500	0,25		0,23		0,23
10/03/2009	6:35:00 PM + .000500	0,2		0,17		0,21
10/03/2009	7:35:00 PM + .000500	0,21		0,2		0,2
10/03/2009	8:35:00 PM + .000500	0,21		0,22		0,18
10/03/2009	9:35:00 PM + .000500	0,24		0,19		0,19
10/03/2009	10:35:00 PM + .000500	0,24		0,23		0,2
10/03/2009	11:35:00 PM + .000500	0,24		0,18		0,2
11/03/2009	12:35:00 AM + .000500	0,2		0,19		0,18
11/03/2009	1:35:00 AM + .000500	0,26		0,19		0,22
11/03/2009	2:35:00 AM + .000500	0,25		0,24		0,23
11/03/2009	3:35:00 AM + .000500	0,23		0,21		0,22
11/03/2009	4:35:00 AM + .000500	0,21		0,19		0,23
11/03/2009	5:35:00 AM + .000500	0,27		0,24		0,22
11/03/2009	6:35:00 AM + .000500	0,26		0,26		0,24
11/03/2009	7:35:00 AM + .000500	0,27		0,25		0,29
11/03/2009	8:35:00 AM + .000500	0,25		0,23		0,25
11/03/2009	9:35:00 AM + .000500	0,2		0,22		1,48
11/03/2009	10:35:00 AM + .000500	0,29		0,24		0,25
11/03/2009	11:35:00 AM + .000500	0,29		0,24		0,27
11/03/2009	12:35:00 PM + .000500	0,24		0,25		0,22
11/03/2009	1:35:00 PM + .000500	0,25		0,18		0,24
11/03/2009	2:35:00 PM + .000500	1,03		0,24		0,28
11/03/2009	3:35:00 PM + .000500	0,26		0,23		0,24
11/03/2009	4:35:00 PM + .000500	0,24		0,22		0,26
11/03/2009	5:35:00 PM + .000500	0,25		0,19		0,22
11/03/2009	6:35:00 PM + .000500	0,21		2,08		0,21
11/03/2009	7:35:00 PM + .000500	0,19		0,17		0,17
11/03/2009	8:35:00 PM + .000500	0,19		0,19		0,19
11/03/2009	9:35:00 PM + .000500	0,2		0,17		0,17
11/03/2009	10:35:00 PM + .000500	0,34		0,33		0,21
11/03/2009	11:35:00 PM +	0,2		0,19		0,18

	.000500				
12/03/2009	12:35:00 AM + .000500	0,2		0,18	0,18
12/03/2009	1:35:00 AM + .000500	0,21		0,19	0,17
12/03/2009	2:35:00 AM + .000500	0,22		0,18	0,19
12/03/2009	3:35:00 AM + .000500	0,23		0,19	0,17
12/03/2009	4:35:00 AM + .000500	0,19		0,18	0,18
12/03/2009	5:35:00 AM + .000500	0,22		0,17	0,17
12/03/2009	6:35:00 AM + .000500	0,25		0,22	0,26
12/03/2009	7:01:30 AM + .000500	0,28		0,31	0,25

En la figura 4.17, se muestra el perfil de flicker del sistema obtenido durante el período completo de medición, en el cual se pueden observar los detalles de las variaciones registradas, las cuales se muestran muy poco concurrentes.

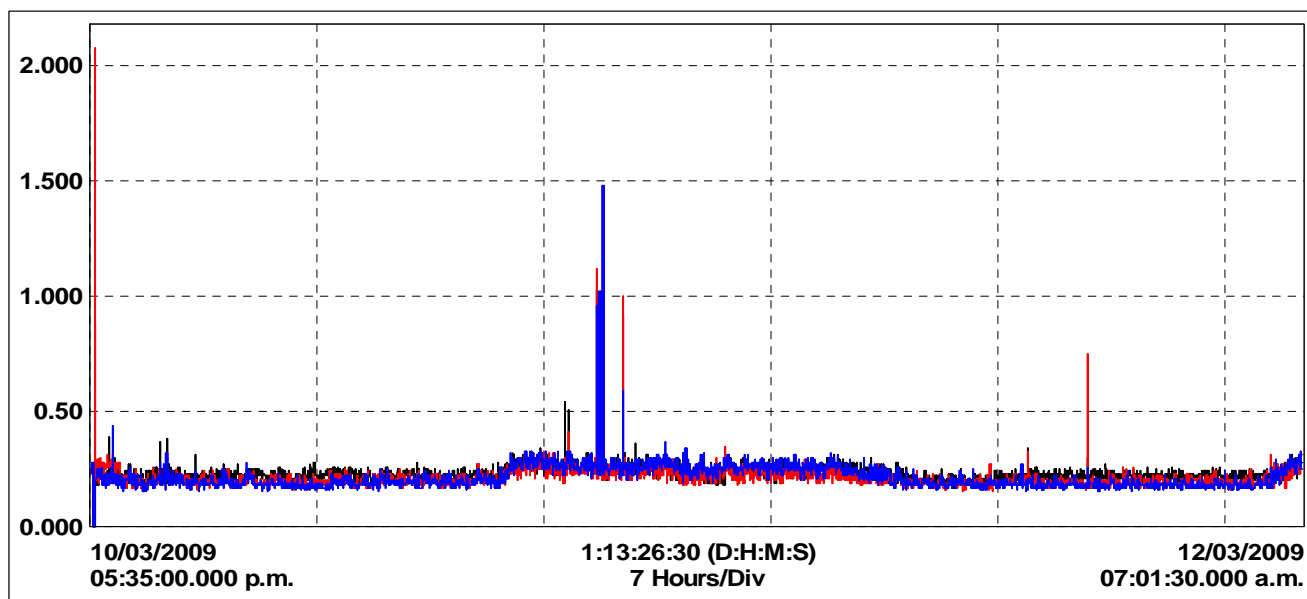


Figura. 4.17. Perfil de ocurrencia de Flicker Circuito A-280

4.5.2.5.2. Observaciones

Los resultados de esta medición nos muestra que los valores promedio obtenidos durante las 38 horas aproximadamente que estuvo conectado el equipo, no alcanza el valor de $PST=1$, a excepción de un instante en el que se pudo obtener un valor por encima de 1 (uno) en las tres líneas como valor máximo medido como se puede ver en la tabla 4.23. A pesar de esta observación se considera que no existe afectación significativa del flicker para la instalación de este circuito y sus usuarios. Esta condición la establece la norma *IEC 61000-4-15 (2003-02)*, la cual indica que existirá perturbación en la visión de las personas en el área de trabajo cuando el valor medido de PST sea igual o mayor a 1 (uno) durante un tiempo de observación de 10 (diez) minutos.

Las Variaciones para cada una de las líneas son las siguientes:

- **Línea 1:** el nivel de PST máximo medido fue de 1.0300, mientras que el promedio de todo el período de medición fue de 0.23084, para descartar así presencia de afectación severa para el personal del área alimentada a pesar del pico de $PST=1.03$ medido.

- **Línea 2:** el nivel de PST máximo medido fue de 2.0800, mientras que el promedio de todo el período de medición fue de 0.21243, para descartar así presencia de afectación severa para el personal del área alimentada a pesar del pico de $PST=2.08$ medido.

- **Línea 3:** el nivel de PST máximo medido fue de 1.4800, mientras que el promedio de todo el período de medición fue de 0.21438, para descartar así presencia de afectación severa para el personal a pesar del pico obtenido de $PST=1,3$.

4.5.2.6. Mediciones de Factor de Potencia.

La medición de factor de potencia se vio afectada por la falta de la señal de corriente. Esta acotación esta referida a la relación de transformación del transformador de medida ubicado en la celda donde se realizó la conexión. La relación de dicho transformador de corriente (TC) es de 4000/5, que imposibilitó la captura de señal por parte del equipo, ya que la magnitud de la carga de este circuito es baja con respecto a la del A-380, A-180, D-304.

Esta problemática no permitió obtener el factor de potencia, cuyos datos arrojados son los mostrados en la tabla 4.25., en la cual se observan valores de factor de potencia totalmente errados.

Tabla 4.25. Resumen de Medición errada de factor de potencia A-280.

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Muestras	Unidad
PF Lineal	10/03/2009	05:42:50 p.m .	-0.000003	0.044000	0.000000	26865	Adim.
PF Linea2	10/03/2009	05:42:50 p.m .	0.019379	0.000000	0.878000	26865	Adim.
PF Linea3	10/03/2009	05:42:50 p.m .	0.001228	0.000000	0.500000	26865	Adim.

Otra muestra de este error también se puede observar en la figura 4.18., donde se visualiza la gráfica arrojada por el equipo, y que a diferencia de la arrojada para el circuito A-380 (Figura. 3.16), se observa solo una de las líneas, además de estar distorsionada la misma.

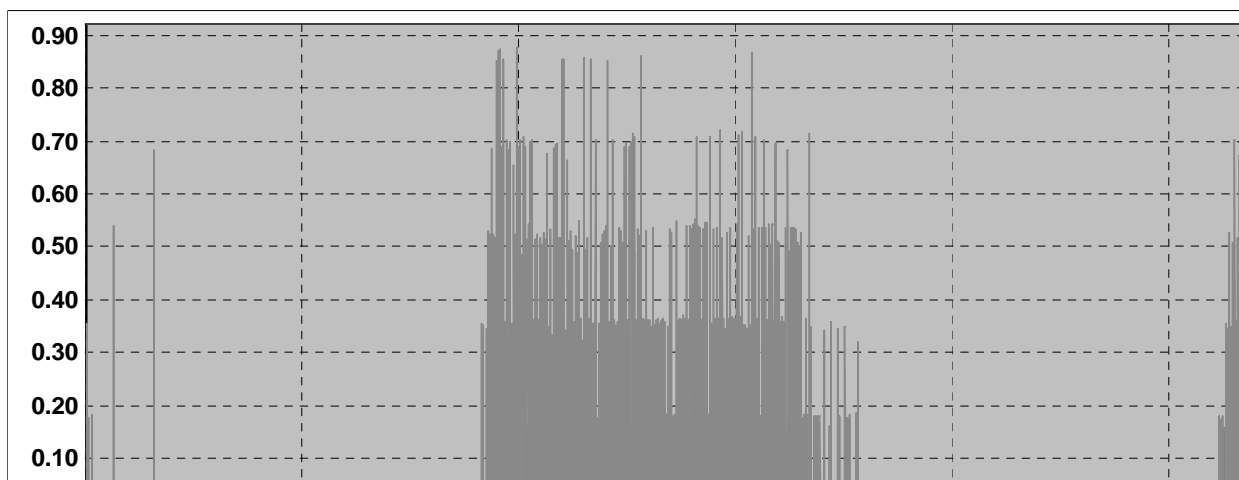


Figura. 4.18. Perfil de Factor de Potencia Circuito A-280

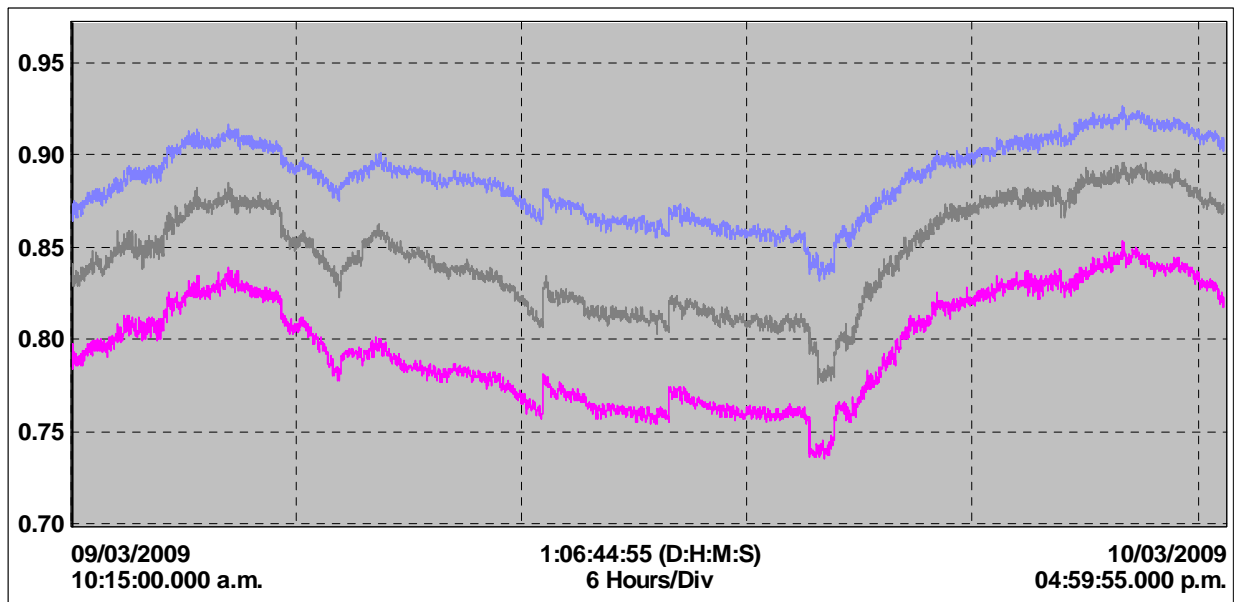


Figura. 4.19. Perfil de Factor de Potencia Circuito A-380.

4.5.2.7. Resumen de Parámetros circuito A-280.

A continuación se muestra una tabla resumen de los resultados de todos los parámetros de calidad de energía considerados en la medición para este circuito.

Tabla 4.26. Resumen de Medición A-280

Parámetro	# Muestras	Prom. Línea 1	Prom. Línea 2	Prom. Línea 3	Límite	Norma PQ	Recomendación
Frecuencia	26865	59,9916 Hz	59,9916 Hz	59,9916 Hz	58.8-61.2 Hz	PDVSA N-201	Ninguna
Voltaje	26865	487.644 V	491.985 V	479.841 V	456-504 V	PDVSA N-252	Ninguna
THD	26865	1,378 %	1,372 %	1,182 %	5%	IEEE STD 519	Ninguna
Uunb	26865	1,375 %	1,375 %	1,375 %	2%	IEEE STD 1159	Ninguna
Flicker	26865	0.230840	0.212430	0.214384	1	IEEE 1543	Ninguna
F.P	26865	-0.000003	0.019379	0.001228	>0.90	PDVSA N-252	Medir nuevamente

4.5.3. Circuito A-180

Como es mostrado en la Figura. 4.20., el circuito A-180 esta conformado por las siguientes cargas:

- Alimentador de Bombas de Agua Helada.
- Alimentador de Reserva (Reserva).
- Alimentador de Bomba de Fuente
- Alimentador de Reserva (Reserva).
- Alimentador "B" de la Subestación de Computación (S/E Comp. "B").
- Alimentador al Módulo "A y B" (Módulo "A y B").
- Alimentador al Módulo "A" (Módulo "A").

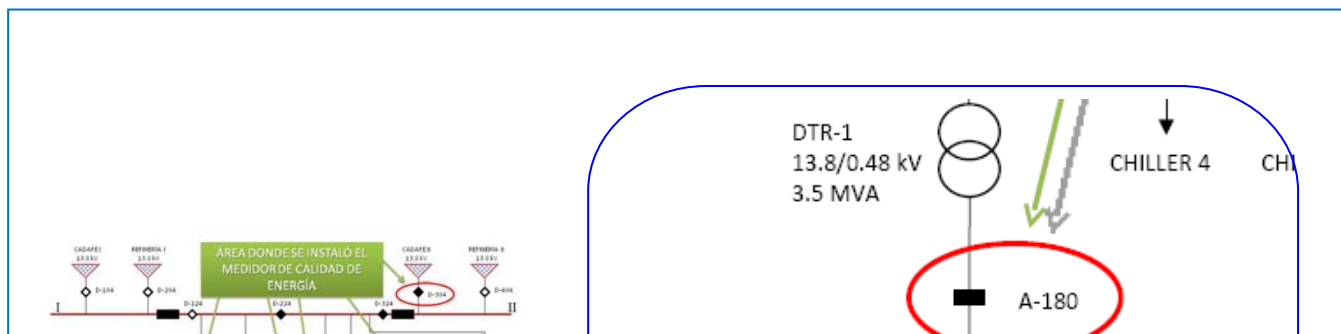


Figura. 4.20. Circuito A-180

De igual manera en el circuito A-180 se realizaron mediciones de los siguientes parámetros:

- ✓ Frecuencia
- ✓ Voltaje
- ✓ Distorsión armónica
- ✓ Desbalance de fases
- ✓ Flickers
- ✓ Factor de potencia

4.5.3.1. Mediciones de Frecuencia

Las mediciones de frecuencia en el circuito A-180 se llevaron a cabo a lo largo de 30 horas aproximadamente

4.5.3.1.1. Resultados Obtenidos

En la tabla 4.27, se muestran los resultados obtenidos de las mediciones de frecuencia realizados en el circuito A-180, los días miércoles y jueves de fecha 13 y 14 del mes de marzo del presente año

Tabla 4.27. Resumen de Resultados de Medición de Frecuencia

Nombre	Fecha	Hora	Duración	Unidades.	Prom	Min	Max	Muestras	Unidad
HZ	13/03/2009	10:05:00 am	1:05:55:00	(D:H:M:S)	59.993	59.870	60.1300	21540	HZ

En la tabla 4.28, se muestran los valores de frecuencia tomados con diferencia de una hora entre cada toma de datos en el circuito A-180.

Tabla 4.28. Muestra por hora de Frecuencia en líneas A-180

Fecha de la Medida	Hora de la Medida	Hz	Unid.
13/03/2009	10:05:00 AM + .000500	60,03	Hz
13/03/2009	11:05:00 AM + .000500	60	Hz
13/03/2009	12:05:00 PM + .000500	59,99	Hz
13/03/2009	1:05:00 PM + .000500	59,98	Hz
13/03/2009	2:05:00 PM + .000500	59,97	Hz
13/03/2009	3:05:00 PM + .000500	60,04	Hz
13/03/2009	4:05:00 PM + .000500	59,99	Hz
13/03/2009	5:05:00 PM + .000500	60,02	Hz
13/03/2009	6:05:00 PM + .000500	60	Hz
13/03/2009	7:05:00 PM + .000500	59,99	Hz
13/03/2009	8:05:00 PM + .000500	59,98	Hz
13/03/2009	9:05:00 PM + .000500	60,01	Hz
13/03/2009	10:05:00 PM + .000500	60	Hz
13/03/2009	11:05:00 PM + .000500	60,01	Hz

14/03/2009	12:05:00 AM + .000500	59,98	Hz
14/03/2009	1:05:00 AM + .000500	59,99	Hz
14/03/2009	2:05:00 AM + .000500	59,98	Hz
14/03/2009	3:05:00 AM + .000500	60,04	Hz
14/03/2009	4:05:00 AM + .000500	60	Hz
14/03/2009	5:05:00 AM + .000500	60	Hz
14/03/2009	6:05:00 AM + .000500	60	Hz
14/03/2009	7:05:00 AM + .000500	59,99	Hz
14/03/2009	8:05:00 AM + .000500	60,01	Hz
14/03/2009	9:05:00 AM + .000500	60,08	Hz
14/03/2009	10:05:00 AM + .000500	59,96	Hz
14/03/2009	11:05:00 AM + .000500	59,96	Hz
14/03/2009	12:05:00 PM + .000500	59,99	Hz
14/03/2009	1:05:00 PM + .000500	59,99	Hz
14/03/2009	2:05:00 PM + .000500	59,98	Hz
14/03/2009	3:05:00 PM + .000500	59,98	Hz
14/03/2009	3:59:55 PM + .000500	60,02	Hz

En la figura 4.21, se muestra el perfil de frecuencia obtenido durante el período completo de medición, en el cual se pueden observar los detalles de las variaciones registradas.

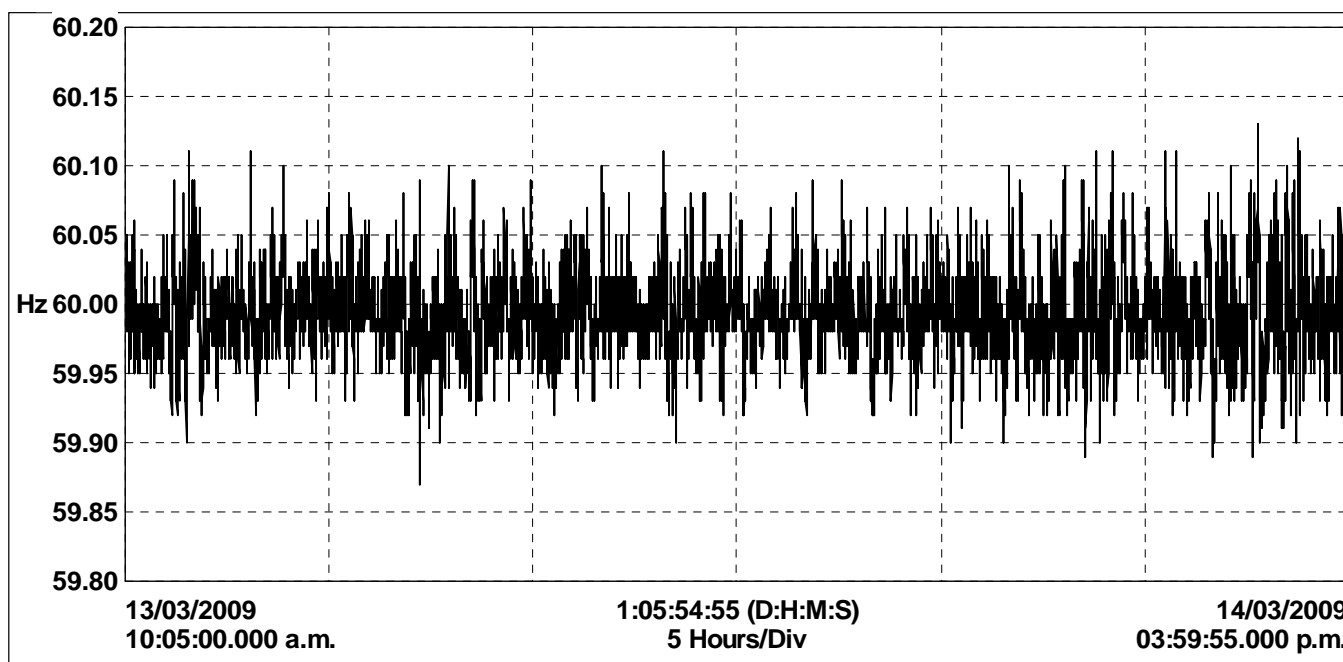


Figura. 4.21. Perfil de Frecuencia Circuito A-180

4.5.3.1.2. Observaciones

Los resultados de esta medición revelan que el valor promedio de frecuencia (Prom) fue de 59.993 Hz, lo cual indica una variación respecto a la fundamental de (-) 0,0116 %. El valor mínimo alcanzado durante el período de medición fue 59.870 Hz, lo que representa una variación de 0,217 %. El valor máximo alcanzado fue de 60.130 Hz, es decir una variación de 0,217 %. La tabla 4.27., nos muestra estos valores de frecuencia obtenidos.

La norma PDVSA N-201, establece que la máxima variación de la frecuencia fundamental permitida es de 2 %. Claramente se puede observar que los niveles de variación de frecuencia del circuito A-180 no alcanzan los límites impuestos por la norma N-201 de PDVSA.

4.5.3.2. Mediciones de Voltaje

Las mediciones de voltajes se llevaron a cabo mediante la utilización del equipo analizador, el cual fue conectado de manera directa a la barra de 480 Voltios ubicada en el centro de carga de 480 Voltios de la subestación “B”.

4.5.3.2.1. Resultados Obtenidos

En la tabla 4.29, se muestran los resultados obtenidos de las mediciones de voltaje realizados en el circuito A-180, los días martes y miércoles de fecha 13 y 14 del mes de marzo del presente año.

Tabla 4.29. Resumen de Resultados de Medición de Voltaje

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Muestras	Unidad
Urms Linea1	13/03/2009	10:05:00 am.	478.6011	455.5000	501.2000	21540	Voltios
Urms Linea2	13/03/2009	10:05:00 am.	482.9712	460.5000	505.3000	21540	Voltios
Urms Linea3	13/03/2009	10:05:00 am.	471.2441	449.0000	494,400	21540	Voltios

En la tabla 4.30 se muestran los valores de variación de voltaje tomados con diferencia de una hora entre cada toma de datos en el circuito A-180

Tabla 4.30. Muestra por hora de Voltajes en líneas A-180

Fecha de la Medida	Hora de la Medida	Urms Linea1	Unid.	Urms Linea2	Unid.	Urms Linea3	Unid.
13/03/2009	10:05:00 AM + .000500	485,5	V	489,5	V	479,6	V
13/03/2009	11:05:00 AM + .000500	479,9	V	484	V	473,7	V
13/03/2009	12:05:00 PM + .000500	474	V	478,2	V	467,3	V
13/03/2009	1:05:00 PM + .000500	467	V	471,3	V	459,7	V
13/03/2009	2:05:00 PM + .000500	465,7	V	470,1	V	458,3	V
13/03/2009	3:05:00 PM + .000500	466,7	V	471,1	V	459,7	V
13/03/2009	4:05:00 PM + .000500	472,6	V	477	V	465,9	V
13/03/2009	5:05:00 PM + .000500	481	V	484,9	V	474,4	V
13/03/2009	6:05:00 PM + .000500	473,5	V	477,9	V	465,7	V
13/03/2009	7:05:00 PM + .000500	468,9	V	473,5	V	460,3	V
13/03/2009	8:05:00 PM + .000500	473,7	V	477,8	V	464,6	V
13/03/2009	9:05:00 PM + .000500	475,1	V	479,1	V	465,9	V
13/03/2009	10:05:00 PM + .000500	477,6	V	481,5	V	468,2	V
13/03/2009	11:05:00 PM + .000500	480,7	V	484,6	V	471,6	V
14/03/2009	12:05:00 AM +	488	V	492,2	V	479,7	V

	.000500						
14/03/2009	1:05:00 AM + .000500	487,9	V	492	V	479,6	V
14/03/2009	2:05:00 AM + .000500	490,3	V	494,5	V	482,2	V
14/03/2009	3:05:00 AM + .000500	492,9	V	497,1	V	485	V
14/03/2009	4:05:00 AM + .000500	495,3	V	499,5	V	487,8	V
14/03/2009	5:05:00 AM + .000500	496,7	V	500,6	V	489,1	V
14/03/2009	6:05:00 AM + .000500	499,7	V	503,9	V	493	V
14/03/2009	7:05:00 AM + .000500	490,1	V	494,2	V	483,4	V
14/03/2009	8:05:00 AM + .000500	484,3	V	488,4	V	477,6	V
14/03/2009	9:05:00 AM + .000500	475,3	V	479,8	V	468,8	V
14/03/2009	10:05:00 AM + .000500	467,6	V	471,9	V	461,6	V
14/03/2009	11:05:00 AM + .000500	461,7	V	466,1	V	455,6	V
14/03/2009	12:05:00 PM + .000500	462,4	V	467,1	V	456	V
14/03/2009	1:05:00 PM + .000500	457,4	V	462,2	V	450,7	V
14/03/2009	2:05:00 PM + .000500	483,7	V	489,1	V	476,9	V
14/03/2009	3:05:00 PM + .000500	482,4	V	487,9	V	475,5	V
14/03/2009	3:59:55 PM + .000500	483,2	V	488,3	V	476	V

En la figura 4.22, se muestra el perfil de voltaje obtenido durante el período completo de medición, en el cual se pueden observar los detalles de las variaciones registradas.

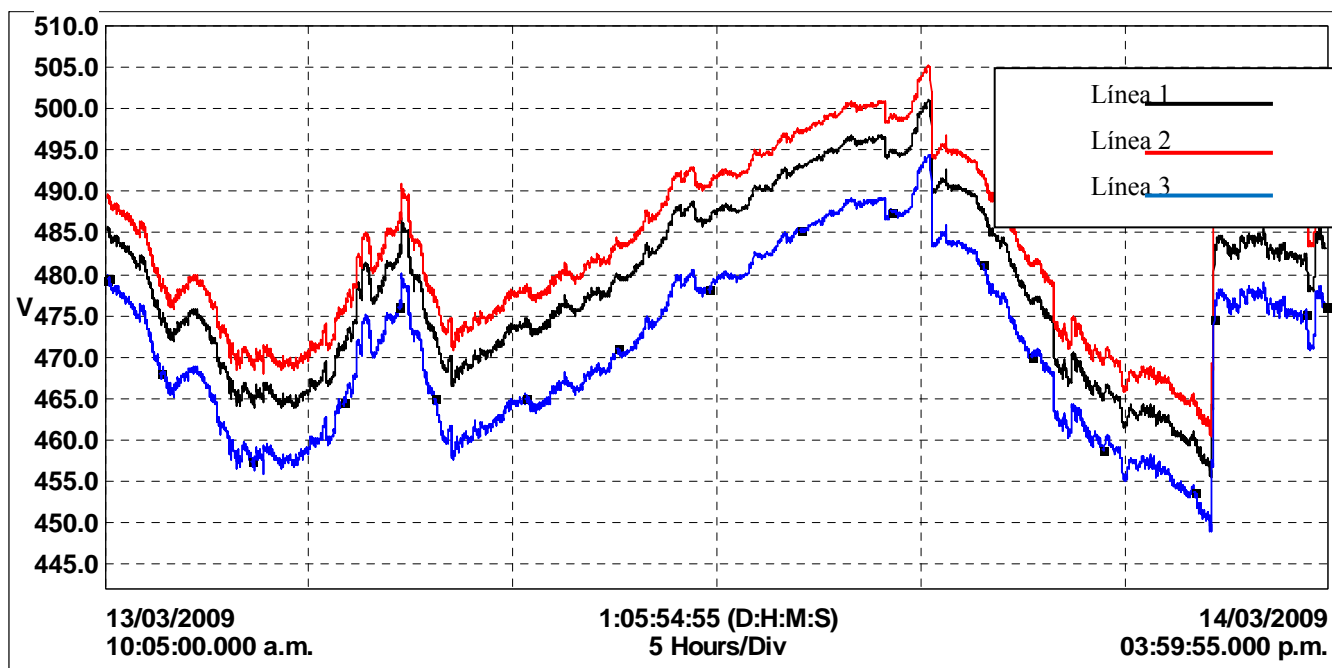


Figura. 4.22. Perfil de Tensión Circuito A-180

4.5.3.2.2. Observaciones

Los resultados de esta medición nos muestra que los valores máximos y mínimos obtenidos durante las 29 horas aproximadamente que estuvo conectado el equipo, no sobrepasan el $\pm 10\%$ del voltaje nominal (480 V), por lo tanto se considera que no existe variación significativa del voltaje para determinar algún “Sag o swell” de tensión.

Esta condición la establece la norma IEEE 1159-1195, la cual indica que existirá un “Sag” o “Swell” de tensión cuando el voltaje RMS medido durante un intervalo que va desde 0.5 ciclos (8 milisegundos aprox.) hasta 1 minuto, esté por debajo del 90 % para los Sag y por encima del 110 % para los Swell del voltaje nominal.

Las desviaciones para cada una de las líneas son las siguientes:

- **Línea 1:** el voltaje RMS máximo medido fue de 501.20 V, siendo esto el 4,417 % sobre el voltaje nominal de 480 V, para descartar así presencia de “Swell”. El valor mínimo medido en “Línea 1” fue de 455.50 V representando el 5,104 % por debajo del voltaje nominal de 480 V, para descartar de esta manera presencia de “Sag”. El valor promedio fue de 478.601 V. Estos niveles descartan sobre voltaje ya que no se alcanza el 5% máximo permitido. El bajo voltaje si estuvo presente en la

línea ya que excede el mínimo aceptado de -5% del voltaje nominal, aunque por breve instante de tiempo.

- **Línea 2:** el voltaje RMS máximo medido fue de 505.30V, siendo esto el 5,271 % sobre el voltaje nominal de 480 V, para descartar así presencia de “Swell”. El valor mínimo medido en “Línea 2” fue de 460.50 V representando el 4,063 % por debajo del voltaje nominal de 480 V, para descartar de esta manera presencia de “Sag”. El valor promedio fue de 482.97 V. Estos niveles indican sobre voltaje ya que supera el +5% permitido. No se observó bajo voltaje en la línea, ya que no se excede el -5% del voltaje nominal de la misma.

- **Línea 3:** el voltaje RMS máximo medido fue de 494,40 V, siendo esto el 3,00 % sobre el voltaje nominal de 480 V, para descartar así presencia de “Swell”. El valor mínimo medido en “Línea 3” fue de 449.00 V representando el 6,458 % por debajo del voltaje nominal de 480 V, para descartar de esta manera presencia de “Sag”. El valor promedio fue de 471.24 V. Estos niveles indican bajo voltaje en la línea, ya que se excede el -5% del voltaje nominal de la misma.

4.5.3.3. Mediciones de Distorsión Armónica

4.5.3.3.1. Resultados Obtenidos

En la tabla 4.31, se muestran los valores máximos, mínimos y promedio obtenidos de las mediciones de distorsión armónica realizados en el circuito A-180, los días viernes y sábado de fecha 13 y 14 del mes de marzo del presente año.

Tabla 4.31. Resumen de Resultados de Medición de UTHD

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Muestras	Unidad
Uthd Linea1	13/03/2009	10:05:00. a.m.	0.704225	0.3000	1.5000	21540	%
Uthd Linea2	13/03/2009	10:05:00. a.m.	0.814591	0.4000	1.8000	21540	%
Uthd Linea3	13/03/2009	10:05:00. a.m.	0.638487	0.3000	1.5000	21540	%

En la tabla 4.32 se muestran los valores de distorsión armónica tomados con diferencia de una hora entre cada toma de datos en el circuito A-180.

Tabla 4.32. Muestra por hora de UTHD en líneas A-180

Fecha de la Medida	Hora de la Medida	Uthd Linea1	Unid.	Uthd Linea2	Unid.	Uthd Linea3	Unid.
13/03/2009	10:05:00 AM + .000500	0,7	%	0,8	%	0,7	%
13/03/2009	11:05:00 AM + .000500	0,6	%	0,7	%	0,5	%
13/03/2009	12:05:00 PM + .000500	0,5	%	0,6	%	0,4	%
13/03/2009	1:05:00 PM + .000500	0,5	%	0,5	%	0,4	%
13/03/2009	2:05:00 PM + .000500	0,4	%	0,5	%	0,4	%
13/03/2009	3:05:00 PM + .000500	0,4	%	0,5	%	0,4	%
13/03/2009	4:05:00 PM + .000500	0,5	%	0,7	%	0,5	%
13/03/2009	5:05:00 PM + .000500	0,7	%	0,8	%	0,6	%
13/03/2009	6:05:00 PM + .000500	0,5	%	0,6	%	0,4	%
13/03/2009	7:05:00 PM + .000500	0,5	%	0,5	%	0,4	%
13/03/2009	8:05:00 PM + .000500	0,5	%	0,6	%	0,5	%
13/03/2009	9:05:00 PM + .000500	0,6	%	0,8	%	0,6	%
13/03/2009	10:05:00 PM + .000500	0,6	%	0,7	%	0,6	%
13/03/2009	11:05:00 PM + .000500	0,7	%	0,8	%	0,5	%

14/03/2009	12:05:00 AM + .000500	0,9	%	1	%	0,7	%
14/03/2009	1:05:00 AM + .000500	0,9	%	1	%	0,8	%
14/03/2009	2:05:00 AM + .000500	1	%	1,2	%	0,9	%
14/03/2009	3:05:00 AM + .000500	1	%	1,3	%	1	%
14/03/2009	4:05:00 AM + .000500	1,2	%	1,4	%	1,1	%
14/03/2009	5:05:00 AM + .000500	1,4	%	1,6	%	1,2	%
14/03/2009	6:05:00 AM + .000500	1,5	%	1,7	%	1,3	%
14/03/2009	7:05:00 AM + .000500	1,1	%	1,2	%	0,9	%
14/03/2009	8:05:00 AM + .000500	0,8	%	0,9	%	0,7	%
14/03/2009	9:05:00 AM + .000500	0,6	%	0,7	%	0,5	%
14/03/2009	10:05:00 AM + .000500	0,5	%	0,6	%	0,5	%
14/03/2009	11:05:00 AM + .000500	0,5	%	0,6	%	0,4	%
14/03/2009	12:05:00 PM + .000500	0,5	%	0,6	%	0,5	%
14/03/2009	1:05:00 PM + .000500	0,5	%	0,5	%	0,5	%
14/03/2009	2:05:00 PM + .000500	0,8	%	0,9	%	0,7	%
14/03/2009	3:05:00 PM + .000500	0,7	%	0,8	%	0,7	%
14/03/2009	3:59:55 PM + .000500	0,7	%	0,9	%	0,7	%

En la figura 4.23, se muestra el perfil de distorsión armónica obtenido durante el período completo de medición, en el cual se pueden observar los detalles de las variaciones registradas

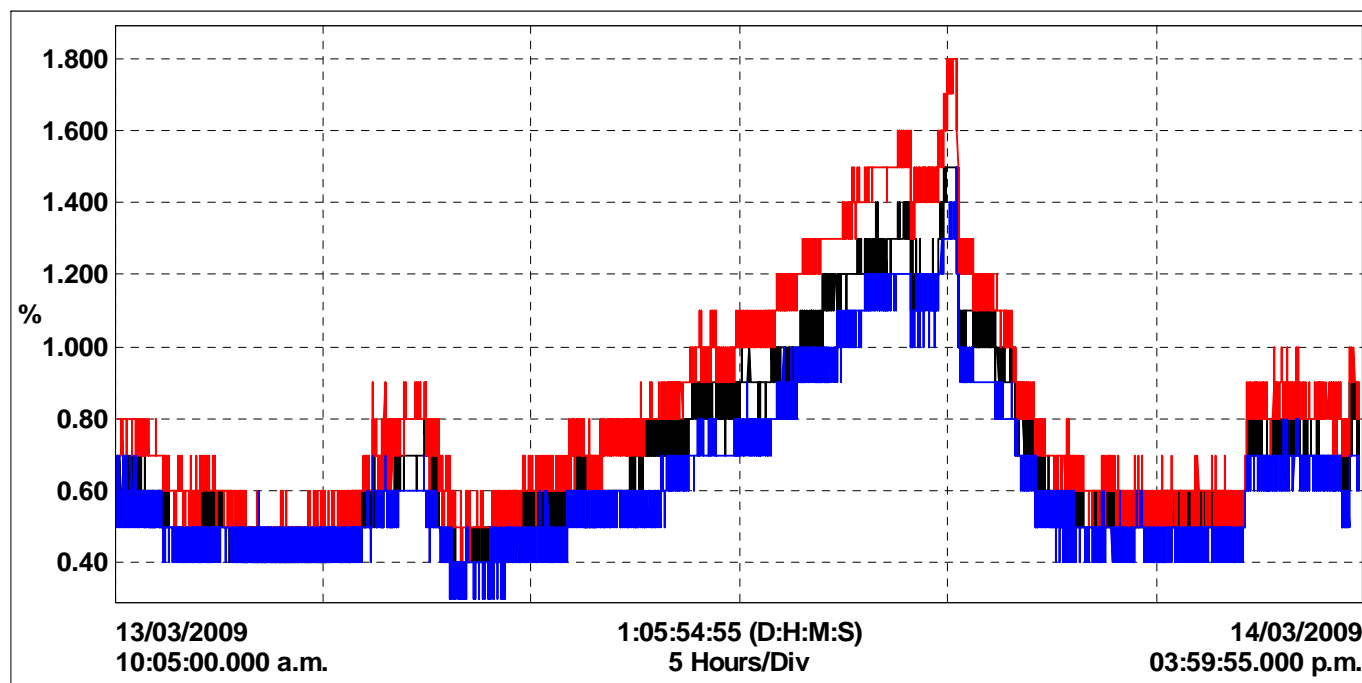


Figura. 4.23. Perfil de Distorsión Armónica Circuito A-180

4.5.3.3.2. Observaciones

Los resultados de esta medición nos muestra que los valores máximos obtenidos durante las 29 horas aproximadamente que estuvo conectado el equipo, no sobrepasan el límite recomendado por la norma IEEE 519, la cual establece un máximo de 5 % de distorsión armónica total de voltaje para sistemas de hasta 69 KV.

- **Línea 1:** el valor promedio obtenido de distorsión armónica total de voltaje (Uthd) fue de 0,7042 %. El valor máximo registrado fue de 1,50 %, mientras que el mínimo fue de 0,30 %. Con estos resultados se descarta la violación de la norma IEE 519, la cual permite máximo 5% de Uthd.

- **Línea 2:** el valor promedio obtenido de distorsión armónica total de voltaje (Uthd) fue de 0,8145 %. El valor máximo registrado fue de 1,800 %, mientras que el mínimo fue de 0,400 %. Con estos resultados se descarta la violación de la norma IEE 519, la cual permite máximo 5% de Uthd.

- **Línea 3:** el valor promedio obtenido de distorsión armónica total de voltaje (Uthd) fue de 0,6384 %. El valor máximo registrado fue de 1,50 %, mientras que el mínimo fue de 0,30 %. Con estos resultados se descarta la violación de la norma IEE 519, la cual permite máximo 5% de Uthd.

Con el fin de representar numéricamente la gráfica 3.23., la tabla 3.32, nos muestra valores tomados cada hora durante todo el período de medición de calidad de energía para esta parte del sistema eléctrico del edificio sede de PDVSA Guaragua.

4.5.3.4. Mediciones de Desbalance

4.5.3.4.1. Resultados Obtenidos

En la tabla 4.33, se muestran los valores mínimos, máximos y promedio de desbalance del circuito A-180

Tabla 4.33. Resumen de Resultados de Medición de Desbalance

Uunb(IEEE)	13/03/2009	10:05:00. a.m	1,332544	1,100000	1,6000	21540	%
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Muestras	Unidad

En la tabla 4.34, se muestran los valores por hora de los datos de desbalance obtenidos durante el período de medición.

Tabla 4.34. Muestra por hora de Uunb en líneas A-180

Fecha de la Medida	Hora de la Medida	Uunb(IEEE)	Unid.
13/03/2009	10:05:00 AM + .000500	1,1	%
13/03/2009	11:05:00 AM + .000500	1,1	%
13/03/2009	12:05:00 PM + .000500	1,2	%
13/03/2009	1:05:00 PM + .000500	1,4	%
13/03/2009	2:05:00 PM + .000500	1,4	%
13/03/2009	3:05:00 PM + .000500	1,3	%
13/03/2009	4:05:00 PM + .000500	1,3	%
13/03/2009	5:05:00 PM + .000500	1,2	%
13/03/2009	6:05:00 PM + .000500	1,4	%
13/03/2009	7:05:00 PM + .000500	1,6	%
13/03/2009	8:05:00 PM + .000500	1,6	%
13/03/2009	9:05:00 PM + .000500	1,6	%
13/03/2009	10:05:00 PM + .000500	1,6	%
13/03/2009	11:05:00 PM + .000500	1,5	%
14/03/2009	12:05:00 AM + .000500	1,4	%
14/03/2009	1:05:00 AM + .000500	1,4	%
14/03/2009	2:05:00 AM + .000500	1,4	%
14/03/2009	3:05:00 AM + .000500	1,4	%
14/03/2009	4:05:00 AM + .000500	1,3	%
14/03/2009	5:05:00 AM + .000500	1,3	%
14/03/2009	6:05:00 AM + .000500	1,2	%
14/03/2009	7:05:00 AM + .000500	1,2	%

14/03/2009	8:05:00 AM + .000500	1,2	%
14/03/2009	9:05:00 AM + .000500	1,2	%
14/03/2009	10:05:00 AM + .000500	1,2	%
14/03/2009	11:05:00 AM + .000500	1,2	%
14/03/2009	12:05:00 PM + .000500	1,3	%
14/03/2009	1:05:00 PM + .000500	1,3	%
14/03/2009	2:05:00 PM + .000500	1,3	%
14/03/2009	3:05:00 PM + .000500	1,3	%
14/03/2009	3:59:55 PM + .000500	1,3	%

En la figura 4.24, se muestra el perfil de desbalance del sistema obtenido durante el período completo de medición, en el cual se pueden observar los detalles de las variaciones registradas.

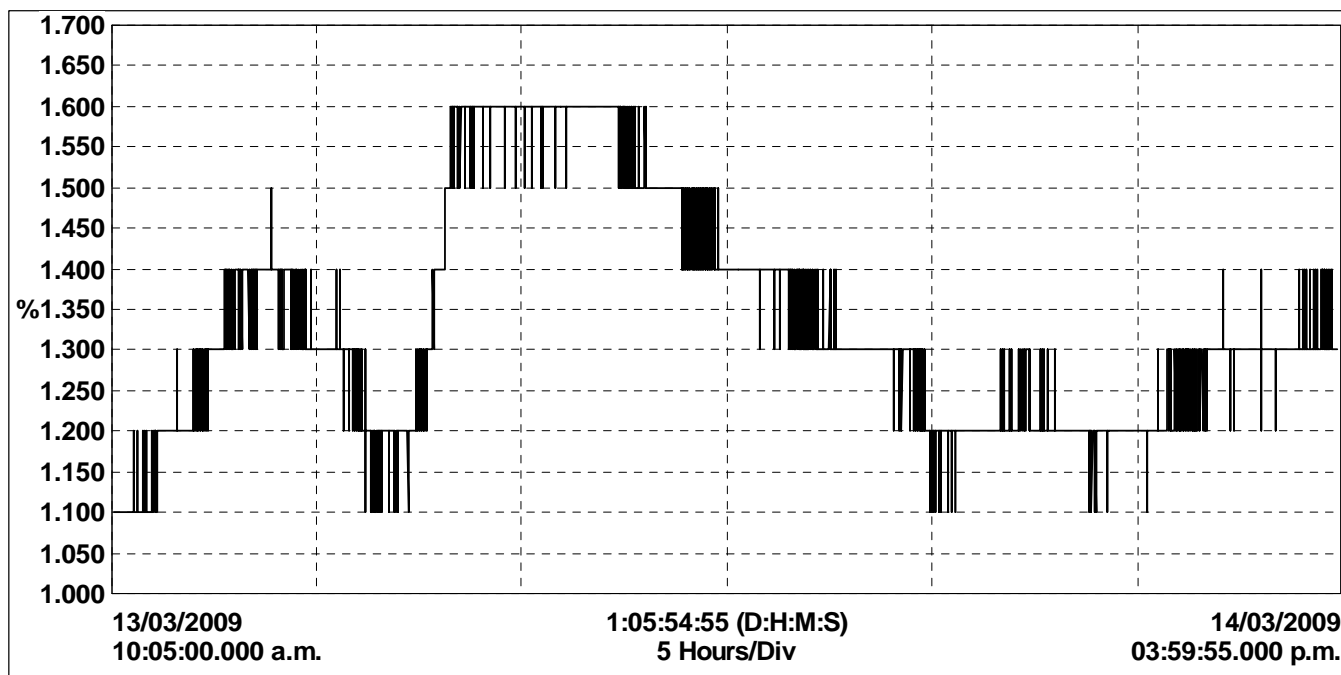


Figura. 4.24. Perfil de Desbalance Circuito A-180.

4.5.3.4.2. Observaciones

Los resultados de esta medición nos muestran que los valores máximos obtenidos durante las 29 horas aproximadamente que estuvo conectado el equipo, no sobrepasan el límite recomendado por la norma *IEEE 1159*, la cual establece un máximo de 2 % desbalance de fases.

La tabla 4.33 señala los niveles promedio, mínimo y máximo como: 1,3325; 1,1000; 1,600 respectivamente, ubicándose dentro de los niveles máximos permitidos por la norma IEEE.

4.5.3.5. Mediciones de Flickers

4.5.3.5.1. Resultados Obtenidos

En la tabla 4.35, se muestran los valores máximos, mínimos y promedio obtenidos durante el período de medición.

Tabla 4.35. Resumen de Resultados de Medición de Flicker

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Muestras	Unidad
Vflk Linea1	13/03/2009	10:05:00. a.m	0.226183	0.170000	1.710000	21540	Adim.
Vflk Linea2	13/03/2009	10:05:00. a.m	0.210675	0.150000	1.500000	21540	Adim.
Vflk Linea3	13/03/2009	10:05:00. a.m	0.198356	0.150000	1.450000	21540	Adim.

En la tabla 4.36 se presentan valores tomados en cada hora durante el período de medición del circuito A-180

Tabla 4.36 Muestra por hora de Flicker en líneas A-180

Fecha de la Medida	Hora de la Medida	Vflk Linea1	Unid.	Vflk Linea2	Unid.	Vflk Linea3
--------------------	-------------------	-------------	-------	-------------	-------	-------------

13/03/2009	10:05:00 AM + .000500	0,23		0,22		0,17
13/03/2009	11:05:00 AM + .000500	0,22		0,24		0,19
13/03/2009	12:05:00 PM + .000500	0,19		0,21		0,19
13/03/2009	1:05:00 PM + .000500	0,21		0,2		0,19
13/03/2009	2:05:00 PM + .000500	0,2		0,18		0,2
13/03/2009	3:05:00 PM + .000500	0,19		0,2		0,17
13/03/2009	4:05:00 PM + .000500	0,23		0,22		0,21
13/03/2009	5:05:00 PM + .000500	0,26		0,19		0,21
13/03/2009	6:05:00 PM + .000500	0,23		0,18		0,19
13/03/2009	7:05:00 PM + .000500	0,21		0,21		0,19
13/03/2009	8:05:00 PM + .000500	0,22		0,21		0,22
13/03/2009	9:05:00 PM + .000500	0,24		0,2		0,19
13/03/2009	10:05:00 PM + .000500	0,21		0,21		0,2
13/03/2009	11:05:00 PM + .000500	0,19		0,2		0,2
14/03/2009	12:05:00 AM + .000500	0,22		0,18		0,17
14/03/2009	1:05:00 AM + .000500	0,23		0,21		0,2
14/03/2009	2:05:00 AM + .000500	0,26		0,24		0,19
14/03/2009	3:05:00 AM + .000500	0,21		0,24		0,2
14/03/2009	4:05:00 AM + .000500	0,22		0,19		0,23
14/03/2009	5:05:00 AM + .000500	0,21		0,23		0,18
14/03/2009	6:05:00 AM + .000500	0,22		0,18		0,19
14/03/2009	7:05:00 AM + .000500	0,23		0,19		0,18
14/03/2009	8:05:00 AM + .000500	0,21		0,19		0,19
14/03/2009	9:05:00 AM + .000500	0,21		0,2		0,21
14/03/2009	10:05:00 AM + .000500	0,23		0,19		0,2
14/03/2009	11:05:00 AM + .000500	0,21		0,2		0,17
14/03/2009	12:05:00 PM + .000500	0,22		0,19		0,18
14/03/2009	1:05:00 PM + .000500	0,32		0,43		0,19
14/03/2009	2:05:00 PM + .000500	0,21		0,24		0,18
14/03/2009	3:05:00 PM + .000500	0,22		0,21		0,19
14/03/2009	3:59:55 PM + .000500	0,23		0,19		0,19

En la figura 4.25, se muestra el perfil de flicker del sistema obtenido durante el período completo de medición, en el cual se pueden observar los detalles de las variaciones registradas, las cuales se muestran muy poco concurrentes.

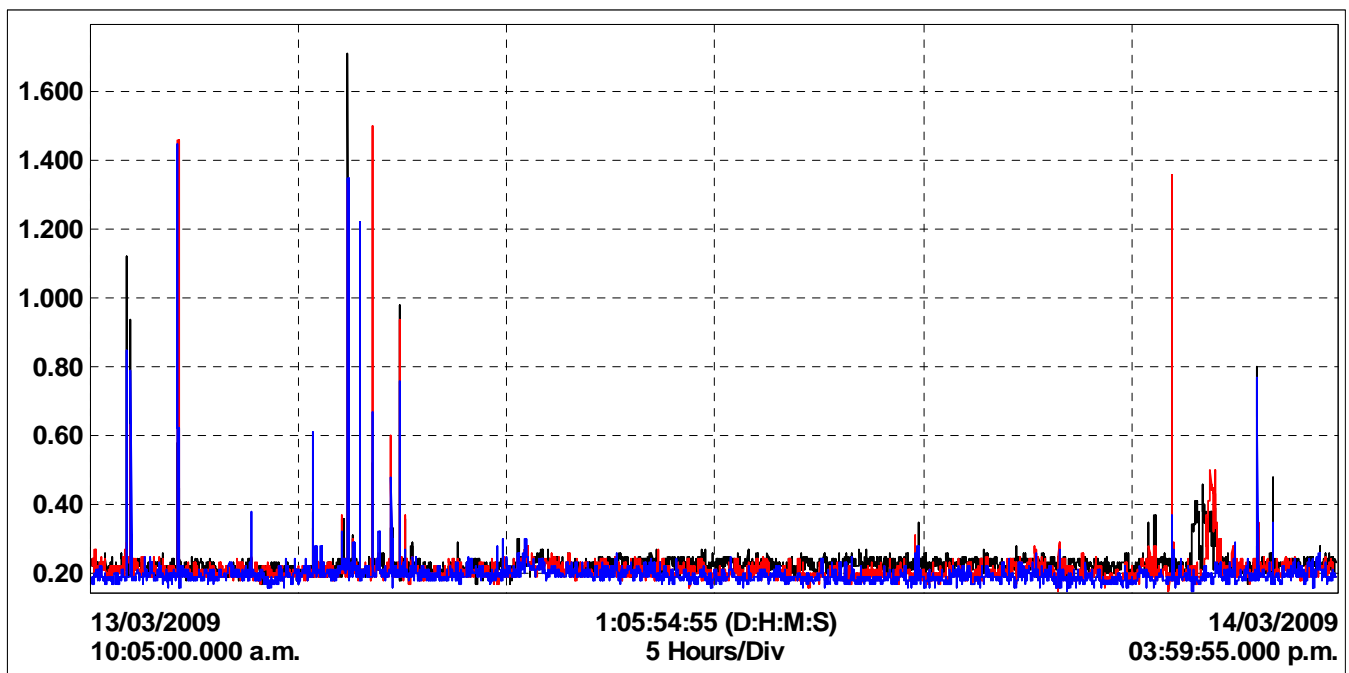


Figura. 4.25. Perfil de ocurrencia de Flicker Circuito A-180

4.5.3.5.2. Observaciones

Los resultados de esta medición nos muestran que los valores promedio obtenidos durante las 29 horas aproximadamente que estuvo conectado el equipo, no alcanza el valor de $PST=1$, a excepción de un instante en el que se pudo obtener un valor por encima de 1 (uno) en las tres líneas como valor máximo medido como se puede ver en la tabla 4.35. A pesar de esta observación se considera que no existe afectación significativa del flicker para la instalación de este circuito y sus usuarios. Esta condición la establece la norma *IEC 61000-4-15 (2003-02)*, la cual indica que existirá perturbación en la visión de las personas en el área de trabajo cuando el valor medido de PST sea igual o mayor a 1 (uno) durante un tiempo de observación de 10 (diez) minutos. Las Variaciones para cada una de las líneas son las siguientes:

- **Línea 1:** el nivel de PST máximo medido fue de 1.7100, mientras que el promedio de todo el período de medición fue de 0.2262, para descartar así presencia de afectación severa para el personal del área alimentada a pesar del pico de $PST=1.71$ medido.

- **Línea 2:** el nivel de PST máximo medido fue de 1.500, mientras que el promedio de todo el período de medición fue de 0.2106, para descartar así presencia de afectación severa para el personal del área alimentada a pesar del pico de $PST=1.50$ medido.

Línea 3: el nivel de PST máximo medido fue de 1.4500, mientras que el promedio de todo el período de medición fue de 0.1984, para descartar así presencia de afectación severa para el personal a pesar del pico obtenido de $PST=1,45$.

4.5.3.6. Mediciones de Factor de Potencia.

4.5.3.6.1. Resultados Obtenidos

En la tabla 4.37, se muestran los valores máximos, mínimos y promedio obtenidos durante el período de medición, además de mostrar la cantidad de muestras tomadas.

Tabla 4.37. Resumen de Resultados de Factor de Potencia

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Muestras	Unidad
PF Linea1	13/03/2009	10:05:00.00 a.m.	0.875432	0.828000	0.921000	21540	Adim.
PF Linea2	13/03/2009	10:05:00.00 a.m.	0.898945	0.857000	0.942000	21540	Adim.
PF Linea3	13/03/2009	10:05:00.00 a.m.	0.854822	0.820000	0.891000	21540	Adim.

En la tabla 4.38 se presentan valores tomados en cada hora durante el período de medición del circuito A-180, los cuales se corresponden claramente con la gráfica 4.26.

Tabla 4.38. Muestra por hora de Factor de Potencia en líneas A-180

Fecha de la Medida	Hora de la Medida	PF Linea1	Unid.	PF Linea2	Unid.	PF Linea3
13/03/2009	10:05:00 AM + .000500	0,860		0,879		0,849
13/03/2009	11:05:00 AM + .000500	0,840		0,860		0,832
13/03/2009	12:05:00 PM + .000500	0,851		0,873		0,838
13/03/2009	1:05:00 PM + .000500	0,835		0,857		0,825
13/03/2009	2:05:00 PM + .000500	0,838		0,858		0,828
13/03/2009	3:05:00 PM + .000500	0,839		0,859		0,829
13/03/2009	4:05:00 PM + .000500	0,840		0,863		0,830
13/03/2009	5:05:00 PM + .000500	0,852		0,875		0,842
13/03/2009	6:05:00 PM + .000500	0,881		0,880		0,859

13/03/2009	7:05:00 PM + .000500	0,849		0,909		0,840
13/03/2009	8:05:00 PM + .000500	0,859		0,882		0,838
13/03/2009	9:05:00 PM + .000500	0,860		0,890		0,839
13/03/2009	10:05:00 PM + .000500	0,862		0,895		0,841
13/03/2009	11:05:00 PM + .000500	0,869		0,889		0,840
14/03/2009	12:05:00 AM + .000500	0,870		0,90		0,849
14/03/2009	1:05:00 AM + .000500	0,880		0,908		0,850
14/03/2009	2:05:00 AM + .000500	0,883		0,910		0,858
14/03/2009	3:05:00 AM + .000500	0,885		0,918		0,861
14/03/2009	4:05:00 AM + .000500	0,891		0,920		0,863
14/03/2009	5:05:00 AM + .000500	0,899		0,929		0,869
14/03/2009	6:05:00 AM + .000500	0,90		0,931		0,875
14/03/2009	7:05:00 AM + .000500	0,909		0,936		0,878
14/03/2009	8:05:00 AM + .000500	0,921		0,935		0,874
14/03/2009	9:05:00 AM + .000500	0,920		0,940		0,882
14/03/2009	10:05:00 AM + .000500	0,892		0,922		0,891
14/03/2009	11:05:00 AM + .000500	0,874		0,917		0,869
14/03/2009	12:05:00 PM + .000500	0,860		0,910		0,855
14/03/2009	1:05:00 PM + .000500	0,841		0,890		0,838
14/03/2009	2:05:00 PM + .000500	0,838		0,871		0,828
14/03/2009	3:05:00 PM + .000500	0,879		0,869		0,859
14/03/2009	3:59:55 PM +	0,889		0,917		0,858

	.000500				
--	---------	--	--	--	--

En la figura 4.26, se muestra el perfil del factor de potencia obtenido durante la medición del circuito A-180

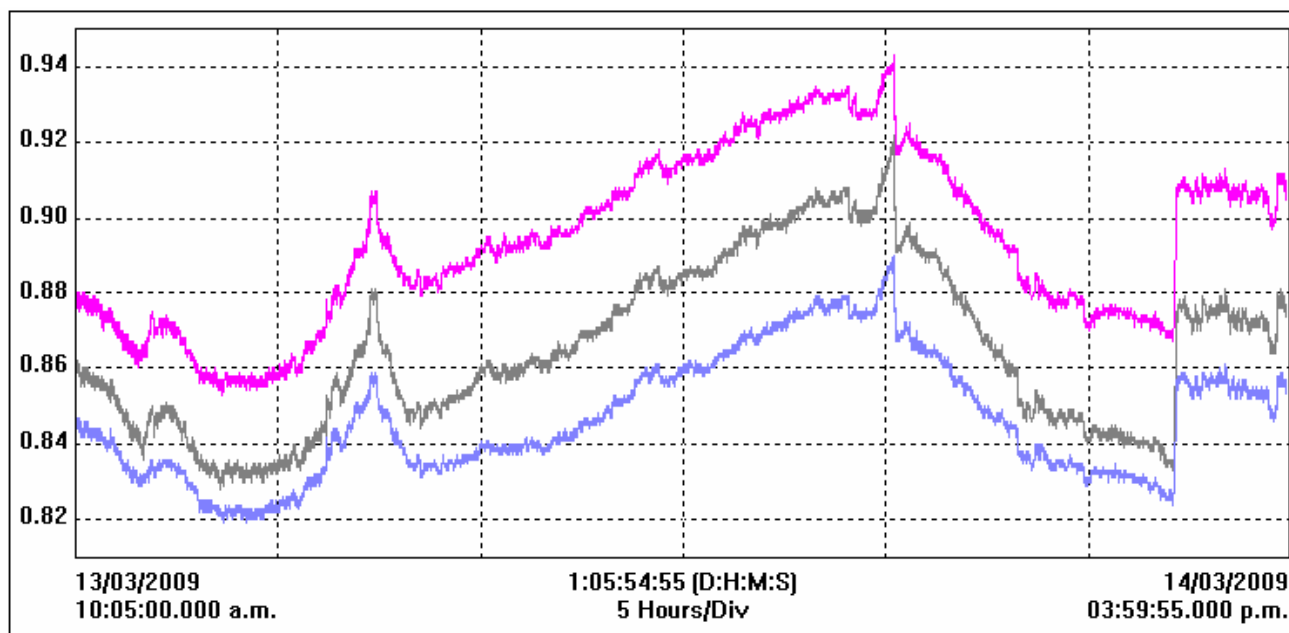


Figura. 4.26. Perfil de Factor de Potencia Circuito A-180.

4.5.1.6.2. Observaciones

Las mediciones del factor de potencia del circuito A-180 hechas durante 29 horas aproximadamente muestran que los valores promedio de dos de las líneas se encuentran por debajo de lo mínimo establecido por la norma PDVSA N-252. Esta norma establece que el factor de potencia de la carga de todo sistema no debe ser menor a 0.90 en atraso.

Otra consideración que refleja la norma **PDVSA N-252** es que el factor de potencia de la subestación principal conectada a la red de potencia no debe ser menor a un promedio de 0.90 durante 15 minutos. En este caso esta consideración no aplica

debido a que el A-180 es un circuito ramal. Solo se tomará en cuenta esta consideración para la medición realizada en la llegada del alimentador de la subestación correspondiente al circuito D-304.

Las Variaciones para cada una de las líneas son las siguientes:

- **Línea 1:** El Factor de Potencia máximo medido fue de 0.9210, el valor mínimo fue de 0.82800, mientras que el promedio de todo el período de medición fue de 0.875432, por lo que se puede considerar que no cumple con la norma PDVSA N-252. En la figura 4.26. se puede observar que el factor de potencia de esta línea (color gris) se mantuvo en el intermedio respecto a las otras dos líneas.

- **Línea 2:** El Factor de Potencia máximo medido fue de 0.9420, el valor mínimo fue de 0.8570, mientras que el promedio de todo el período de medición fue de 0.898945, lo que significa una violación de la norma PDVSA N-252. En la figura 4.26. se puede observar que el factor de potencia de esta línea (color rojo) se mantuvo siempre por encima respecto a las otras dos líneas.

Línea 3: El Factor de Potencia máximo medido fue de 0.8910, el valor mínimo fue de 0.8200, mientras que el promedio de todo el período de medición fue de 0.854822, lo que representa una violación al cumplimiento de la norma PDVSA N-252. En la figura 4.26., se puede observar que el factor de potencia de esta línea (color azul) se mantuvo siempre por debajo respecto a las otras dos líneas.

4.5.3.7. Resumen de Parámetros circuito A-180.

A continuación se muestra una tabla resumen de los resultados de todos los parámetros de calidad de energía considerados en la medición para este circuito.

Tabla 4.39. Resumen de Medición A-180

Parámetro	# Muestras	Prom. Línea 1	Prom. Línea 2	Prom. Línea 3	Límite	Norma PQ	Recomendación
Frecuencia	21540	59.993Hz	59,993 Hz	59,993 Hz	58.8-61.2 Hz	PDVSA N-201	Ninguna
Voltaje	21540	478.601V	482.971 V	471.244 V	456-504 V	PDVSA N-252	Corregir: Sobre voltaje Bajo voltaje
THD	21540	0,7042%	0,8146%	0,6385%	5%	IEEE STD 519	Ninguna
Uunb	21540	1,3325%	1,3325%	1,3325%	2%	IEEE STD 1159	Ninguna
Flicker	21540	0,226183	0,210675	0,198356	1	IEEE 1543	Ninguna
F.P	21540	0.875432	0.898945	0.854822	>0.90	PDVSA N-252	Corregir factor

4.5.4. Circuito E-280

Como es mostrado en la Figura. 4.27., el circuito E-280 trabaja con tensiones de e voltios como valor nominal y está conformado por las siguientes cargas:

- Alimentador de Chiller 1.
- Alimentador de Chiller 2.

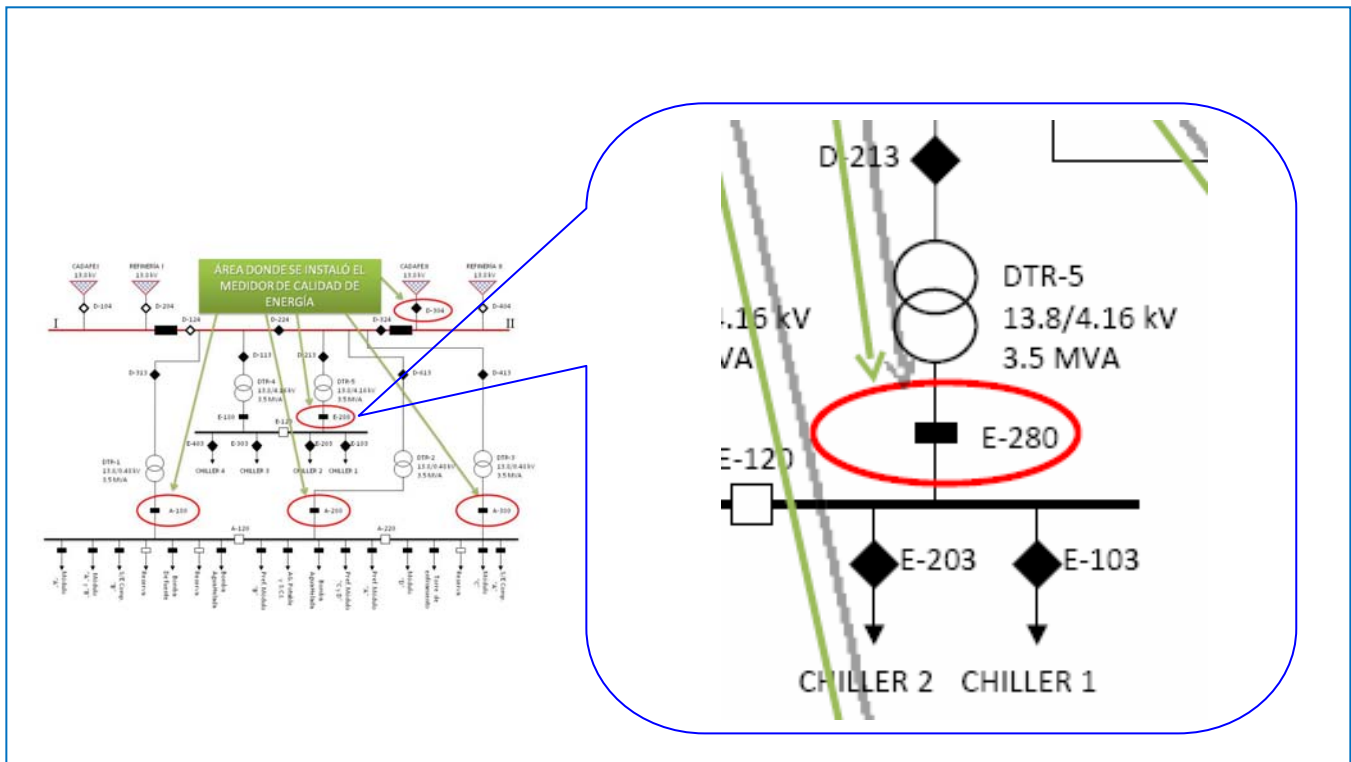


Figura. 4.27. Circuito E-280.

De igual manera en el circuito E-280 se realizaron mediciones de los siguientes parámetros:

- ✓ Frecuencia
- ✓ Voltaje
- ✓ Distorsión armónica
- ✓ Desbalance de fases
- ✓ Flickers
- ✓ Factor de potencia

4.5.4.1. Mediciones de Frecuencia

Las mediciones de frecuencia en el circuito A-180 se llevaron a cabo a lo largo de 30 horas aproximadamente.

4.5.4.1.1. Resultados Obtenidos

En la tabla 4.40, se muestran los resultados obtenidos de las mediciones de frecuencia realizados en el circuito E-280, los días lunes y martes de fecha 16 y 17 del mes de marzo del presente año

Tabla 4.40. Resumen de Resultados de Medición de Frecuencia

Nombre	Fecha	Hora	Duración	Unidads.	Prom	Min	Max	Muestras	Unidad
HZ	16/03/2009	08:10:00 a.m	1:05:55:00	(D:H:M:S)	59,9926	59,870	60,0900	22920	HZ

En la tabla 4.41, se muestran los valores de frecuencia tomados con diferencia de una hora entre cada toma de datos en el circuito E-280.

Tabla 4.41. Muestra por hora de Frecuencia en líneas E-280

Fecha de la Medida	Hora de la Medida	Hz	Unid.
16/03/2009	8:10:00 AM + .000500	60,02	Hz
16/03/2009	9:10:00 AM + .000500	59,99	Hz
16/03/2009	10:10:00 AM + .000500	59,93	Hz
16/03/2009	11:10:00 AM + .000500	60	Hz
16/03/2009	12:10:00 PM + .000500	59,98	Hz
16/03/2009	1:10:00 PM + .000500	59,99	Hz

16/03/2009	2:10:00 PM + .000500	59,99	Hz
16/03/2009	3:10:00 PM + .000500	59,99	Hz
16/03/2009	4:10:00 PM + .000500	60	Hz
16/03/2009	5:10:00 PM + .000500	59,98	Hz
16/03/2009	6:10:00 PM + .000500	60	Hz
16/03/2009	7:10:00 PM + .000500	59,99	Hz
16/03/2009	8:10:00 PM + .000500	59,99	Hz
16/03/2009	9:10:00 PM + .000500	59,99	Hz
16/03/2009	10:10:00 PM + .000500	59,98	Hz
16/03/2009	11:10:00 PM + .000500	60	Hz
17/03/2009	12:10:00 AM + .000500	59,98	Hz
17/03/2009	1:10:00 AM + .000500	59,99	Hz
17/03/2009	2:10:00 AM + .000500	59,99	Hz
17/03/2009	3:10:00 AM + .000500	60	Hz
17/03/2009	4:10:00 AM + .000500	59,99	Hz
17/03/2009	5:10:00 AM + .000500	59,97	Hz
17/03/2009	6:10:00 AM + .000500	60,01	Hz
17/03/2009	7:10:00 AM + .000500	60	Hz
17/03/2009	8:10:00 AM + .000500	59,98	Hz
17/03/2009	9:10:00 AM + .000500	59,95	Hz
17/03/2009	10:10:00 AM + .000500	59,98	Hz
17/03/2009	11:10:00 AM + .000500	59,98	Hz
17/03/2009	12:10:00 PM + .000500	59,99	Hz
17/03/2009	1:10:00 PM + .000500	60,01	Hz
17/03/2009	2:10:00 PM + .000500	60,01	Hz
17/03/2009	3:10:00 PM + .000500	59,98	Hz
17/03/2009	3:59:55 PM + .000500	60,02	Hz

En la figura 4.28, se muestra el perfil de frecuencia obtenido durante el período completo de medición, en el cual se pueden observar los detalles de las variaciones registrada tanto en función de la magnitud como a través del tiempo.

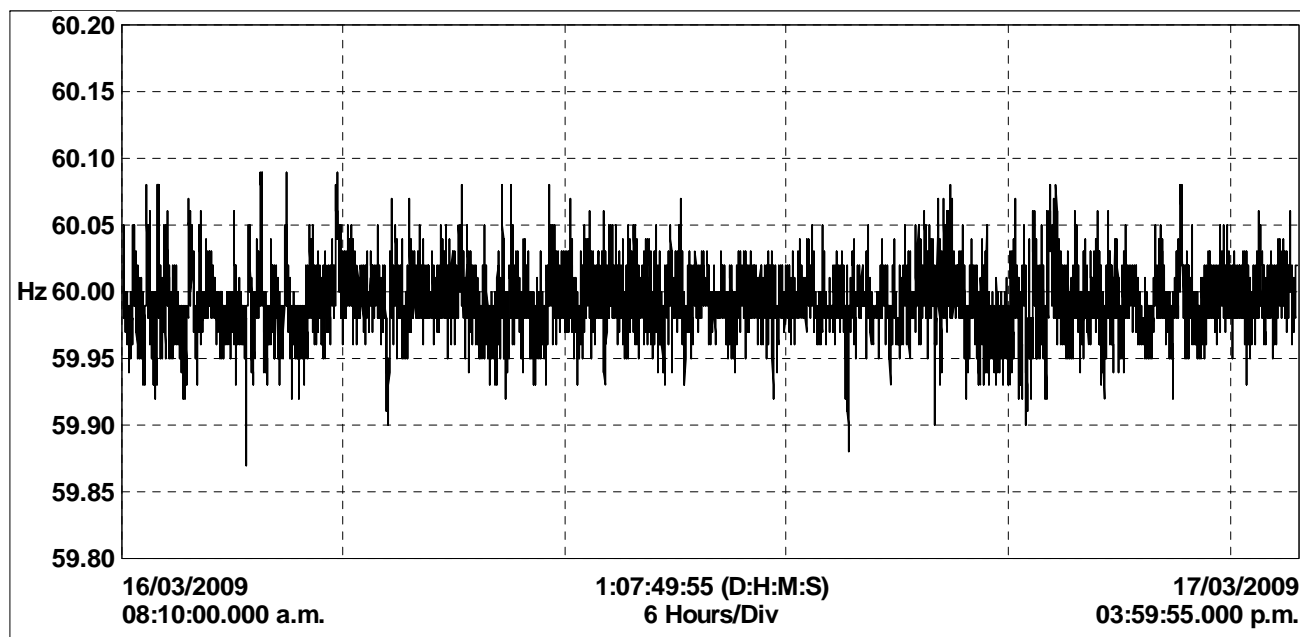


Figura. 4.28. Perfil de Frecuencia Circuito E-280

4.5.4.1.2. Observaciones

Los resultados de esta medición revelan que el valor promedio de frecuencia (Prom) fue de 59,993 Hz, lo cual indica una variación respecto a la fundamental de (-) 0,0116 %.

El valor mínimo alcanzado durante el período de medición fue 59,870 Hz, lo que representa una variación de 0,217 %. El valor máximo alcanzado fue de 60,090 Hz, es decir una variación de 0,15 %.

La norma PDVSA N-201, establece que la máxima variación de la frecuencia fundamental permitida es de 2 %. Claramente se puede observar que los niveles de

variación de frecuencia del circuito E-280 no alcanzan los límites impuestos por la norma N-201 de PDVSA.

4.5.4.2. Mediciones de Voltaje

Las mediciones de voltajes se llevaron a cabo mediante la utilización del equipo analizador, el cual fue conectado en la celda de control del centro de carga de 4160 voltios, donde existe un transformador de potencial de 4160/110 voltios.

4.5.4.2.1. Resultados Obtenidos

Tabla 4.42. Resumen de Resultados de Medición de Voltaje

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Muestras	Unidad
Urms Linea1	16/03/2009	08:10:00. a.m.	114.3785	107.6000	119.5000	22920	Voltios
Urms Linea2	16/03/2009	08:10:00. a.m.	113.1824	106.4000	118.5000	22920	Voltios
Urms Linea3	16/03/2009	08:10:00. a.m.	111.5759	104.9000	117.1000	22920	Voltios

En la tabla 4.43 se muestran los valores de variación de voltaje tomados con diferencia de una hora entre cada toma de datos en el circuito E-280

Tabla 4.43. Muestra por hora de Voltajes en líneas E-280

Fecha de la Medida	Hora de la Medida	Urms Linea1	Unid.	Urms Linea2	Unid.	Urms Linea3	Unid.
16/03/2009	8:10:00 AM + .000500	113,6	V	112,6	V	111,3	V
16/03/2009	9:10:00 AM + .000500	112,6	V	111,6	V	110,3	V
16/03/2009	10:10:00 AM + .000500	110,9	V	109,8	V	108,5	V

16/03/2009	11:10:00 AM + .000500	109,3	V	108,1	V	106,7	V
16/03/2009	12:10:00 PM + .000500	107,9	V	106,7	V	105,2	V
16/03/2009	1:10:00 PM + .000500	113	V	111,7	V	110,1	V
16/03/2009	2:10:00 PM + .000500	113,5	V	112,2	V	110,6	V
16/03/2009	3:10:00 PM + .000500	113,9	V	112,6	V	111	V
16/03/2009	4:10:00 PM + .000500	114,5	V	113,2	V	111,7	V
16/03/2009	5:10:00 PM + .000500	115	V	113,7	V	112,2	V
16/03/2009	6:10:00 PM + .000500	114,4	V	113	V	111,2	V
16/03/2009	7:10:00 PM + .000500	115,5	V	114,2	V	112,1	V
16/03/2009	8:10:00 PM + .000500	116	V	114,7	V	112,6	V
16/03/2009	9:10:00 PM + .000500	115,9	V	114,7	V	112,5	V
16/03/2009	10:00:00 PM + .000500	116,1	V	114,9	V	112,7	V
16/03/2009	11:10:00 PM + .000500	114	V	112,9	V	110,9	V
17/03/2009	12:10:00 AM + .000500	115,1	V	114	V	112,1	V
17/03/2009	1:10:00 AM + .000500	115,7	V	114,6	V	112,8	V
17/03/2009	2:10:00 AM + .000500	116,7	V	115,5	V	113,8	V
17/03/2009	3:10:00 AM + .000500	117	V	116	V	114,2	V
17/03/2009	4:10:00 AM + .000500	117,4	V	116,3	V	114,7	V
17/03/2009	5:10:00 AM + .000500	117,6	V	116,6	V	115	V
17/03/2009	6:10:00 AM + .000500	118,4	V	117,4	V	115,8	V
17/03/2009	7:10:00 AM + .000500	118,6	V	117,6	V	116,2	V
17/03/2009	8:10:00 AM + .000500	116,3	V	115,2	V	113,9	V
17/03/2009	9:10:00 AM + .000500	115,7	V	114,6	V	113,4	V
17/03/2009	10:10:00 AM +	114,5	V	113,4	V	112,1	V

	.000500						
17/03/2009	11:10:00 AM + .000500	113,6	V	112,3	V	111,1	V
17/03/2009	12:10:00 PM + .000500	112,9	V	111,7	V	110,2	V
17/03/2009	1:10:00 PM + .000500	110,7	V	109,5	V	107,9	V
17/03/2009	2:10:00 PM + .000500	110,4	V	109,1	V	107,5	V
17/03/2009	3:10:00 PM + .000500	110,1	V	108,8	V	107,3	V
17/03/2009	3:59:55 PM + .000500	111,2	V	109,9	V	108,4	V

En la figura 4.29, se muestra el perfil de voltaje obtenido durante el período completo de medición, en el cual se pueden observar los detalles de las variaciones registradas tanto en función del tiempo, el cual de aproximadamente 31 horas de medición continua como también respecto a las magnitudes registradas cada cinco segundos, según fue programado el equipo analizador para llevar a cabo esta tarea.

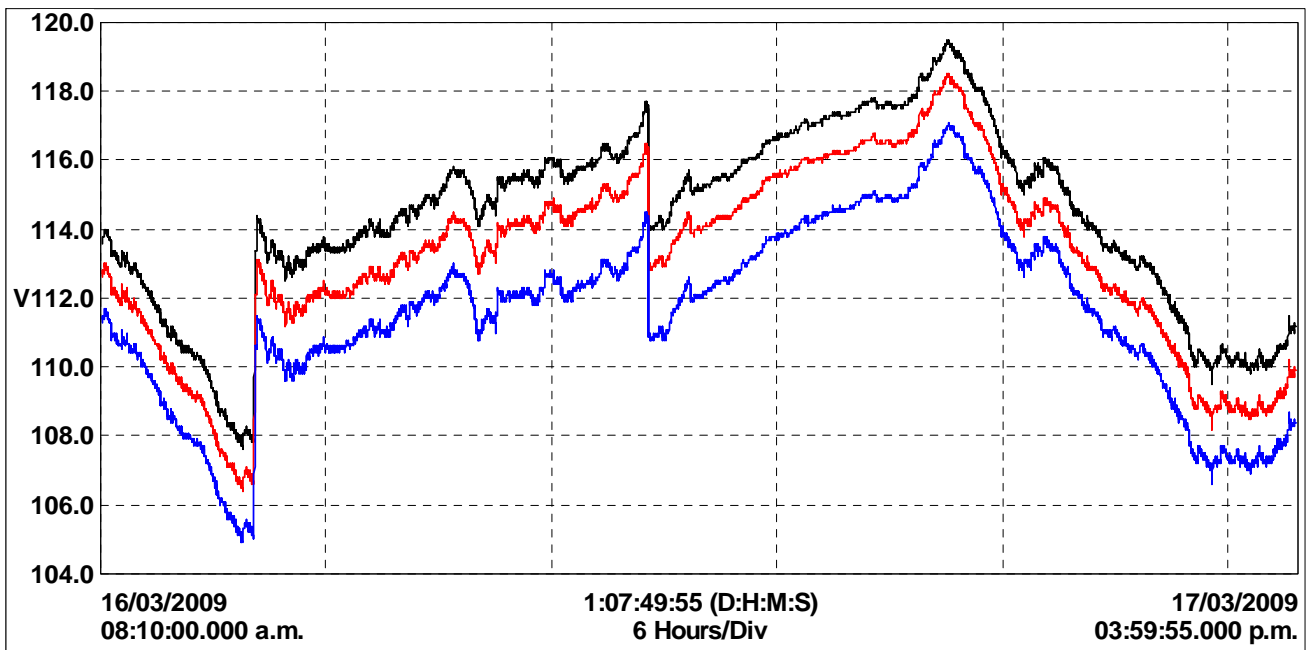


Figura. 4.29. Perfil de Tensión Circuito E-280

4.5.4.2.2. Observaciones

Los resultados de esta medición nos muestra que los valores máximos y mínimos obtenidos durante las 32 horas aproximadamente que estuvo conectado el equipo, no sobrepasan el $\pm 10\%$ del voltaje nominal (110 V, del lado de baja del T.P), por lo tanto se considera que no existe variación significativa del voltaje para determinar algún “Sag o swell” de tensión. Esta condición la establece la norma IEEE 1159-1195, la cual indica que existirá un “Sag” o “Swell” de tensión cuando el voltaje RMS medido durante un intervalo que va desde 0.5 ciclos (8 milisegundos aprox.) hasta 1 minuto, esté por debajo del 90 % para los Sag y por encima del 110 % para los Swell del voltaje nominal.

Las desviaciones para cada una de las líneas son las siguientes:

- **Línea 1:** el voltaje RMS máximo medido fue de 119.500 V, siendo esto el 8,636 % sobre el voltaje nominal de 110 V, para descartar así presencia de “Swell”. El valor mínimo medido en “Línea 1” fue de 107.60 V representando el 2,182 % por debajo del voltaje nominal de 110 V, para descartar de esta manera presencia de “Sag”. El valor promedio fue de 114.379 V. Estos niveles indican un claro sobre voltaje, ya que se excede el +5% máximo permitido. El bajo voltaje no se presentó en la línea, ya que no se excede el -5% del voltaje nominal de la misma.

- **Línea 2:** el voltaje RMS máximo medido fue de 118.500 V, siendo esto el 7,727 % sobre el voltaje nominal de 110 V, para descartar así presencia de “Swell”.

El valor mínimo medido en “Línea 2” fue de 106.400 V representando el 3,273 % por debajo del voltaje nominal de 110 V, para descartar de esta manera presencia de “Sag”. El valor promedio fue de 113.182 V. Estos niveles indican un claro sobre voltaje, ya que se excede el +5% máximo permitido. El bajo voltaje no se presentó en la línea, ya que no se excede el -5% del voltaje nominal de la misma.

- **Línea 3:** el voltaje RMS máximo medido fue de 117.100 V, siendo esto el 6,455 % sobre el voltaje nominal de 110 V, para descartar así presencia de “Swell”. El valor mínimo medido en “Línea 3” fue de 104.900 V representando el 4,636 % por debajo del voltaje nominal de 110 V, para descartar de esta manera presencia de “Sag”. El valor promedio fue de 111.576 V. Estos niveles indican un claro sobre voltaje, ya que se excede el +5% máximo permitido. El bajo voltaje no se presentó en la línea, ya que no se excede el -5% del voltaje nominal de la misma.

4.5.4.3. Mediciones de Distorsión Armónica

4.5.4.3.1. Resultados Obtenidos

En la tabla 4.44, se muestran los valores máximos, mínimos y promedio obtenidos de las mediciones de distorsión armónica realizados en el circuito A-180, los días lunes y martes de fecha 16 y 17 del mes de marzo del presente año

Tabla 4.44. Resumen de Resultados de Medición de UTHD

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Muestras	Unidad
Uthd Linea1	16/03/2009	08:10:00. a.m.	1.757299	0.7000	3.4000	22920	%
Uthd Linea2	16/03/2009	08:10:00. a.m.	1.454503	0.7000	3.1000	22920	%
Uthd Linea3	16/03/2009	08:10:00. a.m.	1.428770	0.7000	2.8000	22920	%

Tabla 4.45. Muestra por hora de UTHD en líneas E-280

Fecha de la Medida	Hora de la Medida	Uthd Linea1	Unid.	Uthd Linea2	Unid.	Uthd Linea3	Unid.
16/03/2009	8:10:00 AM + .000500	1,3	%	1,2	%	1,1	%
16/03/2009	9:10:00 AM + .000500	1,4	%	1	%	1,2	%
16/03/2009	10:10:00 AM + .000500	1,5	%	1,1	%	1,2	%
16/03/2009	11:10:00 AM + .000500	1,4	%	0,9	%	1,1	%
16/03/2009	12:10:00 PM + .000500	1,4	%	0,8	%	0,9	%
16/03/2009	1:10:00 PM + .000500	1,4	%	1,2	%	1,2	%
16/03/2009	2:10:00 PM + .000500	1,5	%	1,3	%	1,3	%
16/03/2009	3:10:00 PM + .000500	1,5	%	1,3	%	1,1	%
16/03/2009	4:10:00 PM + .000500	1,5	%	1,3	%	1,1	%
16/03/2009	5:10:00 PM + .000500	1,5	%	1,3	%	1,1	%
16/03/2009	6:10:00 PM + .000500	1,3	%	1,2	%	0,9	%
16/03/2009	7:10:00 PM + .000500	1,5	%	1,5	%	1,2	%
16/03/2009	8:10:00 PM + .000500	1,7	%	1,6	%	1,3	%
16/03/2009	9:10:00 PM + .000500	1,8	%	1,6	%	1,3	%
16/03/2009	10:10:00 PM + .000500	1,9	%	1,7	%	1,3	%
16/03/2009	11:10:00 PM + .000500	1,3	%	1,1	%	0,9	%
17/03/2009	12:10:00 AM + .000500	1,5	%	1,3	%	1,2	%
17/03/2009	1:10:00 AM + .000500	1,7	%	1,5	%	1,3	%
17/03/2009	2:10:00 AM + .000500	1,9	%	1,8	%	1,6	%
17/03/2009	3:10:00 AM + .000500	2,1	%	1,8	%	1,6	%
17/03/2009	4:10:00 AM + .000500	2,3	%	2,1	%	2	%
17/03/2009	5:10:00 AM + .000500	2,4	%	2,1	%	1,9	%
17/03/2009	6:10:00 AM + .000500	2,7	%	2,6	%	2,3	%

17/03/2009	7:10:00 AM + .000500	2,8	%	2,5	%	2,3	%
17/03/2009	8:10:00 AM + .000500	2,4	%	1,8	%	2	%
17/03/2009	9:10:00 AM + .000500	2,2	%	1,3	%	1,7	%
17/03/2009	10:10:00 AM + .000500	1,4	%	1,2	%	1,1	%
17/03/2009	11:10:00 AM + .000500	1,5	%	1,1	%	1,4	%
17/03/2009	12:10:00 PM + .000500	1,3	%	1	%	1,2	%
17/03/2009	1:10:00 PM + .000500	1,9	%	1,3	%	1,7	%
17/03/2009	2:10:00 PM + .000500	1,8	%	1,2	%	1,5	%
17/03/2009	3:10:00 PM + .000500	1,1	%	0,9	%	1	%
17/03/2009	3:59:55 PM + .000500	1,4	%	1,1	%	1,2	%

En la figura 4.30, se muestra el perfil de distorsión armónica obtenido durante el período completo de medición, en el cual se pueden observar los detalles de las variaciones registradas.

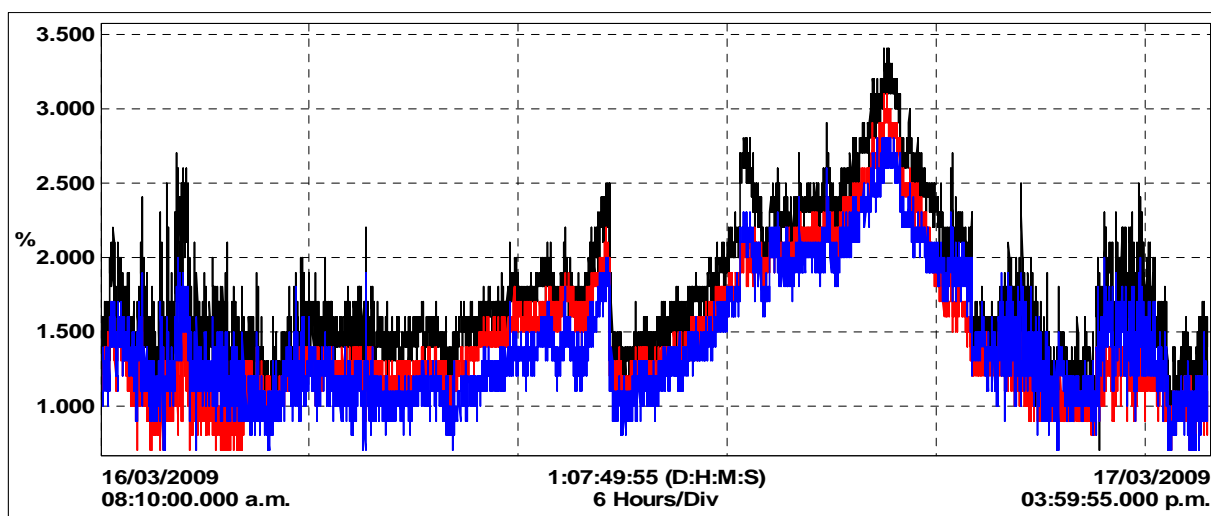


Figura. 4.30. Perfil de Distorsión Armónica Circuito E-280

4.5.4.3.2. Observaciones

Los resultados de esta medición nos muestra que los valores máximos obtenidos durante las 32 horas aproximadamente que estuvo conectado el equipo, no

sobrepasan el límite recomendado por la norma IEEE 519, la cual establece un máximo de 5 % de distorsión armónica total de voltaje para sistemas de hasta 69 KV.

- **Línea 1:** el valor promedio obtenido de distorsión armónica total de voltaje (Uthd) fue de 1,7573 %. El valor máximo registrado fue de 3,40 %, mientras que el mínimo fue de 0,70 %. Con estos resultados se descarta la violación de la norma IEE 519, la cual permite máximo 5% de Uthd.

- **Línea 2:** el valor promedio obtenido de distorsión armónica total de voltaje (Uthd) fue de 1,4545 %. El valor máximo registrado fue de 2,80 %, mientras que el mínimo fue de 0,70 %. Con estos resultados se descarta la violación de la norma IEE 519, la cual permite máximo 5% de Uthd.

- **Línea 3:** el valor promedio obtenido de distorsión armónica total de voltaje (Uthd) fue de 1,4288 %. El valor máximo registrado fue de 1,50 %, mientras que el mínimo fue de 0,70 %. Con estos resultados se descarta la violación de la norma IEE 519, la cual permite máximo 5% de Uthd.

4.5.4.4. Mediciones de Desbalance

4.5.4.4.1. Resultados Obtenidos

En la tabla 4.46, se muestran los valores mínimos, máximos y promedio de desbalance del circuito E-280

Tabla 4.46. Resumen de Resultados de Medición de Desbalance

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Muestras	Unidad
Uunb(IEEE)	16/03/2009	08:10:00. a.m	1.299935	1,00000	1,7000	22920	%

En la tabla 4.47, se muestran los valores por hora de los datos de desbalance obtenidos durante el período de medición con respecto al tiempo de medición así como también a la cantidad de variaciones en magnitud de dicho desbalance en este circuito.

Tabla 4.47. Muestra por hora de Uunb en líneas E-280

Fecha de la Medida	Hora de la Medida	Uunb(IEEE)	Unid.
16/03/2009	8:10:00 AM + .000500	1,1	%
16/03/2009	9:10:00 AM + .000500	1,1	%
16/03/2009	10:10:00 AM + .000500	1,1	%
16/03/2009	11:10:00 AM + .000500	1,2	%
16/03/2009	12:10:00 PM + .000500	1,3	%
16/03/2009	1:10:00 PM + .000500	1,3	%
16/03/2009	2:10:00 PM + .000500	1,3	%
16/03/2009	3:10:00 PM + .000500	1,3	%
16/03/2009	4:10:00 PM + .000500	1,3	%
16/03/2009	5:10:00 PM + .000500	1,3	%
16/03/2009	6:10:00 PM + .000500	1,5	%
16/03/2009	7:10:00 PM + .000500	1,6	%
16/03/2009	8:10:00 PM + .000500	1,6	%
16/03/2009	9:10:00 PM + .000500	1,6	%
16/03/2009	10:10:00 PM + .000500	1,6	%
16/03/2009	11:10:00 PM + .000500	1,5	%
17/03/2009	12:10:00 AM + .000500	1,4	%
17/03/2009	1:10:00 AM + .000500	1,4	%
17/03/2009	2:10:00 AM + .000500	1,3	%
17/03/2009	3:10:00 AM + .000500	1,3	%

	.000500		
17/03/2009	4:10:00 AM + .000500	1,2	%
17/03/2009	5:10:00 AM + .000500	1,2	%
17/03/2009	6:10:00 AM + .000500	1,2	%
17/03/2009	7:10:00 AM + .000500	1,1	%
17/03/2009	8:10:00 AM + .000500	1,1	%
17/03/2009	9:10:00 AM + .000500	1	%
17/03/2009	10:10:00 AM + .000500	1,1	%
17/03/2009	11:10:00 AM + .000500	1,1	%
17/03/2009	12:10:00 PM + .000500	1,3	%
17/03/2009	1:10:00 PM + .000500	1,3	%
17/03/2009	2:10:00 PM + .000500	1,4	%
17/03/2009	3:10:00 PM + .000500	1,3	%
17/03/2009	3:59:55 PM + .000500	1,3	%

En la figura 4.31, se muestra el perfil de desbalance del sistema obtenido durante el período completo de medición, en el cual se pueden observar los detalles de las variaciones registradas

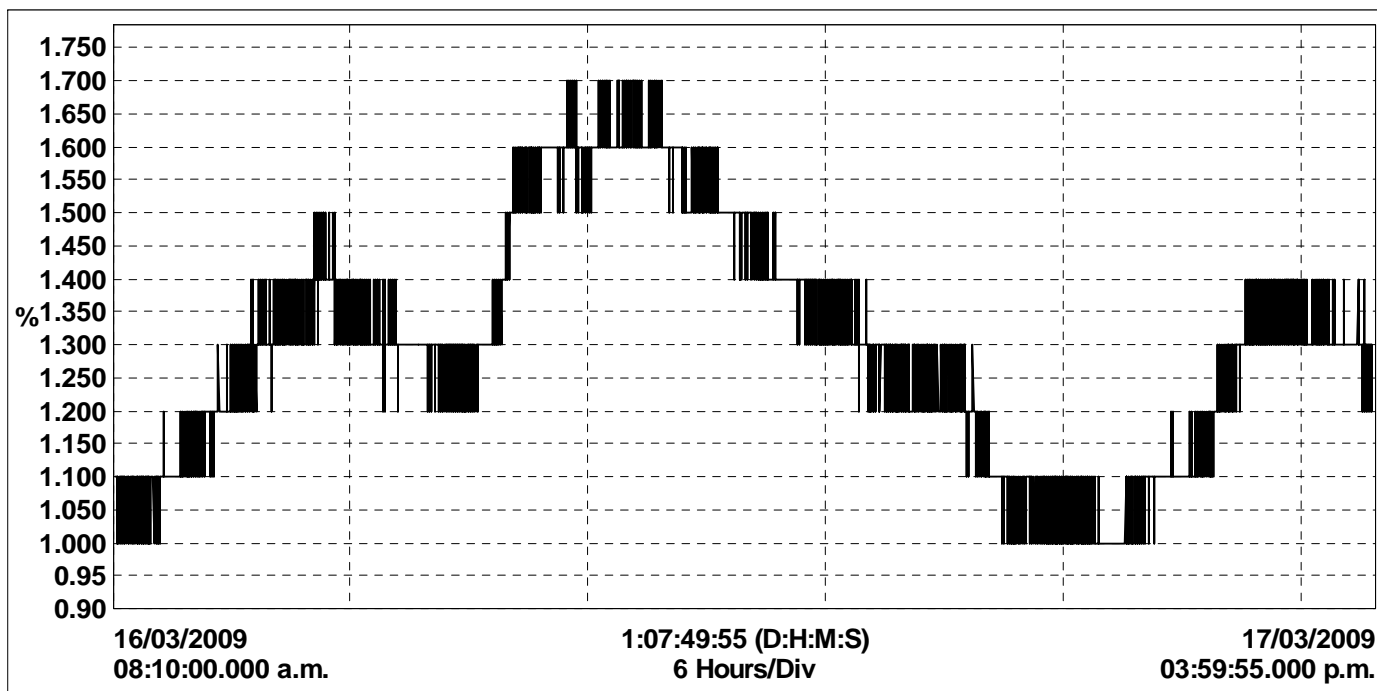


Figura. 4.31. Perfil de Desbalance Circuito E-280.

4.5.4.4.2. Observaciones

Los resultados de esta medición nos muestran que los valores máximos obtenidos durante las 32 horas aproximadamente que estuvo conectado el equipo, no sobrepasan el límite recomendado por la norma *IEEE 1159*, la cual establece un máximo de 2 % desbalance de fases.

La tabla 4.46 señala los niveles promedio, mínimo y máximo como: 1,2999; 1,0000; 1,700 respectivamente, ubicándose dentro de los niveles máximos permitidos por la norma IEEE.

4.5.4.5. Mediciones de Flickers

4.5.4.5.1. Resultados Obtenidos

En la tabla 4.48, se muestran los valores máximos, mínimos y promedio obtenidos durante el período de medición

Tabla 4.48. Resumen de Resultados de Medición de Flicker

Vflk Linea3	16/03/2009	08:10:00. a.m	0.037005	0.0000	0.940000	22920	Adim.
Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Muestras	Unidad
Vflk Linea1	16/03/2009	08:10:00. a.m	0.028303	0.0000	0.320000	22920	Adim.
Vflk Linea2	16/03/2009	08:10:00. a.m	0.028303	0.0000	0.640000	22920	Adim.

En la tabla 4.49 se presentan valores tomados en cada hora durante el período de medición del circuito E-280

Tabla 4.49. Muestra por hora de Flicker en líneas E-280

Fecha de la Medida	Hora de la Medida	Vflik Linea1	Vflik Linea2	Vflik Linea3
16/03/2009	8:10:00 AM + .000500	0,94	0,32	0,64
16/03/2009	9:10:00 AM + .000500	0	0	0
16/03/2009	10:10:00 AM + .000500	0	0	0
16/03/2009	11:10:00 AM + .000500	0	0	0
16/03/2009	12:10:00 PM + .000500	0	0	0
16/03/2009	1:10:00 PM + .000500	0	0	0
16/03/2009	2:10:00 PM + .000500	0	0,04	0
16/03/2009	3:10:00 PM + .000500	0,04	0	0
16/03/2009	4:10:00 PM + .000500	0	0,04	0,04
16/03/2009	5:10:00 PM + .000500	0,05	0,04	0,04
16/03/2009	6:10:00 PM + .000500	0	0,04	0,04
16/03/2009	7:10:00 PM + .000500	0,05	0,05	0
16/03/2009	8:10:00 PM + .000500	0,04	0,04	0,04
16/03/2009	9:10:00 PM + .000500	0,04	0,05	0,04
16/03/2009	10:10:00 PM + .000500	0,06	0,07	0,06
16/03/2009	11:10:00 PM + .000500	0	0,04	0,04
17/03/2009	12:10:00 AM + .000500	0,05	0,04	0,04
17/03/2009	1:10:00 AM + .000500	0,06	0,06	0,07
17/03/2009	2:10:00 AM + .000500	0,06	0,08	0,07
17/03/2009	3:10:00 AM + .000500	0,05	0,04	0,08

	.000500			
17/03/2009	4:10:00 AM + .000500	0,05	0,04	0,06
17/03/2009	5:10:00 AM + .000500	0,07	0,05	0,09
17/03/2009	6:10:00 AM + .000500	0,04	0,04	0,08
17/03/2009	7:10:00 AM + .000500	0,06	0,05	0,08
17/03/2009	8:10:00 AM + .000500	0,06	0,04	0,08
17/03/2009	9:10:00 AM + .000500	0,04	0,05	0,06
17/03/2009	10:10:00 AM + .000500	0	0,06	0,04
17/03/2009	11:10:00 AM + .000500	0	0	0,04
17/03/2009	12:10:00 PM + .000500	0	0	0
17/03/2009	1:10:00 PM + .000500	0	0	0,04
17/03/2009	2:10:00 PM + .000500	0	0	0
17/03/2009	3:10:00 PM + .000500	0	0	0
17/03/2009	3:59:55 PM + .000500	0	0	0

En la figura 4.32, se muestra el perfil de flicker del sistema obtenido durante el período completo de medición, en el cual se pueden observar los detalles de las variaciones registradas, las cuales se muestran muy poco concurrentes.

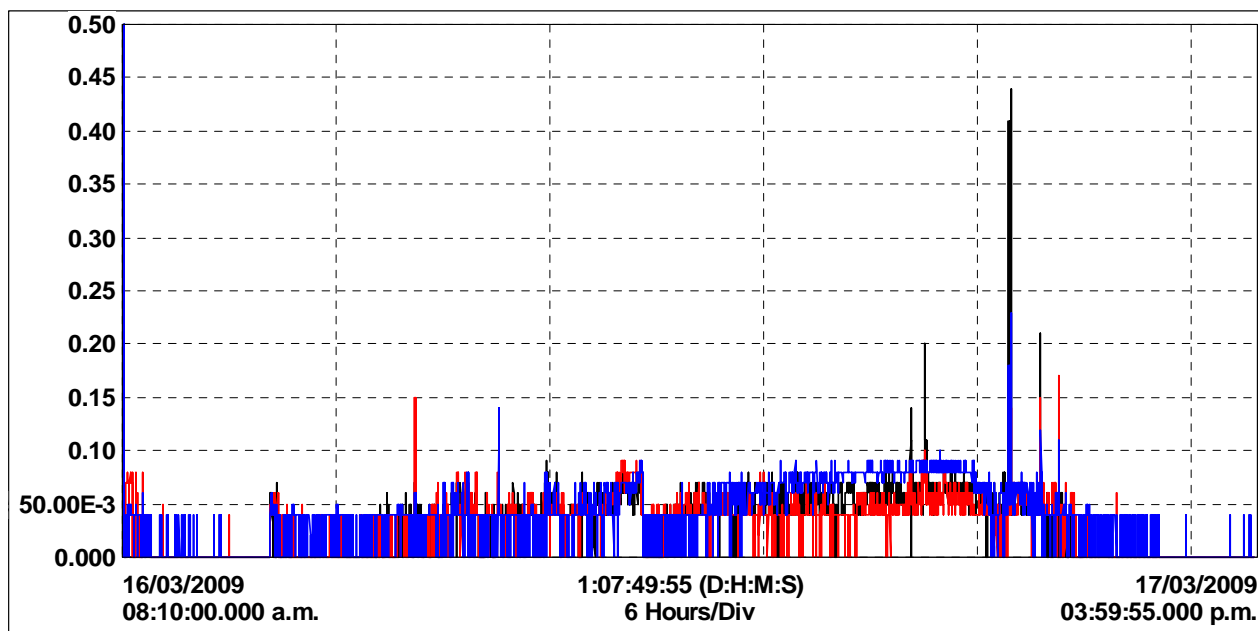


Figura. 4.32. Perfil de ocurrencia de Flicker Circuito E-280

4.5.4.5.2. Observaciones

Los resultados de esta medición nos muestra que los valores promedio obtenidos durante las 32 horas aproximadamente que estuvo conectado el equipo, no alcanza el valor de $PST=1$ en ningún momento, como se puede ver en la tabla 4.48., por lo que se considera que no existe afectación del flicker para la instalación de este circuito y sus usuarios.

Esta condición la establece la norma *IEC 61000-4-15 (2003-02)*, la cual indica que existirá perturbación en la visión de las personas en el área de trabajo cuando el valor medido de PST sea igual o mayor a 1 (uno) durante un tiempo de observación de 10 (diez) minutos.

Las Variaciones para cada una de las líneas son las siguientes:

- **Línea 1:** el nivel de PST máximo medido fue de 0.3200, mientras que el promedio de todo el período de medición fue de 0.0283, para descartar así presencia de afectación severa para el personal del área alimentada.

- **Línea 2:** el nivel de PST máximo medido fue de 0.640, mientras que el promedio de todo el período de medición fue de 0.0283, para descartar así presencia de afectación severa para el personal del área alimentada.

Línea 3: el nivel de PST máximo medido fue de 0.9400, mientras que el promedio de todo el período de medición fue de 0.0371, para descartar así presencia de afectación severa para el personal.

4.5.4.6. Mediciones de Factor de Potencia.

4.5.4.6.1. Resultados Obtenidos

La medición de factor de potencia se vio afectada por la falta de la señal de corriente, tal como ocurrió con el circuito A-280. Esta acotación esta referida a la relación de transformación del transformador de medida ubicado en la celda donde se realizó la conexión. La relación de dicho transformador de corriente (TC) es de 600/5, que imposibilitó la captura de señal por parte del equipo, ya que la magnitud de la carga de este circuito también es baja con respecto a la del A-380, A-180, D-304.

Esta problemática no permitió obtener el factor de potencia, cuyos datos arrojados son los mostrados en la tabla 4.50., en la cual se observan valores de factor de potencia igual a cero.

Tabla 4.50. Resumen de Medición errada de factor de potencia E-280.

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Muestras	Unidad
PF Linea1	16/03/2009	08:10:00 a.m .	0.000000	0.000000	0.000000	22920	Adim.
PF Linea2	16/03/2009	08:10:00 a.m .	0.000000	0.000000	0.000000	22920	Adim.
PF Linea3	16/03/2009	08:10:00 a.m .	0.000000	0.000000	0.000000	22920	Adim.

Otra muestra de este error también se puede observar en la figura 4.33., donde se visualiza la gráfica arrojada por el equipo, y que a diferencia de la arrojada para el circuito A-380 (Figura. 4.34), no se observa ninguna de las líneas.

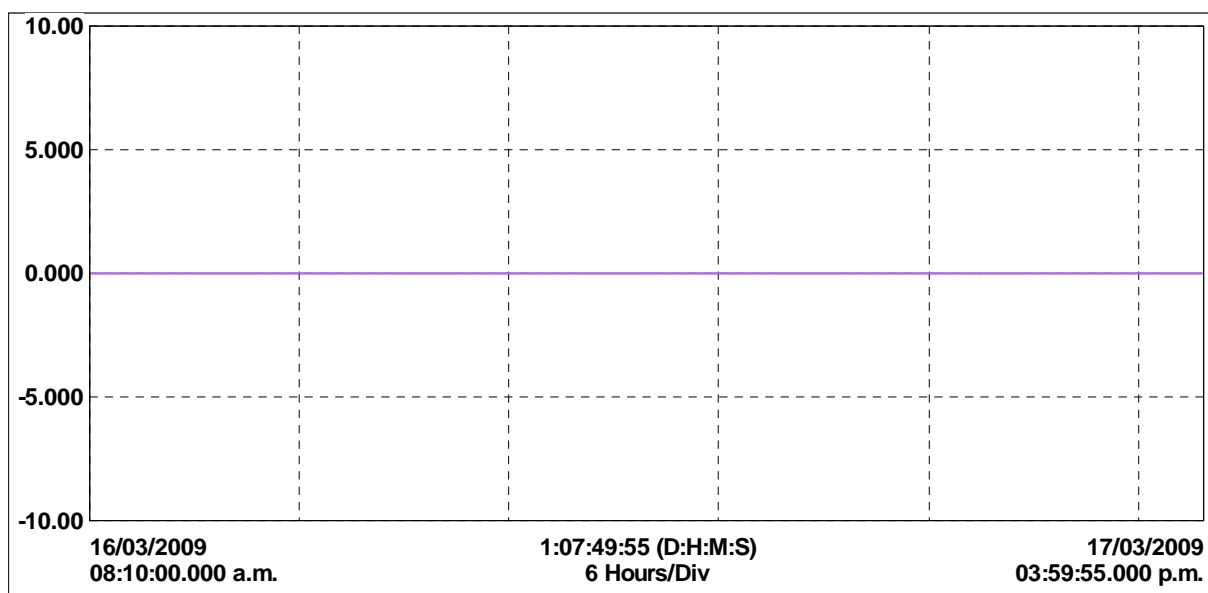


Figura. 4.33. Perfil de Factor de Potencia Circuito E-280

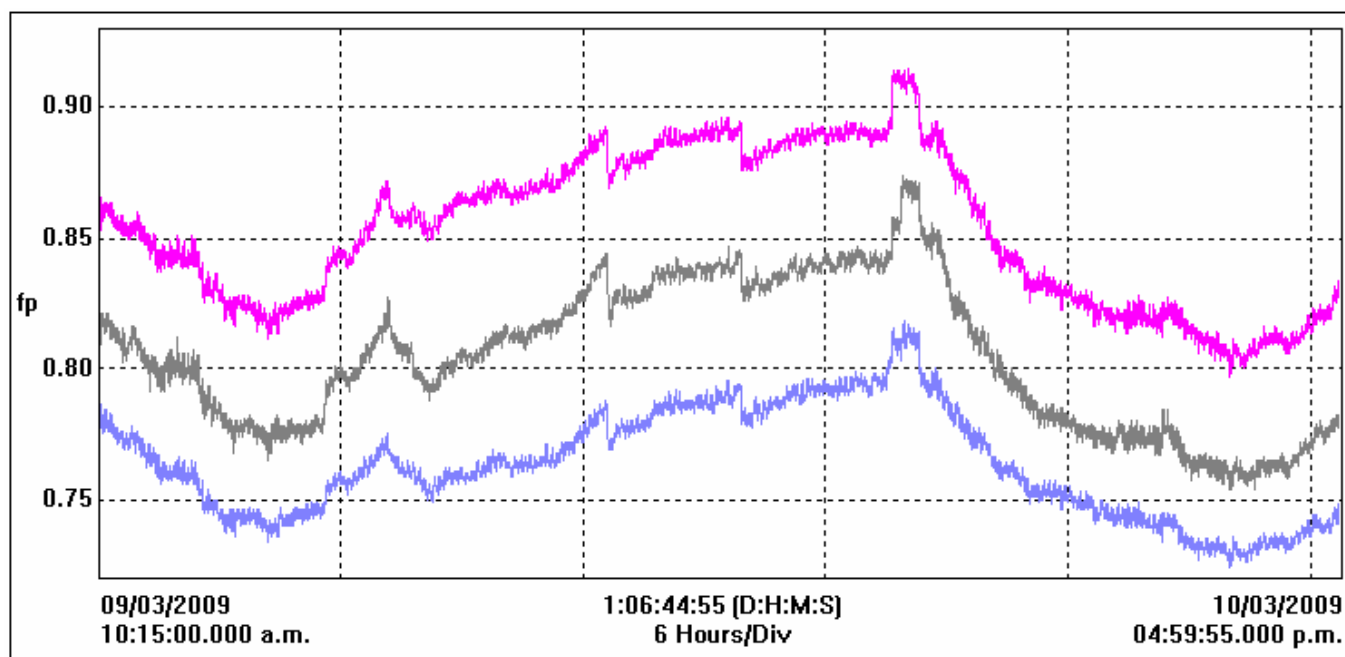


Figura. 4.34. Perfil de Factor de Potencia Circuito A-380.

4.5.4.7. Resumen de Parámetros circuito E-280.

A continuación se muestra una tabla resumen de los resultados de todos los parámetros de calidad de energía considerados en la medición para este circuito.

Tabla 4.51. Resumen de Medición E-280

Parámetro	# Muestras	Prom. Línea 1	Prom. Línea 2	Prom. Línea 3	Límite	Norma PQ	Recomendación
Frecuencia	22920	59,9926 Hz	59,9926 Hz	59,9926 Hz	58.8-61.2 Hz	PDVSA N-201	Ninguna
Voltaje	22920	114.3785 V	113.1824 V	111.5759 V	99-121 V	PDVSA N-252	Ninguna
THD	22920	1,75729 %	1,45450 %	1,42877 %	5%	IEEE STD 519	Ninguna
Uunb	22920	1,29993%	1,29993%	1,29993%	2%	IEEE STD 1159	Ninguna
Flicker	22920	0.028303	0.028303	0.037005	1	IEEE 1543	Ninguna
F.P	22920	0.000000	0.000000	0.000000	>0.90	PDVSA N-252	Medir nuevamente

4.5.5. Circuito D-304

Como es mostrado en la Figura. 4.35., el circuito D-304 es el alimentador principal del edificio sede de PDVSA Guaraguao con 13.088 voltios denominado CADAFE II y esta conformado por todas las cargas incluidas en los circuitos A-380, A-280, A-180 y E-280:



Figura. 4.35. Circuito D-304.

De igual manera en el circuito D-304 se realizaron mediciones de los siguientes parámetros:

- ✓ Frecuencia
- ✓ Voltaje
- ✓ Distorsión armónica
- ✓ Desbalance de fases
- ✓ Flickers
- ✓ Factor de potencia

4.5.5.1. Mediciones de Frecuencia

Las mediciones de frecuencia en el circuito D-304 se llevaron a cabo a lo largo de 38 horas aproximadamente

4.5.5.1.1. Resultados Obtenidos

En la tabla 4.52, se muestran los resultados obtenidos de las mediciones de frecuencia realizados en el circuito D-304, los días lunes y martes de fecha 17, 18 y 19 del mes de marzo del presente año

Tabla 4.52. Resumen de Resultados de Medición de Frecuencia

Nombre	Fecha	Hora	Duración	Unidades.	Prom	Min	Max	Muestras	Unidad
HZ	17/03/2009	05:10:00 p.m	1:13:49:55	(D:H:M:S)	59.992781	59.880	60.1000	27239	HZ

En la tabla 4.53, se muestran los valores de frecuencia tomados con diferencia de una hora entre cada toma de datos en el circuito D-304

Tabla 4.53. Muestra por hora de Frecuencia en líneas D-304

Fecha de la Medida	Hora de la Medida	Hz	Unid.
17/03/2009	5:10:00 PM + .000500	60	Hz
17/03/2009	6:10:00 PM + .000500	59,98	Hz
17/03/2009	7:10:00 PM + .000500	60,02	Hz
17/03/2009	8:10:00 PM + .000500	59,99	Hz
17/03/2009	9:10:00 PM + .000500	60	Hz
17/03/2009	10:10:00 PM + .000500	59,98	Hz
17/03/2009	11:10:00 PM + .000500	60	Hz
18/03/2009	12:10:00 AM + .000500	59,97	Hz
18/03/2009	1:10:00 AM + .000500	59,99	Hz
18/03/2009	2:10:00 AM + .000500	59,98	Hz
18/03/2009	3:10:00 AM + .000500	60,01	Hz

18/03/2009	4:10:00 AM + .000500	59,98	Hz
18/03/2009	5:10:00 AM + .000500	60,04	Hz
18/03/2009	6:10:00 AM + .000500	60,04	Hz
18/03/2009	7:10:00 AM + .000500	59,96	Hz
18/03/2009	8:10:00 AM + .000500	59,98	Hz
18/03/2009	9:10:00 AM + .000500	59,98	Hz
18/03/2009	10:10:00 AM + .000500	59,99	Hz
18/03/2009	11:10:00 AM + .000500	59,99	Hz
18/03/2009	12:10:00 PM + .000500	59,98	Hz
18/03/2009	1:10:00 PM + .000500	59,96	Hz
18/03/2009	2:10:00 PM + .000500	60,01	Hz
18/03/2009	3:10:00 PM + .000500	60,02	Hz
18/03/2009	4:10:00 PM + .000500	59,99	Hz
18/03/2009	5:10:00 PM + .000500	60,04	Hz
18/03/2009	6:10:00 PM + .000500	59,95	Hz
18/03/2009	7:10:00 PM + .000500	59,99	Hz
18/03/2009	8:10:00 PM + .000500	59,96	Hz
18/03/2009	9:10:00 PM + .000500	60	Hz
18/03/2009	10:10:00 PM + .000500	59,98	Hz
18/03/2009	11:10:00 PM + .000500	59,97	Hz
19/03/2009	12:10:00 AM + .000500	59,99	Hz
19/03/2009	1:10:00 AM + .000500	59,94	Hz
19/03/2009	2:10:00 AM + .000500	59,96	Hz
19/03/2009	3:10:00 AM + .000500	59,98	Hz
19/03/2009	4:10:00 AM + .000500	59,99	Hz
19/03/2009	5:10:00 AM + .000500	59,98	Hz
19/03/2009	6:10:00 AM + .000500	59,98	Hz
19/03/2009	6:59:50 AM + .000500	60	Hz

En la figura 4.36, se muestra el perfil de frecuencia obtenido durante el período completo de medición, en el cual se pueden observar los detalles de las variaciones registradas

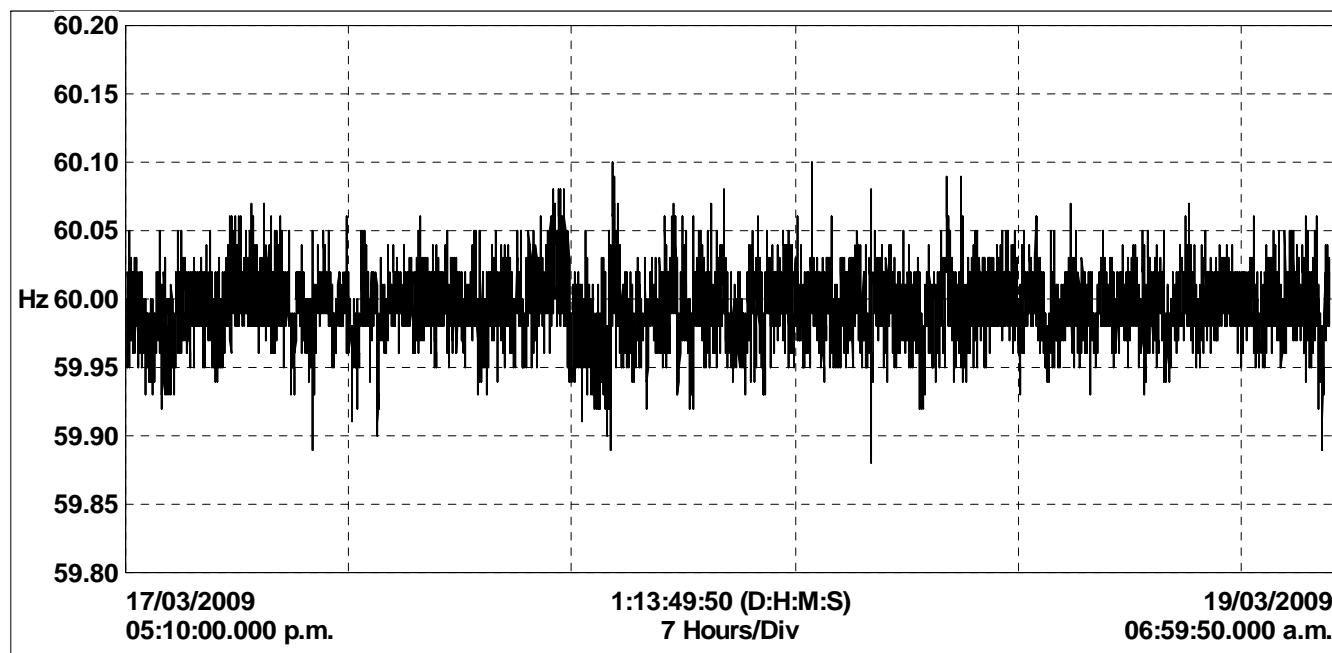


Figura. 4.36. Perfil de Frecuencia Circuito D-304

4.5.5.1.2. Observaciones

Los resultados de esta medición revelan que el valor promedio de frecuencia (Prom) fue de 59.9927 Hz, lo cual indica una variación respecto a la fundamental de 0,0122 %. El valor mínimo alcanzado durante el período de medición fue 59.880 Hz, lo que representa una variación de 0,20 %. El valor máximo alcanzado fue de 60.100 Hz, es decir una variación de 0,167 %. La tabla 4.52., nos muestra estos valores de frecuencia obtenidos.

La norma PDVSA N-201, establece que la máxima variación de la frecuencia fundamental permitida es de 2 %. Claramente se puede observar que los niveles de variación de frecuencia del circuito D-304 no alcanzan los límites impuestos por la norma N-201 de PDVSA.

4.5.5.2. Mediciones de Voltaje

Las mediciones de voltajes se llevaron a cabo mediante la utilización del equipo analizador, el cual fue conectado en la celda de control de la llegada del alimentador de 13800 voltios, donde existe un transformador de potencial de 13800/120 voltios.

4.5.5.2.1. Resultados Obtenidos

En la tabla 4.54, se muestran los resultados obtenidos de las mediciones de voltaje realizados en el circuito D-304, los días martes y miércoles de fecha 17, 18 y 19 del mes de marzo del presente año

Tabla 4.54. Resumen de Resultados de Medición de Voltaje

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Muestras	Unidad
Urms Linea1	17/03/2009	05:10:00. p.m	112.6116	106.2000	118.3000	27239	Voltios
Urms Linea2	17/03/2009	05:10:00. p.m	114.4969	107.8000	119.8000	27239	Voltios
Urms Linea3	17/03/2009	05:10:00. p.m	111.4798	104.8000	117.4000	27239	Voltios

En la tabla 4.55 se muestran los valores de variación de voltaje tomados con diferencia de una hora entre cada toma de datos en el circuito D-304.

Tabla 4.55. Muestra por hora de Voltajes en líneas D-304

Fecha de la Medida	Hora de la Medida	Urms Linea1	Unid.	Urms Linea2	Unid.	Urms Linea3	Unid.
17/03/2009	5:10:00 PM + .000500	111,2	V	112,8	V	110	V
17/03/2009	6:10:00 PM +	110,3	V	112,3	V	109,1	V

	.000500						
17/03/2009	7:10:00 PM + .000500	109,8	V	112,1	V	108,7	V
17/03/2009	8:10:00 PM + .000500	110,1	V	112,4	V	109	V
17/03/2009	9:10:00 PM + .000500	110,3	V	112,7	V	109,2	V
17/03/2009	10:10:00 PM + .000500	111,2	V	113,4	V	110,1	V
17/03/2009	11:10:00 PM + .000500	112,3	V	114,5	V	111,3	V
18/03/2009	12:10:00 AM + .000500	113,5	V	115,6	V	112,5	V
18/03/2009	1:10:00 AM + .000500	113,8	V	115,8	V	112,7	V
18/03/2009	2:10:00 AM + .000500	114,7	V	116,7	V	113,6	V
18/03/2009	3:10:00 AM + .000500	115,1	V	117	V	114,1	V
18/03/2009	4:10:00 AM + .000500	115,8	V	117,7	V	114,8	V
18/03/2009	5:10:00 AM + .000500	116,4	V	118,1	V	115,3	V
18/03/2009	6:10:00 AM + .000500	117,6	V	119,2	V	116,6	V
18/03/2009	7:10:00 AM + .000500	117,7	V	119,1	V	116,7	V
18/03/2009	8:10:00 AM + .000500	114,2	V	115,6	V	113,2	V
18/03/2009	9:10:00 AM + .000500	113,5	V	114,9	V	112,5	V
18/03/2009	10:10:00 AM + .000500	112,5	V	113,9	V	111,4	V
18/03/2009	11:10:00 AM + .000500	112,2	V	113,7	V	111,1	V
18/03/2009	12:10:00 PM + .000500	111,4	V	112,9	V	110,2	V
18/03/2009	1:10:00 PM + .000500	108,5	V	110,2	V	107,2	V
18/03/2009	2:10:00 PM + .000500	106,7	V	108,3	V	105,4	V
18/03/2009	3:10:00 PM + .000500	108	V	109,6	V	106,7	V
18/03/2009	4:10:00 PM + .000500	108,9	V	110,5	V	107,5	V
18/03/2009	5:10:00 PM + .000500	111,9	V	113,5	V	110,6	V

18/03/2009	6:10:00 PM + .000500	109,9	V	112	V	108,7	V
18/03/2009	7:10:00 PM + .000500	109,4	V	111,7	V	108,2	V
18/03/2009	8:10:00 PM + .000500	109,9	V	112,2	V	108,7	V
18/03/2009	9:10:00 PM + .000500	110,4	V	112,8	V	109,2	V
18/03/2009	10:10:00 PM + .000500	111,4	V	113,7	V	110,3	V
18/03/2009	11:10:00 PM + .000500	112,9	V	115,1	V	111,7	V
19/03/2009	12:10:00 AM + .000500	113,2	V	115,2	V	112	V
19/03/2009	1:10:00 AM + .000500	113,8	V	115,8	V	112,6	V
19/03/2009	2:10:00 AM + .000500	114,5	V	116,4	V	113,3	V
19/03/2009	3:10:00 AM + .000500	115,4	V	117,3	V	114,3	V
19/03/2009	4:10:00 AM + .000500	115,9	V	117,7	V	114,8	V
19/03/2009	5:10:00 AM + .000500	116	V	117,9	V	115	V
19/03/2009	6:10:00 AM + .000500	117,6	V	119,2	V	116,6	V
19/03/2009	6:59:50 AM + .000500	117,7	V	119,2	V	116,7	V

En la figura 4.37, se muestra el perfil de voltaje obtenido durante el período completo de medición, en el cual se pueden observar los detalles de las variaciones registradas

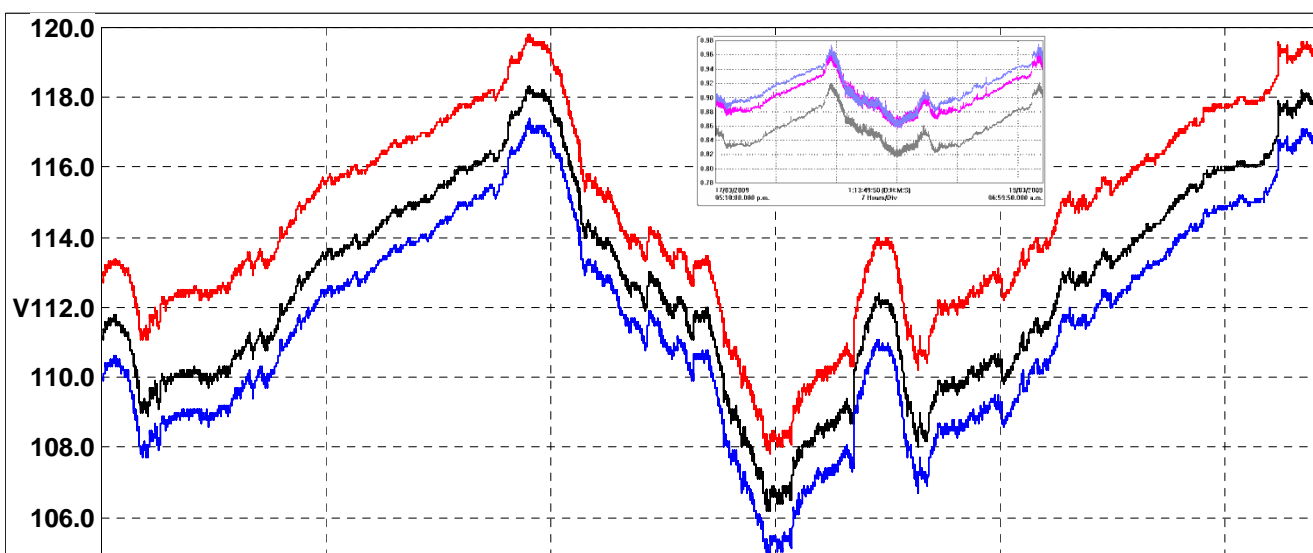


Figura. 4.37. Perfil de Tensión Circuito D-304

4.5.5.2.2. Observaciones

Los resultados de esta medición nos muestran que los valores mínimos obtenidos durante las 38 horas aproximadamente que estuvo conectado el equipo, sobrepasan el - 10 % del voltaje nominal (120 V, del lado de baja del T.P), por lo tanto se considera que existe variación significativa del voltaje para determinar un “Sag” de tensión. Sin embargo por tener este evento una duración mayor a 1 min deja ser un sag de tensión para convertirse en un “Undervoltage” o “Bajo Voltaje”.

Esta condición la establece la norma IEEE 1159-1195, la cual indica que existirá un “Sag” de tensión cuando el voltaje RMS medido durante un intervalo que va desde 0.5 ciclos (8 milisegundos aprox.) hasta 1 minuto, esté por debajo del 90 % del voltaje nominal para los Sag’s.

El Bajo Voltaje se caracteriza por tener el mismo intervalo de magnitud que los Sag’s pero tienen una duración mayor a 1 minuto. La tabla 4.54 contiene los valores mínimos, máximos y promedio aquí mencionados.

Por la parte de los Swell de tensión, no se observó ninguna anomalía que indique la existencia de los mismos, así como tampoco la existencia de Sobretensión ya que el voltaje nunca aumentó más allá del nominal.

Las desviaciones para cada una de las líneas son las siguientes:

- **Línea 1:** el voltaje RMS máximo medido fue de 118.30 V, siendo esto el 0,00 % sobre el voltaje nominal de 120 V, para descartar así presencia de “Swell” y por ende Sobre voltaje. El valor mínimo medido en “Línea 1” fue de 106.20 V representando el 11,5 % por debajo del voltaje nominal de 120 V, para indicar presencia de Sag de tensión, pero ya que la misma tuvo una duración superior al minuto pasa a ser considerada como Bajo voltaje, remitiéndonos a la norma PDVSA. El mínimo permitido por la norma PDVSA N-252 para el nivel de tensión es de -5%.

- **Línea 2:** el voltaje RMS máximo medido fue de 119.80 V, siendo esto el 0,00 % sobre el voltaje nominal de 120 V, para descartar así presencia de “Swell” y por ende Sobre tensión. El valor mínimo medido en “Línea 2” fue de 107.80 V representando el 10,17 % por debajo del voltaje nominal de 120 V, para indicar presencia de Sag’s de tensión, pero ya que la misma tuvo una duración superior al minuto pasa a ser considerada como Bajo voltaje, remitiéndonos a la norma PDVSA. El mínimo permitido por la norma PDVSA N-252 para el nivel de tensión es de -5%.

- **Línea 3:** el voltaje RMS máximo medido fue de 117.40 V, siendo esto el (+) 0,00 % sobre el voltaje nominal de 120 V, para descartar así presencia de “Swell” y por ende Sobre tensión. El valor mínimo medido en “Línea 3” fue de 104.80 V representando el -12,67 % por debajo del voltaje nominal de 120 V, para indicar presencia de Sag’s de tensión, pero ya que la misma tuvo una duración superior al minuto pasa a ser considerada como Bajo voltaje, remitiéndonos a la norma PDVSA. El mínimo permitido por la norma PDVSA N-252 para el nivel de tensión es de -5%.

4.5.5.3. Mediciones de Distorsión Armónica

4.5.5.3.1. Resultados Obtenidos

En la tabla 4.56, se muestran los valores máximos, mínimos y promedio obtenidos de las mediciones de distorsión armónica realizados en el circuito D-304, los días martes, miércoles y jueves de fecha 17, 18 y 19 del mes de marzo del presente año

Tabla 4.56. Resumen de Resultados de Medición de UTHD

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Muestras	Unidad
Uthd Linea1	17/03/2009	05:10:00. p.m.	1.098491	0.3000	3.0000	27239	%
Uthd Linea2	17/03/2009	05:10:00. p.m.	1.257770	0.4000	3.2000	27239	%
Uthd Linea3	17/03/2009	05:10:00. p.m.	1.064797	0.4000	2.8000	27239	%

En la tabla 4.57 se muestran los valores de distorsión armónica tomados con diferencia de una hora entre cada toma de datos en el circuito D-304.

Tabla 4.57. Muestra por hora de UTHD en líneas D-304

Fecha de la Medida	Hora de la Medida	Uthd Linea1	Unid.	Uthd Linea2	Unid.	Uthd Linea3	Unid.
17/03/2009	5:10:00 PM + .000500	0,7	%	0,9	%	0,8	%
17/03/2009	6:10:00 PM + .000500	0,6	%	0,6	%	0,6	%
17/03/2009	7:10:00 PM + .000500	0,6	%	0,7	%	0,7	%
17/03/2009	8:10:00 PM + .000500	0,7	%	0,7	%	0,8	%

17/03/2009	9:10:00 PM + .000500	0,7	%	0,7	%	0,7	%
17/03/2009	10:10:00 PM + .000500	0,7	%	0,9	%	0,8	%
17/03/2009	11:10:00 PM + .000500	0,9	%	1,1	%	0,9	%
18/03/2009	12:10:00 AM + .000500	1,1	%	1,3	%	1,1	%
18/03/2009	1:10:00 AM + .000500	1,1	%	1,4	%	1,1	%
18/03/2009	2:10:00 AM + .000500	1,4	%	1,7	%	1,3	%
18/03/2009	3:10:00 AM + .000500	1,6	%	1,8	%	1,4	%
18/03/2009	4:10:00 AM + .000500	1,8	%	2,1	%	1,8	%
18/03/2009	5:10:00 AM + .000500	2	%	2,3	%	1,8	%
18/03/2009	6:10:00 AM + .000500	2,6	%	2,8	%	2,4	%
18/03/2009	7:10:00 AM + .000500	2,6	%	2,8	%	2,5	%
18/03/2009	8:10:00 AM + .000500	1,3	%	1,6	%	1,3	%
18/03/2009	9:10:00 AM + .000500	1,1	%	1,3	%	1	%
18/03/2009	10:10:00 AM + .000500	0,8	%	1,1	%	0,9	%
18/03/2009	11:10:00 AM + .000500	0,9	%	1	%	0,8	%
18/03/2009	12:10:00 PM + .000500	0,7	%	0,9	%	0,8	%
18/03/2009	1:10:00 PM + .000500	0,5	%	0,7	%	0,8	%
18/03/2009	2:10:00 PM + .000500	0,4	%	0,6	%	0,7	%
18/03/2009	3:10:00 PM + .000500	0,5	%	0,5	%	0,6	%
18/03/2009	4:10:00 PM + .000500	0,4	%	0,7	%	0,7	%
18/03/2009	5:10:00 PM + .000500	0,7	%	0,9	%	0,7	%
18/03/2009	6:10:00 PM + .000500	0,5	%	0,5	%	0,4	%
18/03/2009	7:10:00 PM + .000500	0,4	%	0,7	%	0,7	%
18/03/2009	8:10:00 PM + .000500	0,7	%	0,7	%	0,7	%
18/03/2009	9:10:00 PM + .000500	0,7	%	0,7	%	0,7	%
18/03/2009	10:10:00 PM + .000500	0,7	%	0,9	%	0,7	%
18/03/2009	11:10:00 PM + .000500	0,8	%	1,1	%	0,9	%
19/03/2009	12:10:00 AM + .000500	0,9	%	1,2	%	0,9	%
19/03/2009	1:10:00 AM + .000500	1	%	1,2	%	0,8	%
19/03/2009	2:10:00 AM + .000500	1,2	%	1,4	%	1	%
19/03/2009	3:10:00 AM + .000500	1,4	%	1,7	%	1,3	%
19/03/2009	4:10:00 AM + .000500	1,6	%	1,8	%	1,5	%

19/03/2009	5:10:00 AM + .000500	1,7	%	1,7	%	1,5	%
19/03/2009	6:10:00 AM + .000500	2,5	%	2,9	%	2,5	%
19/03/2009	6:59:50 AM + .000500	2,5	%	2,7	%	2,4	%

En la figura 4.38, se muestra el perfil de distorsión armónica obtenido durante el período completo de medición, en el cual se pueden observar los detalles de las variaciones registradas.

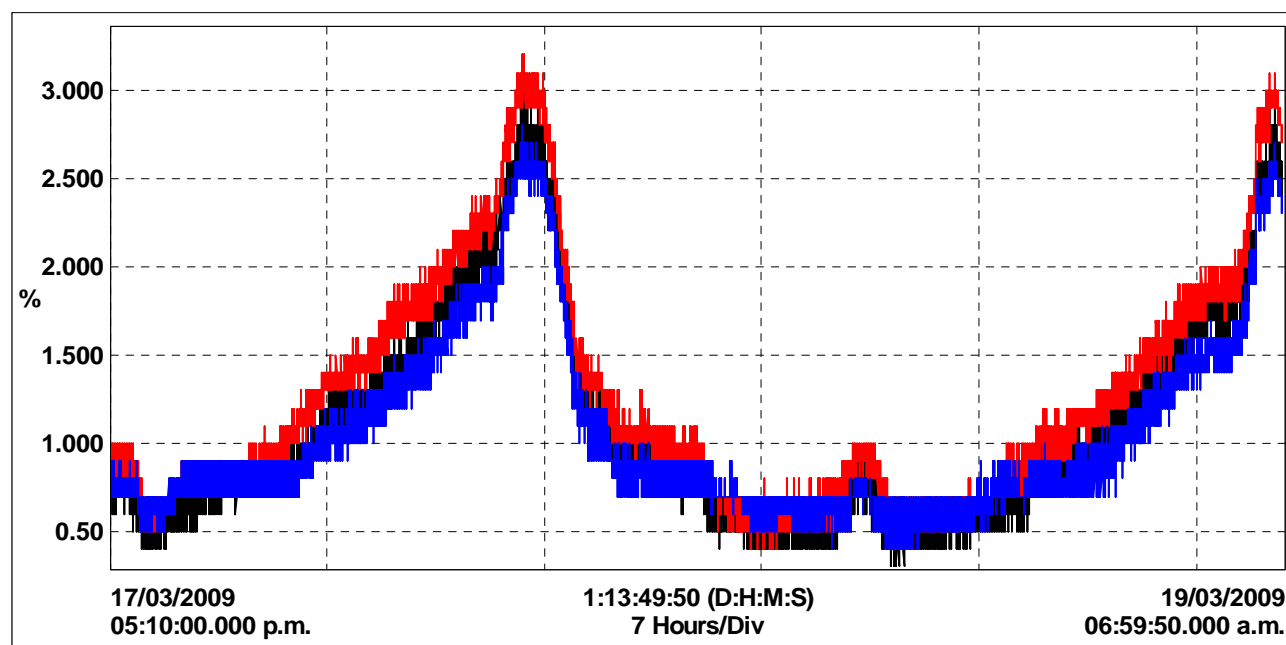


Figura. 4.38. Perfil de Distorsión Armónica Circuito D-304

4.5.5.3.2. Observaciones

Los resultados de esta medición nos muestra que los valores máximos obtenidos durante las 38 horas aproximadamente que estuvo conectado el equipo, no sobrepasan el límite recomendado por la norma IEEE 519, la cual establece un máximo de 5 % de distorsión armónica total de voltaje para sistemas de hasta 69 KV.

- **Línea 1:** el valor promedio obtenido de distorsión armónica total de voltaje (Uthd) fue de 1,0984 %. El valor máximo registrado fue de 3,00 %, mientras que el mínimo fue de 0,30 %. Con estos resultados se descarta la violación de la norma IEE 519, la cual permite máximo 5% de Uthd.

- **Línea 2:** el valor promedio obtenido de distorsión armónica total de voltaje (Uthd) fue de 1,2577 %. El valor máximo registrado fue de 3,20 %, mientras que el mínimo fue de 0,40 %. Con estos resultados se descarta la violación de la norma IEE 519, la cual permite máximo 5% de Uthd.

- **Línea 3:** el valor promedio obtenido de distorsión armónica total de voltaje (Uthd) fue de 1,0647 %. El valor máximo registrado fue de 2,80 %, mientras que el mínimo fue de 0,40 %. Con estos resultados se descarta la violación de la norma IEE 519, la cual permite máximo 5% de Uthd.

4.5.5.4. Mediciones de Desbalance

4.5.5.4.1. Resultados Obtenidos

En la tabla 4.58, se muestran los valores mínimos, máximos y promedio de desbalance del circuito D-304

Tabla 4.58. Resumen de Resultados de Medición de Desbalance

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Muestras	Unidad
Uunb(IEEE)	17/03/2009	05:10:00. p.m	1,451793	1,00000	1,9000	27239	%

En la tabla 4.59, se muestran los valores por hora de los datos de desbalance obtenidos durante el período de medición.

Tabla 4.59. Muestra por hora de Uunb en líneas D-304

Fecha de la Medida	Hora de la Medida	Uunb(IEEE)	Unid.
17/03/2009	5:10:00 PM + .000500	1,3	%
17/03/2009	6:10:00 PM + .000500	1,6	%
17/03/2009	7:10:00 PM + .000500	1,7	%
17/03/2009	8:10:00 PM + .000500	1,7	%
17/03/2009	9:10:00 PM + .000500	1,8	%
17/03/2009	10:10:00 PM + .000500	1,6	%
17/03/2009	11:10:00 PM + .000500	1,6	%
18/03/2009	12:10:00 AM + .000500	1,5	%
18/03/2009	1:10:00 AM + .000500	1,5	%
18/03/2009	2:10:00 AM + .000500	1,5	%
18/03/2009	3:10:00 AM + .000500	1,4	%
18/03/2009	4:10:00 AM + .000500	1,4	%
18/03/2009	5:10:00 AM + .000500	1,3	%
18/03/2009	6:10:00 AM + .000500	1,2	%
18/03/2009	7:10:00 AM + .000500	1,1	%
18/03/2009	8:10:00 AM + .000500	1,1	%
18/03/2009	9:10:00 AM + .000500	1,1	%
18/03/2009	10:10:00 AM +	1,2	%

	.000500		
18/03/2009	11:10:00 AM + .000500	1,2	%
18/03/2009	12:10:00 PM + .000500	1,3	%
18/03/2009	1:10:00 PM + .000500	1,4	%
18/03/2009	2:10:00 PM + .000500	1,4	%
18/03/2009	3:10:00 PM + .000500	1,4	%
18/03/2009	4:10:00 PM + .000500	1,4	%
18/03/2009	5:10:00 PM + .000500	1,3	%
18/03/2009	6:10:00 PM + .000500	1,6	%
18/03/2009	7:10:00 PM + .000500	1,9	%
18/03/2009	8:10:00 PM + .000500	1,8	%
18/03/2009	9:10:00 PM + .000500	1,8	%
18/03/2009	10:10:00 PM + .000500	1,7	%
18/03/2009	11:10:00 PM + .000500	1,6	%
19/03/2009	12:10:00 AM + .000500	1,5	%
19/03/2009	1:10:00 AM + .000500	1,5	%
19/03/2009	2:10:00 AM + .000500	1,5	%
19/03/2009	3:10:00 AM + .000500	1,4	%
19/03/2009	4:10:00 AM + .000500	1,3	%
19/03/2009	5:10:00 AM + .000500	1,4	%
19/03/2009	6:10:00 AM + .000500	1,2	%
19/03/2009	6:59:50 AM + .000500	1,1	%

En la figura 4.39, se muestra el perfil de desbalance del sistema obtenido durante el período completo de medición, en el cual se pueden observar los detalles de las variaciones registradas

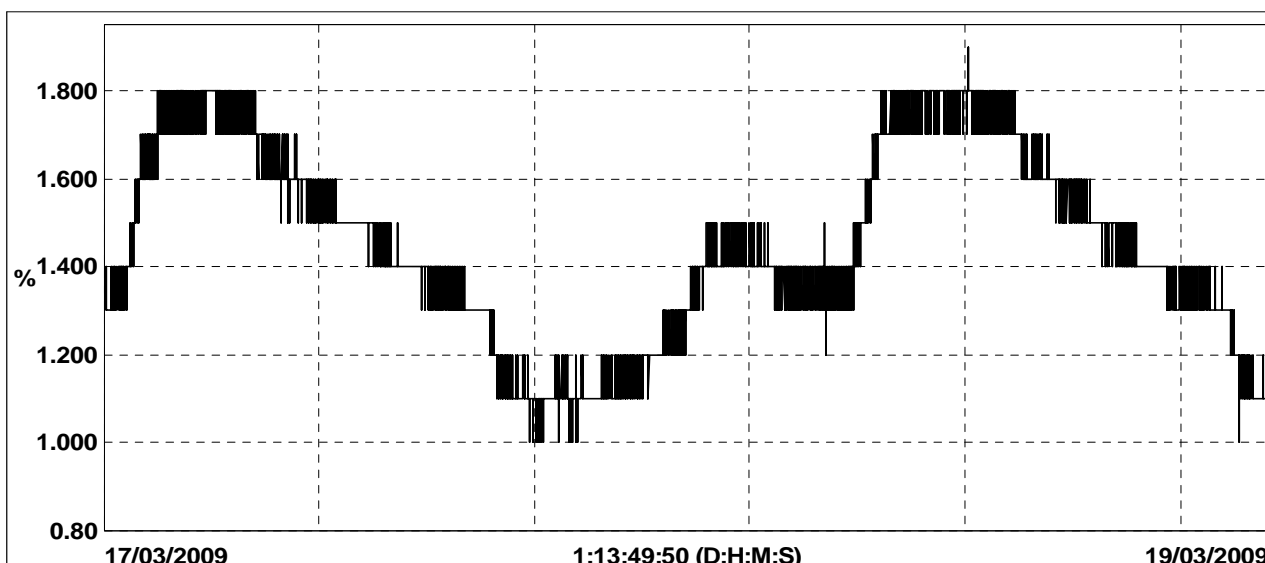


Figura. 4.39. Perfil de Desbalance Circuito D-304.

4.5.5.4.2. Observaciones

Los resultados de esta medición nos muestran que los valores máximos obtenidos durante las 38 horas aproximadamente que estuvo conectado el equipo, no sobrepasan el límite recomendado por la norma *IEEE 1159*, la cual establece un máximo de 2 % desbalance de fases, aunque si existe un nivel de desbalance importante el cual debe considerarse en caso de que exista la necesidad de aumentar la carga o la puesta en marcha de nuevos equipos.

La tabla 4.58 señala los niveles promedio, mínimo y máximo como: 1,451793; 1,0000; 1,900 respectivamente, ubicándose dentro de los niveles máximos permitidos por la norma IEEE.

4.5.5.5. Mediciones de Flickers

4.5.5.5.1. Resultados Obtenidos

En la tabla 4.60, se muestran los valores máximos, mínimos y promedio obtenidos durante el período de medición.

Tabla 4.60. Resumen de Resultados de Medición de Flicker

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Muestras	Unidad
Vflk Linea1	17/03/2009	05:10:00. p.m	0.013108	0.0000	0.700000	27239	Adim.
Vflk Linea2	17/03/2009	05:10:00. p.m	0.017993	0.0000	0.770000	27239	Adim.
Vflk Linea3	17/03/2009	05:10:00. p.m	0.031978	0.0000	0.490000	27239	Adim.

En la tabla 4.61 se presentan valores tomados en cada hora durante el período de medición del circuito D-304

Tabla 4.61 Muestra por hora de Flicker en líneas D-304

Fecha de la Medida	Hora de la Medida	Vflk Linea1	Vflk Linea2	Vflk Linea3
17/03/2009	5:10:00 PM + .000500	0	0	0,04
17/03/2009	6:10:00 PM + .000500	0	0	0
17/03/2009	7:10:00 PM + .000500	0	0	0
17/03/2009	8:10:00 PM + .000500	0	0	0
17/03/2009	9:10:00 PM + .000500	0	0	0
17/03/2009	10:10:00 PM + .000500	0	0	0
17/03/2009	11:10:00 PM + .000500	0	0	0
18/03/2009	12:10:00 AM + .000500	0	0,04	0,05
18/03/2009	1:10:00 AM + .000500	0	0,04	0,04
18/03/2009	2:10:00 AM + .000500	0	0,05	0,07
18/03/2009	3:10:00 AM + .000500	0	0,04	0,06
18/03/2009	4:10:00 AM + .000500	0,04	0,04	0,07
18/03/2009	5:10:00 AM + .000500	0,05	0,04	0,07

18/03/2009	6:10:00 AM + .000500	0,04	0,04	0,06
18/03/2009	7:10:00 AM + .000500	0,07	0	0,08
18/03/2009	8:10:00 AM + .000500	0,04	0,04	0,07
18/03/2009	9:10:00 AM + .000500	0	0,04	0,04
18/03/2009	10:10:00 AM + .000500	0	0	0
18/03/2009	11:10:00 AM + .000500	0	0	0
18/03/2009	12:10:00 PM + .000500	0	0	0
18/03/2009	1:10:00 PM + .000500	0	0	0
18/03/2009	2:10:00 PM + .000500	0	0	0
18/03/2009	3:10:00 PM + .000500	0	0	0
18/03/2009	4:10:00 PM + .000500	0	0	0
18/03/2009	5:10:00 PM + .000500	0	0,04	0
18/03/2009	6:10:00 PM + .000500	0	0	0
18/03/2009	7:10:00 PM + .000500	0	0	0
18/03/2009	8:10:00 PM + .000500	0	0	0
18/03/2009	9:10:00 PM + .000500	0	0	0
18/03/2009	10:10:00 PM + .000500	0	0	0
18/03/2009	11:10:00 PM + .000500	0	0	0,05
19/03/2009	12:10:00 AM + .000500	0	0	0,06
19/03/2009	1:10:00 AM + .000500	0	0	0,06
19/03/2009	2:10:00 AM + .000500	0	0,04	0,05
19/03/2009	3:10:00 AM + .000500	0	0,04	0,07
19/03/2009	4:10:00 AM + .000500	0,06	0,04	0,06
19/03/2009	5:10:00 AM +	0,04	0,04	0,07

	.000500			
19/03/2009	6:10:00 AM + .000500	0,1	0,35	0,34
19/03/2009	6:59:50 AM + .000500	0	0,04	0,07

En la figura 4.40, se muestra el perfil de flicker del sistema obtenido durante el período completo de medición, en el cual se pueden observar los detalles de las variaciones registradas, las cuales se muestran muy poco concurrentes.

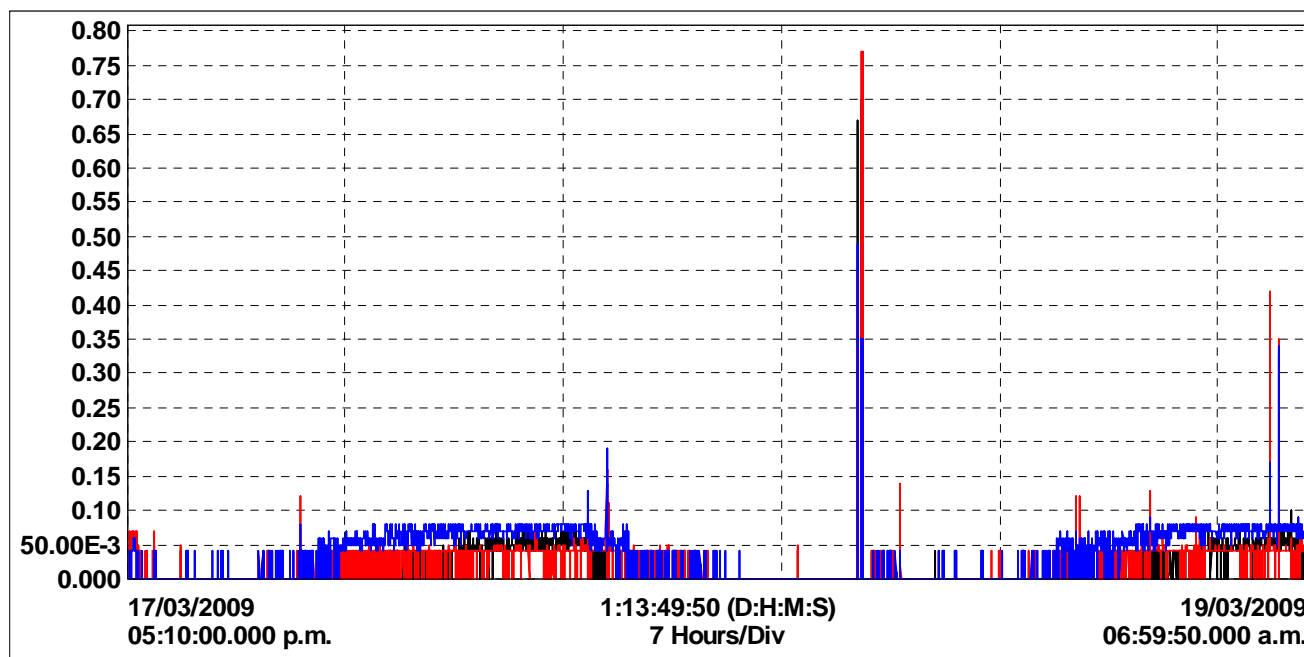


Figura. 4.40. Perfil de ocurrencia de Flicker Circuito D-304

4.5.5.5.2. Observaciones

Los resultados de esta medición nos muestra que los valores promedio obtenidos durante las 38 horas aproximadamente que estuvo conectado el equipo, no alcanza el valor de $PST=1$ en ningún momento, como se puede ver en la tabla 4.60., por lo que se considera que no existe afectación del flicker para la instalación de este circuito y sus usuarios.

Esta condición la establece la norma *IEC 61000-4-15 (2003-02)*, la cual indica que existirá perturbación en la visión de las personas en el área de trabajo cuando el valor medido de PST sea igual o mayor a 1 (uno) durante un tiempo de observación de 10 (diez) minutos.

Las Variaciones para cada una de las líneas son las siguientes:

- **Línea 1:** el nivel de PST máximo medido fue de 0.7000, mientras que el promedio de todo el período de medición fue de 0.01311, para descartar así presencia de afectación severa para el personal del área alimentada.

- **Línea 2:** el nivel de PST máximo medido fue de 0.7700, mientras que el promedio de todo el período de medición fue de 0.0179, para descartar así presencia de afectación severa para el personal del área alimentada.

Línea 3: el nivel de PST máximo medido fue de 0.4900, mientras que el promedio de todo el período de medición fue de 0.03197, para descartar así presencia de afectación severa para el personal.

4.5.5.6. Mediciones de Factor de Potencia.

4.5.5.6.1. Resultados Obtenidos

En la tabla 4.62, se muestran los valores máximos, mínimos y promedio obtenidos durante el período de medición, además de mostrar la cantidad de muestras tomadas.

Tabla 4.62. Resumen de Resultados de Factor de Potencia

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Muestras	Unidad
PF Lineal	17/03/2009	05:10:00. p.m.	0.868542	0.815000	0.922000	27239	Adim.
PF Linea2	17/03/2009	05:10:00. p.m.	0.911533	0.855000	0.968000	27239	Adim.
PF Linea3	17/03/2009	05:10:00. p.m.	0.916632	0.857000	0.975000	27239	Adim.

En la tabla 4.63, se presentan valores tomados en cada hora durante el período de medición del circuito D-304, los cuales se corresponden claramente con la gráfica 4.41.

Tabla 4.63. Muestra por hora de Factor de Potencia en líneas D-304

Fecha de la Medida	Hora de la Medida	PF Linea1	Unid.	PF Linea2	Unid.	PF Linea3
17/03/2009	5:10:00 PM + .000500	0,850		0,890		0,897
17/03/2009	6:10:00 PM + .000500	0,841		0,889		0,889
17/03/2009	7:10:00 PM + .000500	0,830		0,881		0,891
17/03/2009	8:10:00 PM + .000500	0,835		0,880		0,892
17/03/2009	9:10:00 PM + .000500	0,834		0,888		0,90
17/03/2009	10:10:00 PM + .000500	0,839		0,891		0,902
17/03/2009	11:10:00 PM + .000500	0,850		0,893		0,908
18/03/2009	12:10:00 AM + .000500	0,859		0,912		0,919
18/03/2009	1:10:00 AM + .000500	0,860		0,909		0,921
18/03/2009	2:10:00 AM + .000500	0,869		0,91		0,923
18/03/2009	3:10:00 AM + .000500	0,871		0,915		0,93
18/03/2009	4:10:00 AM + .000500	0,879		0,918		0,933

18/03/2009	5:10:00 AM + .000500	0,880		0,92		0,94
18/03/2009	6:10:00 AM + .000500	0,889		0,922		0,943
18/03/2009	7:10:00 AM + .000500	0,90		0,941		0,95
18/03/2009	8:10:00 AM + .000500	0,911		0,943		0,97
18/03/2009	9:10:00 AM + .000500	0,892		0,940		0,953
18/03/2009	10:10:00 AM + .000500	0,880		0,933		0,944
18/03/2009	11:10:00 AM + .000500	0,876		0,914		0,91
18/03/2009	12:10:00 PM + .000500	0,858		0,893		0,898
18/03/2009	1:10:00 PM + .000500	0,849		0,881		0,881
18/03/2009	2:10:00 PM + .000500	0,840		0,879		0,878
18/03/2009	3:10:00 PM + .000500	0,831		0,872		0,871
18/03/2009	4:10:00 PM + .000500	0,819		0,858		0,861
18/03/2009	5:10:00 PM + .000500	0,825		0,873		0,873
18/03/2009	6:10:00 PM + .000500	0,830		0,879		0,879
18/03/2009	7:10:00 PM + .000500	0,840		0,88		0,88
18/03/2009	8:10:00 PM + .000500	0,860		0,918		0,913
18/03/2009	9:10:00 PM + .000500	0,841		0,881		0,897
18/03/2009	10:10:00 PM + .000500	0,829		0,876		0,898
18/03/2009	11:10:00 PM + .000500	0,832		0,879		0,899
19/03/2009	12:10:00 AM + .000500	0,834		0,882		0,90
19/03/2009	1:10:00 AM + .000500	0,891		0,893		0,908
19/03/2009	2:10:00 AM + .000500	0,849		0,899		0,919
19/03/2009	3:10:00 AM + .000500	0,858		0,909		0,923
19/03/2009	4:10:00 AM + .000500	0,862		0,92		0,931
19/03/2009	5:10:00 AM + .000500	0,883		0,929		0,942
19/03/2009	6:10:00 AM + .000500	0,90		0,961		0,975
19/03/2009	6:59:50 AM + .000500	0,909		0,949		0,957

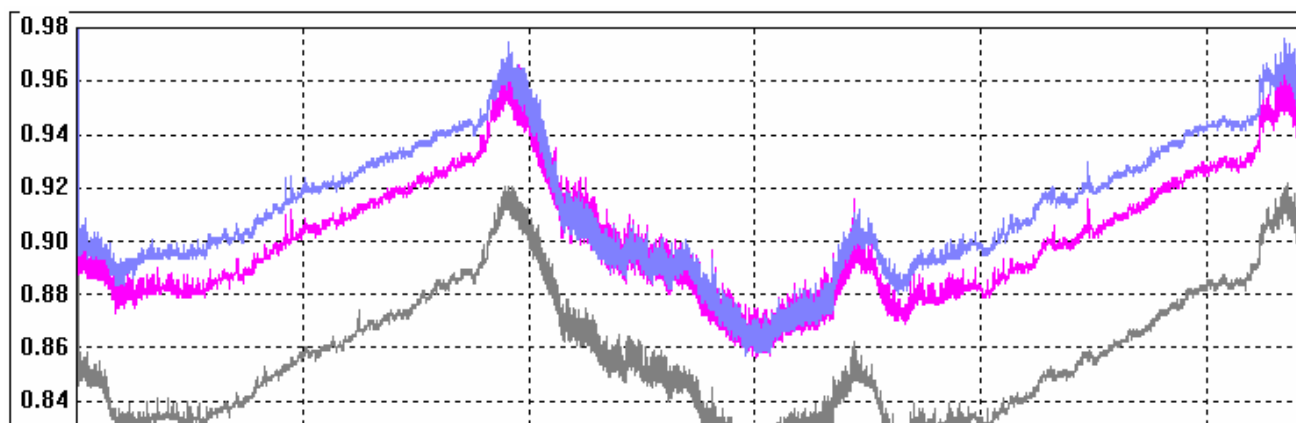


Figura. 4.41. Perfil de Factor de Potencia Circuito D-304.

4.5.5.6.2. Observaciones

Las mediciones del factor de potencia del circuito D-304 hechas durante 38 horas aproximadamente muestra que los valores promedio de dos de las líneas se encuentran por debajo de lo mínimo establecido por la norma PDVSA N-252. Esta norma establece que el factor de potencia de la carga de todo sistema no debe ser menor a 0.90 en atraso.

Otra consideración que refleja la norma **PDVSA N-252** es que el factor de potencia de la subestación principal conectada a la red de potencia no debe ser menor a un promedio de 0.90 durante 15 minutos.

Esta consideración tiene cabida en este caso ya que el circuito D-304 es el que esta conectado a la red de potencia. En la gráfica 4.42., se observa que el factor de potencia de las tres líneas se mantuvo por debajo de lo exigido a lo largo de 8 horas aproximadamente, lo que representa una clara violación de la norma.

Las Variaciones para cada una de las líneas son las siguientes:

- **Línea 1:** El Factor de Potencia máximo medido fue de 0.9220, el valor mínimo fue de 0.81500, mientras que el promedio de todo el período de medición fue de 0.868542, incumpliendo con la norma PDVSA N-252 en cuanto a valores promedio se refiere. En la figura 4.41. se puede observar que el factor de potencia de esta línea (color gris) se mantuvo por debajo respecto a las otras dos líneas.

- **Línea 2:** El Factor de Potencia máximo medido fue de 0.9680, el valor mínimo fue de 0.8550, mientras que el promedio de todo el período de medición fue de 0.911533. A pesar del promedio obtenido, el factor de potencia se mantuvo por largo tiempo por debajo de lo permitido lo que significa una violación de la norma PDVSA N-252. En la figura 4.41. se puede observar que el factor de potencia de esta línea (color rojo) se mantuvo la mayoría del tiempo en el intermedio respecto a las otras dos líneas.

Línea 3: El Factor de Potencia máximo medido fue de 0.97500, el valor mínimo fue de 0.8570, mientras que el promedio de todo el período de medición fue de 0.916632 lo que significa una violación de la norma PDVSA N-252. En la figura 4.41., se puede observar que el factor de potencia de esta línea (color azul) se mantuvo la mayoría del tiempo por encima respecto a las otras dos líneas.

4.5.5.7. Resumen de Parámetros circuito D-304.

A continuación se muestra una tabla resumen de los resultados de todos los parámetros de calidad de energía considerados en la medición para este circuito.

Tabla 4.64. Resumen de Medición D-304.

Parámetro	# Muestras	Prom. Línea 1	Prom. Línea 2	Prom. Línea 3	Límite	Norma PQ	Recomendación
Frecuencia	27239	59.9927 Hz	59.9927 Hz	59.9927 Hz	58.8-61.2 Hz	PDVSA N-201	Ninguna
Voltaje	27239	112.611 V	114.496 V	111.479 V	114-126 V	PDVSA N-252	Corregir Bajo voltaje
THD	27239	1,09849%	1,25777%	1,06479%	5%	IEEE STD 519	Ninguna
Uunb	27239	1,45179%	1,45179%	1,45179%	2%	IEEE STD 1159	Ninguna
Flicker	27239	0,013108	0,017993	0,031978	1	IEEE 1543	Ninguna
F.P	27239	0.868542	0.911533	0.916632	>0.90	PDVSA N-252	Corregir factor

CAPÍTULO V

PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA

5.1. Introducción

Las propuestas de mejora del sistema eléctrico consisten en plantear una solución a los problemas encontrados en la instalación, teniendo en cuenta las evaluaciones realizadas de acuerdo a las normas y a las exigencias establecidas de la empresa.

De los parámetros medidos, tales como, frecuencia, voltaje, distorsión armónica, desbalance, flickers y factor de potencia; solo resultaron fuera de sus valores normales el voltaje y el factor de potencia, en dos (2) de los cinco (5) circuitos medidos. Cabe destacar que también se observó una anomalía en la acometida principal de la subestación del edificio, la cual se debe probablemente a la influencia de los circuitos ramales que presentan problemas de calidad de energía. La tabla 5.1, muestra los valores obtenidos, así como los circuitos afectados, además del método propuesto para la mitigación de dichas afectaciones, entre otros detalles.

5.2. Parámetros eléctricos deficientes en calidad

Tabla 5.1. Parámetros de calidad de energía con valores deficientes

	TIPO DE PERTURBACIÓN	Línea 1	Línea 2	Línea 3	DURACIÓN DEL EVENTO	FECHA DEL EVENTO	HORA DEL EVENTO	POSIBLE CAUSA	POSIBLE SOLUCIÓN
CIRCUITO A-380	Sobrevoltaje > 5%	5,15%	5,79%	4,02%	15 minutos	10/03/ 2009	06:21 :50 a.m.	Variación de de carga	Ajustar TAP del transformador
	Bajovoltaje < 5%	(-)3.875%	(-)3,063%	(-)5,208%	7 minutos	10/03/ 2009	02:20:30 p.m.	Variación de de carga	
	Bajo Factor de Potencia < 0,90	FP < 0,90	FP < 0,90	FP < 0,90	30 Horas interrumpidas	10/03/ 2009	10:15:00 a.m.	Consumo en exceso de reactivos	Colocar compensación reactiva
CIRCUITO A-180	Sobrevoltaje > 5%	4,42%	5,27%	3,00%	12 minutos	14/03/ 2009	06:07 :15 a.m.	Variación de de carga	Ajustar TAP del transformador
	Bajovoltaje < 5%	(-) 5,104 %	(-) 4,063 %	(-) 6,458 %	45 minutos	14/03/ 2009	12:32:55 p.m.	Variación de de carga	
	Bajo Factor de Potencia < 0,90	FP < 0,90	FP < 0,90	FP < 0,90	21 Horas interrumpidas	14/03/ 2009	10:05:00 a.m.	Consumo en exceso de reactivos	Colocar compensación reactiva
CIRCUITO D-304	Bajovoltaje < 5%	(-)11,5%	(-)10,17%	(-)12,67%	37 Horas continuas	17/03/ 2009	05:10:00 p.m.	Mala regulación	Colocar compensación reactiva
	Bajo Factor de Potencia < 0,90	FP < 0,90	FP < 0,90	FP < 0,90	13 horas interrumpidas	17/03/ 2009	06:22:00 p.m.	Consumo en exceso de reactivos	

5.3. PROPUESTA DE MEJORA DEL CIRCUITO A-380.

El circuito A-380 presenta niveles de calidad, aceptables según las normas IEEE y las normas PDVSA en cuanto a frecuencia, armónicos, flicker, sag's y swell's de tensión, a excepción del factor de potencia y pequeños problemas de sobretensión del cual sólo se dará una recomendación que sirva de incentivo para futuros trabajos que se realicen en esta subestación.

Entre las propuestas para mejorar las condiciones eléctricas de este circuito se encuentran las siguientes:

- ✓ Calcular un banco de condensadores para mejora del factor de potencia.

Adicionalmente:

- ✓ Realizar una recomendación para mejorar la regulación de tensión.
- ✓ Realizar una observación sobre el desbalance de las cargas.

5.3.1. Mejorador del factor de potencia.

Para llevar a cabo la mejora del factor de potencia que presenta el circuito A-380 lo más recomendable es realizar una compensación de potencia reactiva a través del empleo de bancos de capacitores conectados en paralelo a la línea de alimentación, el cual actualmente es de 0.8154.

En el diagrama de la figura 5.1., se observa la incidencia de aplicar una potencia reactiva capacitiva de valor “Qc” a la instalación, donde se produce una disminución del ángulo ϕ y con él una disminución de la corriente y la potencia aparente.

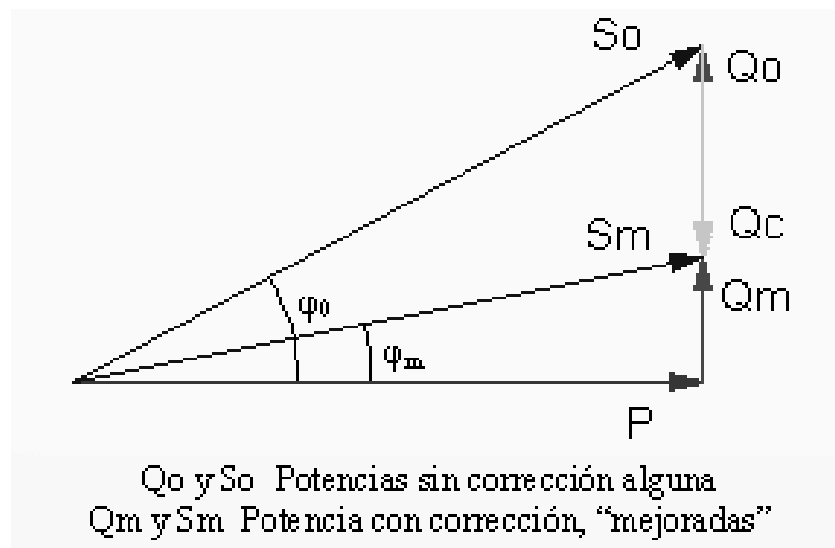


Figura.5.1. Triángulo de potencia con ángulo mejorado

Para el cálculo del banco de condensadores se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

- ✓ Determinación de la potencia reactiva necesaria considerando los valores promedio.
- ✓ Determinación de la potencia reactiva necesaria considerando los valores pico en horario matutino.
- ✓ Determinación de la potencia reactiva necesaria considerando los valores pico en horario vespertino.

La razón por la cual se realiza el cálculo para un banco de condensadores automáticos tomando en cuenta los criterios mencionados es que en un tipo de sistema eléctrico como el del Edificio Sede de PDVSA Guaraguao la mayor demanda de energía se produce en horario de trabajo, aproximadamente a media mañana y el comienzo de la tarde, debido al incremento de empleo de equipos.

a) Potencia Reactiva considerando los valores promedio:

$$V_{prom}=484.653 \text{ V.}$$

$$I_{prom}=1.4703 \times 4000/5=1176.24 \text{ amp.}$$

$$FP_{prom}=0.8154$$

$$\text{Potencia activa} \rightarrow P=\sqrt{3} \times V \times I \times FP(W)$$

$$P=\sqrt{3} \times 484.653 \times 1176.24 \times 0.8154$$

$$P=805,115 \text{ (KW)}$$

$$\text{Factor de Multiplicación} \rightarrow F_m = \tan \theta_1 - \tan \theta_2$$

Donde:

θ_1 =ángulo de Factor de potencia actual

θ_2 =ángulo de Factor de potencia deseado

$$\theta_1 = \cos^{-1}(0.8154) = 35.373^\circ$$

$$\theta_2 = \cos^{-1}(0.95) = 18.195^\circ$$

$$F_m = \tan(35.373^\circ) - \tan(18.195^\circ)$$

$$F_m=0.38127$$

$$\text{Potencia Reactiva Necesaria} \rightarrow \text{KVAR} = P \times F_m$$

$$\text{KVAR}=805,115 \times 0.38127$$

$$Q=306,97 \text{ KVAR Del } 82\% \text{ al } 95\% \text{ de Fp.}$$

Del 82% al 95% de Fp.

b) Potencia Reactiva considerando los valores pico matutino

Hora: (10:51:00 am)

Fecha: (10/03/2009)

$V_{prom}=474.33 \text{ V.}$

$I_{prom}=1.5 \times 4000/5=1200 \text{ amp.}$

$FP_{prom}=0.8075$

Potencia activa $\rightarrow P=\sqrt{3} \times V \times I \times FP(W)$

$$P=\sqrt{3} \times 474.33 \times 1200 \times 0.8075$$

$$P=796.602 \text{ (KW)}$$

Factor de Multiplicación $\rightarrow F_m = \tan \theta_1 - \tan \theta_2$

Donde:

θ_1 =ángulo de Factor de potencia actual

θ_2 =ángulo de Factor de potencia deseado

$$\theta_1 = \cos^{-1}(0.8075) = 36.196^\circ$$

$$\theta_2 = \cos^{-1}(0.95) = 18.195^\circ$$

$$F_m = \tan(36.196^\circ) - \tan(18.195^\circ)$$

$$F_m = 0.4031$$

Potencia Reactiva Necesaria $\rightarrow KVAR = P \times F_m$

$$KVAR = 796,602 \times 0.4031$$

$Q=320,7052 \text{ KVAR Del } 81\% \text{ al } 95\% \text{ de } F_p.$

Del 82% al 95% de Fp.

c) Potencia Reactiva considerando los valores pico vespertino:

- Hora: (02:19:10 pm)

- Fecha: (10/03/2009)

$$V_{prom}=460.73 \text{ V.}$$

$$I_{prom}=1.533 \times 4000/5=1226,4 \text{ amp.}$$

$$FP_{prom}=0.787$$

$$\text{Potencia activa} \rightarrow P=\sqrt{3} \times V \times I \times FP(W)$$

$$P=\sqrt{3} \times 460.73 \times 1226.4 \times 0.787$$

$$P=770.224 \text{ (KW)}$$

$$\text{Factor de Multiplicación} \rightarrow F_m = \tan \theta_1 - \tan \theta_2$$

Donde:

θ_1 =ángulo de Factor de potencia actual

θ_2 =ángulo de Factor de potencia deseado

$$\theta_1 = \cos^{-1}(0.787) = 38.0939^\circ$$

$$\theta_2 = \cos^{-1}(0.95) = 18.195^\circ$$

$$F_m = \tan(38.0939^\circ) - \tan(18.195^\circ)$$

$$F_m = 0.4552$$

$$\text{Potencia Reactiva Necesaria} \rightarrow KVAR = P \times F_m$$

$$KVAR = 770,224 \times 0.4552$$

$$Q = 350.61 \text{ KVAR Del 79\% al 95\% de Fp.}$$

Solución Adoptada:

Se tiene una potencia necesaria promedio de 326.09 KVAR, cuyo valor normalizado será de 320 KVAR. Este banco constará de: Un banco fijo de 80 KVAR compuesta por 4 capacitores de 20 KVAR y otra automática de 240 KVAR compuesta por 6 pasos de 40 KVAR, y estos a su vez formados por dos capacitores de 20 KVAR. Cada paso deberá estar conectado con un contactor que es accionado por el relé varmétrico de control, mostrado en la figura 5.3. El criterio que se adopta para repartir la parte fija y automática es aproximadamente 25% y 75% respectivamente.

Es recomendable la parte fija de modo tal que el banco de compensación automático trabaje a partir de un cierto nivel de carga en el circuito. En la figura 5.2, se muestra el diagrama unifilar del circuito del edificio sede de PDVSA, con los bancos de condensadores conectados a las respectivas barras.

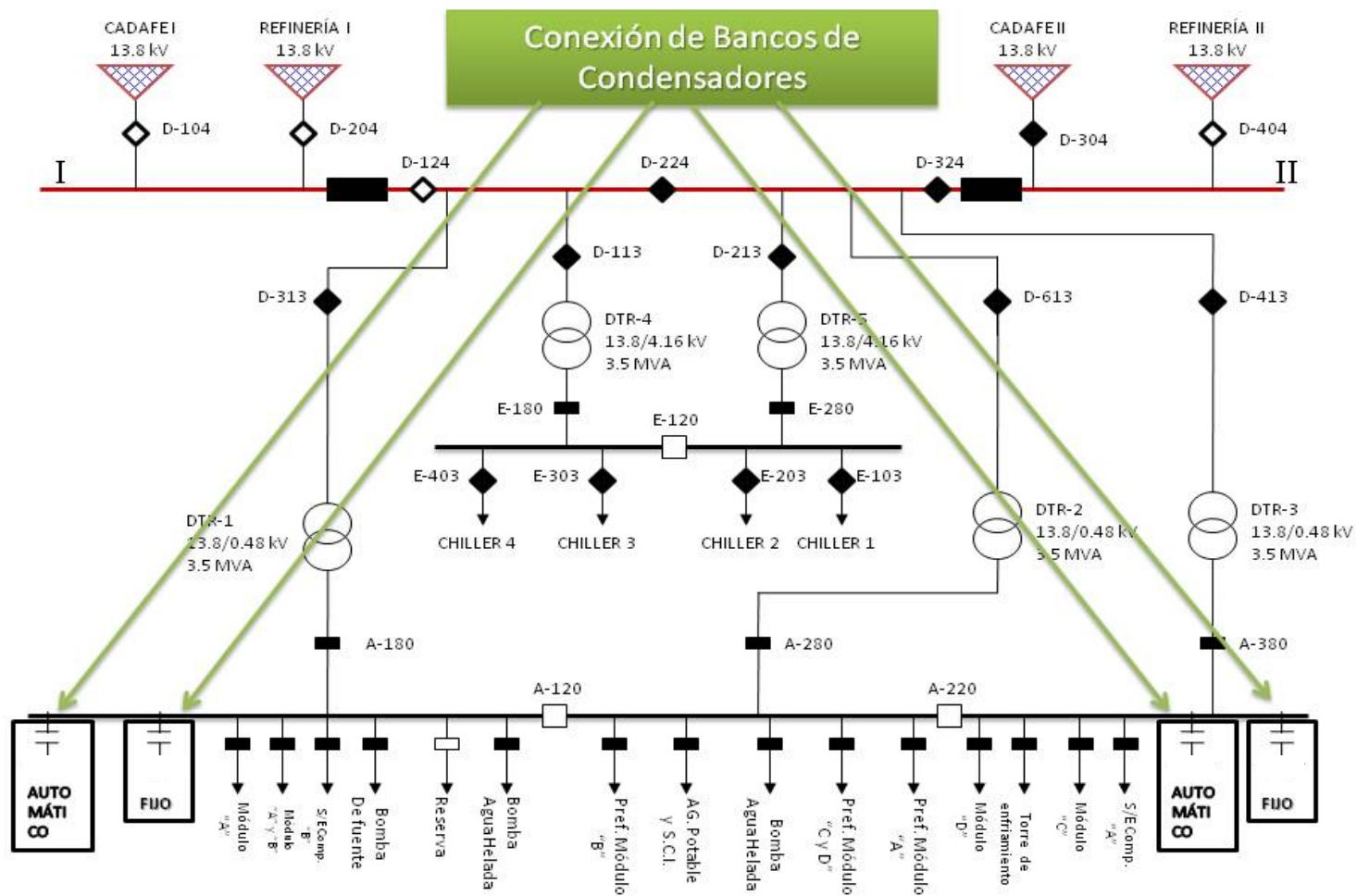


Figura. 5.2. Diagrama Unifilar con bancos de condensadores

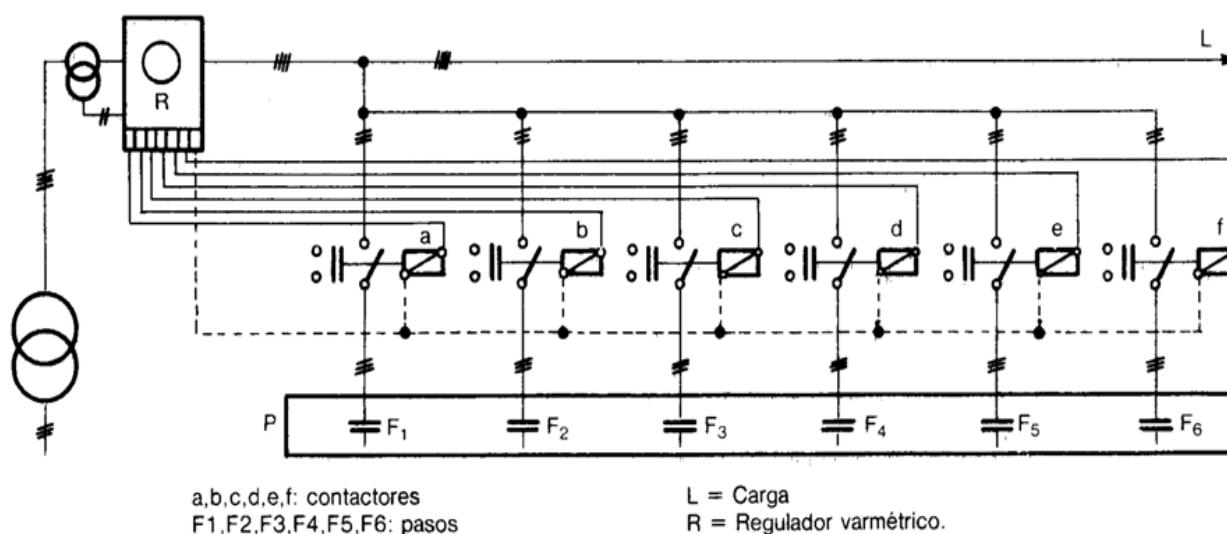


Figura.5.3. Conexión típica de Banco de Condensadores Automático.

5.3.2. Recomendación para mejorar la regulación de tensión

Para mejorar la regulación de tensión de este circuito es necesario tomar en cuenta que la variación de tensión es muy amplia a lo largo de todo el día, como se pudo observar en las graficas de voltaje mostradas en capítulo 4 de este trabajo; por lo tanto la aplicación de una solución a este problema se reduce a combinar el empleo del banco de condensadores con la realización de un cambio en el TAP del transformador DTR-3, el cual actualmente se encuentra en posición cero (0).

Esta maniobra en el cambiador de tomas del transformador DTR-3 perteneciente al circuito A-380, se debe realizar una vez que sea corregido el factor de potencia, ya que al estabilizar el mismo, el nivel de tensión responderá de la misma manera, por ende y debido a que el banco de compensación propuesto es automático, los valores de voltaje en este circuito pasarían a ser un poco mas estables, lo que permitiría una elección mas acertada de la posición en la que se deberá colocar el cambiador de tomas de dicho transformador de potencia.

5.3.3. Observación sobre el desbalance cargas.

El desbalance de cargas de este circuito no sobrepasa el 2%, según los resultados de las mediciones mostrados en el capítulo anterior, sin embargo es necesario hacer hincapié en que si se produce un incremento de cargas monofásicas se podría elevar el porcentaje de desbalance, el cual se encuentra actualmente en un 1,2 % como promedio y picos de hasta 1,5%. Un nivel de desbalance mayor al 2% podría causar daños equipos de conexión trifásica, principalmente a motores de inducción, los cuales se encuentran en abundancia en este edificio de PDVSA.

5.4. PROPUESTA DE MEJORA DEL CIRCUITO A-180.

El circuito A-180 goza de buenos niveles de calidad en cuanto a frecuencia, armónicos, flicker, sag's y swell's de tensión, a excepción del factor de potencia, el cual presenta valores por debajo de lo establecido por PDVSA.

Entre las propuestas para mejorar las condiciones eléctricas de este circuito se encuentran las siguientes:

- ✓ Calcular un banco de condensadores para mejora del factor de potencia.

Adicionalmente:

- ✓ Realizar una observación sobre el desbalance de las cargas.

5.4.1. Mejorador del factor de potencia.

Para llevar a cabo la mejora del deficiente factor de potencia que presenta el circuito A-180 lo más recomendable es realizar una compensación de potencia reactiva a través del empleo de bancos de capacitores conectados en paralelo a la

línea de alimentación. Para el cálculo del banco de condensadores se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

- ✓ Determinación de la potencia reactiva necesaria considerando los valores promedio.
- ✓ Determinación de la potencia reactiva necesaria considerando los valores pico en horario matutino.
- ✓ Determinación de la potencia reactiva necesaria considerando los valores pico en horario vespertino.

a) Potencia Reactiva considerando los valores promedio:

$$V_{prom}=477.603 \text{ V.}$$

$$I_{prom}=1.3486 \times 4000/5=1078,88 \text{ amp.}$$

$$FP_{prom}=0.8764$$

$$\text{Potencia activa} \rightarrow P=\sqrt{3} \times V \times I \times FP(W)$$

$$P=\sqrt{3} \times 477.603 \times 1078.88 \times 0.8764$$

$$P=782.263 \text{ (KW)}$$

$$\text{Factor de Multiplicación} \rightarrow F_m = \tan \theta_1 - \tan \theta_2$$

Donde:

θ_1 =ángulo de Factor de potencia actual

θ_2 =ángulo de Factor de potencia deseado

$$\theta_1 = \cos^{-1}(0.8764) = 28.789^\circ$$

$$\theta_2 = \cos^{-1}(0.95) = 18.195^\circ$$

$$F_m = \tan(28.789^\circ) - \tan(18.195^\circ)$$

$$F_m = 0.2208$$

Potencia Reactiva Necesaria \rightarrow KVAR = $P \times F_m$

$$\text{KVAR} = 782,263 \times 0.2208$$

Q = 172.724 KVAR Del 88% al 95% de Fp.

b) Potencia Reactiva considerando los valores pico matutino

- *Hora: (11:05:00 am)*

- *Fecha: (13/03/2009)*

$$V_{\text{prom}} = 479.2 \text{ V.}$$

$$I_{\text{prom}} = 1.433 \times 4000 / 5 = 1146,4 \text{ amp.}$$

$$FP_{\text{prom}} = 0.844$$

Potencia activa $\rightarrow P = \sqrt{3} \times V \times I \times FP(W)$

$$P = \sqrt{3} \times 479.2 \times 1146.4 \times 0.844$$

$$P = 803.075 \text{ (KW)}$$

Factor de Multiplicación $\rightarrow F_m = \tan \square \theta_1 - \tan \square \theta_2$

Donde:

θ_1 = ángulo de Factor de potencia actual

θ_2 = ángulo de Factor de potencia deseado

$$\theta_1 = \cos^{-1}(0.844) = 32.435^\circ$$

$$\theta_2 = \cos^{-1}(0.95) = 18.195^\circ$$

$$F_m = \tan(32.435^\circ) - \tan(18.195^\circ)$$

$$F_m = 0.3068$$

Potencia Reactiva Necesaria \rightarrow KVAR = $P \times F_m$

$$\text{KVAR} = 803,075 \times 0.3068$$

Q = 246.38 KVAR Del 85% al 95% de Fp.

c) Potencia Reactiva considerando los valores pico vespertino:

- *Hora: (01:10:00 pm)*

- *Fecha: (14/03/2009)*

$$V_{\text{prom}} = 455.567 \text{ V.}$$

$$I_{\text{prom}} = 1.333 \times 4000 / 5 = 1066,4 \text{ amp.}$$

$$FP_{\text{prom}} = 0.849$$

Potencia activa $\rightarrow P = \sqrt{3} \times V \times I \times FP(W)$

$$P = \sqrt{3} \times 455.567 \times 1066.4 \times 0.849$$

$$P = 714.398 \text{ (KW)}$$

Factor de Multiplicación $\rightarrow F_m = \tan \theta_1 - \tan \theta_2$

Donde:

θ_1 = ángulo de Factor de potencia actual

θ_2 = ángulo de Factor de potencia deseado

$$\theta_1 = \cos^{-1}(0.849) = 31.896^\circ$$

$$\theta_2 = \cos^{-1}(0.95) = 18.195^\circ$$

$$F_m = \tan(31.896^\circ) - \tan(18.195^\circ)$$

$$F_m = 0.2937$$

Potencia Reactiva Necesaria \rightarrow KVAR = $P \times F_m$

$$\text{KVAR} = 714,398 \times 0.2937$$

Q = 209.819 KVAR Del 85% al 95% de Fp.

Solución Adoptada:

Se tiene una potencia necesaria promedio de 209.641 KVAR, cuyo valor normalizado será de 220 KVAR. Este banco constará de: Una batería fija de 60 KVAR compuesta por 3 capacitores de 20 KVAR y otra automática de 160 KVAR compuesta por 4 pasos de 40 KVAR, y estos a su vez formados por dos (2) capacitores de 20 KVAR. Cada paso deberá estar conectado con un contactor que es accionado por el relé varimétrico de control, mostrado en la figura 5.2. El criterio que se adopta para repartir la parte fija y automática es aproximadamente 25% y 75% respectivamente. Es recomendable la parte fija de modo tal que el banco de compensación automático trabaje a partir de un cierto nivel de carga en el circuito. La conexión para este sistema sería del mismo tipo que la se utilizara para el circuito A-380, la cual se muestra en la figura 5.3. En la figura 5.2., se muestra el diagrama unifilar del circuito de la subestación principal con los bancos de condensadores conectados a las respectivas barras.

5.4.2. Observación sobre el desbalance cargas.

En este caso el desbalance de cargas también acarrea un problema y es que una de las líneas, específicamente la línea 2 (color rojo en la gráfica) presenta un nivel de sobretensión de 5,27%, lo que probablemente se deba a que se encuentra con un nivel de carga inferior al del resto de las líneas de este circuito, de tal manera que es necesario llevar a cabo un estudio cargas y realizar una reconfiguración del sistema

en cuanto a las cargas monofásicas principalmente, ya que la mala distribución de estas provoca este tipo de inconveniente en los circuitos eléctricos.

Con respecto al circuito D-304, no se plantea ninguna propuesta ya que las perturbaciones que este presenta, son el reflejo de las que existen en los circuitos aguas abajo que este alimenta, como son los casos del A-180 y A-380, por lo tanto se considera que al mejorar los niveles de calidad en dichos circuitos ramales, se notará una recuperación consecuente del D-304.

CONCLUSIONES

- ✓ El edificio Sede PDVSA Refinación Oriente tiene incorporado cuatro (4) alimentadores principales provenientes de la Refinería de Puerto La Cruz y de la Subestación de Guaragua. De estos cuatro alimentadores solo están en funcionamiento dos de ellos, el primero proveniente de la Subestación de Guaragua y el segundo de la Refinería de Puerto la Cruz. Este último alimentador actúa como respaldo en caso de falla del primero, suministrando solo 1 MW aproximadamente de los 3,2 MW que necesita el edificio para operar normalmente, representando esto un problema grave en cuanto calidad de servicio, ya que solo quedaría energizado el sistema preferencial, el cual es señalado como la carga crítica del sistema.

- ✓ De los cinco (5) circuitos sometidos a medición solo se tuvo éxito en tres (3) de ellos. La falta del equipo necesario para medición de corriente directamente en barra imposibilitó la captura de señal de corriente en los circuitos E-280 y A-280, en los cuales la magnitud de la carga es relativamente baja, provocando una cantidad casi nula en el secundario de los transformadores de corriente correspondientes. Debido a los inconvenientes presentados en la medición de los circuitos E-280 y A-280, no se llevó a cabo ninguna propuesta para estos, ya que no se obtuvieron los datos necesarios que permitiesen presentar un veredicto sobre los niveles de calidad eléctrica en los circuitos mencionados.

- ✓ Los valores de frecuencia fundamental registrados en todos los circuitos se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma PDVSA N-201, la cual exige un máximo de ± 2 % de variación.

- ✓ Los cuatro (4) transformadores de potencia DTR-1, DTR-2, DTR-3 y DTR-5 presentan una baja capacidad de regulación, en cuanto a que las variaciones de carga

provocaron fluctuaciones de tensión, en algunos casos alcanzó el 8% por arriba del voltaje nominal.

- ✓ A pesar de la gran cantidad de equipos electrónicos presentes, en el sistema, como computadoras de escritorio, fotocopiadoras, balastos electrónicos, entre otros, no se registró un nivel significativo de distorsión armónica en ninguno de los circuitos sometidos a supervisión.

- ✓ El estudio de desbalance demuestra que no existe un porcentaje elevado del mismo que obligue a presentar propuestas concretas.

- ✓ El consumo de potencia reactiva en los circuitos A-380 y A-180 se considera elevado, ya que el factor de potencia registrado se mantuvo por debajo de los niveles recomendados, lo cual repercute directamente sobre los valores que se obtuvieron aguas arriba, como en la medición del circuito D-304, el cual constituye la acometida eléctrica principal del Edificio.

RECOMENDACIONES

- ✓ Ante la creciente demanda de energía del edificio Sede PDVSA Refinación Oriente, se debe tener especial cuidado e la distribución de las cargas, ya que un desbalance mayor de las fases, podría causar daño en los equipos, específicamente, en motores de inducción, bombas, entre otros.

- ✓ Es estrictamente necesario realizar un plan de recuperación de los alimentadores que actualmente se encuentran fuera de servicio, como lo son CADAFE I y REFINERÍA I. Con la puesta en servicio de estos circuitos se optimizaría la calidad de servicio eléctrico para el edificio.

- ✓ El estudio de la calidad de la energía debe realizarse, no solo en edificaciones y plantas importantes, sino también en los circuitos que suministran electricidad a la población en general, a fin de determinar y corregir los altos niveles de fallas, garantizando así u servicio más estable.

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. S. Martínez García. “ALIMENTACIÓN DE EQUIPOS INFORMÁTICOS Y OTRAS CARGAS CRÍTICAS”, Mc Graw Hill, (1992).
- [2]. V. Fuster, F. Romualdo, J. Marín, F. Ferrandis. “LAS PERTURBACIONES ELÉCTRICAS Y LA INDUSTRIA CERÁMICA”, Instituto de Tecnología Eléctrica, Iberdrola, (2000).
- [3]. IEEE Std 1100. “IEEE RECOMMENDED PRACTICE FOR POWER AND GROUNDING SENSITIVE ELECTRONIC EQUIPMENT, (IEEE ESERALD BOOK)”, (1992).
- [4]. IEEE IEEE STD 1250 “IEEE GUIDE FOR SERVICE TO EQUIPMENT SENSITIVE TO MOMENTARY VOLTAGE DISTURBANCES”, (1995).
- [5]. ESP OIL. “ARMÓNICAS Y SOBRE TENSIONES EN REDES ELÉCTRICAS Y APLICACIONES EN INSTALACIONES PETROLERAS: CAUSA, EFECTOS Y SOLUCIONES”. Puerto La Cruz, Marzo, (2000).
- [6]. Fernández, L. “EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DE ARMÓNICOS PRESENTES EN LAS CARGAS EN LA LÍNEA #2 DE LA SUB-ESTACIÓN MORICHAL PDVSA”. Trabajo de Grado, Universidad de Oriente, Núcleo de Anzoátegui, (2000).
- [7]. Roberto, a. Y gastón, p. “IMPACTO DE LA INCORPORACIÓN DE CARGAS CON ELEVADO CONTENIDO ARMÓNICO SOBRE EL SISTEMA ELÉCTRICO ASOCIADO A LA SUBESTACIÓN JOSEPIN I DE PDVSA”,

DEPARTAMENTO DE CONVERSIÓN Y TRANSPORTE DE ENERGÍA,
UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR, CARACAS, (1999).

[8]. Mony, M. “ANÁLISIS DEL EFECTO DE ARMÓNICOS EN EL SISTEMA ELÉCTRICO 13.8 KV DE PDVSA DISTRITO SAN TOMÉ”. Trabajo de Grado Universidad de Oriente, Núcleo Anzoátegui, Abril, (2003).

[9]. Gerencia General de Ingeniería y Proyectos, “MANUAL DE OPERACIÓN DE SISTEMA ELÉCTRICO”, Corpoven, Caracas (1989).

[10]. Mundarain v. Tirso s. “ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LOS REACTIVOS PARA MEJORAR LOS PERFILES DE TENSIÓN EN EL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA REFINERÍA PUERTO LA CRUZ UTILIZANDO UN PROGRAMA COMPUTACIONAL”. Trabajo de Grado, Universidad de Oriente, Núcleo Anzoátegui, Abril (2007).

[11]. www.intranet.pdvsa.com

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y
ASCENSO:**

TÍTULO	“ESTUDIO DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL EDIFICIO SEDE PDVSA REFINACIÓN ORIENTE”
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
Pericaguan M. Javier A.	CVLAC: 17.359.366 E MAIL: javieralexander_88@gmail.com
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

Subestación Eléctrica

Calidad de Energía

Data View

Power Pad

PDVSA

IEEE

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÀREA	SUBÀREA
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	Electricidad

RESUMEN (ABSTRACT):

En el siguiente trabajo se efectuó un estudio de los principales parámetros de la calidad de energía, mediante la utilización del analizador de energía Power Pad del fabricante AEMC Instrument, con el que se llevó a cabo el monitoreo de la red eléctrica del edificio sede de PDVSA Guaraguao. Así mismo se realizó una descripción del sistema eléctrico de dicha sede de PDVSA a fin de conocer como está constituido el mismo. En este sentido, se realizaron todas las mediciones necesarias con el propósito de determinar los niveles de perturbación en los puntos clave del sistema, y así establecer el grado de afectación en los circuitos. Cabe destacar que el estudio de calidad de energía realizado comprendió solamente la subestación principal, donde se sometieron a monitoreo cuatro (4) unidades transformadoras trifásicas, entre las cuales, tres (3) son de 13.8/0.48 KV., y el restante de 13.8/4.16 KV con una potencia nominal de 3.5 MVA cada una. Adicionalmente se realizó el monitoreo de la llegada del alimentador en 13.8 Kv., el cual suministra el 100% de la energía para este edificio. De acuerdo a la evaluación realizada a dicho sistema se pudo conocer los niveles de armónicos, factor de potencia, variaciones de voltaje, frecuencia, desbalance de fases, variaciones rápidas de tensión existentes con el empleo del software Data View, el cual suministra los gráficos y base de datos a partir de las mediciones que se realizaron con el analizar de energía Power Pad.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

CONTRIBUIDORES

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
Juan Vásquez	ROL	CA	AS X	TU	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Mercado Verena	ROL	CA	AS	TU X	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Bermúdez Melquíades	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Santiago Escalante	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

<u>2009</u>	<u>06</u>	<u>08</u>
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE: SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS. Calidad de Energía.doc	Application/msword

**CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F
G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t
u v w x y z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.**

ESPACIAL: PDVSA (OPCIONAL)

TEMPORAL: 6 MESES (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Ingeniero Electricista

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pre-Grado

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento de Ingeniería Eléctrica.

INSTITUCIÓN:

Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

DERECHOS:

“Los Trabajos de Grado son de Exclusiva Propiedad de la Universidad de Oriente y Solo Podrán ser Utilizados para Otros Fines con el Consentimiento del Consejo de Núcleo Respectivo, el Cual Participara al Consejo Universitario”.

Pericaguan M. Javier A.

AUTOR

Mercado Verena

TUTOR

Escalante Santiago

JURADO

Bermúdez Melquiades

JURADO

Mercado Verena

POR LA SUBCOMISIÓN DE TESIS